

## Nota Técnica 5 – 01/04/2020

### Evolução da epidemia do COVID-19 no Brasil até 31 de março de 2020

Amanda Batista<sup>1</sup>; Bianca Antunes<sup>1</sup>; Guilherme Favaret<sup>1</sup>; Igor Peres<sup>1</sup>; Janaina Marchesi<sup>2</sup>; João Pedro Cunha<sup>1</sup>; Leila Dantas<sup>1</sup>; Leonardo Bastos<sup>1</sup>; Soraida Aguilar<sup>1</sup>; Otavio Ranzani<sup>3,4</sup>; Fernanda Baião<sup>1</sup>; Paula Maçaira<sup>1</sup>; Silvío Hamacher<sup>1,2</sup>; Fernando Bozza<sup>5,6</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio, Brasil

<sup>2</sup>Instituto Tecgraf, PUC-Rio, Brasil

<sup>3</sup>Barcelona Institute for Global Health (ISGlobal) - Barcelona, Espanha

<sup>4</sup>Divisão de Pneumologia, InCor, Hospital das Clínicas FMUSP, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

<sup>5</sup>Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino - Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>6</sup>Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas, Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

#### Introdução

Até o dia 31 de março de 2020, a Organização Mundial de Saúde (OMS) divulgou um total de 856.356 casos da COVID-19 no mundo, com a presença do vírus já reportada em todos os continentes e praticante todos os países. No Brasil, um total de 5.717 casos foram confirmados, sendo a maior parte em São Paulo (2.339) e Rio de Janeiro (708), até esta data. O entendimento da progressão da epidemia e as projeções de novos casos são fundamentais para um planejamento racional das ações de alocação de recursos e combate à doença, visto que o vírus vem se propagando rapidamente, desconhecendo fronteiras e provocando colapso em muitos sistemas de saúde pelo mundo.

A primeira notificação de casos de COVID-19 no Brasil ocorreu em 26 de fevereiro de 2020, no estado de São Paulo. Desde então, a doença evoluiu rapidamente para outros estados, como Rio de Janeiro e Bahia. Esta progressão acelerada fez com que os governos municipais, estaduais e federal iniciassem medidas de contenção, similar ao que se fez na China e em países europeus nos quais ocorreu um grande número de casos, como Itália e Espanha. Caso estas ações sejam efetivas, a curva de casos acumulados por dia no Brasil, e nos estados que as adotaram, pode apresentar uma diminuição na taxa de crescimento, o que também influencia nas novas projeções.

Esta Nota Técnica tem como objetivo: (i) avaliar a progressão dos casos confirmados de COVID-19 no Brasil no período de 21/03/2020 até 30/03/2020, comparando com as predições realizadas pelo NOIS na [Nota Técnica 4](#); (ii) descrever a progressão dos casos confirmados de COVID-19 nos países onde a pandemia encontra-se num estágio mais avançado (Estados Unidos, Itália, Espanha, Alemanha, França, Irã, China e Coreia de Sul); e (iii) identificar países onde a epidemia tem um crescimento semelhante ao do Brasil.

## Análise das previsões ([Nota Técnica 4](#)) e os dados observados até 30 de março de 2020

Para analisar as previsões, fez-se uma comparação entre as projeções realizadas na [Nota Técnica 4](#) - “Projeção de casos de infecção por COVID-19 no Brasil até 30 de março de 2020” (NT4) e os dados observados. Como referência, utilizou-se o cenário Mediano (isto é, a previsão mais provável). Esta projeção foi avaliada com a métrica de erro percentual absoluto médio (*Mean Absolute Percentage Error* - MAPE), a qual avalia o quanto o valor projetado do cenário mediano se desviou do valor observado em valores percentuais (ver Anexo 1).

### I. Brasil

As previsões da Nota Técnica 4 se basearam na evolução da epidemia em relação ao conjunto de países com mais casos da COVID-19 em 20/03/2020 (Estados Unidos, Itália, Espanha, Alemanha, França, Irã, China e Coreia de Sul). Estes países são denominados como “cesta”. Estabelece-se como Dia Zero (D0) o dia no qual a epidemia atingiu o 50º caso no país. No Brasil, o D0 foi em 11/03/2020, enquanto que para a China foi 22/01/2020, Itália foi 22/02/2020 e, na Espanha, 01/03/2020. Como em 20/03/2020 o Brasil estava no seu D9, a previsão foi baseada na evolução da cesta de países entre o D10 e o D19.

