

Modelagem da epidemia de COVID-19 no Japão

Carolina Monteiro e Laura Chaves

Setembro 2020

1 Introdução

No Japão, o primeiro caso de COVID-19 foi registrado no dia 15 de janeiro de 2020. Em março, as escolas foram fechadas e, no dia 7 de abril, foi decretado pelo governo japonês um estado de emergência.

Em *Evaluation of the effect of the state of emergency for the first wave of COVID-19 in Japan*. [1], Kuniya avalia a epidemia no Japão desde o dia do primeiro infectado até o dia 25 de maio, classificando esse período como "primeira onda" da doença. Nota a existência de um pico da doença em torno da época em que foi declarado o estado de emergência, e depois os casos passam a decrescer. Nesse artigo, o autor visava avaliar o efeito que o decreto desse estado causou na evolução da doença, concluindo que foi positivo.

O Japão chamou a atenção da comunidade internacional por ter tido resultados bem melhores da pandemia do que dos países ao seu redor, dadas as condições. A população japonesa é bem grande (cerca de 126 milhões de habitantes), e grande parte dela faz parte do considerado grupo de risco para o CoronaVírus (mais de 40% da população possui mais de 65 anos de idade [2]), o que levaria a crer que seria profundamente afetado pelo novo vírus. Contudo, mesmo com a população em risco, e não tendo adotado medidas de isolamento social restritas, até o final do mês de setembro, com o vírus presente há 9 meses, o Japão não atingiu 100 mil casos de coronavírus e também não passou de 2000 mortes.

Sabe-se que não houve um sistema de teste em massa, o que poderia contribuir para uma possível subnotificação de casos, mas o baixo número de mortes por COVID-19 e outras doenças respiratórias mostra que realmente não foi só isso. Em *Why does Japan have so few cases of COVID-19?* [3], é analisado as possíveis razões para esse acontecimento, que variam desde o costume secular japonês de usar máscaras em lugares públicos até uma possível mutação japonesa que dê imunidade ao povo local.

Desde a baixa em número de novos casos de COVID-19 no Japão, que começara em abril e foi se estendendo até julho, em agosto o país vê uma nova alta nos casos. Nessa "segunda onda", o número diário de casos começa a subir exponencialmente, como ocorrera no início do ano com a primeira onda, mas cresce numa velocidade e intensidade maior, com os novos números sendo

maiores do que os da primeira onda. Pudemos observar isso utilizando as bases de dados públicas *Our World in Data* ([4]) e *COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering* ([5]). Essa "segunda onda" observada parece já estar passando, mas mesmo ela tendo atingido mais o país, os números japoneses continuam excepcionalmente baixos, dado o cenário internacional.

2 Revisão da bibliografia

Infelizmente, os artigos que encontramos sobre o espalhamento do novo Coronavírus no Japão são desatualizados, os mais recentes datam de final de junho, mas o início da chamada "segunda onda" se dá apenas em agosto. Dessa forma, a nossa bibliografia trata majoritariamente do que é chamada de primeira onda de COVID-19 no Japão.

O primeiro artigo que iremos comentar é *Prediction of the Epidemic Peak of Coronavirus Disease in Japan, 2020*. [6], de Kuniya. Foi elaborado em março, quando a doença estava ainda em seu início no país e visava prever o pico da epidemia. Utilizando o modelo SEIR e analisando os dados que possuía na época, o autor chega na data 10 de agosto para o pico, com a incerteza variando do dia 24 de julho ao dia 31 de agosto, caso a situação não mudasse no meio tempo.

O mesmo autor, 3 meses depois, publicou um segundo artigo ([1]) que analisava a primeira onda por completo, provido da vantagem de já ter passado por ela e ter os dados integrais. Nele, percebe-se que o efeito do decreto de estado de emergência foi extremamente eficaz no controle do espalhamento da doença, pois analisando a curva prevista no primeiro artigo e a curva real de casos, nota-se que elas eram quase idênticas até o momento do decreto, que é quando elas se diferenciam com a curva real dos casos diminuindo numa velocidade muito maior. Nesse artigo, o autor busca encontrar uma constante k para o qual a curva prevista anteriormente fosse multiplicada, para que se encaixasse aos dados reais após o estado de emergência. Ainda utiliza o modelo SEIR, mas adiciona a constante k encontrada a partir do momento em que é decretado o estado de emergência.

