

Situação: O preprint foi submetido para publicação em um periódico

## Pandemia da COVID-19 no Brasil: Projeções do Institute for Health Metrics and Evaluation e a Evolução Observada

Caroline Stein, Ewerton Cousin, Deborah Carvalho Malta, Antonio Luiz Pinho Ribeiro, Ísis Eloah Machado, Ana Maria Nogales Vasconcelos, Ana Paula Souto Melo, Elisabeth França, Lenice Ishitani, Mariana Santos Felisbino-Mendes, Valéria Maria de Azeredo Passos, Tatiane Moraes de Sousa, Fatima Marinho, Maria Inês Schmidt, John Gallagher, Mohsen Naghavi, Bruce B. Duncan

DOI: 10.1590/SciELOPreprints.1110

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- O autor submissor declara que todos os autores responsáveis pela elaboração do manuscrito concordam com este depósito.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa estão descritas no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints.
- Os autores declaram que no caso deste manuscrito ter sido submetido previamente a um periódico e estando o mesmo em avaliação receberam consentimento do periódico para realizar o depósito no servidor SciELO Preprints.
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores estão incluídas no manuscrito.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que caso o manuscrito venha a ser postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo estará disponível sob licença [Creative Commons CC-BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).
- Caso o manuscrito esteja em processo de revisão e publicação por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.

Submetido em (AAAA-MM-DD): 2020-08-17

Postado em (AAAA-MM-DD): 2020-08-17

Projeções IHME

**Pandemia da COVID-19 no Brasil: Projeções do Institute for Health Metrics and Evaluation e a Evolução Observada**

**COVID-19 Pandemic in Brazil: Institute for Health Metrics and Evaluation Projections and the Ensuing Evolution**

**Pandemia de COVID-19 en Brasil: Proyecciones del Institute for Health Metrics and Evaluation y la Evolución Observada**

Título resumido: Projeções IHME

<sup>1</sup>Caroline Stein (0000-0003-4777-1630)

<sup>2</sup>Ewerton Cousin (0000-0003-3455-8865)

<sup>3</sup>Deborah Carvalho Malta (0000-0002-8214-5734)

<sup>4</sup>Antonio Luiz Pinho Ribeiro (0000-0002-0364-3584)

<sup>5</sup>Ísis Eloah Machado (0000-0002-4678-2074)

<sup>6</sup>Ana Maria Nogales Vasconcelos (0000-0001-7589-107X)

<sup>7</sup>Ana Paula Souto Melo (0000-0002-9955-0824)

<sup>8</sup>Elisabeth França (0000-0001-6984-0233)

<sup>9</sup>Lenice Ishitani (0000-0002-7165-4736)

<sup>3</sup>Mariana Santos Felisbino-Mendes (0000-0001-5321-5708)

<sup>10</sup>Valéria Maria de Azeredo Passos (0000-0003-2829-5798)

<sup>11</sup>Tatiane Moraes de Sousa (0000-0002-4359-465X)

<sup>12</sup>Fatima Marinho (0000-0003-3287-9163)

<sup>1,14</sup> Maria Inês Schmidt (0000-0002-3837-0731)

<sup>2</sup>John Gallagher (0000-0002-1674-5280)

## Projeções IHME

<sup>13</sup>Mohsen Naghavi (0000-0002-6209-1513)

<sup>1, 14</sup>Bruce B. Duncan (0000-0002-7491-2630)

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Epidemiologia, Porto Alegre/RS, Brasil. [csteinodonto@hotmail.com](mailto:csteinodonto@hotmail.com); [maria.schmidt@ufrgs.br](mailto:maria.schmidt@ufrgs.br)

<sup>2</sup> University of Washington, Institute for Health Metrics and Evaluation. Seattle/WA, USA. [ewertoncousin@gmail.com](mailto:ewertoncousin@gmail.com); [johngall@uw.edu](mailto:johngall@uw.edu)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Enfermagem. Belo Horizonte/MG/Brasil. [dcmalta@uol.com.br](mailto:dcmalta@uol.com.br); [marianafelisbino@yahoo.com.br](mailto:marianafelisbino@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina, Belo Horizonte/MG/Brasil. [alpr1963br@gmail.com](mailto:alpr1963br@gmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Medicina de Família, Saúde Mental e Coletiva. Ouro Preto/MG/Brasil. [isiseloah@gmail.com](mailto:isiseloah@gmail.com)

<sup>6</sup> Universidade de Brasília, Departamento de Estatística - Instituto de Ciências Exatas. Brasília/DF/Brasil. [nogales@unb.br](mailto:nogales@unb.br)

<sup>7</sup> Universidade Federal de São João Del Rey, Faculdade de Medicina. Divinópolis, MG – Brasil. [ana.paula.souto.melo@gmail.com](mailto:ana.paula.souto.melo@gmail.com)

<sup>8</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina, Departamento de Medicina Preventiva e Social. Belo Horizonte, MG – Brasil. [efranca.med@gmail.com](mailto:efranca.med@gmail.com)

<sup>9</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Grupo de Pesquisa em Epidemiologia e Avaliação em Saúde. Belo Horizonte, MG – Brasil. [lenice.ishi@gmail.com](mailto:lenice.ishi@gmail.com)

<sup>10</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG – Brasil. [passos.v@gmail.com](mailto:passos.v@gmail.com)

<sup>11</sup> Fundação Oswaldo Cruz, Departamento de Endemias Samuel Pessoa. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. [taticmsousa@gmail.com](mailto:taticmsousa@gmail.com)

<sup>12</sup> Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte (MG), Brasil. Grupo de Pesquisas em Epidemiologia e Avaliação em Saúde, Faculdade de Medicina. [mfmsouza@gmail.com](mailto:mfmsouza@gmail.com)

<sup>13</sup> University of Washington, Institute for Health Metrics and Evaluation. Department of Health Metrics Sciences. Seattle/WA, USA. [nagham@uw.edu](mailto:nagham@uw.edu)

<sup>14</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Departamento de Medicina Social. Porto Alegre/RS, Brasil. [duncan.bb@gmail.com](mailto:duncan.bb@gmail.com)

Autor correspondente: Caroline Stein, Programa de Pós-graduação em Epidemiologia, UFRGS, R. Ramiro Barcelos, 2400 2o andar, Porto Alegre/RS 90035-003 Brazil +55 51 3308 5640. [csteinodonto@hotmail.com](mailto:csteinodonto@hotmail.com)

Número de palavras: Resumo 150, Texto 3.475, 5 figuras, 1 tabela suplementar, 2 figuras suplementares

## Resumo

**Objetivo:** Descrever as projeções do IHME para a COVID-19 no Brasil e seus estados e discutir a acurácia e implicações em diferentes cenários. **Métodos:** Descrevemos e estimamos a acurácia das previsões para o Brasil, comparando-as com as mortes cumulativas observadas. **Resultados:** A projeção prevê 192.511 mortes causadas pela pandemia até 1 de dezembro de 2020. O relaxamento continuado do isolamento físico obrigatório, apesar do aumento continuado dos óbitos, pode causar >63.000 mortes adicionais; o rápido aumento no uso de máscara pode reduzir o número para ~25.000. Vários estados poderão ter que reinstaurar restrições. As diferenças entre as projeções do IHME até 6 semanas e as mortes registradas variaram de -11% a 48% para o Brasil. **Conclusões:** As projeções de curto a médio prazo do IHME fornecem informações válidas para informar os gestores de saúde, autoridades eleitas e a sociedade em geral. Elas sugerem curso prolongado, grande mortalidade e prováveis novas restrições.

**Palavras-chave:** COVID-19, transmissão, previsões, pandemias, Brasil

## Abstract

**Objective:** To describe IHME projections for the COVID-19 pandemic in Brazil and its states and discuss their accuracy and implications for different scenarios. **Methods:** We describe and estimate the accuracy of these predictions for Brazil by comparing them with the ensuing reported cumulative deaths. **Results:** The pandemic is projected to cause 192,511 deaths by December 1, 2020. Continued relaxation of mandated physical isolation despite rising deaths could cause >63,000 additional deaths, while rapid increase in mask use could reduce the projected death toll by ~25,000. Several states will likely be obliged to reinstitute mandated restrictions. Differences between IHME projections up to 6 weeks and recorded deaths ranged

## Projeções IHME

from -11% to 48% for Brazil. **Conclusion:** IHME short to medium term projections of deaths provide sufficiently accurate information to inform health planners, elected officials, and society. They suggest a prolonged pandemic course, with major mortality and probable necessity of renewed restrictions.