Nos dias 21 e 22 de março de 2020, os casos confirmados no Brasil ultrapassaram a previsão pessimista, indicando um rápido crescimento da epidemia em relação aos países da cesta (Figura 1). Contudo, nos dois dias subsequentes, os casos confirmados estiveram entre o cenário mediano e o cenário pessimista, o que demonstrou uma tendência de diminuição do crescimento. Essa tendência foi confirmada entre os dias 24/03/2020 e 30/03/2020, quando os valores realizados estiveram entre o cenário otimista e o cenário mediano. Portanto, à exceção dos dias 21 e 22 de março de 2020, os casos confirmados observados estiveram dentro do intervalo dos valores projetados pelos três cenários. O erro absoluto médio da previsão em relação ao cenário mais provável (mediano) foi de 17,94%, o que demonstra a pertinência da metodologia proposta na [NT4](#).

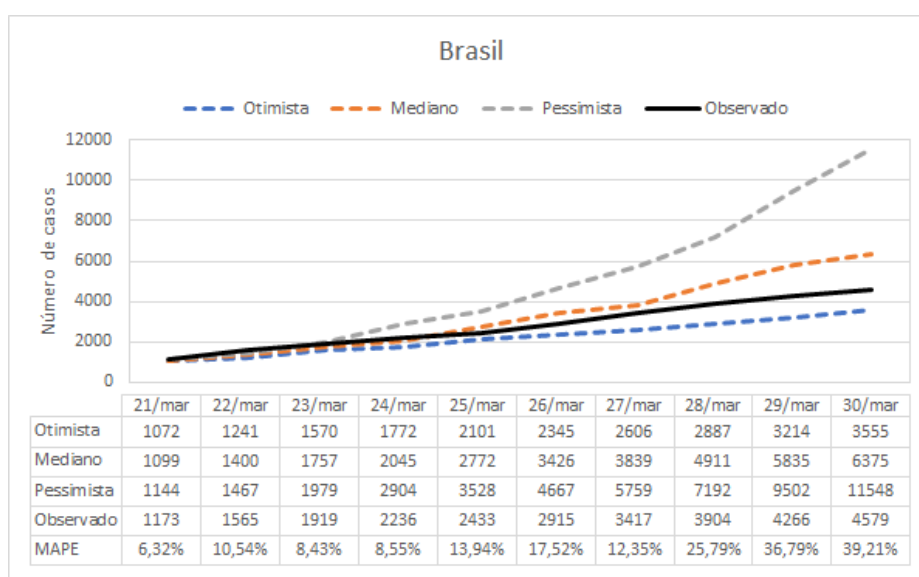


Figura 1. Comparação entre o número total de casos confirmados projetados na NT4 e observados para o Brasil entre 21/03/2020 e 30/03/2020.

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

Embora parte deste efeito possa se dever às medidas de contenção, ressalta-se que o Brasil apresenta duas dificuldades na mensuração do total de casos positivos identificados: ausência de uma política de testagem ampla e o atraso na obtenção dos resultados e notificações. A primeira afirmação se deve ao fato de não haver testes suficientes para analisar a evolução da doença na população. Já a segunda se deve ao aumento da demanda por testes, associada à falta de recursos e mão de obra qualificada para efetuar uma análise rápida.

Dessa forma, nota-se que as estatísticas declaradas pelo governo apresentam dados parciais e atrasados, não representando a situação real do progresso da doença no país. Embora providências para a aquisição de mais testes, como o RT-PCR (teste molecular) e testes rápidos (sorológico), e medidas para expansão de capacidade de diagnóstico já tenham sido tomadas, ainda não sabemos quando e como estas medidas serão implementadas. Corroborando com esta limitação está o fato de o país ter atingido 5.717 casos em 31 de março de 2020, um aumento de aproximadamente 25% em relação ao dia anterior, sendo que nos últimos dois dias o crescimento médio foi de apenas 8,30%. Logo, perceber-se que ainda há variação no número de casos confirmados declarados em função provavelmente das práticas de testagem e notificação.

## II. Rio de Janeiro

A evolução da doença no Rio de Janeiro corroborou com a predição realizada na NT4 (Figura 2). Similar à análise do Brasil, a progressão do número de casos confirmados no estado fluminense se manteve dentro dos limites previstos, com exceção dos dias 21 e 22 de março de 2020, e o erro absoluto médio em relação ao cenário mediano foi de 10,68%.

