

Núcleo de Operações e Inteligência em Saúde (NOIS)

Inteligência computacional aplicada à predição da evolução da COVID-19 e ao dimensionamento de recursos hospitalares

Nota Técnica 1 – 16/03/2020

Projeção de casos de infecção por COVID-19 no Brasil até 26 de março

Antunes, Bianca¹; Batista, Amanda¹; Dantas, Leila¹; Favereth, Guilherme¹; Peres, Igor¹; Aguilari, Soraida¹; Baião, Fernanda¹; Maçaira, Paula¹; Hamacher, Silvio¹; Carnevale, Renata²; Bozza, Fernando^{3,4}

¹Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio, Brasil

²Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro, SES RJ, Brasil

³Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino - Rio de Janeiro (RJ), Brasil

⁴Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas, Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Introdução

Em 26 de fevereiro de 2020 foi confirmado no Estado de São Paulo o primeiro caso da COVID-19 no Brasil, doença transmitida pelo vírus SARS-CoV-2. Desde então, o número de casos no Brasil começou a crescer, acrescido da recente constatação de transmissão comunitária em algumas das maiores capitais do país. Até o dia 15 de março, essa doença já atingiu 200 casos confirmados, um crescimento de 32% por dia, dentro de um cenário mundial que já havia sido declarado como pandemia em 11 de março, pela Organização Mundial de Saúde. Desses 200 casos, 136 foram confirmados no Estado de São Paulo e 24 no Estado do Rio de Janeiro (Figura 1).

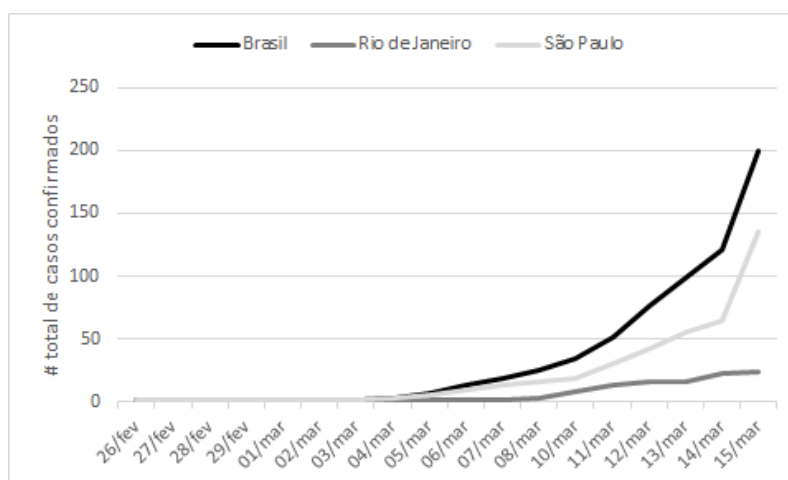


Figura 1. Evolução do número de casos confirmados no Brasil, São Paulo e Rio de Janeiro.

Fonte: Dados do Ministério da Saúde obtidos em <https://www.kaggle.com/unanimad/corona-virus-brazil>

Observando a curva de crescimento dos casos confirmados em vários países que hoje já se encontram em estágio mais avançado desta transmissão (Figura 2), percebe-se que a velocidade da evolução da pandemia, que de forma geral é muito rápida, não acontece de maneira uniforme. Ela depende de vários fatores, incluindo medidas de contenção, comportamento da população e quantidade de recursos disponíveis, dentre outros.

