

NOTA TÉCNICA – 27/06/2021

---

**SITUAÇÃO DA PANDEMIA DE  
COVID-19 NO BRASIL  
E IMPACTOS DA CAMPANHA  
DE VACINAÇÃO**

## **EQUIPE**

- Dr. Aloísio S. Nascimento Filho – Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador.
- Dr. Antônio Carlos Guimarães de Almeida – Laboratório de Neurociência Experimental e Computacional, Departamento de Engenharia de Biosistemas/UFSJ
- Me. Antônio José Assunção Cordeiro – SENAI CIMATEC, Unopar Candeias e IFBA.
- Dr. Fulvio Alexandre Scorza, Departamento de Neurologia e Neurocirurgia, Escola Paulista de Medicina/UNIFESP
- Dr. José Fernando F. Mendes, Departamento de Física & I3N, Universidade de Aveiro, Portugal.
- Dr. Marcelo A. Moret – SENAI CIMATEC e UNEB
- Dr. Tarcísio M. Rocha Filho – Núcleo de Altos Estudos Estratégicos para o Desenvolvimento-CIFMC e Instituto de Física/UnB
- Dr. Walter Massa Ramalho – FCE e Núcleo de Medicina Tropical/UnB

# 1 INTRODUÇÃO

A COVID-19 é uma doença grave causada pelo vírus SARS-CoV-2, da classe dos coronavírus, que teve o primeiro caso reportado em dezembro de 2019 e se alastrou pelo mundo. Hoje presente em todos os países, conta com um registro com mais de 178 milhões de casos e ultrapassando três milhões e 800 mil mortes [1]. O primeiro caso registrado no Brasil ocorreu na cidade de São Paulo em 26 de fevereiro de 2020, tendo se alastrado desde então para todos os estados brasileiros. A partir de junho o Brasil se posicionou como um novo epicentro da pandemia, ocupando o segundo lugar mundial de casos e mortes, sendo suplantado posteriormente pela Índia em número de casos, mas mantendo a segunda posição em número de mortos, contabilizando até a presente data cerca de 17,8 milhões de casos e 500 mil mortes. O Brasil ocupa hoje a 10<sup>a</sup> posição em mortes por milhão de habitantes entre todos os países do mundo.

No Brasil a pandemia passou por um pico nos meses de julho a setembro, e posteriormente apresentando queda no número de casos novos por semana. A situação no Brasil se deteriorou fortemente no final de 2020, com uma segunda onda de crescimento de casos que atingiu seu máximo em meados de abril de 2021, e ainda continua forte na presente dada com indícios de uma possível nova onda. Tal situação decorre não apenas, como vem sendo observado em muitos outros países, de uma sistemática queda dos níveis de isolamento social, da ausência de campanhas de esclarecimento e uma falsa sensação de segurança disseminada na população, e de uma campanha de vacinação ainda tímida. O quadro é particularmente preocupante pelas dificuldades em adotar medidas mais duras de mitigação da pandemia, como o fechamento de atividades não essenciais, única arma efetiva até termos uma grande parcela da população vacinada, o que ainda levará boa parte deste ano, e possivelmente adentrando em 2022, para ocorrer.

## 2 DADOS DE CASOS E ÓBITOS POR ESTADO

A presente análise é baseada em dados oficiais atualizados até 27/06/2021, divulgados por cada Secretaria Estadual de Saúde e podem ser acessados no sítio do Ministério da Saúde:

<https://covid.saude.gov.br/>. A evolução do número de casos por cada 100 mil habitantes em sete dias e o número de mortes por milhão de habitantes em sete dias no Brasil, desde o início da pandemia, estão mostrados na figura abaixo.

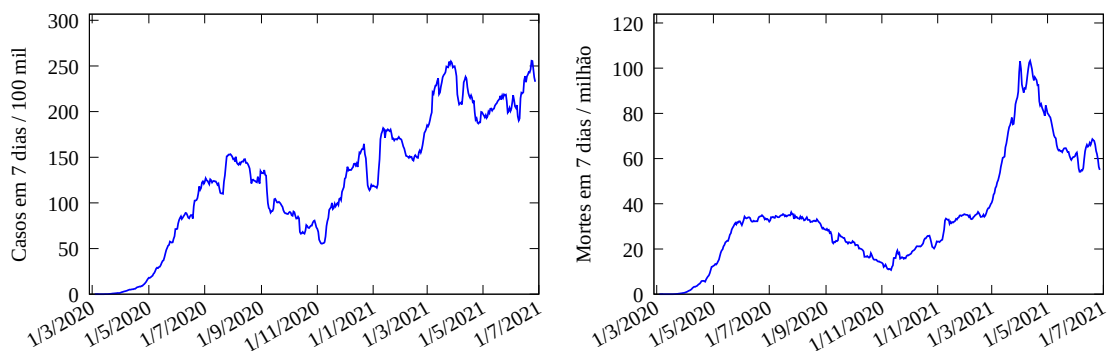


Figura 1: Esquerda: Casos por 100 mil em sete dias. Direita: mortes por milhão em sete dias.

As mortes em excesso por Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG), a principal causa de morte por COVID-19, e obtidas subtraindo de cada semana epidemiológica desde o início da pandemia o maior valor observado na mesma semana epidemiológica de todos os anos anteriores (2019 e anteriores), apontam para o fato que o número real de mortes por COVID-19 é superior aos valores anunciados. Isso é também observado em diferentes proporções em outros países [3], e varia de estado para estado a depender da qualidade do sistemas de vigilância. Os valores estimados

do número real de morte por COVID-19 para cada estado obtidos dessa forma estão dados na tabela 1 abaixo.