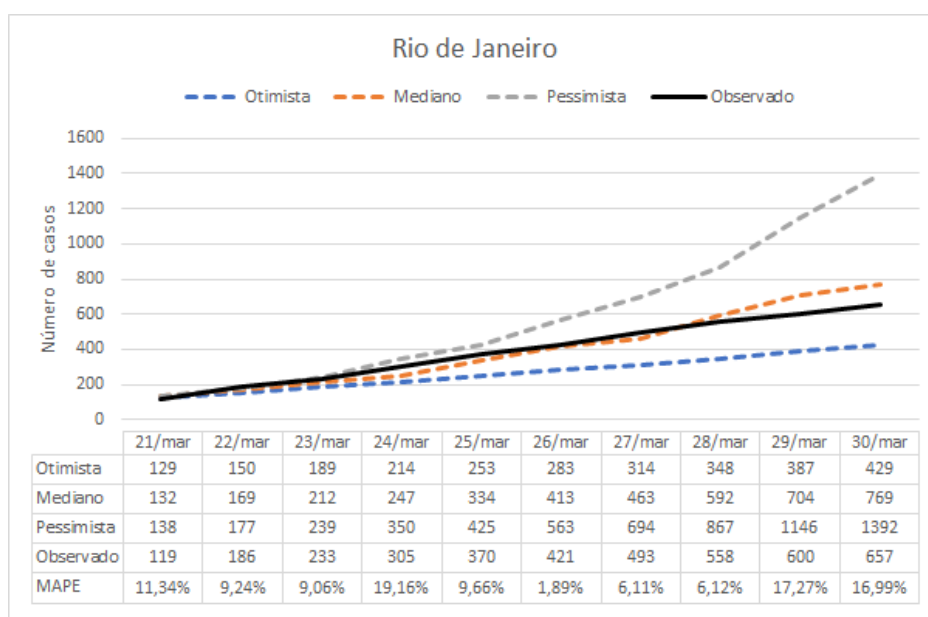


Figura 2. Comparação entre os resultados projetados na NT4 e observados para o RJ entre 21/03/2020 e 30/03/2020.

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

Inicialmente, constatou-se um aumento na taxa de crescimento do número de casos, visto que os valores observados no dia 21/03/2020, que eram inferiores ao cenário otimista, excederam a predição pessimista logo no dia seguinte. Entre os dias 23/03/2020 e 27/03/2020, entretanto, verificou-se uma tendência de diminuição do crescimento, situando-se entre os cenários

mediano e pessimista. No restante do período tal tendência se manteve, e os valores registrados estiveram entre os cenários otimista e mediano.

### III. São Paulo

O Estado de São Paulo terminou o período analisado com 1.517 casos confirmados, abaixo do cenário otimista previsto pela NT4 (Figura 3). O erro absoluto médio em relação ao cenário mais provável foi de 35,59%, bastante superior aos valores calculados para o Brasil e para o Rio de Janeiro. Vale destacar, todavia, que os valores observados foram bastante próximos do cenário otimista, com um erro absoluto médio de apenas 6,36% em relação a ele.

Os dados registrados nos dias 21, 25 e 30 de março de 2020 ficaram ligeiramente aquém dos limites previstos, enquanto que nos dias 23, 24, 26, 28 e 29 do mesmo mês, o número de casos confirmados ficou entre os cenários otimista e mediano, indicando uma tendência de crescimento semelhante à do cenário otimista. Somente o dia 22/03/2020 registrou valores entre os cenários pessimista e mediano.

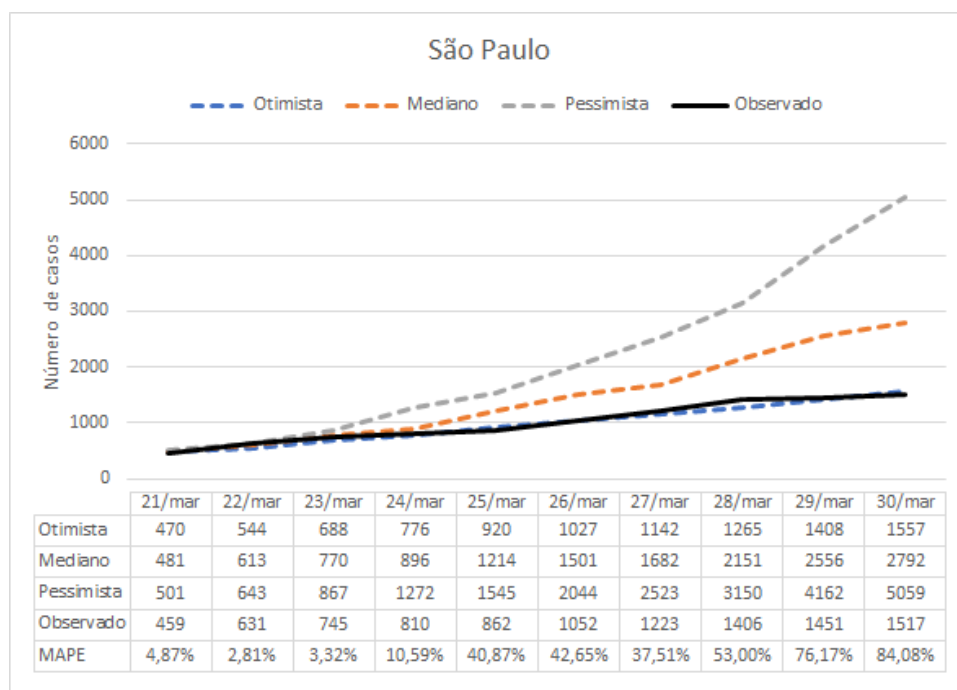


Figura 3. Comparação entre os resultados projetados na NT4 e observados para SP entre 21/03/2020 e 30/03/2020.