**Keywords:** COVID-19, transmission, forecasting, pandemics, Brazil

## Resumen

**Objetivo:** Describir las proyecciones del IHME para COVID-19 en Brasil y sus estados y discutir la precisión y las implicaciones en diferentes escenarios. **Métodos:** Describimos y estimamos la precisión de las previsiones para Brasil, comparándolos con las muertes acumuladas observadas. **Resultados:** La proyección predice 192.511 muertes por la pandemia al 1 de diciembre de 2020. La relajación continua del aislamiento físico obligatorio, a pesar del continuo aumento de muertes, puede causar >63.000 muertes adicionales; el rápido aumento en el uso de mascarillas puede reducir el número a ~25.000. Es posible que varios estados deban restablecer las restricciones. Las diferencias entre las proyecciones del IHME hasta las 6 semanas y las muertes registradas oscilaron entre -11% y 48% para Brasil. **Conclusiones:** Las proyecciones de corto a mediano plazo del IHME brindan información válida para informar a los administradores de salud, oficiales electos y la sociedad. Sugieren un curso prolongado, alta mortalidad y probablemente nuevas restricciones.

**Palabras-clave:** COVID-19, transmisión, predicción, pandemias, Brasil

## **Introdução**

O primeiro caso conhecido de COVID-19 no Brasil, uma doença causada pelo vírus SARS-CoV-2, foi registrado em 26 de fevereiro de 2020, com a primeira morte anunciada em 17 de março <sup>1</sup>. Em 10 de agosto de 2020, o Brasil foi o segundo país do mundo em número de mortes e casos <sup>2</sup>.

A geração continuada de dados e as projeções sobre o curso da pandemia sob diferentes cenários de medidas de controle pode informar a formulação de políticas para conter a pandemia.

O Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) da Universidade de Washington, começou a publicar projeções para o COVID-19 em 26 de março de 2020, inicialmente com foco nos Estados Unidos, mas em maio incluindo o Brasil. Suas estimativas de projeções consistem em mortes diárias e acumuladas devido ao COVID-19, número de infecções e testes realizados, capacidade hospitalar e necessidades de recursos hospitalares, e resumos sobre mobilidade social para os próximos meses <sup>3</sup>.

Considerando a potencial utilidade dessas projeções para o Brasil, nosso objetivo é descrever os métodos e os resultados até o momento. Além disso, pretende-se analisar a acurácia dessas projeções, comparando-as com estatísticas da mortalidade acumulada da COVID-19 no Brasil e seus estados, conforme dados do Ministério da Saúde.

## **Métodos**

O IHME, desde 12 de maio, vem lançando iterações de suas projeções para COVID-19 (<https://covid19.healthdata.org/brazil>) para o Brasil e seus estados <sup>4,5</sup>.

Os modelos usam estimativas de tamanho populacional obtidas no WorldPop 2020 <sup>6,7</sup>. Os números de mortes diárias e acumuladas são obtidos no site do Ministério da Saúde do Brasil

(<https://covid.saude.gov.br/>)<sup>1,4</sup>. O número de casos e de testes realizados é obtido em sites do governo nacional e estadual, expresso como a média dos últimos 3 dias para minimizar flutuações decorrentes de atrasos nas atualizações em finais de semana e feriados<sup>4</sup>. Os dados de capacidade hospitalar são obtidos em sites do governo brasileiro, Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, OMS e estudos publicados<sup>4,5</sup>.

A Rede GBD Brasil, composta por pesquisadores brasileiros afiliados ao IHME, junto com a equipe central do IHME, pesquisou as medidas de distanciamento social publicadas pelos governos estaduais, incluindo decretos e portarias publicados semanalmente em sites estaduais<sup>4</sup>. Essas medidas são classificadas usando uma adaptação do New Zealand 4-Level Alert System<sup>8</sup>. Foram incluídas instituições educacionais e empresas não essenciais ordenadas para fechar, pessoas ordenadas para ficar em casa, e restrições severas de viagens<sup>8</sup>. Mais recentemente, foram incluídas também ordens de restrição parcial: decretos que restringem qualquer grau de aglomeração e qualquer grau de fechamento de negócios. Atualmente, apenas medidas que se aplicam a toda a população de um estado são consideradas.

Medidas de mobilidade baseadas em dados anônimos de telefones celulares são obtidas do Facebook e do Google para todos os estados, e da Apple para alguns estados<sup>4</sup>. O uso de máscara é estimado com base em pesquisas periódicas sobre seu uso, ao sair de casa, autorreferido com base na Facebook Global Symptom Survey<sup>9</sup>.

O modelo atual utilizado pelo IHME é um modelo híbrido que combina modelagem estatística das curvas de casos e mortes com modelagem de transmissão de doenças com base em estimativas de frações da população – em cada localização - que são susceptíveis a, exposto a, infectado por e recuperado do SARS-CoV-2 (modelo SEIR)<sup>9</sup>.

## Projeções IHME

Para as projeções de óbitos, inicialmente são modeladas tendências históricas no número de óbitos. Correlações entre o aumento da mobilidade e o uso de máscaras com a taxa de transmissão da doença são então aplicadas para ajustar as projeções de morte, permitindo variabilidade na transmissão futura de acordo com o grau de implementação dessas medidas <sup>4</sup>. As covariáveis adicionais nesse modelo são a densidade populacional, a prevalência de tabagismo, a poluição ambiental, a altitude e a taxa anual de mortalidade por pneumonia, esta última usada como estimativa da sazonalidade da transmissão <sup>4,5,9</sup>.

Para minimizar o impacto de relatórios inconsistentes no número de mortes, as previsões publicadas são baseadas na média de várias iterações de projeções e publicadas com intervalos de incerteza. <sup>4,5</sup>.

O número atual de casos de COVID-19 é então estimado retroativamente a partir das taxas de mortalidade com base em estimativas da proporção de casos fatais. O número de casos é então aplicado no componente de transmissão de doenças do modelo híbrido para gerar projeções de mortes e casos <sup>4,5</sup>. A projeção do número de casos também considera o aumento esperado na escala dos testes, estimado com base nas tendências observadas nos dados dos testes <sup>4</sup>.

A necessidade de recursos hospitalares é estimada com base nos recursos disponíveis apenas para pacientes com COVID-19 <sup>4,5</sup>.

Ao longo dos meses, o IHME desenvolveu modelos progressivamente sofisticados. A primeira e a segunda projeções, lançadas em 12 e 25 de maio, foram baseadas no modelo de 4 de maio e incluíram oito e 19 estados brasileiros, respectivamente. A terceira, de 5 de junho, baseada no novo modelo de 29 de maio, incluiu todos os 26 estados e o Distrito Federal <sup>9</sup>. A quarta, em 24 de junho, acrescentou análises de sensibilidade nas projeções.

## Projeções IHME

O modelo de 4 de maio era multi-estágio e híbrido, além de permitir a inclusão de dados sobre o relaxamento das medidas de distanciamento social, aumento da mobilidade e aumento de testes. O modelo de 24 de junho adicionou à projeção-base cenários alternativos <sup>4,9</sup>. A projeção-base pressupõe o uso de máscaras nas taxas presentes na data da projeção, a flexibilização dos mandatos de distanciamento social com base nas tendências recentes e a reimplantação de decretos restritivos se as taxas diárias de mortalidade atingirem 8 óbitos/milhão. O primeiro cenário alternativo não supõe a reimplantação de decretos. O segundo cenário alternativo adicionou à projeção-base o uso universal de máscaras quando em público, com um aumento no percentual de uso para 95% em 7 dias <sup>4,9</sup>.

Descrevemos, a partir de dados disponíveis publicamente, a evolução das projeções do IHME <sup>9</sup> de mortes por dia e acumuladas devido a COVID-19 para o Brasil e quatro estados. Apresentamos um estado de cada uma das quatro regiões brasileiras - Norte, Nordeste, Sudeste e Sul - que foram avaliadas desde a primeira previsão. Os estados foram escolhidos por terem, entre os presentes nas primeiras previsões, o maior número estimado de mortes entre os estados relatados em sua região. Todas as projeções são mostradas, exceto as de 30 de julho, pois são bastante semelhantes às projeções feitas previamente (22 de julho) e logo depois (6 de agosto).

Para estimar a acurácia das projeções do IHME, contrastamos graficamente as estimativas de mortes das múltiplas projeções com o número de mortes subsequente relatado pelo Ministério da Saúde (MS). Então, produzimos taxas de erro das projeções, para o Brasil e os quatro estados, comparando o número estimado de óbitos acumulados em duas, quatro e seis semanas após a liberação da projeção contra a contagem acumulada de mortes feita pelo Ministério no período.