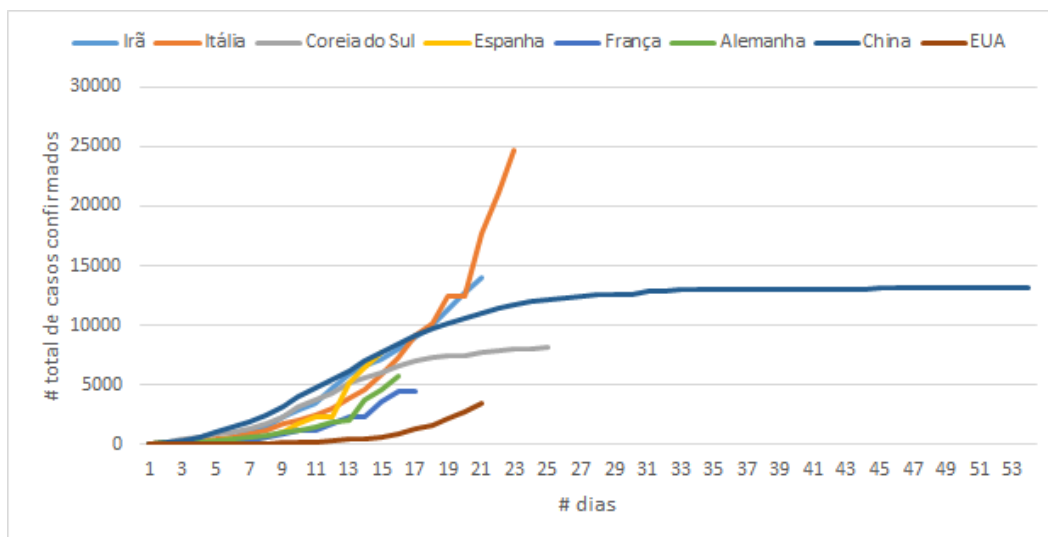


Figura 2. Evolução do número de casos confirmados, a partir do dia em que cada país alcançou 50 casos.

Fonte: World Health Organization, dados providos pela John Hopkins University em <https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>

Dois países que se destacam são a Itália e a Coreia do Sul, detalhados nas Figuras 3 e 4. O caso da Itália (Figura 3) é emblemático por conta do acelerado crescimento do número de casos confirmados, trazendo consequências que vêm sendo noticiadas diariamente. Já a Coreia do Sul (Figura 4) destaca-se pelo controle do avanço da curva. Na Itália, a primeira recomendação do governo para a contenção do COVID-19 foi adotada somente após a confirmação do 3.089º caso, no dia 04 de março, data na qual o país já tinha alcançado 50 casos havia 11 dias. Já na Coreia do Sul, estas ações foram executadas desde a confirmação do 104º caso, no dia 20 de fevereiro, no 1º dia após passar o total de 50 casos.



Figura 3. Evolução do número de casos confirmados na Itália, frente às medidas de contenção aplicadas.



Figura 4. Evolução do número de casos confirmados na Coreia do Sul, frente às medidas de contenção aplicadas.

Comparando as Figuras 3 e 4, que mostram a evolução do número de casos confirmados na Itália e na Coreia do Sul, respectivamente, observa-se que a reação mais rápida da Coreia do Sul resultou em um crescimento menos acelerado. No dia 04 de fevereiro, quando havia apenas 16 casos confirmados no país, o governo coreano proibiu a entrada de indivíduos oriundos da província de Hubei, na China. Pela evolução histórica de casos confirmados após esta data, é razoável supor que este fato pode ter sido decisivo para abrandar a evolução da infecção por COVID-19 dentro do país.

Mesmo dentro do território italiano, há evidências de que medidas de contenção locais surtiram efeito, como as tomadas pelas províncias de Lodi e Bergamo. Enquanto Lodi decretou distanciamento social em 23 de fevereiro, Bergamo só adotou esta mesma política no dia 8 de março. O impacto destas duas medidas pode ser visto na Figura 5.

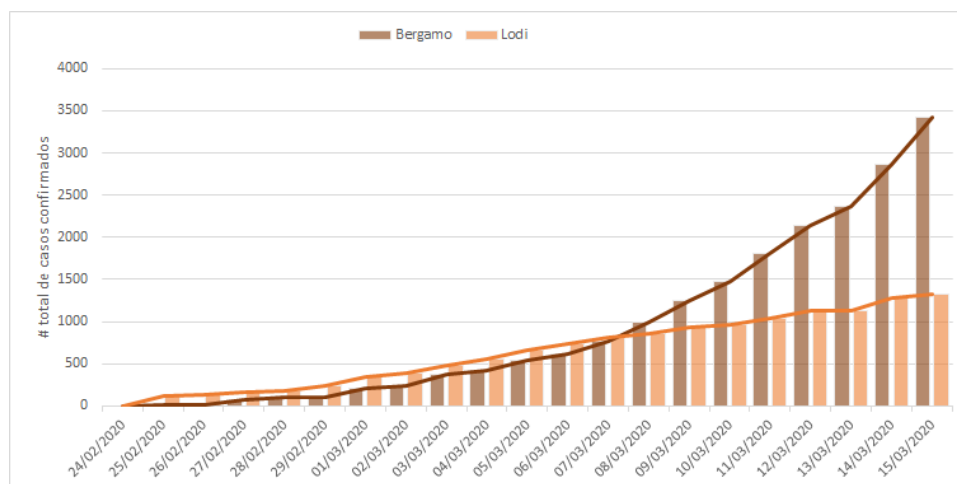


Figura 5. Evolução do número de casos confirmados, a partir do dia em que o país alcançou 50 casos.