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

O aumento do erro absoluto médio da predição pode ser explicado pela mudança na metodologia de notificação instituída pelo Centro de Vigilância Epidemiológica (CVE) de São Paulo. Desde o dia 26/03/2020, segundo o e-mail enviado a todas as unidades de saúde do estado responsáveis pelo primeiro atendimento dos pacientes com suspeita da COVID-19, os casos suspeitos de profissionais de saúde passaram a ser reportados diretamente ao Ministério de Saúde, e as notificações por meio do Sistema de Agravos de Notificação (SINAN) passaram a conter apenas casos graves reportados pelos hospitais de referência. Além disso, há relatos de um grande número de exames em atraso no Instituto Adolfo Lutz de São Paulo, chegando a mais de 10.000 casos.

Portanto, é provável que haja subnotificação desde antes do dia 27/03/2020, e que o número real de casos em São Paulo seja maior que o relatado, o que se aproximaria dos casos confirmados no cenário mediano da previsão. Como São Paulo respondia, em 20/03/2020, por 37% dos casos do Brasil, a hipótese de subnotificação no estado também implicaria que o número real de casos no Brasil deveria ser maior do que o reportado.

Apesar disso, no dia 30 de março o Ministério Público de Contas solicitou que o estado de São Paulo não teste somente os casos positivos graves. Este fato pode ser uma das razões para o aumento do número de casos reportados no dia 31 de março (2.339), representando um crescimento de 54% em relação ao dia anterior.

### Progressão da COVID-19 no Brasil em relação a outros países

Em um primeiro momento, analisou-se a evolução do número de casos confirmados no Brasil, tanto em valores absolutos quanto em termos de taxa de duplicação. Em seguida, comparou-se estes valores com os países que foram utilizados para a previsão entre os dias 21/03/2020 e 30/03/2020. Por fim, a progressão da doença foi comparada com outros países que estão, no mínimo, no mesmo estágio de transmissão do Brasil.

A Figura 4 mostra a evolução do número de casos e da taxa de duplicação (em dias) da COVID-19 no Brasil. A taxa de duplicação (que também aparece na Tabela 1) representa o número de dias necessários para que o número de casos confirmados da COVID-19 seja dobrado. Quanto maior for o valor da taxa de duplicação, mais lentamente a epidemia se propaga. Lembramos que o D0 marca o dia do 50º caso no Brasil (11/03/2020).

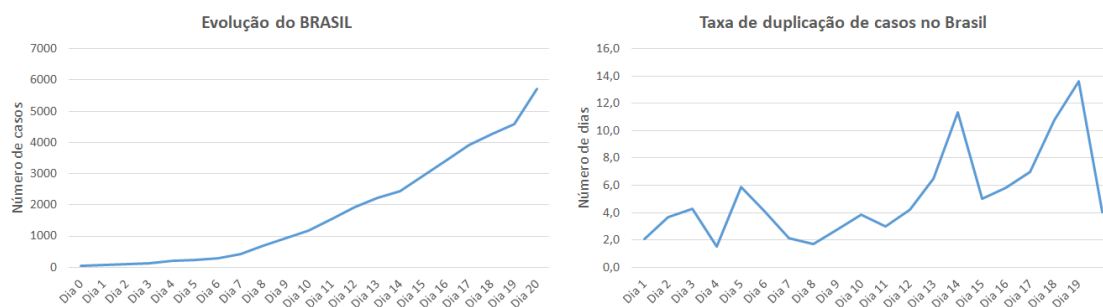


Figura 4. Evolução do número de casos confirmados de COVID-19 (gráfico 4a, à esquerda) e evolução da taxa de duplicação (gráfico 4b, à direita) no Brasil para os primeiros 20 dias (considerando o dia 0 como o dia em que o país atingiu ou excedeu 50 casos confirmados).

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

Percebe-se uma grande variação nos valores diários das taxas de duplicação (Figura 4 e Tabela 1). Por exemplo, no Brasil, a taxa de duplicação foi de 11,4 dias (197 novos casos) no D14, e, no dia seguinte este valor diminuiu para 5 dias (482 novos casos). Além disso, enquanto nos 12 primeiros dias a taxa de duplicação média foi de 3,3 dias, esta taxa passa para 8,6 dias entre o D13 e o D19 (30/03/2020), chegando a valores de 10,8 (D18) e 13,6 (D19). No D20, contudo, a taxa de duplicação cai para 4,0, o menor valor desde o dia 11.

A Tabela 1 também mostra a evolução da taxa de duplicação de casos confirmados de COVID-19 nos outros países da cesta utilizada para projeção na [NT4](#).