## Resultados

Até 06 de agosto de 2020, o IHME publicou nove projeções para o Brasil e seus estados. As projeções de 12 de maio estimavam um total de 88.305 mortes em 8 estados, e as de 25 de maio um total de 125.833 mortes em 19 estados até 4 de agosto. A de 5 de junho projetou um total de 165.960 mortes para todos os estados do Brasil até 4 de agosto. As estimativas de 24 de junho foram estendidas até 1º de outubro, projetando um total de 166.362 óbitos. As projeções dos dias 7, 14, 22 e 30 de julho foram estendidas até 1º de novembro, e a de 6 de agosto até 1º de dezembro. O número de mortes acumuladas por estado e para o Brasil de acordo com as projeções do IHME é mostrado na Tabela Suplementar.

A linha marrom na Figura 1 mostra a projeção-base de 06 de agosto estimando um total de 192.511 [Intervalo de Incerteza (II) 159.152 – 229.370] mortes. A linha vermelha crescente demonstra o aumento de mortes estimadas possíveis de ocorrer se medidas de distanciamento social não forem reimplementadas diante de tendências desfavoráveis, com um total resultante de 256.289 (II 195.116 – 323.726) mortes. A linha verde mostra as mortes previstas com um rápido aumento no uso de máscaras. Com o uso da máscara, o total final, 167.643 (II 141.986 – 197.687) de mortes, é reduzido em 24.868 mortes.

A Figura 2 mostra a evolução das projeções de mortalidade, por data, do IHME acompanhadas dos números oficiais de óbitos, em verde, do Ministério da Saúde. O painel superior mostra as mortes diárias, o inferior, as mortes acumuladas. Ambos mostram um bom alinhamento das projeções com as mortes relatadas subsequentes no primeiro mês, a maioria também mostrando boa precisão em um período mais longo. Observe que as projeções para datas mais distantes da projeção de 5 de junho foram revisadas para baixo nas projeções posteriores.

## Projeções IHME

As figuras a seguir mostram a evolução das projeções e as mortes observadas em quatro estados. Para o estado do Amazonas (Figura 3), a projeção inicial de mortes diárias (painel superior) foi bastante precisa por duas semanas, mas depois hiperestimou as mortes, a de 5 de junho, também hiperestimou, e o restante seguiu bem as curvas relatadas pelo Ministério da Saúde.

O estado do Paraná (Figura Suplementar 1), inicialmente minimamente afetado pela pandemia, teve um aumento importante a partir de junho. As projeções iniciais foram razoavelmente precisas ao longo do primeiro mês descrito, mas posteriormente ficaram exageradas. As projeções subsequentes acompanharam a curva que se seguiu dos dados do Ministério da Saúde e diminuíram progressivamente no total de mortes previstas. A projeção de 6 de agosto projetou o pico de mortes para meados de outubro.

Para o estado de Pernambuco (Figura Suplementar 2), as previsões iniciais, principalmente a segunda, após um bom acompanhamento inicialmente, ultrapassaram os dados subsequentes do Ministério. As projeções mais recentes acompanharam bem as semanas iniciais, mas depois divergiram. A projeção mais recente prevê uma diminuição até outubro, com estabilidade, longe de zero depois disso.

São Paulo, o estado mais populoso do Brasil, como mostra a Tabela Suplementar, teve o maior surto, em números absolutos, até o momento. A Figura 4 mostra que todas as projeções tenderam a ultrapassar a realidade subsequente. Estima-se agora que o pico de mortes diárias ocorra no final de agosto, após a nova implementação de mandatos de distanciamento social.

A Figura 5 mostra o erro das estimativas do IHME para as mortes acumuladas duas, quatro e seis semanas após sua publicação. Após 4 semanas, o erro das estimativas para o Brasil variou de 9% para menos, a 32% para mais em relação às mortes observadas; após 6 semanas, de

## Projeções IHME

6% para menos a 48% para mais. As projeções para os estados foram menos fidedignas. Como pode ser visto qualitativamente pelo menor grau de sombreado à direita, a acurácia das projeções de modo geral melhorou com o tempo.

## Discussão

Entre previsões sobre a evolução da pandemia com foco no Brasil, as projeções do IHME se destacam por sua sofisticação e detalhe. A partir de várias iterações na metodologia, o IHME atualmente oferece múltiplas estimativas de utilidade. Sua metodologia vai além das abordagens mais simples e tradicionais de propagação infecciosa para incluir também tendências recentes em mortes, fatores ambientais que influenciam a disseminação do SARS-CoV-2 e as respostas da sociedade à ameaça da pandemia. A comparação das previsões com a realidade observada no Brasil e seus estados demonstra que os modelos recentes desempenharam bem o suficiente para orientar políticas públicas a curto e médio prazo. De particular interesse para autoridades de saúde são as estimativas dos leitos hospitalares necessários e os três cenários futuros previstos que os modelos estão produzindo - a projeção-base, a alternativa considerando o que aconteceria com o relaxamento contínuo dos mandatos e a alternativa considerando o benefício do aumento rápido no uso de máscaras.

Além do IHME, outras fontes nacionais e internacionais produzem previsões do curso futuro da pandemia no Brasil. Sites da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) ([https://dest-ufmg.shinyapps.io/app\\_COVID19//](https://dest-ufmg.shinyapps.io/app_COVID19//)), assim como a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (<https://covid19.ufrgs.dev/tools/predictions>) mostram previsões de curto e longo prazo. Outro site, da Universidade de São Paulo (USP) aplica um modelo SEIR para prever pressão sobre os recursos hospitalares para o Brasil e seus estados

## Projeções IHME

(<https://ciis.fmrp.usp.br/covid19/>)<sup>10-12</sup>. Curiosamente, o modelo da UFMG divulgado em 10 de agosto prevê a epidemia se estendendo até 2021, com ~700 mortes/dia no início de 2021 e mais de 100 mortes/dia continuando até julho de 2021.

Entre os grupos internacionais, a projeção do Imperial College of London (<https://covidsim.org/v2.20200806/?place=Brazil>) indica uma segunda onda importante para Brasil e outros países<sup>13</sup>. A projeção de Youyang Gu (<https://covid19-projections.com/brazil>), usando ferramenta de aprendizado de máquina, sugere que o pico atual de pouco mais de 1000 mortes/dia no Brasil se manterá até setembro, e depois diminuirá lentamente, chegando a 179.066 mortes até 1º de novembro, o que é semelhante aos 180.368 óbitos previstos até essa data pelo IHME<sup>3,14</sup>. O Los Alamos National Laboratory (<https://covid-19.bsvgateway.org/>), tem feito estimativas em geral abaixo do número observado. Sua projeção atual é de ~139.000 mortes até 16 de setembro, contra ~154.000 do IHME<sup>15</sup>.

Os erros na estimativa de óbitos por COVID-19 no Brasil feitas pelo IHME, Imperial College of London (ICL), Youyang Gu, Los Alamos National Lab e Delphi são semelhantes, exceto as do ICL que apresentaram grande superestimação<sup>9,16</sup>. Quanto à validade preditiva da mortalidade cumulativa das diversas previsões, a projeção do IHME apresentou o menor erro para a super-região da América Latina e Caribe.<sup>9,16</sup> Além disso, as projeções do IHME têm a vantagem de mostrar dados para estados brasileiros individuais.

Uma das limitações da abordagem do IHME é exigir que um decreto sobre distanciamento vigore em todo um estado para considerá-lo como implementado. De fato, em muitos estados, o decreto permitiu implementação diferenciada entre municípios ou regiões<sup>17,18</sup>. Nesses casos, a modelagem considerou o decreto como não implementado. Outro problema é que a heterogeneidade na subnotificação de casos e mortes devido ao COVID-19 entre estados

## Projeções IHME

pode introduzir incerteza nas projeções <sup>19</sup>. Além disso, as estimativas de recursos hospitalares disponíveis frequentemente se tornam desatualizadas, por não levar em conta o aumento de leitos e ventiladores criados em resposta à pandemia, por exemplo, por meio da instalação de hospitais de campanha temporários. Além disso, os modelos podem não considerar adequadamente o impacto dos determinantes sociais - a extensa desigualdade na sociedade brasileira e a impossibilidade de muitos brasileiros, dadas as condições de vida, de se isolarem efetivamente do vírus <sup>20,21</sup>.