O total real estimado para todo o Brasil é de 666527 mortes. Diferentes fatores podem explicar isso: demora na testagem após o óbito resultando em falso-negativo, ou a não realização do teste, a morte sendo registrada como devida a SRAG por causa desconhecida. Salientamos que há também uma demora para a consolidação e transmissão dos dados de SRAG pelas Secretarias Estaduais de Saúde, entre um a dois meses segundo o estado, o que significa que o número real de mortes causados pela doença COVID-19 é certamente ainda maior que a estimativa aqui apresentada. As estimativas do número real de mortos por COVID-19 para cada unidade da federação estão dados na tabela 1.

| Estado           | Mortes | Estado              | Mortes | Estado             | Mortes |
|------------------|--------|---------------------|--------|--------------------|--------|
| Acre             | 1642   | Alagoas             | 7152   | Amapá              | 1663   |
| Amazonas         | 15662  | Bahia               | 27817  | Ceará              | 32518  |
| Distrito Federal | 13739  | Espírito Santo      | 10587  | Goiás              | 24906  |
| Maranhão         | 8848   | Mato Grosso         | 10530  | Mato Grosso do Sul | 9101   |
| Minas Gerais     | 69053  | Pará                | 22170  | Paraíba            | 10817  |
| Paraná           | 37527  | Pernambuco          | 26492  | Piauí              | 6913   |
| Rio de Janeiro   | 65254  | Rio Grande do Norte | 7639   | Rio Grande do Sul  | 39922  |
| Rondônia         | 7496   | Roraima             | 1727   | Santa Catarina     | 19381  |
| São Paulo        | 177941 | Sergipe             | 6306   | Tocantins          | 3724   |

Tabela 1: Número real estimado de mortes por COVID-19 em cada unidade da federação.

Cabe aqui ressaltar o fato que o número de testes para identificar infecção por SARS-CoV2 é muito baixo no Brasil Brasil, com 231 mil testes por milhão de habitantes, ocupando a 118ª posição no mundo [6].

### 3 Medidas de circulação do vírus

Uma medida de quão intensa está a circulação do vírus SARS-CoV-2 é dada pelo número de novos casos no últimos sete dias por 100 mil habitantes. Os dados para cada unidade da federação estão dados na tabela abaixo:

|     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |    |
|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| AC  | AL  | AP  | AM  | BA  | CE   | DF  | ES  | GO  | MA  | MT  | MS  | MG  | PA |
| 69  | 147 | 128 | 87  | 146 | 158  | 174 | 190 | 225 | 101 | 259 | 333 | 227 | 87 |
| PB  | PR  | PE  | PI  | RJ  | RN   | RS  | RO  | RR  | SC  | SP  | SE  | TO  |    |
| 393 | 570 | 103 | 149 | 110 | 1288 | 239 | 204 | 328 | 266 | 245 | 217 | 251 |    |

Tabela 2: Casos novos por 100 mil habitantes nos últimos sete dias para cada unidade da federação.

Por outro lado, o número de mortes total por milhão de habitantes reflete o estágio atual da pandemia, e quão eficazes foram as medidas de mitigação em cada estado e no Distrito Federal.

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| AC   | AL   | AP   | AM   | BA   | CE   | DF   | ES   | GO   | MA   | MT   | MS   | MG   | PA   |
| 1941 | 1576 | 2117 | 3154 | 1590 | 2443 | 3009 | 2809 | 2669 | 1260 | 3324 | 2879 | 2155 | 1773 |
| PB   | PR   | PE   | PI   | RJ   | RN   | RS   | RO   | RR   | SC   | SP   | SE   | TO   |      |
| 2114 | 2644 | 1825 | 1990 | 3177 | 1902 | 2724 | 3403 | 2742 | 2303 | 2723 | 2437 | 1999 |      |

Tabela 3: Total oficial de mortes por milhão de habitantes em cada unidade da federação.

### 3.1 Número de reprodução básico $R_t$

O estágio da pandemia também é comumente caracterizado pelo número de reprodução básico  $R_t$ , que varia no tempo, e é definido como sendo o número médio de pessoas infectadas por um indivíduo com o vírus ao longo de todo o tempo que permanece contagioso. Caso o valor de  $R_t$  seja menor que 1, a pandemia está contida, e o número de infectados, e consequentemente o de óbitos, diminui com o tempo. Por outro lado, se  $R_t$  for maior que 1, significa que a pandemia está em expansão. O valor estimado para o  $R_t$  da SARS-CoV-2 na ausência de qualquer medida de controle no início da pandemia é próximo a 3 [7]. Ele é calculado a partir do número de casos novos conforme descrito em [14], e é sujeito a todas as limitações inerentes a tais dados. Caso o nível de subnotificação de casos for razoavelmente constante ao longo do tempo, os valores obtidos para  $R_t$  são representativos da situação real.