Fonte: dados providos pela Sito del Dipartimento della Protezione Civile - Emergenza Coronavirus: la risposta nazionale em <https://github.com/pcm-dpc/COVID-19>

Portanto, fica notório que a evolução de casos de infecção por COVID-19 no Brasil será influenciada pelas ações de contenção e reação dos cidadãos. Neste sentido, o objetivo deste estudo é apresentar projeções para os próximos 11 dias (até 26 de março) da quantidade total de casos

de infecção por COVID-19 no Brasil e nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo (estados que hoje têm o maior número de casos do país), a partir dos dados da evolução da epidemia em outros países.

Metodologia

A abordagem utilizada no estudo replicou as taxas de crescimento observadas em uma "cesta" de países para projetar novos casos de infecção por COVID-19 no Brasil. Desta forma, observar-se-á o avanço da epidemia tendo em vista o que aconteceu em outros lugares do mundo.

Os países inseridos na "cesta" do estudo foram selecionados por terem as maiores séries históricas disponíveis, são eles: Irã, Itália, Coreia do Sul, Espanha, França, Alemanha, China e EUA. Isto é, considerando que o Brasil alcançou no dia 12 de março o primeiro dia com pelo menos 50 casos confirmados, tido como D0 nas premissas, e levando em conta a "cesta" de países, é possível obter a projeção do D4 (15 de março) até o D14 (26 de março) para o Brasil utilizando os valores efetivamente observados nos demais países.

As taxas de crescimento são calculadas pela fórmula (1), enquanto os valores projetados para o Brasil são dados pela fórmula (2):

$$\text{taxa de crescimento}_t = \frac{\# \text{ casos confirmados}_t}{\# \text{ casos confirmados}_{t-1}} \quad (1)$$

$$\# \text{ casos confirmados}_t = \# \text{ casos confirmados}_{t-1} \times \text{taxa de crescimento}_t \quad (2)$$

As projeções do número de casos para os estados do Rio de Janeiro e São Paulo foram calculadas através da metodologia explicitada acima. Em São Paulo o D0 foi 13 de março, com 56 casos. No entanto, como o RJ ainda não alcançou os primeiros 50 casos até o último dado divulgado desde a divulgação deste estudo (em 16 de março de 2020), para o D0 do RJ foi considerado o dia 15 de março, quando foi registrado o total acumulado de 24 casos neste estado.

Além da construção dos possíveis cenários do número de casos de infecção a partir de cada um dos países da "cesta", também serão construídos cenários (otimista, mediano e pessimista) com base em estatísticas (quartis) obtidas dos primeiros resultados.

Resultados

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos após aplicação da metodologia apresentada anteriormente. Para gerar tais resultados foi considerado que:

1. Os dados estão apresentados de forma acumulada, ou seja, para cada dia será mostrado o total de casos confirmados até o dia analisado.
2. O total de casos confirmados da China não considera a província de Hubei, onde foi o epicentro da pandemia.

A Figura 6 expõe a predição do número de casos de COVID-19 no Brasil para 11 dias à frente (16 de março a 26 de março), de acordo com as taxas de crescimento observadas para cada país da

“cesta”. Esta figura representaria o número de casos do Brasil se fosse reproduzida a evolução em cada um destes países.

