

# Espanha e a epidemia

Eduardo Vianna de Lima Fernandes Guimarães

Setembro de 2020

## 1 Introdução

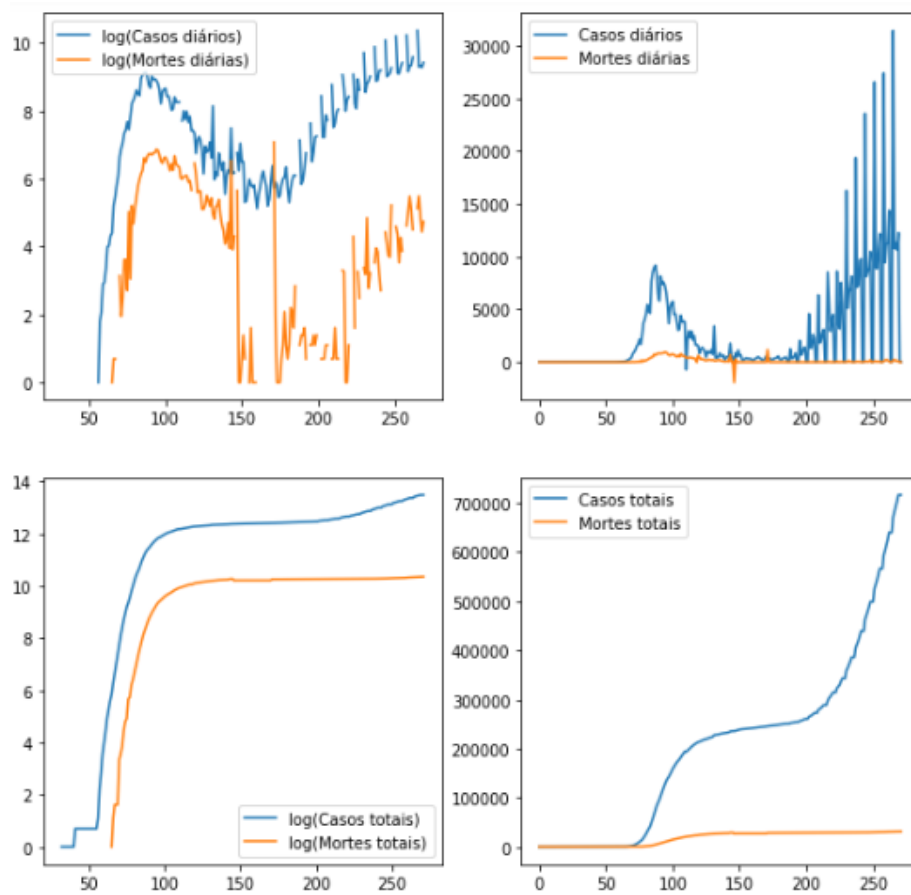
A Espanha foi um dos países mais afetados na Europa (e no mundo) pela pandemia do vírus Sars-CoV-2, algo que pode ser reafirmado tanto pelas estatísticas quanto pelo drama social sofrido pela sua população no período da primeira onda endêmica em Março e Abril de 2020 [1] [2].

O primeiro caso confirmado no país (um turista alemão em La Gomera, nas Ilhas Canárias [3]), ocorreu no dia 31 de Janeiro. Inicialmente, enquanto não foi determinado estado emergencial, cada província tinha a liberdade de lidar com a epidemia individualmente. Porém, no dia 13/03, a epidemia atingiu todas as 50 províncias (havia 7641 casos totais) e um estado de emergência foi decretado por no mínimo 14 dias pelo governo central [4]. No primeiro dia de lockdown (15/03), o país tinha detectado 11491 casos totais e 1706 novos casos diários.

Após atingir um pico máximo de 9159 casos confirmados em um dia em 26/03 e o máximo de mortes (até hoje, 28/09) de 929 em 31/03, o país chegou a ter 0 novas mortes diárias pela primeira vez após a crise de março no dia 26/04 e a primeira vez que não ocorreram novos casos diários confirmados em um dia foi em 03/07.

Claramente, os dados que foram coletados não refletem a realidade do país, visto que, embora o governo espanhol tenha investido no combate à pandemia [5], a capacidade de testar a população em massa é limitada e os testes são priorizados àqueles que buscam tratamento médico e àqueles com sintomas [6].