A figura abaixo mostra os valores de  $R_t$  em cada unidade da federação, calculado estimando o número real de casos a partir do número de mortes. O valor indicado pelo X em cada gráfico é a média sobre os últimos sete dias, e as barras verticais o erro correspondendo a um intervalo de confiança de 95%. As barras de erros mostram o intervalo de confiança de 95%. Observe-se que em alguns casos a barra de erro é muito grande, possivelmente sinalizando problemas na coleta de dados de casos de COVID-19. Em nenhum estado do Brasil o número de reprodução básico médio  $R_t$  está abaixo de 1.

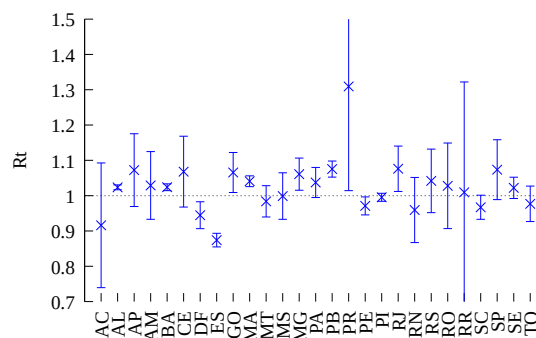


Figura 2: Número de reprodução básico  $R_t$  em cada unidade da federação em 27/06/2021 .

## 4 População já exposta ao vírus

Os percentuais da população já infectada pelo vírus em cada estado são estimados a partir de nosso modelo epidemiológico, que por sua vez é ajustado a partir do número oficial de mortes.

É importante observar que um aumento na mortalidade, causado seja por novas variantes do vírus como pela falta de atendimento hospitalar adequado resultante da lotação observada em muitos locais no país durante a segunda onda da pandemia, pode causar uma superestimativa no percentual da população já infectada. Os valores elevados em alguns locais também podem estar indicando um número importante de reinfecções, seja por novas variantes que conseguem contornar os anticorpos da variante inicial, seja pela queda natural da imunidade adquirida em infecção anterior.

**Dessa forma os percentuais indicados não podem ser utilizados diretamente para estimar se estamos ou não perto da dita imunidade de rebanho, que perde sentido pela possibilidade de reinfecção e só pode ser atingida por vacinação adequada.**

Nossa estimativas estão dadas na tabela abaixo.

|           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| AC<br>30% | AL<br>31% | AP<br>38% | AM<br>52% | BA<br>30% | CE<br>44% | DF<br>73% | ES<br>60% | GO<br>68% | MA<br>24% | MT<br>85% | MS<br>79% | MG<br>52% | PA<br>28% |
| PB<br>40% | PR<br>60% | PE<br>32% | PI<br>38% | RJ<br>64% | RN<br>34% | RS<br>53% | RO<br>56% | RR<br>54% | SC<br>48% | SP<br>65% | SE<br>49% | TO<br>52% |           |

Tabela 4: Estimativa do percentual da população já infectada pelo vírus SARS-CoV-2, incluindo casos assintomáticos, em cada unidade da federação.

## 5 ISOLAMENTO SOCIAL

Como medida do grau de isolamento utilizamos os dados do tempo de permanência em diferentes locais medido pela variação percentual com relação à linha de base do período de 3 de janeiro a 6 de fevereiro de 2020, e disponibilizado publicamente pela empresa Google no endereço *WEB* <https://www.google.com/covid19/mobility/>. Com tais valores definimos um índice de isolamento como a média ponderada de cada um dos seguintes valores (o peso é o número entre parêntesis): locais de trabalho (-9/24), áreas residenciais (+12/24), varejo e lazer (-0,5/24), mercados e farmácias (-1/24), parques (-0,5/24), estações de transporte público (-1/24). Os resultados para todas as unidades da federação estão mostrados nos gráficos da Figura 3.

Vemos muito claramente que o isolamento no estado do Amazonas começou a aumentar significativamente a partir do final de dezembro, chegando ao mesmo nível do observado no início da pandemia (abril a maio de 2020), muito certamente devido ao temor da população causado pelo aumento no número de casos. Tal aumento no isolamento demora de duas a três semanas para causar efeito, que é claramente observado na diminuição do número de casos novos nos últimos 35 dias e de mortes nos últimos 20 dias, consequência direta do maior nível de isolamento. Reforçamos que em todas as localidades no mundo que adotaram um isolamento minimamente sério, a diminuição no número de casos e mortes foi muito significativo, consequência do fato óbvio de que quanto menor os contatos entre pessoas, menor será a transmissão do vírus.