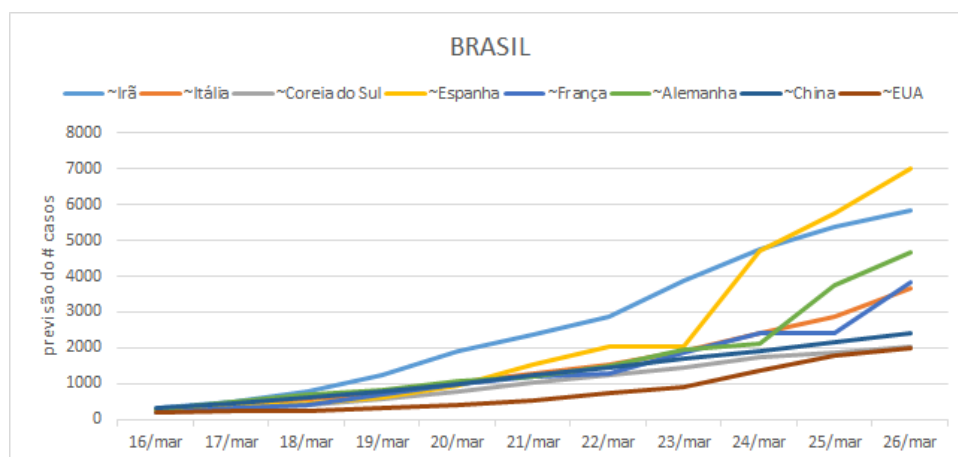


Figura 6. Predição do número de casos de COVID-19 no Brasil considerando a taxa de crescimento de cada país da “cesta”.

Pela Figura 6, é possível notar a importância de considerar diferentes cenários de predição, considerando cada um dos países da “cesta” e não apenas de um país em específico, visto que a evolução da infecção por COVID-19 varia bastante de acordo com as características de cada país e com as medidas de contenção implementadas em cada um deles. Desta forma, foi feita uma predição que considera as taxas de crescimento de todos os países supracitados.

Na Figura 7, são expostos os comportamentos esperados para o 1º quartil, mediana e 3º quartil. De forma simplificada, esses três quartis representam cenários otimista, mediano e pessimista, respectivamente.

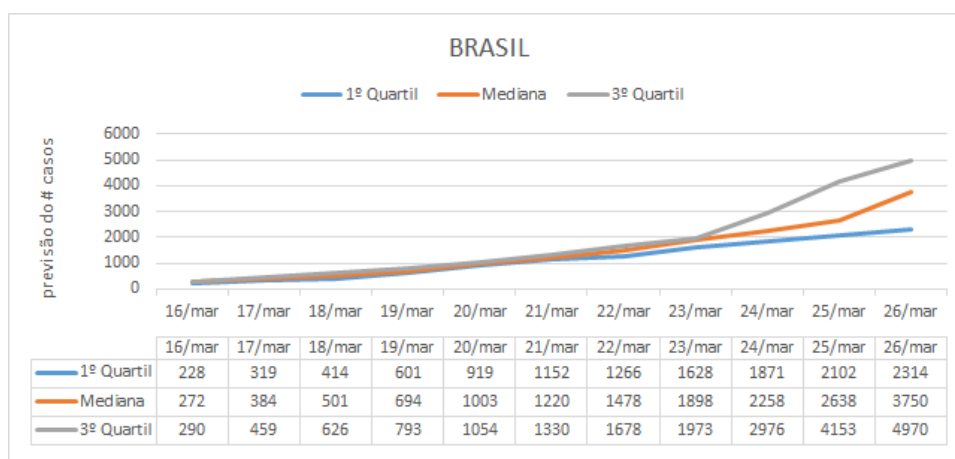


Figura 7. Predição do número de casos de COVID-19 no Brasil (cenário otimista, mediano e pessimista).

Pela Figura 7, percebe-se que o esperado para o dia 26/03/20 é um total de 3750 casos de COVID-19 confirmados no Brasil, podendo variar entre 2314 e 4970 casos.

A metodologia empregada ao Brasil pode ser aplicada para o Estado de São Paulo. Dessa forma, a Figura 8 mostra os resultados da predição do número de casos 11 dias à frente (16 de março a 26 de março).

