

Espanha e a epidemia

Eduardo Vianna de Lima Fernandes Guimarães

Dezembro de 2020

1 Introdução

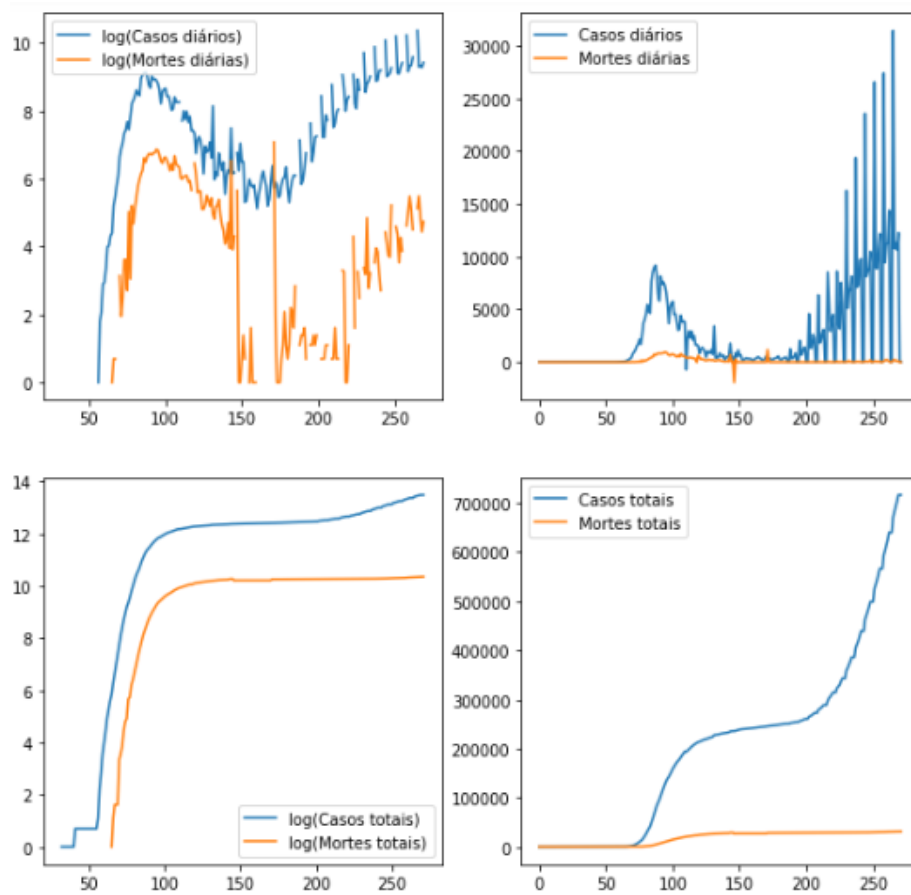
A Espanha foi um dos países mais afetados na Europa (e no mundo) pela pandemia do vírus Sars-CoV-2, algo que pode ser reafirmado tanto pelas estatísticas quanto pelo drama social sofrido pela sua população no período da primeira onda endêmica em Março e Abril de 2020 [1] [2].

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].

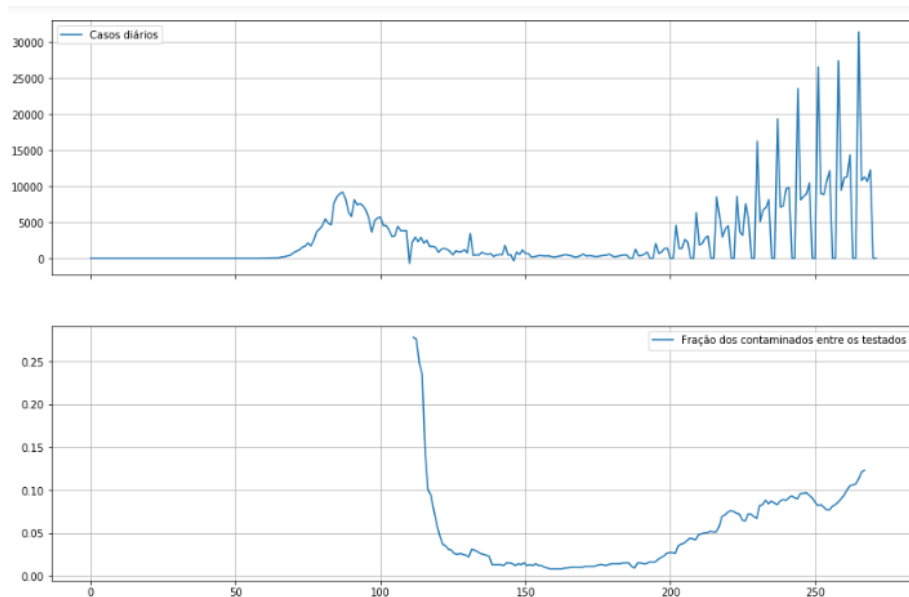
O país foi um dos que teve o lockdown mais restrito da Europa, com o uso de drones e a força de trabalho de centenas de milhares de policiais e militares [7], mas havia pressão política para que as medidas de quarentena fossem aliviadas, dado que o turismo é fator determinante para a economia do país. 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^[8].

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.