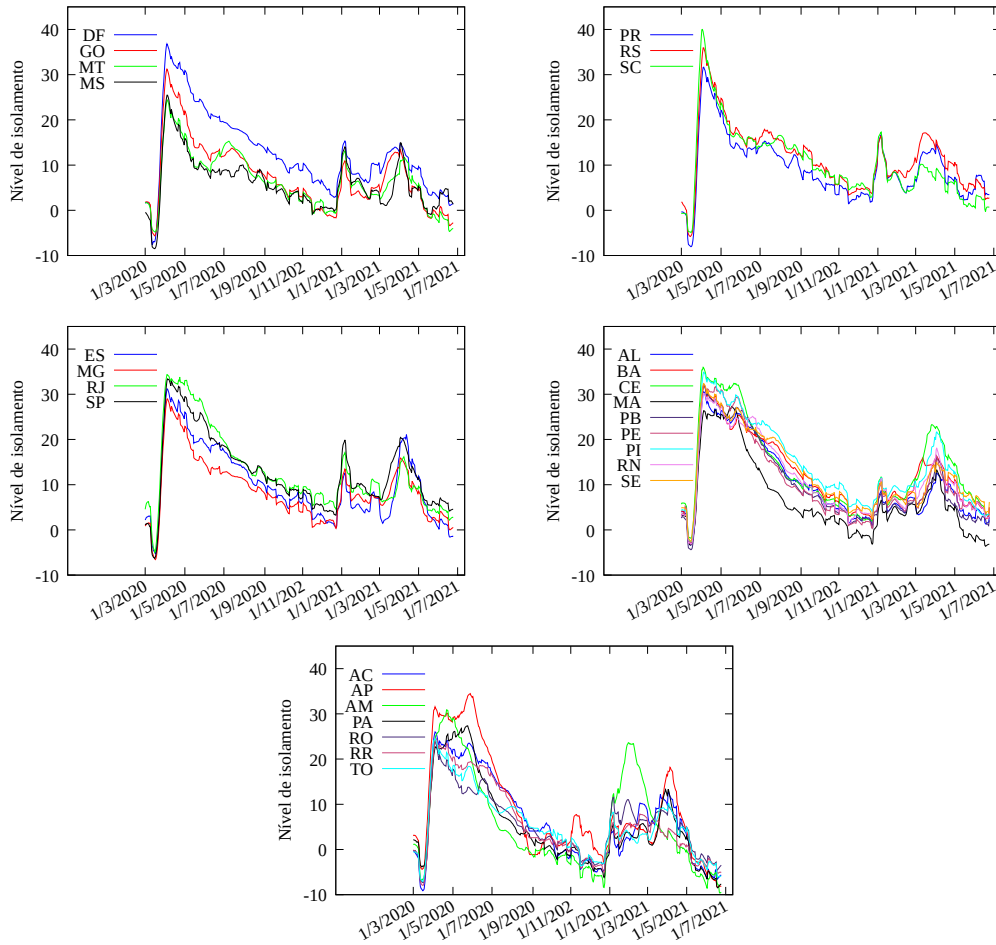


Figura 3: Variação percentual do nível de isolamento medido a partir do tempo de permanência em residência, com relação à linha de base do tempo de estada em casa. O valor indicado para este último é o valor médio sobre as duas semanas anteriores à data indicada.

## 6 VACINAÇÃO ATÉ O PRESENTE

Os dados de vacinação no Brasil estão disponíveis na página *WEB* do ministério da saúde <https://opendatasus.saude.gov.br/dataset/covid-19-vacinacao> e representados de forma sucinta nas figuras abaixo.

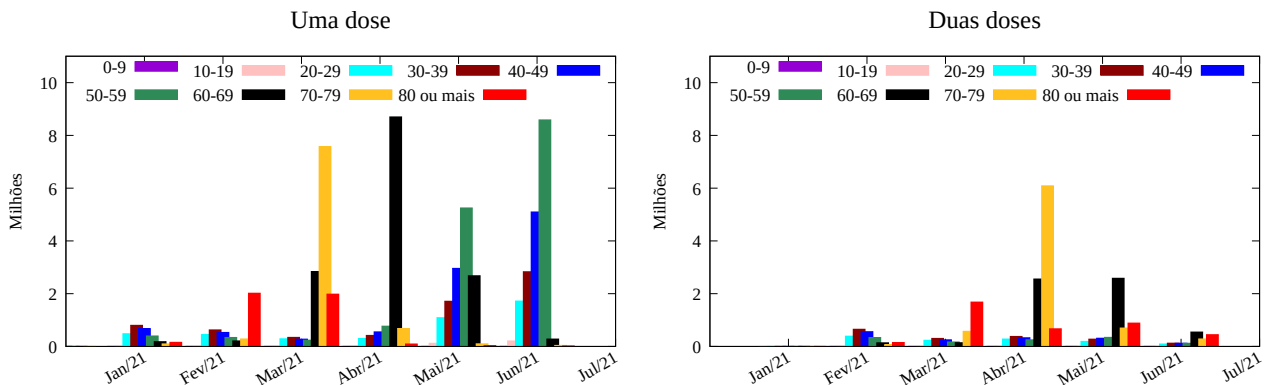


Figura 4: Esquerda: Número de pessoas vacinas com uma dose por faixa etária. Direita: Número de pessoas vacinas com duas doses por faixa etária.

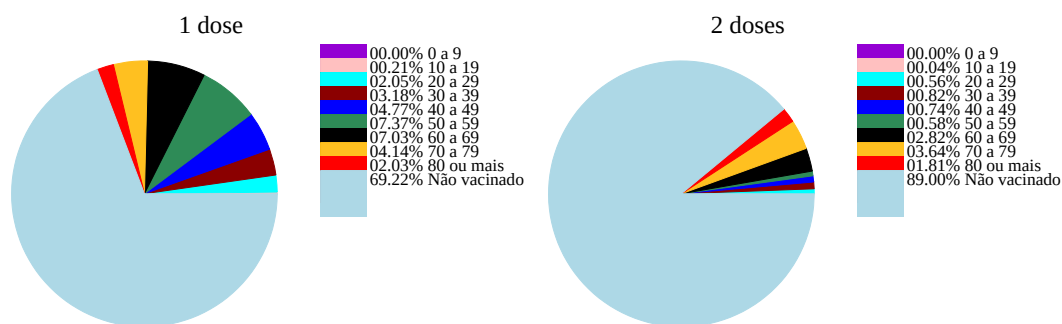


Figura 5: Percentual, com relação à população total, de pessoas vacinada por faixa etária com uma e duas doses.