As previsões foram mais precisas para o Brasil do que para os estados individualmente. A qualidade das projeções para os estados variou, sendo as de 5 de junho superestimadas, principalmente no Paraná e em São Paulo. As projeções seguintes basearam-se em um novo modelo que considerou fatores adicionais, como mudanças previstas no distanciamento social e uso de máscaras. Esse novo modelo produziu uma diminuição considerável nas estimativas da projeção-base. No entanto, as previsões de mortes foram frequentemente superestimadas (Figura 5) e para alguns estados às vezes consideravelmente superestimados.

A utilidade dos resultados do IHME é facilitada pela pronta disponibilidade de gráficos de simples interpretação e pela atualização continuada de métodos que incorporam as mudanças na mobilidade social e os achados sobre as causas subjacentes da taxa de propagação. Um exemplo deste último foi a rápida incorporação de estimativas de sazonalidade nas projeções, levando, por exemplo, a previsões, até agora acertadas, de maior propagação e aumento do número de eventos durante o inverno nos estados do sul do Brasil.

Deve-se levar em conta ainda que as projeções da pandemia de COVID-19 no Brasil e no mundo, em geral, são subestimadas, uma vez que a aplicação dos testes está longe de ser universal, especialmente em relação às mortes não hospitalares <sup>19,22</sup>. Neste aspecto, o Brasil se

## Projeções IHME

destaca entre os países do mundo pelo seu baixo índice de testes realizados. A subnotificação de óbitos pode ser estimada comparando o número de mortes registradas pelo registro civil durante a pandemia com o número esperado com base na média dos cinco anos anteriores. Essa comparação mostra que as mortes atribuídas ao COVID-19 até 20 de junho de 2020 representavam apenas dois terços das 74.172 mortes em excesso estimadas até essa data <sup>23</sup>.

Como os modelos do IHME visam prever a contagem oficial de mortes, na medida em que essas mortes não são registradas, as previsões tornam-se subestimadas. Além disso, as taxas de casos confirmados nas estatísticas oficiais são subestimadas, não apenas pela limitação dos testes, mas também porque muitos casos assintomáticos ou muito leves nunca buscam atenção médica. O mais recente estudo de soroprevalência nacionalmente representativo sugere que, para cada caso relatado oficialmente, cinco não são detectados <sup>24,25</sup>. As estimativas do IHME de casos prevalentes, no entanto, são menos afetadas por esse problema, pois são calculadas indiretamente com base nas razões de fatalidade de casos.

Algumas contribuições das projeções merecem destaque. Uma delas envolve o uso de máscaras. A Organização Mundial da Saúde não recomendou inicialmente o uso de máscaras, pois não havia dados demonstrando a transmissão de coronavírus pelo ar fora dos serviços de saúde e havia a preocupação de que a oferta limitada de máscaras cirúrgicas e respiradores (N95) deveriam ser reservadas aos profissionais de saúde, claramente em maior risco. Depois surgiram evidências de que o uso de máscara era importante <sup>26,27</sup>, e que o uso de máscaras de pano, frequente em países asiáticos com contenção bem-sucedida da pandemia, poderia evitar a transmissão, principalmente a partir de casos sem sintomas <sup>28</sup>. As projeções do IHME mostram que o uso de máscaras por 95% da população poderia impedir aproximadamente 25.000 mortes na pandemia no Brasil até 1º de dezembro. Digno de nota, segundo resumo do IHME, o uso de

## Projeções IHME

máscaras no Brasil e na América Latina é em geral alto em relação ao uso observado nos Estados Unidos e muitos países europeus <sup>9</sup>.

Uma segunda contribuição é a dificuldade prevista no controle da pandemia e a provável necessidade de reimplantação de restrições em vários estados nos próximos meses. Embora essa reimplantação não seja visível nos gráficos em nível nacional (Figura 1), ela pode ser vista nas previsões para estados brasileiros no site do IHME (<http://covid19.healthdata.org>) pela redução repentina na projeção-base de mortes diárias e taxas de casos em comparação ao cenário alternativo de não reimplantação dos mandatos <sup>3</sup>. Esses pontos representam o efeito previsto da reimplantação de restrições em decorrência da expansão da pandemia e do risco iminente de colapso do sistema de saúde.

Uma terceira contribuição das projeções do IHME, e de outras projeções, é o cenário sombrio previsto para o longo prazo. Embora menos confiável, as estimativas de longo prazo de várias instituições, tomadas em conjunto, sugerem que a pandemia seguirá um curso prolongado no Brasil. As estimativas mais recentes do IHME sugerem que, até o início de dezembro, um total de quase 193.000 mortes terá se acumulado no Brasil, quase o dobro do total no início de agosto. Além disso, aproximadamente 350 mortes/dia ainda ocorrerão, em comparação com a taxa de pouco mais de 1.000 mortes/dia no início de agosto. E muitos estados brasileiros ainda terão hospitais cheios de pacientes com complicações graves. Novos fatores positivos, como terapias eficazes ou uma vacina, ou negativos, como mutações com uma nova cepa de maior infectividade ou virulência poderão surgir. No entanto, salvo mudanças positivas imprevistas, a implicação das projeções atuais é que o Brasil enfrentará uma longa luta para superar a pandemia.

## Projeções IHME

Finalmente, a falsa dicotomia entre proteger a saúde e proteger a economia é destacada pelas projeções. Comparação da perspectiva econômica do Brasil em relação a outras sociedades, incluindo o Canadá, muitas na Europa Ocidental e, especialmente, a Nova Zelândia e vários países asiáticos que foram mais capazes de controlar o vírus <sup>3</sup> demonstra que as ações que produziram grandes danos econômicos no curto prazo foram essenciais para a saúde econômica a longo prazo. Na medida em que os gestores e a sociedade brasileira possam entender a necessidade, em certos momentos, de fortes medidas de restrição social para conter o vírus, tanto a saúde quanto a economia serão beneficiadas não apenas a curto prazo, mas também a médio e longo prazo.

Algumas limitações de nossa avaliação merecem destaque. Como mencionado anteriormente, problemas nas estimativas oficiais de casos e mortes limitam nossa capacidade de comparar as previsões do IHME com a realidade observada. Além disso, não podemos comparar a acurácia das projeções feitas por instituições brasileiras com as do IHME, pois as brasileiras não disponibilizam suas estimativas anteriores.

Concluindo, apresentamos a metodologia subjacente às projeções do IHME para a COVID-19 e as principais previsões resultantes para o Brasil. A avaliação da acurácia dessas previsões em um período de 2 a 6 semanas após sua publicação demonstra a validade e robustez da metodologia do IHME. Os maiores desvios das projeções no longo prazo indicam a necessidade de atualizações frequentes. Esperamos que a presente análise das projeções do IHME sobre a pandemia de COVID-19 no Brasil estimule o uso dessa ferramenta pelos tomadores de decisão e pela sociedade em geral.

## **Agradecimentos**

BBD e MIS são pesquisadores do Instituto Nacional de Avaliação de Tecnologia em Saúde (IATS).

## **Contribuição dos Autores**

CS e BBD delineamento do estudo e redação do manuscrito. CS e EC realizaram as análises. Todos os autores revisaram e aprovaram o manuscrito.

## **Conflito de interesses**

Não há qualquer conflito de interesse dos autores em relação a este manuscrito.

## **Referências**

1. Brasil. Coronavírus Brasil [Internet]. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. 2020 [cited 2020 Jun 7]. Available from: <https://covid.saude.gov.br/>
2. WHO. WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard [Internet]. World Health Organization. 2020 [cited 2020 Jun 7]. Available from: <https://covid19.who.int/>
3. IHME. COVID-19 Institute for Health Metrics and Evaluation [Internet]. 2020. Available from: <http://www.healthdata.org/covid>
4. IHME. COVID-19 model FAQs [Internet]. 2020. Available from: <http://www.healthdata.org/covid/faqs>
5. Murray CJL. Forecasting the impact of the first wave of the COVID-19 pandemic on hospital demand and deaths for the USA and European Economic Area countries. medRxiv 2020;2020.04.21.20074732.