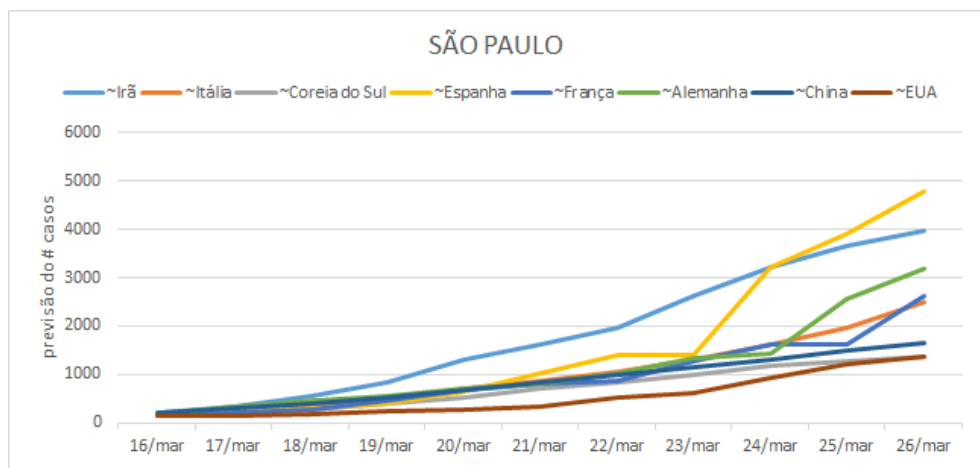


Figura 8. Predição do número de casos de COVID-19 no Estado de São Paulo considerando a taxa de crescimento de cada país da “cesta”.

Na Figura 9, são apresentados os comportamentos esperados para os cenários otimista, mediano e pessimista no Estado de São Paulo. Pode-se verificar que o esperado no dia 26/03/20 é um total de 2550 casos, podendo variar entre 1573 e 3380 casos confirmados de COVID-19.

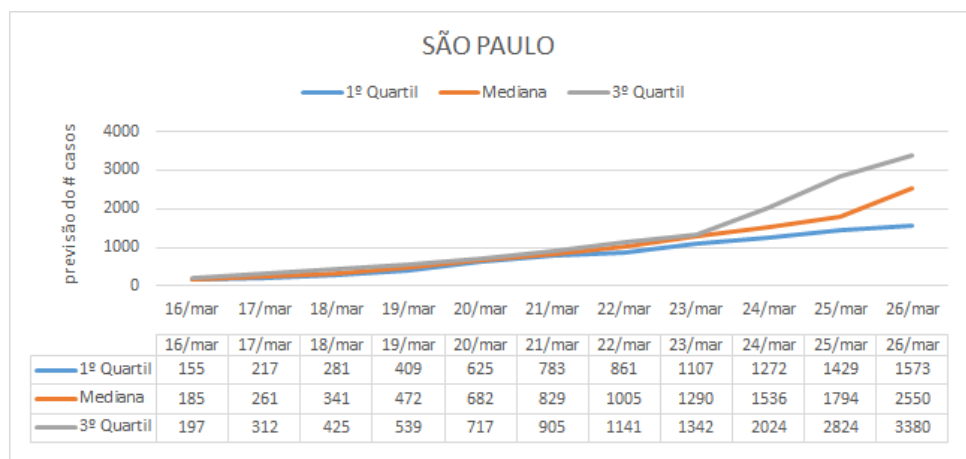


Figura 9. Predição do número de casos de COVID-19 no Estado de São Paulo (cenário pessimista, mediano e otimista).

Da mesma maneira, pode-se aplicar a metodologia para o Estado do Rio de Janeiro. Dessa forma, a Figura 10 mostra os resultados da predição do número de casos 11 dias à frente (16 de março a 26 de março).

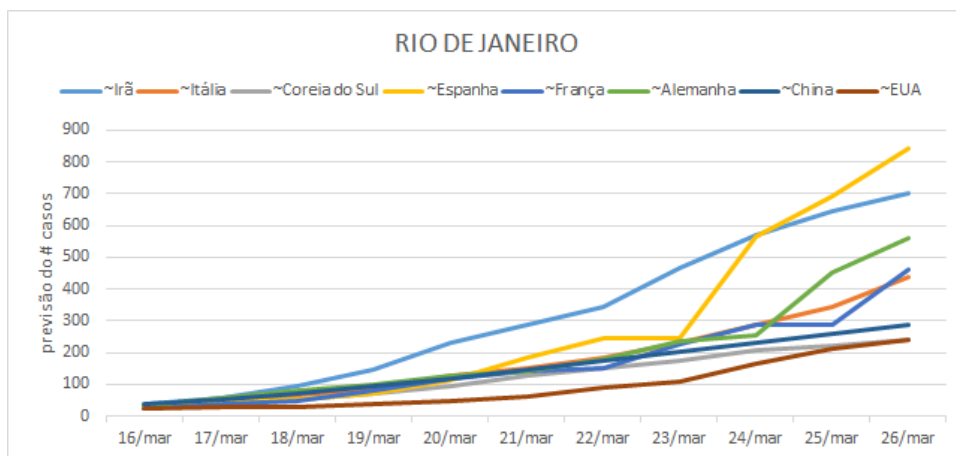


Figura 10. Predição do número de casos de COVID-19 no Estado do Rio de Janeiro considerando a taxa de crescimento de cada país da “cesta”.