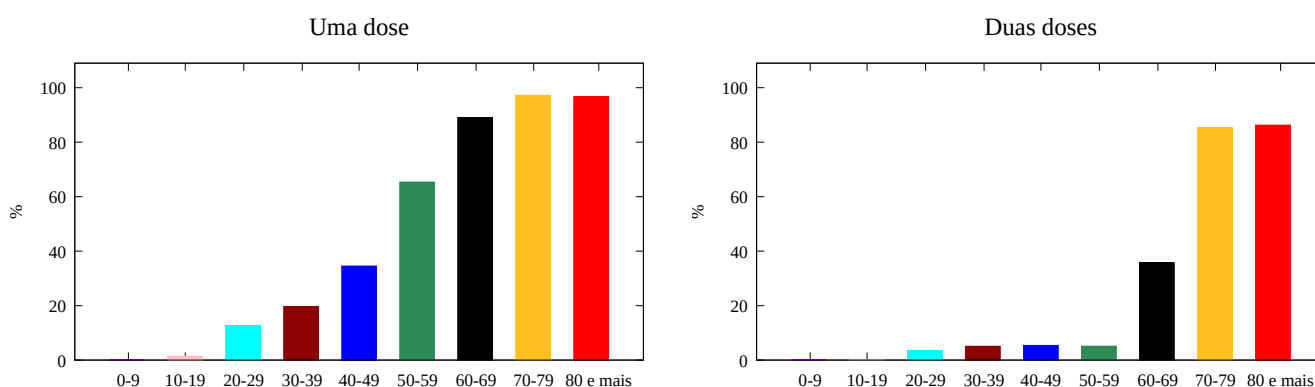


Figura 6: Esquerda: Percentual das pessoas vacinadas com uma dose em diferentes faixas etárias. Direita: percentual de vacinados com duas doses.

## 7 PROGNÓSTICOS DE EVOLUÇÃO DA PANDEMIA

Os prognósticos aqui apresentados foram obtidos com o ajuste do modelo epidemiológico já apresentado em nossas notas anteriores, em uma versão considerando as seguintes faixas etárias: 0 a 9, 10 a 19, 20 a 29, 30 a 39, 40 a 49, 50 a 59, 60 a 69, 70 a 79 e 80 anos ou mais de idade. O modelo é ajustando a partir dos dados de óbitos para cada estado até o presente, com os parâmetros epidemiológicos descritos no anexo, e utilizando os dados sobre vacinação em cada unidade da federação. O cenário considerado supõem que o número de doses aplicadas de cada tipo de vacina é o mesmo que a média dos meses de abril e maio, e que a vacinação ocorrerá por ordem decrescente de idade.

As evoluções para o Brasil até a presente data, ajustadas estado a estado com o modelo epidemiológico, e somadas para obter o total para o Brasil, estão dadas nas figuras a seguir:



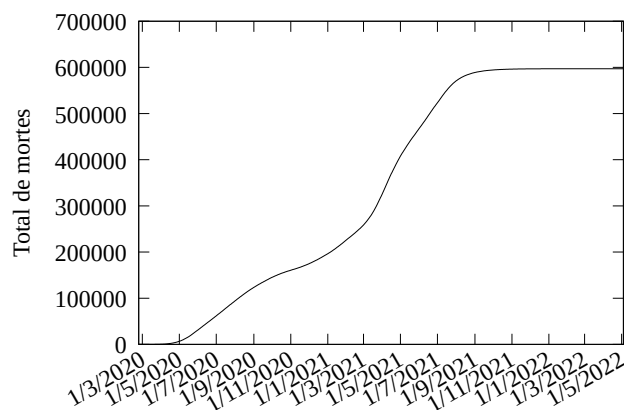


Figura 7: Modelo ajustado até o presente e prognósticos: total de mortes no Brasil por COVID-19 mantido o ritmo de vacinação observado em março e abril de 2021, vacinando toda a população partindo das maiores idades.

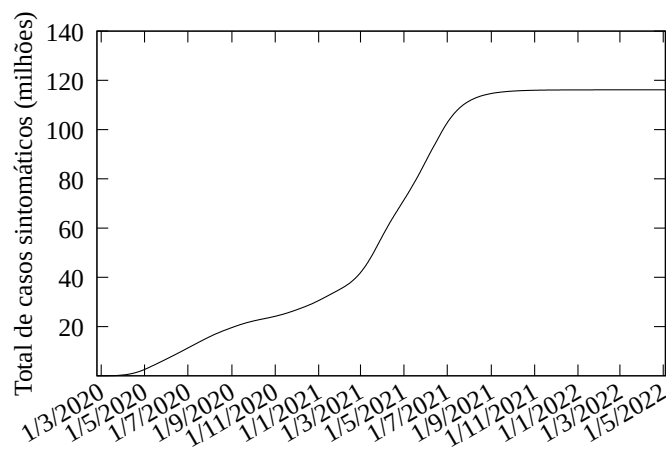


Figura 8: Estimativa do total real de casos sintomáticos no Brasil.