6. IHME. WorldPop - Institute for Health Metrics and Evaluation [Internet]. 2020. Available from: <http://internal-ghdx.healthdata.org/record/age-and-sex-structures-global-country-2000-2020>
7. University of Southampton. WorldPop [Internet]. University of Southampton. 2020. Available from: [www.worldpop.org](http://www.worldpop.org)
8. New Zealand Government. New Zealand's 4-level Alert System [Internet]. 2020. Available from: <https://uniteforrecovery.govt.nz/covid-19/covid-19-alert-system/alert-system-overview/>
9. IHME. COVID-19 estimation updates [Internet]. 2020. Available from: <http://www.healthdata.org/covid/updates>
10. USP. COVID-19 Brasil [Internet]. Universidade de São Paulo. 2020 [cited 2020 Jun 7]. Available from: <https://ciis.fmrp.usp.br/covid19/>
11. UFMG. CovidLP [Internet]. Universidade Federal de Minas Gerais. 2020 [cited 2020 Jun 7]. Available from: [https://dest-ufmg.shinyapps.io/app\\_COVID19//](https://dest-ufmg.shinyapps.io/app_COVID19//)
12. UFRGS. CORONAVIS [Internet]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2020 [cited 2020 Jun 7]. Available from: <https://covid19.ufrgs.dev/tools/predictions>
13. ICL. COVID-19 Scenario Analysis Tool [Internet]. Imperial College London. 2020 [cited 2020 Jun 7]. Available from: <https://covidsim.org/v2.20200806/?place=Brazil>
14. Youyang Gu. COVID-19 Projections [Internet]. Youyang Gu. 2020 [cited 2020 Jun 7]. Available from: <https://covid19-projections.com/brazil>
15. LANL. LANL COVID-19 [Internet]. Los Alamos National Laboratory. 2020 [cited 2020 Jun 7]. Available from: <https://covid-19.bsvgateway.org/>
16. Friedman J, Liu P, Gakidou E. Predictive performance of international COVID-19

- mortality forecasting models. medRxiv [Internet] 2020; Available from:  
<https://www.medrxiv.org/content/early/2020/07/21/2020.07.13.20151233>
17. Brasil. Modelo de Distanciamento Controlado [Internet]. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. 2020. Available from: <https://distanciamentoccontrolado.rs.gov.br/>
  18. Brasil. Decreto Nº 729, de 5 de Maio de 2020 [Internet]. Governo do Estado do Pará. 2020. Available from: <https://www.sistemas.pa.gov.br/sisleis/legislacao/5578>
  19. França EB, Ishitani LH, Teixeira RA, Abreu DMX de, Corrêa PRL, Marinho F, et al. Deaths due to COVID-19 in Brazil: how many are there and which are being identified? Rev Bras Epidemiol 2020; 23:e200053.
  20. Burström B, Tao W. Social determinants of health and inequalities in COVID-19. Eur J Public Health 2020;
  21. Patel JA, Nielsen FBH, Badiani AA, Assi S, Unadkat VA, Patel B, et al. Poverty, inequality and COVID-19: the forgotten vulnerable. Public Health 2020; 183:110–1.
  22. P&S. Covid-19: Políticas Públicas e as Respostas da Sociedade. Boletim 13 [Internet]. Rede de Pesquisa Solidária. 2020. Available from: [https://redepesquisasolidaria.org/wp-content/uploads/2020/06/boletimpps\\_13\\_26junho.pdf](https://redepesquisasolidaria.org/wp-content/uploads/2020/06/boletimpps_13_26junho.pdf)
  23. CONASS. Indicadores de óbitos por causas naturais [Internet]. Conselho Nacional de Secretários de Saúde. 2020 [cited 2020 May 8]. Available from:  
<https://www.conass.org.br/indicadores-de-obitos-por-causas-naturais/>
  24. UFPEL. EPICOVID19 Brasil [Internet]. Programa de Pós-graduação em Epidemiologia Universidade Federal de Pelotas. 2020. Available from: [http://www.epidemiologia.ufpel.org.br/site/content/sala\\_imprensa/noticia\\_detalhe.php?noticia=3128](http://www.epidemiologia.ufpel.org.br/site/content/sala_imprensa/noticia_detalhe.php?noticia=3128)
  25. Silveira MF, Barros AJD, Horta BL, Pellanda LC, Victora GD, Dellagostin OA, et al.

- Population-based surveys of antibodies against SARS-CoV-2 in Southern Brazil. *Nat Med* 2020;
26. Chu DK, Akl EA, Duda S, Solo K, Yaacoub S, Schünemann HJ. Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Lancet* (London, England) 2020; 395:1973–87.
  27. Liang M, Gao L, Cheng C, Zhou Q, Uy JP, Heiner K, et al. Efficacy of face mask in preventing respiratory virus transmission: A systematic review and meta-analysis. *Travel Med Infect Dis* 2020;101751.
  28. WHO. Coronavirus disease (COVID-19) advice for the public: When and how to use masks [Internet]. World Health Organization. 2020. Available from: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/when-and-how-to-use-masks>

# Projeções IHME

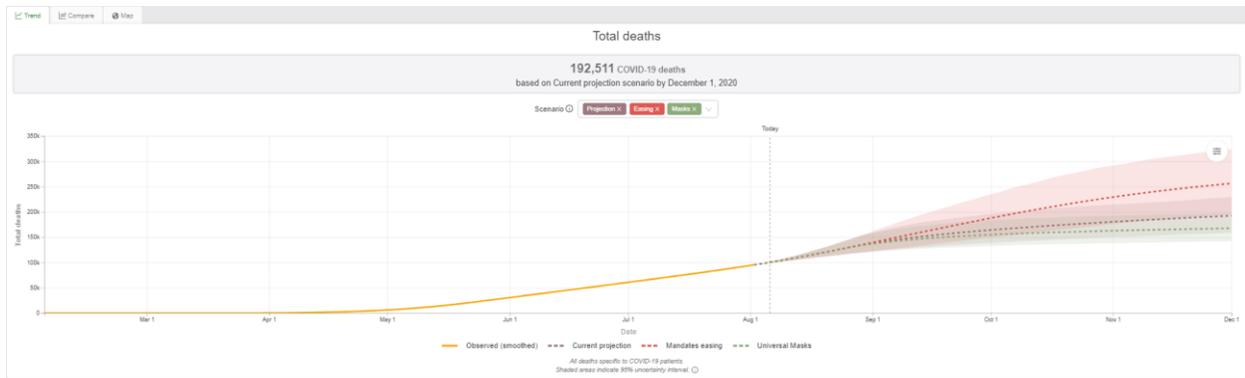


Figura 1. Projeção atual do IHME (06/08/20), considerando três cenários, a projeção base, a projeção sem reimplantação das medidas de distanciamento social e a projeção considerando o uso universal de máscaras.