O terceiro artigo que analisamos é *"Analysis of COVID-19 infection spread in Japan based on stochastic transition model."* [7]. Também datado de antes do fim da primeira onda, ele procura modelar a epidemia utilizando-se do modelo SIR, mas com alterações que o classificam como um modelo de transição estocástica. Ele acrescenta uma modelagem que leva em consideração se o indivíduo de fato evita áreas lotadas, e caso sim, como isso afeta o espalhamento da doença. Avalia que, ao transicionar do estado Suscetível para o Infectado, ele passa por uma zona lotada, ou uma zona média, ou uma zona vazia. Sabendo que a estratégia do governo japonês para controle da doença era evitar áreas muito movimentadas, o artigo considera como o vírus se espalharia considerando a quantidade de tempo que cada indivíduo passa em uma área lotada. Como resultado, obtém-se que quanto mais reduz o tempo que se passa em áreas lotadas, melhor se contém o vírus, o que é um bom apoio para a abordagem do governo

de se evitar áreas lotadas.

3 Metodologia

3.1 O Modelo

Resolvemos modelar a epidemia da Covid-19 no Japão com o sistema SEIR, adotado por dois dos artigos citados, escritos por Kuniya.

Em cada compartimento, consideramos número de pessoas. São eles:

- S: o número de pessoas que não estão infectadas, mas estão suscetíveis a contrair o vírus;
- E: os que foram infectados pelo vírus, mas ainda não estão infecciosos, estão no período de incubação;
- I: os que estão infecciosos;
- R: os que estiveram infecciosos, mas se recuperaram da infecção, e agora estão imunes ao vírus.

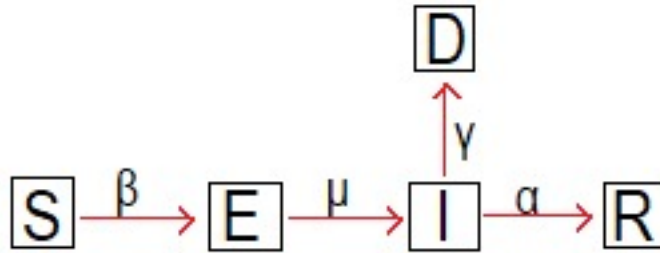


Figure 1: Visualização do nosso modelo

Consideramos em nosso modelo o compartimento E porque o Covid-19 possui período latente que deve ser considerado (o compartimento E), e o compartimento R porque são raros os casos de reincidência da Covid-19 em pessoas que já contraíram a infecção e se recuperaram, tanto no Japão quanto no mundo. Optamos por manter somente esses quatro compartimentos porque, visto que nos artigos citados os modelos são relativamente simples, não vimos motivo para complexificar.

3.2 Equações e Análise Dimensional

A dimensão de cada compartimento é *pessoas*, que denotaremos por P . Nas equações diferenciais, estamos derivando cada compartimento com relação ao tempo em dias, denotado por T . Então a dimensão das derivadas vai ser $P \cdot T^{-1}$.

Abaixo, estão as equações diferenciais dos compartimentos, seguidas da análise dimensional e descrição dos parâmetros β, μ, γ , e α .

- $\frac{dS}{dT} = -\beta SI$

$$P \cdot T^{-1} = [\beta] \cdot P \cdot P$$

$$\Rightarrow [\beta] = P^{-1}T^{-1}$$

O parâmetro β é então uma taxa de infecção por *pessoas · dias*, obtida pela Lei de Ação das Massas.

- $\frac{dE}{dT} = \beta SI - \mu E$

$$P \cdot T^{-1} = [\beta] \cdot P \cdot P - [\mu] \cdot P$$

$$\Rightarrow [\mu] = T^{-1}$$

O parâmetro μ é a taxa de infectados que passam a ser infecciosos, por dia.

- $\frac{dI}{dT} = \mu E - \gamma I - \alpha I$

$$P \cdot T^{-1} = [\mu] \cdot P + [\gamma] \cdot P + [\alpha] \cdot P$$

$$\Rightarrow [\gamma] = [\alpha] = T^{-1}$$

O parâmetro γ é a taxa de mortalidade de infecciosos por dia, e o parâmetro α é a taxa de recuperação, por dia.

- $\frac{dR}{dT} = \alpha I$

3.3 Captura de Dados

A captura de dados foi feita a partir da base de dados pública *Our World in Data*([4]).

References

- [1] Kuniya, T. *Evaluation of the effect of the state of emergency for the first wave of COVID-19 in Japan*. Infectious Disease Modelling 5 (2020), 580-587
- [2] *Population Estimates by Age (Five-Year Groups) and Sex*. <http://www.stat.go.jp/english/data/jinsui/tsuki/index.html>
- [3] Iwasaki, Akiko, and Nathan D. Grubaugh. "Why does Japan have so few cases of COVID-19?." EMBO Molecular Medicine 12.5 (2020): e12481.
- [4] *Our World In Data* <https://ourworldindata.org/coronavirus>
- [5] *COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering* shorturl.at/sHOWZ

- [6] Kuniya, T. *Prediction of the Epidemic Peak of Coronavirus Disease in Japan, 2020*. J. Clin. Med. 2020, 9, 789.
- [7] Karako, Kenji, et al. "*Analysis of COVID-19 infection spread in Japan based on stochastic transition model*." Bioscience trends (2020).