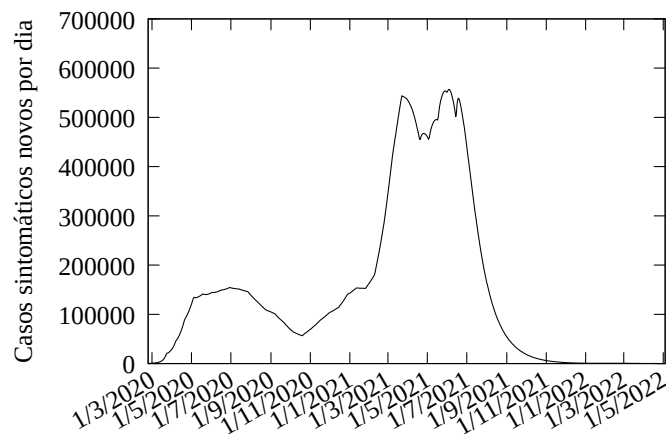


Figura 9: Casos sintomáticos novos por dia no Brasil.

Observamos que vacinar apenas as pessoas com idade superior ou igual a 60 anos não é o

suficiente para conter efetivamente a pandemia, e que uma vacinação em massa é necessária para considerar uma volta relativamente segura à normalidade. Estimativas realizadas em nosso grupo, baseada no efeito das férias escolares sobre surtos de sarampo no período anterior à existência de vacinação [18, 19], mostram que o retorno completo às atividades escolares seria suficiente para causar um aumento de 10% no valor de  $R_t$ , o que resultaria em uma forte piora dos indicadores. Por outro lado, manter as diferentes medidas de mitigação na disseminação da doença, como o simples uso de máscaras, mesmo as feitas em casa com tecido, consegue reduzir entre 30% a 50% a probabilidade de contágio [20].

É de extrema importância, para otimizar os efeitos da campanha de vacinação, estabelecendo as prioridades na ordem de vacinação. Em um estudo recente, mostramos a importância da vacinar primeiro não apenas a população mais idosa, mas também aqueles indivíduos com um número de contatos muito maior que a média da população, como professores, condutores de transporte público, caixas de supermercado e de banco, entre outros [8].

## 8 ANÁLISE E DISCUSSÃO

Percebemos da Figura 1 uma retomada da pandemia no Brasil, com clara tendência de aumento do número de casos, mas com uma estabilização no número de mortes por semana. A vacinação das pessoas mais idosas já mostra algum efeito na redução da mortalidade. No entanto a situação difere de estado para estado, com alguns em situação crítica, como a Paraíba e o Paraná. Mesmo nos estados onde o número de casos e mortes vem diminuindo, o número de óbitos segue em patamares elevados. Preocupa particularmente novas cepas do vírus, mais contagiosas, e no caso da cepa  $\delta$ , originária da Índia [23], também mais mortífera. Um estudo recente realizado no Estados Unidos mostra que nos condados com menos de 30% da população totalmente vacinada (duas doses) a variante  $\delta$  tem se disseminado mais rapidamente [24]. Levando em conta que apenas 10% da população no Brasil está totalmente vacinada, e que a chegada dessa variante é praticamente inevitável, embora possa ser atrasada, torna ainda mais urgente agilizar a vacinação em massa no país e a manutenção ou retomada de medidas de isolamento social, analisadas para cada localidade. O isolamento social ainda é a única forma de combater a atual pandemia enquanto a maior parte da população em cada país não for vacinada [16, 17].

O fim da ajuda emergencial, paga pelo governo federal até 31 de dezembro de 2021, e que não foi substituído por outro programa de mesma amplitude, certamente forçou que muito trabalhadores, usualmente de condições mais precárias, retornassem às atividades profissionais, e portanto se expondo mais. Junto com pressões vindas de diferentes setores da economia, empresários e trabalhadores, sufocados pela ausência de ajuda econômica substancial, ajuda esta necessária para enfrentar uma política de isolamento social, contribui para a redução do isolamento social a níveis muito próximos do período anterior à pandemia, como pode ser visto na figura 3, razão porque os níveis de circulação do vírus são ainda muito altos.

Ressaltamos novamente a extrema importância de acelerar a vacinação de toda a população, não apenas de adultos, mas também de adolescentes. Posteriormente, crianças deverão também ser vacinadas quando terminados os testes sobre a eficácia das vacinas no público infantil. Para atingir a imunidade de rebanho é necessário que entre 70% a 80% da população esteja imune, percentual esse que não será atingido se apenas adultos forem vacinados.

O Brasil possui uma experiência acumulada ao longo de décadas de campanhas de vacinação, o que nos coloca em vantagem com relação a outros países, inclusive Europa e Estados Unidos. Com um quadro de pessoal altamente qualificado e experimentado no planejamento e execução de campanhas de vacinação. É necessário que as autoridades governamentais envidem esforços para disponibilizar doses de vacina em quantidade suficiente para atingir a imunidade de rebanho o mais rapidamente possível. Atrasos desnecessários em qualquer fase deste processo aumentarão ainda mais o total de vidas perdidas, e o sofrimento causado pelas diferentes sequelas nos sobreviventes

da COVID-19.

Insistimos que é impraticável ter como estratégia alcançar a imunidade de rebanho [15] por meio da imunidade natural (causada pela infecção). Não apenas é inaceitável do ponto de vista ético e humano [22], pois resultaria numa enorme perda de vidas, mas a possibilidade de reinfecção, sobretudo pelas novas cepas, e a perda da imunidade natural ao longo do tempo, torna inexecutável esperar atingi-la, a não ser por uma ampla vacinação da população, incluindo aí adolescentes e crianças.