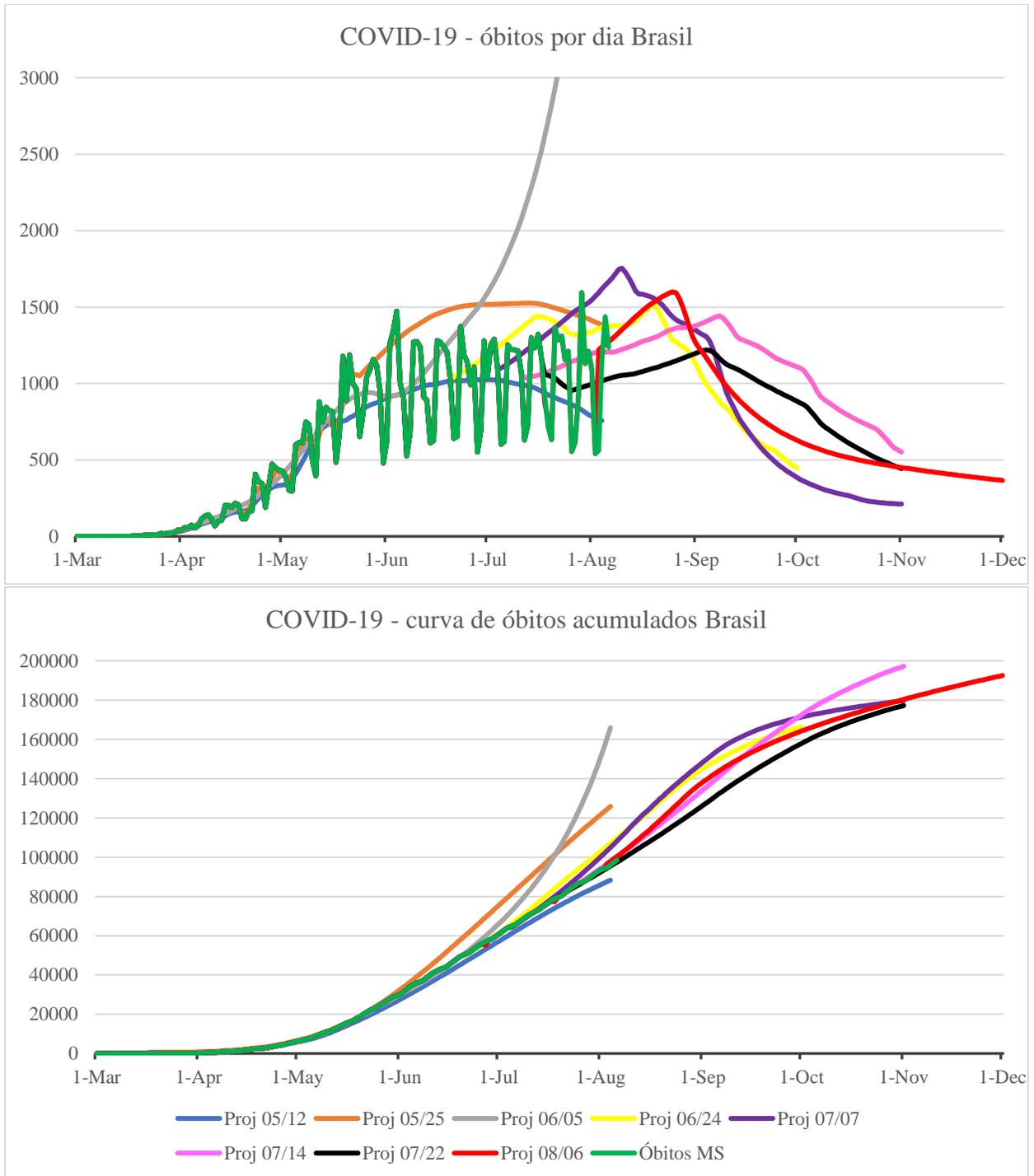


Figura 2. Projeções do IHME e dados do Ministério da Saúde (MS) para mortes diárias (painel superior) e acumuladas (painel inferior) devido a COVID-19 no Brasil.

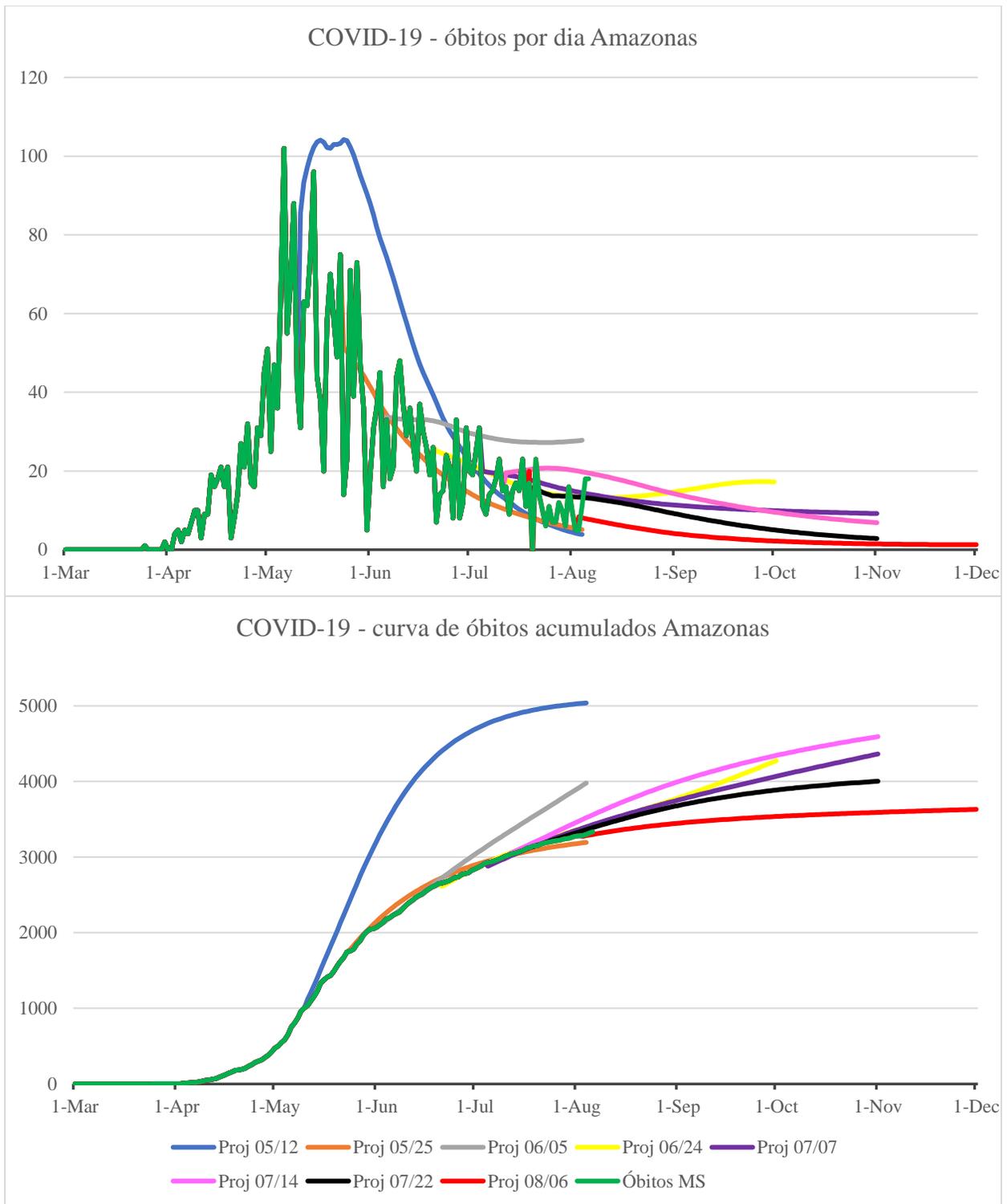


Figura 3. Projeções do IHME e dados do Ministério da Saúde para mortes diárias (painel superior) e acumuladas (painel inferior) devido a COVID-19 no Amazonas.