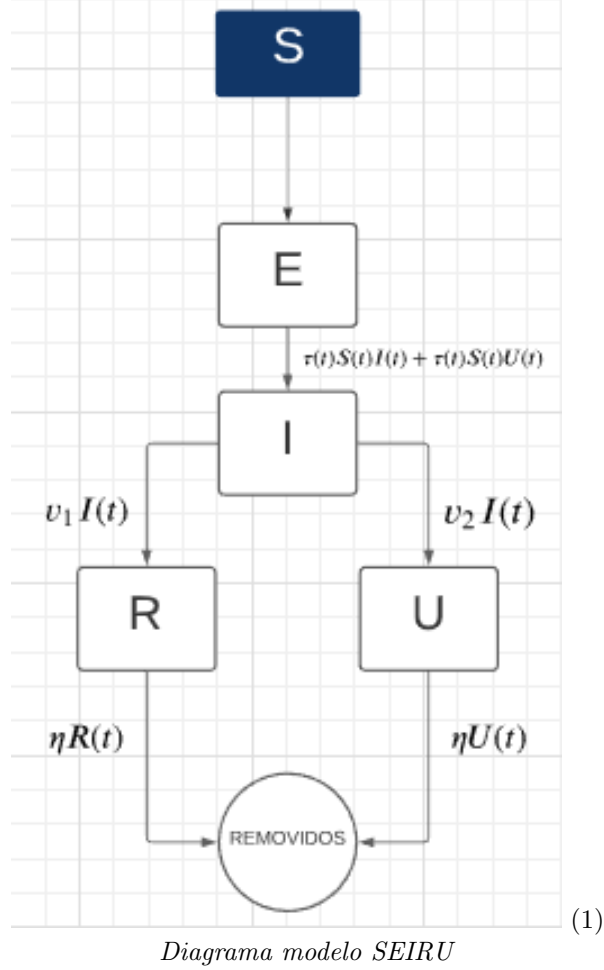
Os parâmetros usados nas equações diferenciais entre as células são números fixos estimados a partir do conhecimento obtido até Abril de 2020 sobre o vírus. Por separar os indivíduos sintomáticos entre "reportados" e "não reportados", a proporção entre os casos que foram observados e os que não observamos 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, α o inverso do período de incubação médio dos expostos ($E(t)$), v o inverso do período médio em que um indivíduo permanece infeccioso, η 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 $\tau(t)$ um parâmetro com relação positiva com 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 Resumo da aplicação

Na aplicação deste modelo, a ideia de tentar estimar os números de casos não reportados a partir dos que foram. No nosso caso, comparamos os casos reais reportados com o compartimento R do modelo SEIRU.

Calculamos equilíbrios com equações diferenciais de parâmetros constante e claramente isso resultou na previsão errada que só houve 1 onda.

Para a estimação de parâmetros das equações diferenciais, usamos a biblioteca "lmfit" a fim de calcularmos a melhor estimativa em comparação com a segunda onda (por meio do método de mínimos quadrados).

5 Resultados

Pelo método de cálculo de R_0 apresentado em aula, ele foi efetuado com o auxílio da biblioteca Sage.

$$R_t = \frac{S(t)\tau}{v}$$

Durante a implementação do modelo, foi facilmente notado a importância da complexidade da variação dos parâmetros das equações diferenciais para ser possível a adequação dele com o que de fato ocorreu na Espanha. Sem flexibilidade de criar funções $p : T \rightarrow$ sendo p qualquer parâmetro.

Com a utilização do método de mínimos quadrados, apenas, não foi possível analisar a intensidade que a variação em cada parâmetro altera a variância da estimação final. Ao dividir-se o período de epidemia em 3 seções, foi possível criar um bom encaixe para a segunda onda, com parâmetros $\tau = 0.7$, $v_1 = 0.002$, $v_2 = 0.008$, $\alpha = 0.804$ e $\eta = 0.36352622$.

6 Discussão e Conclusão

O modelo SEIRU, embora tenha a falha de considerar o compartimento R dos sintomáticos e reportados como um compartimento "quarentenado", ou seja, que não causa novas infecções, pode ser uma ótima ferramenta para estimar a

diferença entre casos reportados e não reportados. O ideal para uma equipe de saúde governamental seria a maior razão $\frac{v_1}{v_2}$ possível, visto que v é um parâmetro que não se altera com interferência humana, pois não temos ainda o conhecimento médico neces

References

- [1] “How did Spain get its coronavirus response so wrong?,” *The Guardian*, Mar 2020.
- [2] M. Pollán, B. Pérez-Gómez, R. Pastor-Barriuso, J. Oteo, M. A. Hernán, M. Pérez-Olmeda, J. L. Sanmartín, A. Fernández-García, I. Cruz, N. F. de Larrea, *et al.*, “Prevalence of SARS-CoV-2 in Spain (ENE-COVID): a nationwide, population-based seroepidemiological study,” *The Lancet*, vol. 396, no. 10250, pp. 535–544, 2020.
- [3] *Sanidad confirma en La Gomera el primer caso de coronavirus en España*, Feb 2020.
- [4] “Spain orders nationwide lockdown to battle coronavirus,” *The Guardian*.
- [5] “Spain approves 200 billion euro aid package for coronavirus crisis: Pm,” *Reuters*, Mar 2020.
- [6] A. L. García-Basteiro, C. Chaccour, C. Guinovart, A. Llupià, J. Brew, A. Trilla, and A. Plasencia, “Monitoring the COVID-19 epidemic in the context of widespread local transmission,” *The Lancet Respiratory Medicine*, vol. 8, no. 5, pp. 440–442, 2020.
- [7] “Las fycse han realizado 48.000 propuestas de sanción por no respetar el estado de alarma,” *elDiario.es*, Mar 2020.
- [8] “Coronavirus: Why Spain is seeing second wave,” *BBC*, Aug 2020.
- [9] WHO, “COVID-19 - virtual press conference - 30 March 2020,”
- [10] G. F. Webb, P. Magal, Z. Liu, and O. Seydi, “A model to predict COVID-19 epidemics with applications to South Korea, Italy, and Spain,” *medRxiv*, 2020.
- [11] R. Ranjan, “Estimating the final epidemic size for COVID-19 outbreak using improved epidemiological models,” *medRxiv*, 2020.