Por fim, nunca é exagero insistir que o isolamento social e o fortalecimento da vacinação de toda a população, são as únicas ferramentas existentes atualmente para o controle da pandemia, e assim limitar os já enormes custos humanitário e econômico.

## 9 RECOMENDAÇÕES

- Adotar medidas de contenção de contatos sociais, dimensionadas de acordo com as realidades locais, para conter a circulação do vírus SARS-CoV-2, ainda forte em todo o país;
- Implementar testagem em massa da população, sobretudo das pessoas mais expostas, e rastreamento de contatos;
- Planejar de forma correta e detalhada, por pesquisadores qualificados e experimentados, e o mais rapidamente possível, uma campanha de vacinação em massa, disponibilizando o maior número de doses no menor intervalo de tempo possíveis;
- Levantar em conta no planejamento da vacinação os grupos com número de contatos muito maior que a média da população, como motoristas de transporte público, caixas de supermercados, professores, etc (vide discussão no artigo [8]);
- A vacinação não deve se restringir apenas à população idosa (com mais de 60 anos por exemplo), por ser insuficiente para controlar efetivamente a pandemia no Brasil;
- Correlacionar as projeções de campanhas de vacinação com um modelo de estrutura logística para acoplar capacidade de distribuição de vacinas e a vacinação propriamente dita;
- Implementar um sistema de logística que supra a cadeia de serviços que envolve desde a compra ou fabricação de vacinas, sua distribuição e armazenamento, de todos os insumos pertinentes;
- Mobilizar profissionais capacitados, montagem e coordenação de equipes, para atuar nas campanhas de vacinação nos três níveis federativos;
- Estabelecer uma coordenação central no governo federal para monitorar a fabricação, compra e planejamento de vacinação em cada Estado, ou Cidade quando for o caso;
- Estabelecer uma coordenação central no governo federal para planejar, com as coordenações estaduais e municipais, as diferentes medidas necessárias para o enfrentamento da atual crise sanitária;
- Realizar extensas campanhas públicas de informação sobre os cuidados essenciais, como o porte de máscara e distância mínima entre pessoas, enfatizando a real gravidade da COVID-19, e divulgando amplamente as inúmeras sequelas observadas em pessoas curadas, a inexistência de tratamento precoce ou definitivo, e que um retorno a uma situação próxima à normalidade pré-pandemia só será possível após uma grande parcela da população ter sido vacinada;

- Gestores e autoridades públicas devem basear suas decisões na melhor evidência científica disponível, assessorados por painéis de especialistas, das diferentes áreas do conhecimento pertinentes ao momento.

## Referências

- [1] COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at John Hopkins University (JHU), <https://gisanddata.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6>
- [2] <https://portal.fiocruz.br/documento/boletim-infogripe-semana-37>.
- [3] [https://www.nature.com/articles/d41586-020-02497-w?utm\\_source=Nature+Briefing&utm\\_campaign=91ddd34d75-briefing-dy-20200902&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_c9dfd39373-91ddd34d75-45497350](https://www.nature.com/articles/d41586-020-02497-w?utm_source=Nature+Briefing&utm_campaign=91ddd34d75-briefing-dy-20200902&utm_medium=email&utm_term=0_c9dfd39373-91ddd34d75-45497350)
- [4] R. Verity, L. Okell, I. Dorigatti, P. Winskill, C. Whittaker C, et al. *Estimates of the severity of coronavirus disease 2019: A model-based analysis*. Lancet Infectious Diseases (2020)
- [5] <https://www.berlin.de/sen/gpg/service/presse/2020/pressemitteilung.976835.php>.
- [6] <https://www.worldometers.info/coronavirus/#countries>).
- [7] T. Zhou, Q. Liu, Z. Yang, J. Liao, K. Yang, W. Bai, X. Lu, W. Zhang, *Preliminary prediction of the basic reproduction number of the Wuhan novel coronavirus 2019-nCoV*. Journal of Evidence Based Medicini (2020). DOI: 10.1111/jebm.12376.
- [8] T. M. Rocha Filho, J. F. F. Mendes, T. B. Murari, A. S. Nascimento Filho, A. J. A. Cordeiro, W. M. Ramalho, F. A. Scorza, A.-C. G. Almeida, M. A. Moret, *WHO vaccination protocol can be improved to save more lives*, <https://www.researchsquare.com/article/rs-148826/v1>
- [9] <https://www.nytimes.com/interactive/2020/us/covid-college-cases-tracker.html>
- [10] Wang C, Hornby PW, Hayden FG, Gao GF. *A novel coronavirus outbreak of global health concern*. Lancet (2020) 395, 470. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30185-9.
- [11] The Novel Coronavirus Pneumonia Emergency Response Epidemiology Team. *The Epidemiological Characteristics of an Outbreak of 2019 Novel Coronavirus Diseases (COVID-19) — China, 2020*. CCDC Weekly (2020) 2(x): 1.
- [12] Linton NM, Kobayashi T, Yang Y, Hayashi K, Akhmetzhanov AR, Jung S, Yuan B, Kinoshita R, Nishiura H, *Incubation Period and Other Epidemiological Characteristics of 2019 Novel Coronavirus Infections with Right Truncation: A Statistical Analysis of Publicly Available Case Data*. Journal of Clinical Medicine (2020) 9: 538.
- [13] T. W. Russell et al. *Estimating the infection and case fatality ratio for COVID-19 using age-adjusted data from the outbreak on the Diamond Princess cruise ship*. MedRxiv doi: <https://doi.org/10.1101/2020.03.05.20031773>.
- [14] C. Fraser, *Estimating Individual and Household Reproduction Numbers in an Emerging Epidemic*. PLoS ONE (2007) 2(8): e758. doi:10.1371/journal.pone.0000758.