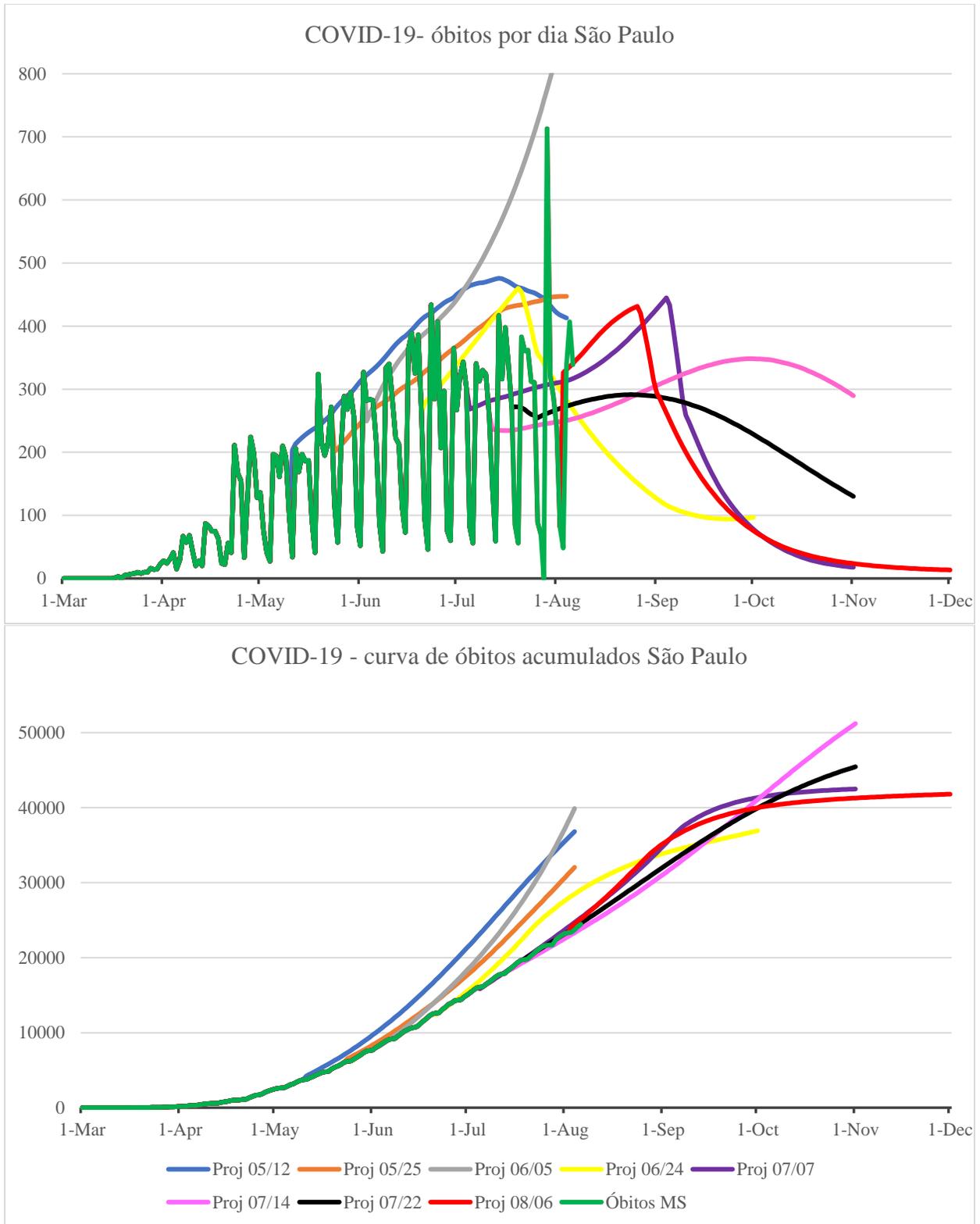


Figura 4. Projeções do IHME e dados do Ministério da Saúde para mortes diárias (painel superior) e acumuladas (painel inferior) devido a COVID-19 no estado de São Paulo.

# Projeções IHME

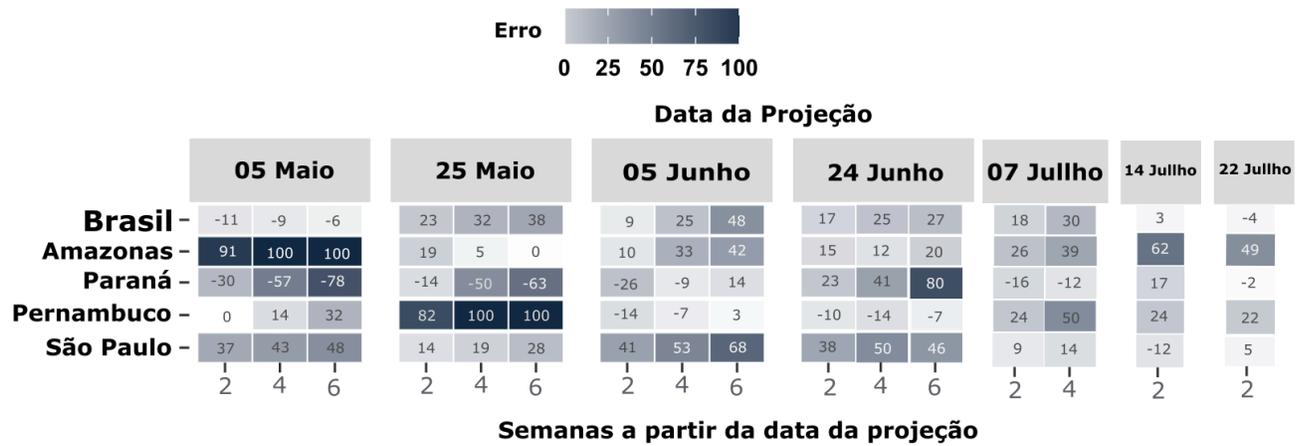


Figura 5. Percentual de erro na estimativa comparando as mortes acumuladas estimadas pelo IHME em duas, quatro e seis semanas após a data da projeção com o número acumulado de mortes relatadas pelo Ministério da Saúde no mesmo período. A cor mais escura indica um maior grau de erro.

Projeções IHME

Materiais suplementares

Tabela suplementar

Tabela 1. Projeções progressivas de mortes acumuladas devido a COVID-19 para o Brasil e seus estados, estimadas pelo IHME de 12 de maio a 06 de agosto de 2020.

<b>Estado</b>	<b>Projeção 1 (12 de maio) Até 4 de agosto</b>	<b>Projeção 3 (5 de junho) Até 4 de agosto</b>	<b>Projeção 5 (7 de julho) Até 1º de novembro</b>	<b>Projeção 7 (22 de julho) Até 1º de novembro</b>	<b>Projeção 9 (06 de agosto) Até 1º de dezembro</b>
<b>Brasil</b>	88305 (30302 - 193786)	165960 (113673 - 253131)	179703 (155069 - 208623)	177235(81623 - 233449)	192511(159153 - 229371)
<b>Acre</b>	-	585 (329 - 1204)	1070 (808 - 1386)	808(468 - 1130)	1045(745 - 1378)
<b>Alagoas</b>	-	5704 (2984 - 9515)	3678 (3035 - 4669)	2497(1430 - 3168)	3040(2331 - 3905)
<b>Amapá</b>	-	804 (599 - 1125)	938 (661 - 1273)	770(511 - 977)	783(630 - 1091)
<b>Amazonas</b>	5039 (1859 - 9383)	3980 (3445 - 4778)	4364 (3723 - 5334)	4003(3160 - 4939)	3631(3460 - 3875)
<b>Bahia</b>	2443 (529 - 8429)	12076 (5049 - 28561)	9675 (5793 - 16449)	8852(2930 - 14463)	13551(9005 - 20809)
<b>Ceará</b>	8679 (2894 - 18593)	12931 (8763 - 19338)	9467 (7543 - 13510)	9879(7362 - 13595)	10710(8711 - 15474)
<b>Distrito Federal</b>	-	2479 (1119 - 5403)	2038 (1479 - 2777)	2452(1161 - 3391)	3187(2529 - 4083)
<b>Espírito Santo</b>	-	7489 (4084 - 12573)	3490 (2831 - 4293)	4261(2242 - 5777)	4617(3630 - 5645)
<b>Goiás</b>	-	3840 (1025 - 11942)	4460 (2148 - 8251)	5132(1086 - 11055)	7406(3088 - 17006)
<b>Maranhão</b>	4613 (868 - 12661)	5544 (3369 - 10106)	4874 (4132 - 5830)	4233(2732 - 5422)	4024(3568 - 4623)
<b>Mato Grosso</b>	-	1702 (442 - 5162)	2213 (1706 - 2865)	2937(1388 - 4300)	3417(2795 - 4319)
<b>Mato Grosso do Sul</b>	-	120 (33 - 595)	1770 (477 - 4554)	1617(235 - 3942)	1563(863 - 3422)
<b>Minas Gerais</b>	-	5968 (2155 - 16757)	16439 (8837 - 29040)	13326(2058 - 32366)	14201(6916 - 26461)
<b>Pará</b>	-	6762 (5002 - 9310)	6927 (5990 - 8275)	6984(5491 - 8583)	6748(5968 - 8764)
<b>Paraíba</b>	-	4818 (1885 - 12579)	3314 (2234 - 4997)	4255(1529 - 6878)	4763(2852 - 7645)
<b>Paraná</b>	245 (170 - 397)	4923 (1817 - 12565)	7060 (3323 - 12959)	7634(1409 - 14762)	8912(4234 - 15159)
<b>Pernambuco</b>	9401 (2468 - 23027)	8025 (5965 - 11609)	9028 (7538 - 11313)	10545(6135 - 14198)	11536(9402 - 14751)
<b>Piauí</b>	-	898 (522 - 1748)	2245 (1771 - 2851)	2792(1140 - 4840)	2349(1892 - 2950)
<b>Rio Grande do Norte</b>	-	1570 (941 - 2856)	4648 (1593 - 11432)	2136(1544 - 3171)	3056(2056 - 6074)
<b>Rio Grande do Sul</b>	-	3990 (1372 - 11101)	8877 (4440 - 15795)	8395(1297 - 17135)	8764(3855 - 23193)
<b>Rio de Janeiro</b>	21073 (5966 - 51901)	20791 (13541 - 33143)	21134 (15600 - 29928)	18479(12168 - 25425)	22314(16565 - 36585)
<b>Rondônia</b>	-	1807 (925 - 3134)	966 (749 - 1288)	1568(732 - 2706)	1736(1070 - 3270)
<b>Roraima</b>	-	952 (575 - 1356)	910 (556 - 1328)	502(417 - 710)	834(664 - 1068)
<b>Santa Catarina</b>	-	6140 (1794 - 16108)	4634 (1724 - 9688)	4769(676 - 10982)	4891(2839 - 7762)
<b>São Paulo</b>	36811 (11097 - 81774)	39888 (26995 - 61309)	42488 (29182 - 62655)	45454(20256 - 69224)	41797(30284 - 57837)