	Irã	Itália	Coreia do Sul	Espanha	França	Alemanha	China	Estados Unidos	Brasil
Dia 1	1,8	0,7	1,0	2,3	1,3	1,5	1,1	8,5	2,1
Dia 2	2,2	2,1	0,9	2,7	3,3	4,5	1,2	8,5	3,7
Dia 3	1,3	2,5	2,6	2,9	2,1	4,3	1,4	57,0	4,3
Dia 4	1,7	2,5	2,6	6,0	14,7	3,0	1,7	29,0	1,5
Dia 5	1,9	2,2	5,8	1,8	2,4	1,2	2,3	7,5	5,9
Dia 6	1,5	2,8	3,4	4,0	3,1	2,6	2,9	11,3	4,1
Dia 7	1,9	3,7	2,5	2,9	1,4	5,2	3,4	3,1	2,1
Dia 8	1,8	2,0	3,1	1,7	2,2	3,3	3,6	4,9	1,7
Dia 9	4,0	5,0	2,9	1,7	5,4	7,6	4,3	3,8	2,7
Dia 10	4,9	4,4	5,4	2,9	13,7	4,2	5,4	2,2	3,8
Dia 11	2,8	4,3	6,2	0,8	2,1	3,2	6,6	4,8	3,0
Dia 12	4,4	4,0	5,1	0,8	3,6	11,2	7,4	1,9	4,2
Dia 13	7,8	5,0	11,9	4,5	1,7	1,3	7,4	3,5	6,5
Dia 14	11,0	3,7	12,0	4,5	1,7	4,0	9,4	8,0	11,4
Dia 15	8,1	3,9	12,1	3,6	4,5	3,8	11,1	1,6	5,0
Dia 16	8,4	4,1	14,7	5,5	4,5	3,9	12,4	3,0	5,8
Dia 17	8,4	9,4	25,8	5,4	2,1	3,7	16,4	3,4	7,0
Dia 18	7,8	4,4	44,6	3,4	6,5	3,0	20,1	3,2	10,8
Dia 19	8,3	4,4	44,6	7,3	5,5	4,1	23,8	4,0	13,6
Dia 20	10,5	2,4	31,0	4,1	4,9	3,4	27,0	3,5	4,0

Tabela 1. Evolução da taxa de duplicação de casos confirmados de COVID-19 nos países da cesta utilizada para projeção na NT4 (considerando o “Dia 0” como o dia em que o país atingiu ou excedeu 50 casos confirmados).

Notam-se comportamentos bem diferentes entre cada país da cesta. Nos países orientais (China e Coreia do Sul) – que foram os primeiros a sofrer com a epidemia da COVID-19 – a doença tem uma taxa de duplicação muito rápida no início (a cada 1 dia), mas com o passar do tempo ela aumenta e, a partir do 11º dia, passam a ter taxas de duplicação mais lentas do que os outros (a cada 6 dias). Além disso, no 20º dia a Coreia do Sul já havia controlado o crescimento, apresentando taxa de duplicação de 31 dias (seguida de dois dias com taxa de duplicação a cada 45 dias), e a China estava próxima disso, com duplicação a cada 27 dias.

Por outro lado, quando analisamos os países europeus (Itália, Espanha, França e Alemanha), percebe-se uma taxa de duplicação rápida no início, mas não similar aos países orientais nos primeiros 4 dias. Entretanto, a partir do 5º dia, observa-se uma dificuldade em controlar a evolução da doença, de forma que no 20º dia os países europeus ainda possuem taxas de duplicação relativamente baixas (duplicação a cada 3 a 5 dias, dependendo do país).

O comportamento do Irã é um pouco diferente dos demais países. Apesar de começar com um crescimento rápido nos primeiros 12 dias, o país controla melhor o crescimento a partir do 13º comparado com os países europeus. Ao se comparar o Irã com a China e a Coreia do Sul, percebe-se que, apesar de ele conseguir reduzir a taxa de duplicação a partir do 13º dia para a cada 8 dias, essa taxa de duplicação permanece praticamente constante até o 20º dia.

Já os EUA apresentaram uma evolução diferente dos outros países. Inicialmente, o crescimento nos EUA era lento (duplicação a cada 8 dias) até o 8º dia. Entretanto, do 9º até o 20º dia, este crescimento passa a ser o mais rápido dentre todos os países da cesta, chegando no dia 20 com uma taxa de duplicação de 4 dias.

A evolução da COVID-19 no Brasil também se diferencia dos outros países da cesta. Nos 12 primeiros dias, o Brasil teve uma evolução rápida do número de casos confirmados. Esse crescimento, entretanto, foi um pouco mais lento do que o dos países europeus. A partir do 13º dia, o Brasil passou a reduzir a taxa de duplicação (7 dias) e chegou no dia 19 com uma taxa de duplicação de 13,6 dias, enquanto que os países europeus ainda apresentavam uma taxa de duplicação de 4 dias (Itália e Alemanha), 6 dias (França) e 7 dias (Espanha). Contudo, no último

dia (D20), a taxa de duplicação do Brasil diminuiu de 13,6 para 4 dias, em virtude do aumento do número de casos confirmados em relação ao dia anterior. Nos últimos 3 dias (D18, D19 e D20), a taxa média no Brasil foi de 9,5 dias, portanto melhor do que os países ocidentais no mesmo período.