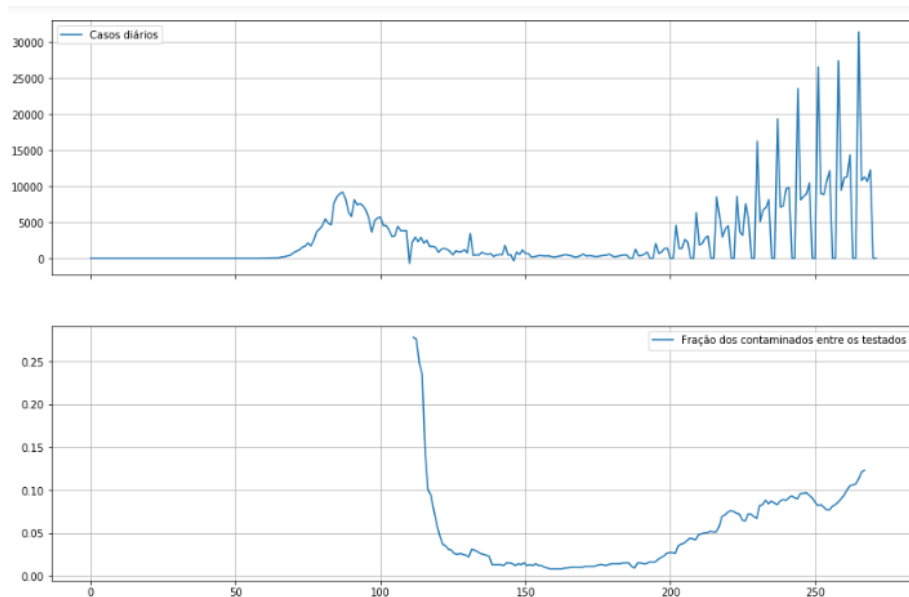
O país foi um dos que teve o lockdown mais restrito da Europa, com o uso de drones e a força de trabalho de centenas de milhares de policiais e militares [7], mas havia pressão política para que as medidas de quarentena fossem aliviadas, dado que o turismo é fator determinante para a economia do país. Hoje, a movimentação da população está aumentando e o país está passando por uma segunda onda [8] de casos, a qual tem um comportamento diferente da primeira: taxa de mortalidade e média etária de novos casos menores.



(1)

A abscissa de todos os gráficos representa o número de dias desde o primeiro caso.

Através de uma observação rápida dos gráficos da figura 1, pode-se observar como, embora a taxa de infecções diárias estejam aparentemente maiores do que as de março, o número de mortes não aumentou igualmente em comparação com a primeira onda.



(2)

*A abscissa dos gráficos representa o número de dias desde o primeiro caso. (O comportamento fora do comum do gráfico superior se deve ao fato de que, desde 04/07, os casos confirmados de sábados e domingos só são contabilizados às segundas-feiras)*

Ao analisarmos a fração de contaminados por caso, vemos que, mesmo que a taxa de contaminação esteja maior do que anteriormente, a fração de contaminados por testes diários está aumentando, o que é (segundo a OMS [9]) perto de estar acima do recomendado de 12% (acima desta taxa, o país provavelmente não está testando sua população em quantidades apropriadas para lutar com a subnotificação). Portanto, o número de infectados reais deve ser consideravelmente maior do que o que nos é apresentado. A taxa de mortalidade é um dos indicadores da pandemia que menos são dependentes do número de testes feitos pelo governo [6], mas a segunda onda de infectados ainda preocupa o sistema de saúde espanhol<sup>[8]</sup>.

## 2 Artigos interessantes

### 2.1 "A model to predict COVID-19 epidemics with applications to South Korea, Italy, and Spain" [10]

Neste artigo, é estudada a aplicação de um modelo de equações diferenciais SEIRU ("S" como suscetíveis, "E" como expostos, "I" como infectados assintomáticos, "R" como indivíduos com sintomas e devidamente testados e "U" como indivíduos com sintomas que não foram testados) na Espanha, Coreia do Sul e Itália.

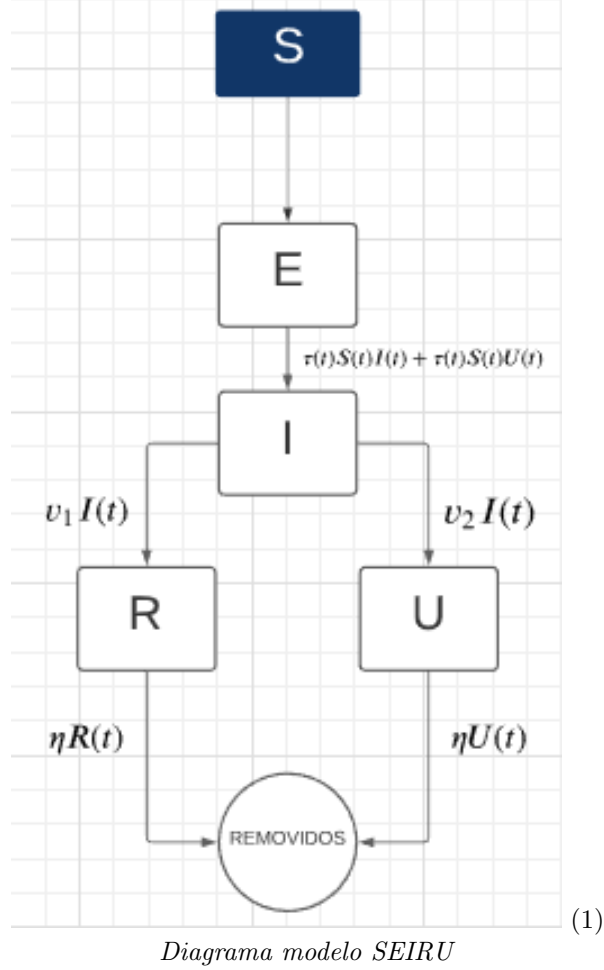
Os parâmetros usados nas equações diferenciais entre as células são números fixos estimados a partir do conhecimento obtido até Abril de 2020 sobre o vírus. Por separar os indivíduos sintomáticos entre "reportados" e "não reportados", a proporção entre os casos que foram observados e os que não observamos pode ser estimada. O modelo usado conclui que a função de contaminados se aproxima de uma logística que aparenta convergir para 180 mil contaminados totais após 60 dias (foram aproximadamente 200 mil na realidade). Com parâmetros físicos, o artigo não esclareceu se mais de uma onda pode ser estimada, mas a quantidade de parâmetros pode nos dar maior liberdade para, por exemplo, definir um período de lockdown ou definir uma função crescente para taxa de infecção, visto o relaxamento do isolamento social.