Na Figura 11, são apresentados os comportamentos esperados para os cenários otimista, mediano e pessimista no Estado de Rio de Janeiro. A estimativa para o dia 26/03/20 é de um total de 450 casos, podendo variar entre 278 e 596 casos confirmados de COVID-19.

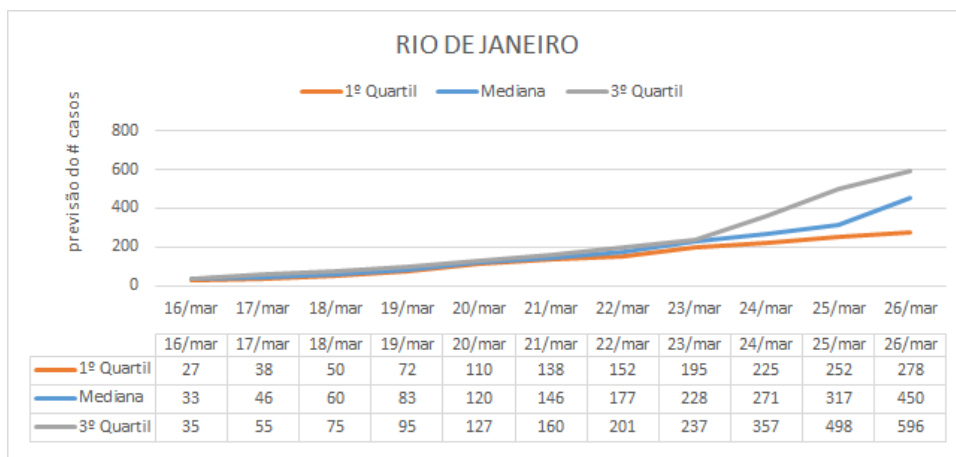


Figura 11. Predição do número de casos de COVID-19 no Estado do Rio de Janeiro (cenário pessimista, mediano e otimista).

Conclusão

Nesta nota procuramos gerar diferentes cenários relativos à progressão da epidemia de COVID-19 no Brasil e nos estados do RJ e SP. Nas estimativas apresentadas procuramos indicar cenários otimistas (melhor cenário), medianos e pessimistas (pior cenário). Estes cenários foram baseados nas taxas de crescimentos de uma "cesta" composta pelas taxas de crescimento de Irã, Itália, Coreia do Sul, Espanha, França, Alemanha, China e EUA, e projetados a partir dos 50 primeiros casos. Optou-se por fazer as previsões para os próximos 11 dias considerando que os dados estão disponíveis para os diferentes países da "cesta", o que torna a predição mais acurada.

Pode-se notar a partir das previsões, que se espera um crescimento exponencial da doença COVID-19 no Brasil neste período, uma vez que havia um total de 200 casos em 15/03/20 e pode-se chegar em apenas 11 dias (26/03/20) a um total de 3750 casos (cenário mediano), podendo variar entre 2314 casos (cenário otimista) e 4970 casos (cenário otimista). Para o Estado de São

Paulo, que na mesma data registrava 136 casos, a predição é de chegar a 2550 casos confirmados em 26 de março (variando entre 1573 e 3380 casos), representando 68% dos casos do país. A predição para o Estado do Rio de Janeiro, que apresentava apenas 24 casos em 15 de março, é de chegar a 450 casos confirmados em 26 de março (variando entre 278 e 596 casos).

Deve-se considerar que alguns efeitos comportamentais, assim como a disponibilidade de recursos, podem afetar estas predições. A aderência da população às medidas de contenção e distanciamento social podem afetar favoravelmente estes resultados, por outro lado a ausência de confirmação diagnóstica bem como a subnotificação pode falsear estas predições.

As predições realizadas neste documento foram baseadas nos dados brasileiros e internacionais disponíveis até 15 de março de 2020. Desta forma, estas predições serão atualizadas em função da notificação de novos casos, do número de casos testados e de pacientes hospitalizados.

Nos próximos dias serão disponibilizadas novas notas técnicas com as projeções atualizadas. Também será divulgada a estimativa da necessidade de leitos em hospitais públicos no Brasil. Os modelos preditivos deverão ser aprimorados para considerar os eventos de contenção da epidemia em vários lugares do mundo.