Na Tabela 1 pode-se entender também a evolução do Brasil face às predições realizadas na Nota Técnica 4, a qual relatou que nos dias 21/03 a 23/03 (D10 a D12) os casos confirmados se aproximariam do Cenário Pessimista, enquanto entre D17 e D19 os casos estariam mais próximos ao cenário otimista. Isto se explica pela metodologia de predição, que utiliza a taxa de crescimento entre os dias D10 e D19 dos países da Tabela 1 da referida Nota. Desta tabela, nota-se que entre D10 e D12 a taxa de duplicação média do Brasil foi de 3,7 dias, menor (isto é, pior) que a média dos demais países entre D10 e D12 (4,7 dias). Assim, nestes dias os casos confirmados foram próximos à predição pessimista. Já entre D17 e D19 a taxa média de duplicação no Brasil aumentou para 10,5 dias. Para os países ocidentais, esta taxa foi de 5,2 dias, aproximando o Brasil da predição otimista, ou seja, da evolução próxima dos melhores países. No D20, contudo, houve uma mudança brusca nos números, o que pode sugerir que houve subnotificação do número de casos confirmados no Brasil nos dias anteriores.

O problema do relato diário de casos confirmados não é exclusivo do Brasil. A França, por exemplo, relatou no D16 apenas 36 novos casos, mas no dia seguinte este valor subiu para 2.145 novos casos. A falta de continuidade na estratégia de notificação dificulta as análises, tanto a nível nacional quanto internacional e, dessa forma, prejudica a tomada de decisões.

Uma outra forma de ver a evolução é comparando com os 38 países do mundo que se encontram no mínimo no mesmo estágio de transmissão do Brasil, isto é, possuem no mínimo 20 dias após a identificação do 50º caso. Esses países são: Canadá, Estados Unidos, Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Egito, Eslovênia, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Islândia, Itália, Holanda, Noruega, Portugal, Reino Unido, República Tcheca, San Marino, Suécia, Suíça, Bahrein, Catar, China, Coreia do Sul, Emirados Árabes, Índia, Irã, Iraque, Israel, Japão, Kuwait, Líbano, Malásia, Singapura, Tailândia, Austrália. Esses países apresentam juntos um total de 787.983 de casos confirmados da COVID-19, o que corresponde a 92% do total de casos divulgados pela OMS.

A Figura 5 apresenta o *boxplot* do número de casos por dia nestes países e no Brasil. Os pontos vermelhos mostram o número de casos do Brasil. Observa-se que entre os dias 8 e 13 o Brasil está próximo ou mesmo acima do terceiro quartil (75% dos países), o que mostra uma evolução mais rápida do que a média dos outros países. A partir do dia 14, o crescimento do Brasil começa a ser mais lento que diversos países, assim, gradualmente, o número de casos confirmados do Brasil se aproxima da mediana dos demais 38 países. Isto indica que, até o dia 13, a evolução do Brasil é mais rápida do que a evolução média destes países, mas uma reversão desta evolução acontece em seguida.

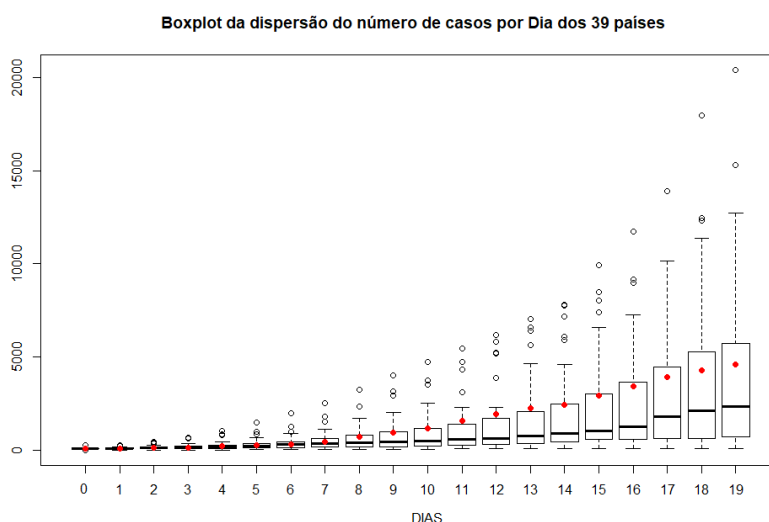


Figura 5. Dispersão do número de casos confirmados nos 39 países por dia (depois da confirmação do 50º caso). Os pontos em vermelho representam os valores do Brasil.