## 2.2 "Estimating the final epidemic size for Covid-19 outbreak using improved epidemiological models" [11]

Este artigo estuda a aplicação de modelos exponenciais, logísticos, SIR e SEIQRDP ("S" como casos suscetíveis, "P" como não-suscetíveis, "E" como expostos, "I" como infecciosos, "Q" como casos de infectados confirmados e quarentenados, "R" como recuperados e "D" como mortos). É mencionado nesse artigo como, diferentemente da China, outros países com os maiores números de casos não possuem ondas de contaminações diárias simétricas, pois a China fez com que o número diário de casos diminuísse tão rápido quanto aumentou a partir de medidas públicas drásticas. A partir desta observação, é proposto uma correção SEIQRDP(C) para o modelo SEIR, adicionando um novo parâmetro para que, se aproximarmos os casos de uma onda como uma função normal, a variância desta curva fique maior após o pico (logo, o decaimento será mais lento, como ocorreu na Espanha e Itália).

O estudo conclui que modelos exponenciais não se aproximam da realidade quando a pandemia não está em seu início, que os modelos logísticos, SIR e SEIQRDP estimam menos números de casos finais e que o SEIQRDP(C) se aproxima de forma melhor do número de casos finais totais na realidade.

### 3 Modelo a ser usado



O modelo usado se baseia nestas equações diferenciais:

- $S'(t) = -\tau(t)S(t)(I(t) + U(t)), S(t_0) = S_0$
- $E'(t) = \tau(t)S(t)(I(t) + U(t)) - \alpha E(t), E(t_0) = E_0$
- $I'(t) = \alpha E(t) - vI(t), I(t_0) = I_0$
- $R'(t) = v_1 I(t) - \eta R(t), R(t_0) = R_0$
- $U'(t) = v_2 I(t) - \eta U(t), U(t_0) = U_0$

Sendo  $t \geq t_0$  medido em dias,  $\alpha$  o inverso do período de incubação médio dos expostos ( $E(t)$ ),  $v$  o inverso do período médio em que um indivíduo permanece infeccioso,  $\eta$  o inverso do período médio em que um indivíduo se mantém com

sintomas (nós supomos que os sintomáticos em " $R(t)$ " são quarentenados e não causam mais contaminações) e  $\tau(t)$  a taxa de transmissão. Percebe-se que todas as contaminações são causadas por indivíduos em I ou U e que  $\frac{v_1}{v_1+v_2} = f$  sendo  $f$  a fração de infectados sintomáticos que são testados e quarentenados. Este modelo foi escolhido pois iremos aplicá-lo duas vezes a fim de apresentar resultados verossímeis conforme a segunda onda de contaminações na Espanha. Por causa das características das células dele, poderemos estimar o número de infectados totais não testados após a primeira onda e usar essa informação com a suposição que a quantidade de pessoas que estão temporariamente imunes devido à primeira onda alteram a taxa de mortalidade da segunda.

## 4 Referências

- (1): <https://www.theguardian.com/world/2020/mar/26/spain-coronavirus-response-analysis>
- (2): [https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736\(3\)2000260](https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736(3)2000260)
- (3): <https://elpais.com/sociedad/2020/01/30/el-coronavirus-y-el-estado-de-emergencia-en-espana.html>
- (4) : <https://www.theguardian.com/world/2020/mar/14/spain-government-set-to-order-nationwide-coronavirus-lockdown>
- (5) : <https://www.reuters.com/article/us-health-coronavirus-spain-aid/spain-approves-200-billion-euro-aid-package-for-coronavirus-crisis-pm-idUSKBN2142Q4>
- (6) : [segundapáginahttps://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736\(3\)2000260](https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736(3)2000260)
- (7) : [https://www.eldiario.es/politica/fycse-realizado-propuestas-sancion-respetar\\_11008955.html](https://www.eldiario.es/politica/fycse-realizado-propuestas-sancion-respetar_11008955.html)
- (8) : <https://www.bbc.com/news/world-europe-53832981>
- (9) : [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/transcripts/who-audio-emergencies-coronavirus-press-conference-full-30mar2020.pdf?sfvrsn=6b68bc4a\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/transcripts/who-audio-emergencies-coronavirus-press-conference-full-30mar2020.pdf?sfvrsn=6b68bc4a_2)

$\tau$