Projeções IHME

<b>Sergipe</b>	-	1309 (530 - 3682)	2177 (1483 - 3087)	1915(1201 - 2443)	2362(2008 - 2963)
<b>Tocantins</b>	-	864 (319 - 2190)	818 (409 - 1597)	1043(305 - 1915)	1275(793 - 1883)

---

Figuras suplementares

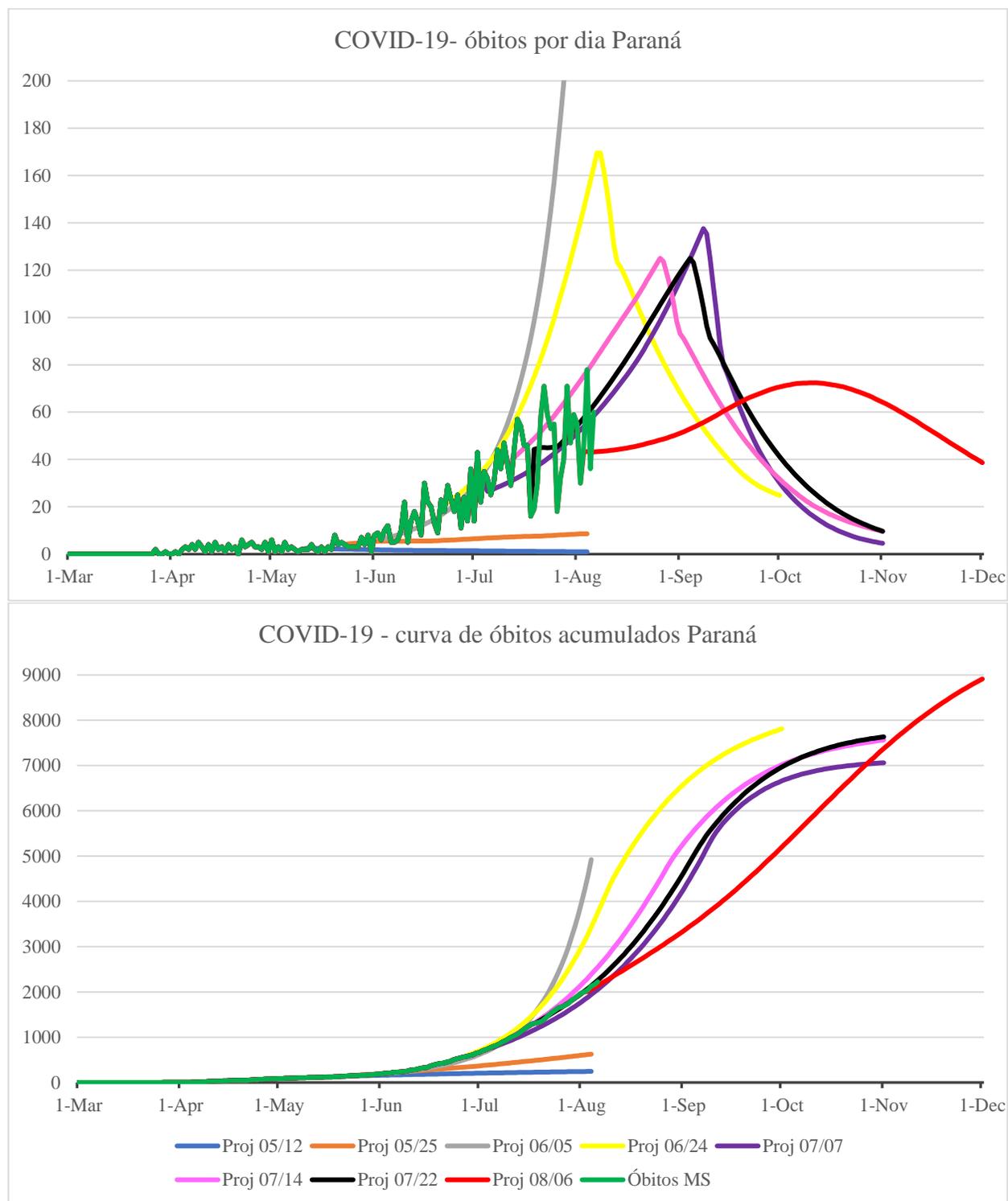


Figura suplementar 1. Projeções do IHME e dados do Ministério da Saúde para mortes diárias (painel superior) e acumuladas (painel inferior) devido a COVID-19 no Paraná.

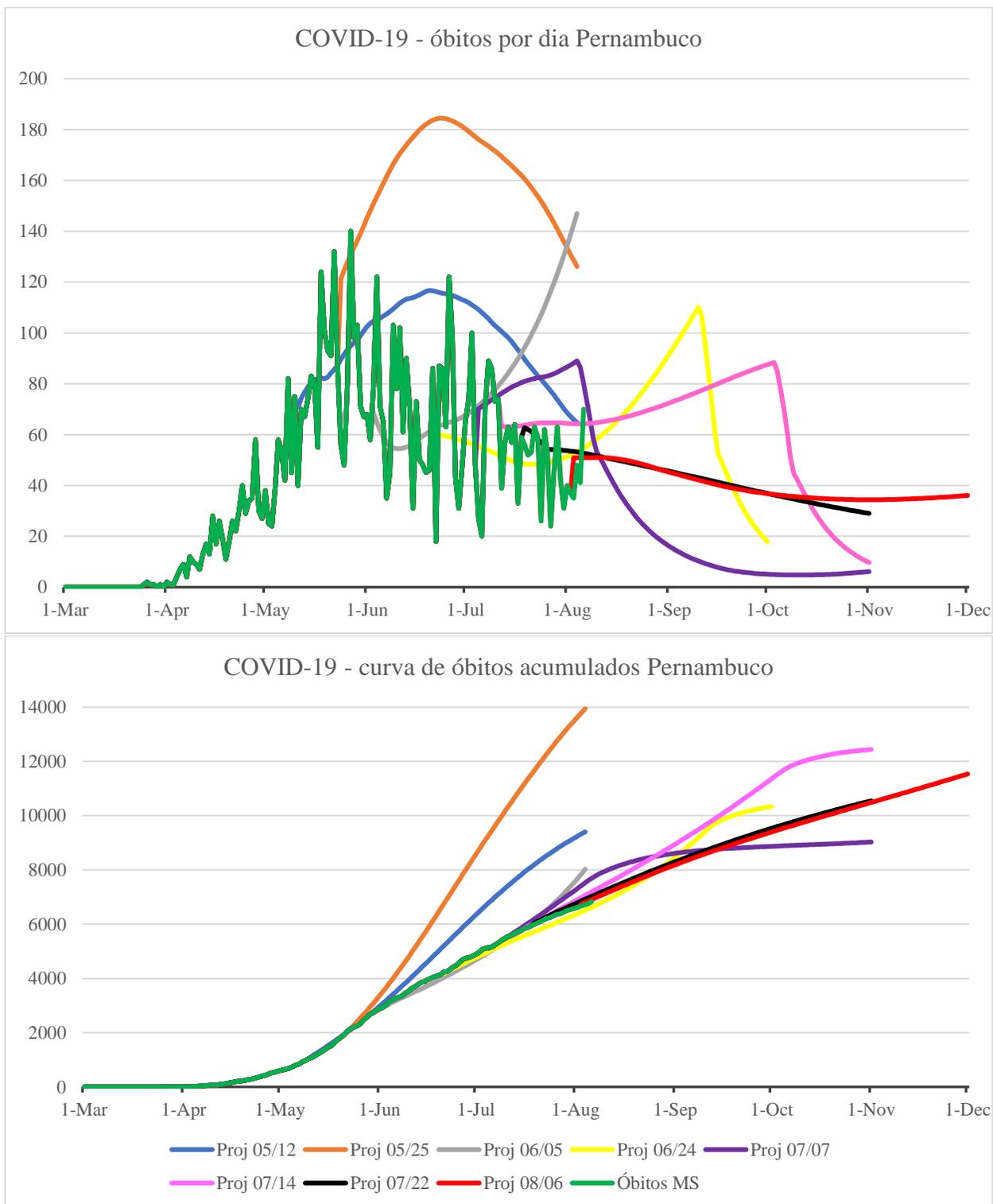


Figura suplementar 2. Projeções do IHME e dados do Ministério da Saúde para mortes diárias (painel superior) e acumuladas (painel inferior) devido a COVID-19 em Pernambuco.