### Semelhanças da progressão da COVID-19 entre o Brasil e outros países

Na última parte desta nota técnica, comparamos o Brasil com os demais 38 países para identificar os países que tiveram trajetória da COVID-19 semelhante à do Brasil. A evolução dos casos confirmados nesses países pode ajudar na predição da evolução do Brasil, supondo-se que as trajetórias serão semelhantes a partir de D20. Também será possível comparar os possíveis efeitos das medidas de contenção destes países com as do Brasil.

Com o intuito de verificar a semelhança dos casos reportados entre o Brasil e cada um dos países, foram realizados testes de hipóteses para a diferença de médias e variâncias, e calculada a métrica de erro MAPE. O teste de hipótese para a diferença de médias estabelece para a hipótese nula que as médias são iguais, e como hipótese alternativa é estabelecido que as médias são diferentes. De forma semelhante, é construído o teste de hipótese para as variâncias. Em ambos os testes a hipótese nula é rejeitada quando o p-valor é inferior a 5%.

Com o resultado da aplicação dos testes de hipótese e do cálculo da métrica MAPE, os seguintes países podem ser considerados semelhantes ao Brasil, com relação à evolução da doença COVID-19 nos primeiros 20 dias: **Áustria, Bélgica, Canadá, República Tcheca, França, Holanda, Portugal, Suíça e Reino Unido**. Na Tabela 2 são apresentados os valores obtidos para cada um dos países mencionados. Cabe destacar que estes países são os que efetivamente reportam o menor valor da métrica de erro.

	Áustria	Bélgica	Canadá	República Tcheca	França	Holanda	Portugal	Suíça	Reino Unido
<i>p-valor</i> diferença de médias	0,9685	0,4830	0,1021	0,3491	0,3979	0,8863	0,6226	0,7641	0,5633
<i>p-valor</i> diferença de variâncias	0,8402	0,3458	0,0567	0,0611	0,0874	0,9650	0,3621	0,4272	0,6637
MAPE	0,0821	0,2782	0,4317	0,3095	0,3058	0,3453	0,2019	0,2080	0,2081

Tabela 2. Métricas de avaliação da diferença na evolução do número de casos confirmados entre o Brasil e cada um dos países.

Para visualizar melhor a evolução da COVID-19 nos países selecionados, expõe-se na Figura 6, em escala logarítmica, o número de casos confirmados para cada país e também para o Brasil.



Vale destacar que, mesmo com um crescimento abrupto no dia 20 (31/03), quando o Brasil apresentou 5.717 casos confirmados, a média de casos confirmados nos demais países foi de 6.690 casos com desvio padrão de 1.643 casos.

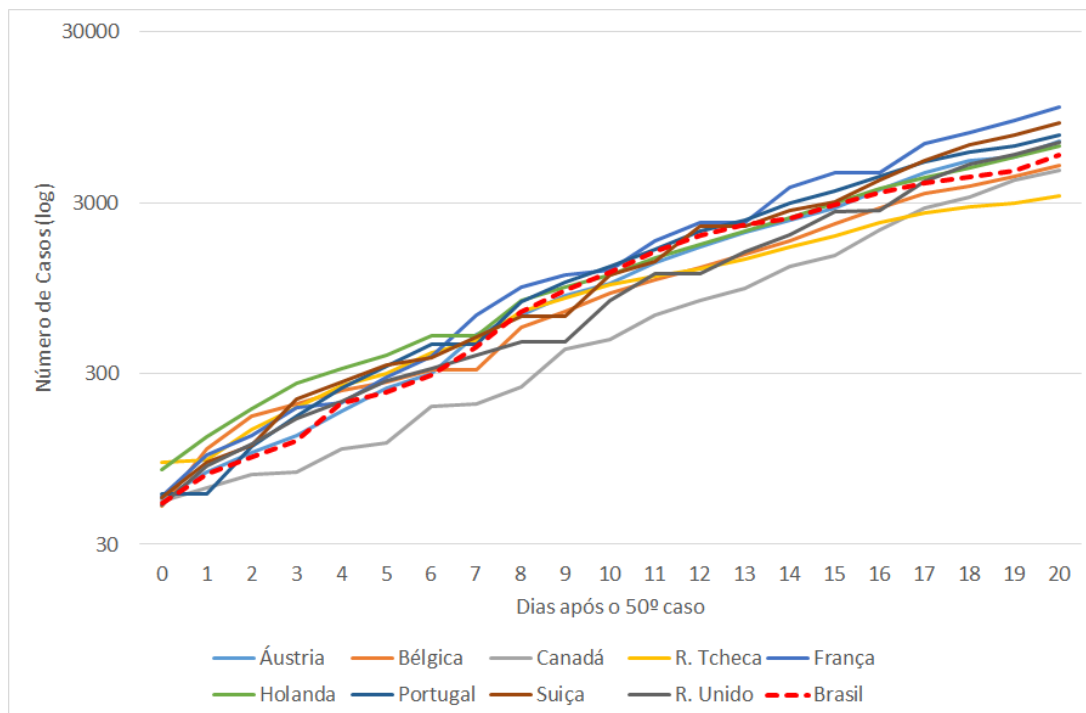


Figura 6. Curvas do número de casos confirmados no Brasil e nos outros países analisados em escala logarítmica.

Ainda na Figura 6, nota-se uma evolução da COVID-19 no Brasil bastante semelhante às dos demais países. Destes, o pior caso até então é o da França, que tinha 10.970 casos confirmados no D20. Já o Canadá, que nos primeiros dias apresentou o crescimento mais lento, em D20 apresentou 4.682 casos. O menor número de casos em D20 foi na República Tcheca (3.308).

## Conclusão

Ao analisar as projeções feitas na [Nota Técnica 4](#) para a evolução do número de casos confirmados da COVID-19 no Brasil, SP e RJ, percebe-se que as projeções demonstraram uma acurácia significativa, com um erro percentual de apenas 17,94% para a projeção no Brasil. Os valores realizados do dia 21 ao dia 30 de março de 2020 ficaram, em média, entre as projeções medianas e otimistas reportadas na NT4. Esse comportamento também foi notado para o estado do RJ. No caso de SP, os valores realizados até 30/03/2020 se comportaram de forma similar ao cenário otimista. Contudo, há indícios de que houve subnotificação em São Paulo nos dias 29 e 30/03/2020 (29/03/2020: 183 novos casos, 30/03/2020: 45 novos casos, 31/03/2020: 948 novos casos), o que poderia levar a uma aproximação do valor mediano da previsão. Esses resultados mostram que nossas projeções conseguiram refletir os números observados com acurácia a realidade.

Além disso, os resultados também evidenciam que, em média, a epidemia no Brasil evoluiu de forma mais controlada quando comparada com a nossa cesta de países selecionada na [NT4](#) (China, Coreia do Sul, Irã, Alemanha, Itália, Espanha, França e EUA). No entanto, por mais que as medidas de contenção tenham sido tomadas logo no início da epidemia, o que se mostrou eficaz para outros países, não se pode atribuir o crescimento mais lento do Brasil exclusivamente

a este fato. Outros fatores podem estar contribuindo, como as subnotificações e o baixo número de testes. Um exemplo da influência destes fatores pode ser visto no dia 31 de março, onde o Brasil apresentou um aumento de 25% em comparação ao dia 30 de março, sendo que em SP esse aumento foi de 54%.

Quando comparamos a evolução da COVID-19 no Brasil com os países da cesta em termos de taxa de duplicação, percebemos um crescimento mais lento do que o observado nos países europeus e nos EUA, principalmente a partir do 13º dia de epidemia, quando o país passou a ter uma taxa de duplicação da doença a cada 7 dias. Entre os dias D18 e D20, o Brasil apresentava uma taxa de duplicação mais controlada (em média a cada 9,5 dias), enquanto que países como a Itália e Alemanha apresentavam taxas de duplicação a cada 4 dias. Como dito anteriormente, isso pode ser um efeito das medidas de contenção que foram tomadas logo no início da pandemia em alguns estados brasileiros, tais como suspensão das atividades escolares, cancelamento de eventos e outros, conforme mostrado na [Nota Técnica 3](#). Entretanto, cabe ressaltar que a dissipação da doença ainda não está controlada, visto que é notório o crescimento do número de casos reportados, especialmente em direção à periferia das grandes cidades e das capitais para o interior. Basta olhar para o desempenho da Coreia do Sul no 19º dia, que apresentava uma taxa de duplicação da doença a cada 45 dias, o que mostra que as medidas de controle no Brasil ainda não tenham surtido o efeito suficiente para o controle da doença.

Destaca-se ainda que, diferentemente dos outros países, o Brasil determinou que em alguns de seus estados não fossem mais reportados os casos menos graves da doença. Este fato, além da falta de testes e da demora para obter os resultados, pode interferir em uma visão mais precisa da evolução da epidemia no país.

## Anexos

### Anexo 1 - Erro percentual absoluto médio (*Mean Absolute Percentage Error - MAPE*)

O erro percentual absoluto médio (MAPE) é uma métrica de avaliação de previsões. O seu cálculo compreende a relação entre o desvio da previsão (valor observado – valor previsto) pelo valor realizado, obtendo-se um percentual. Realiza-se esta operação para todos os valores e, ao fim, calcula-se a média de todos os desvios percentuais. A fórmula matemática do MAPE é:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right|}{n}$$

Onde  $y_t$  é o valor observado;  $\hat{y}_t$  é a previsão;  $t$  é o período (dia) do dado e  $n$  é o número total de observações.