- 
- [15] K. On Kwok, F. Lai, W. I. Wei, S. Y. S. Wong, J. W. T. Tang, *Herd immunity – estimating the level required to halt the COVID-19 epidemics in affected countries*. Journal of Infection (2020) **80**, e32-e33.
- [16] S. Hsiang, D. Allen, S. Annan-Phan, K. Bell, I. Bolliger, T. Chong, H. Druckenmiller, L. Yue Huang, A. Hultgren, E. Krasovich, P. Lau, J. Lee, E. Rolf, J. Tseng, T. Wu, *The effect of large-scale anti-contagion policies on the COVID-19 pandemic*, Nature **584** (2020) 262.
- [17] Imperial College COVID-19 Response Team, *Report 9: Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand*, <https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/sph/ide/gida-fellowships/Imperial-College-COVID19-NPI-modelling-16-03-2020.pdf>.
- [18] F. M. G. Magpantay, *Vaccine impact in homogeneous and age-structured models*, J. Math. Biol. 75 (2017) 1591.
- [19] F. M. G. Magpantay, A. A. King and P. Rohani, *Age-structure and transient dynamics in epidemiological systems*, J. R. Soc. Interface **16** (2019) 151.
- [20] D. K. Chu, E. A. Akl, S. Duda, K. Solo, S. Yaacoub, H. J. Schünemann, on behalf of the COVID-19 Systematic Urgent Review Group Effort (SURGE) study authors, *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*. The Lancet [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31142-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31142-9).
- [21] R. Li, S. Pei, B. Chen, Y. Song, T. Zhang, W. Yang, J. Shaman, *Substantial undocumented infection facilitates the rapid dissemination of novel coronavirus (SARS-CoV2)*. Science (2020) DOI:10.1126/science.abb3221.
- [22] V. Priesemann, M. M. Brinkmann, S. Ciesek, et al. *Calling for Pan-European Commitment for Rapid and Sustained Reduction in SARS - CoV -2 Infections*, The Lancet **397** (2021) 91. [https://doi: 10.1016/S0140-6736\(20\)32625-8](https://doi: 10.1016/S0140-6736(20)32625-8)
- [23] E. Callaway. *Delta coronavirus variant: scientists brace for impact*. Nature. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-01696-3>
- [24] A. Bolze, E. T. Cirulli, S. Luo et al. *Rapid displacement of SARS-CoV-2 variant B.1.1.7 by B.1.617.2 and P.1 in the United States*. medRxiv <https://doi.org/10.1101/2021.06.20.21259195>

## ANEXO: PARÂMETROS EPIDEMIOLÓGICOS UTILIZADOS

| Variável   | Definição   | Valor (IC 95%) [Ref]           |
|------------|---|--------------------------------|
| $\psi$     | Taxa de recuperação dos indivíduos hospitalizados                         | 1/17.5 dias <sup>-1</sup> [10] |
| $\sigma$   | Inverso do tempo de incubação   | 1/5.0 dias <sup>-1</sup> [12]  |
| $\gamma$   | Taxa de recuperação de indivíduos não hospitalizados                      | 3.69 dias <sup>-1</sup> [21]   |
| $\theta_i$ | Taxa de fatalidade entre indivíduos hospitalizados                        | $L_i^{(0)}/\zeta_i$            |
| $\tau_1$   | Mediana do tempo entre os primeiros sintomas e a hospitalização           | 3.3 [12]                       |
| $\tau_2$   | Tempo médio entre os primeiros sintomas e a morte                         | 16.8% [4]                      |
| $\chi$     | Proporção de casos assintomáticos   | 17.9% [13]                     |
| $\xi$      | Infectividade dos indivíduos assintomáticos com relação aos sintomáticos. | 55% [21]                       |

Tabela 5: Parâmetros utilizados no modelo epidemiológico. O índice  $i$  se refere à faixa etária. Na ausência desse índice o parâmetro é o mesmo para todas as faixas etárias.  $L_i^{(0)}$  e  $\zeta_i$  são dados nas tabelas 6 e 7.

| 0 – 9    | 10 – 19 | 20 – 29 | 30 – 39 | 40 – 49 | 50 – 59 | 60 – 69 | 70 – 79 | ≥80  |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| 0.00161% | 0.2%    | 0.2%    | 0.2%    | 0.4%    | 1.3%    | 3.6%    | 8.0%    | 14.8 |

Tabela 6: Taxa de fatalidade entre os casos sintomáticos  $L_i^{(0)}$  por faixa etária [4, 11].

| 0 a 9 | 10 a 19 | 20 a 29 | 30 a 39 | 40 a 49 | 50 a 59 | 60 a 69 | 70 a 79 | 80 ou mais |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| 0%    | 0.408%  | 1.04%   | 3.43%   | 4.35%   | 8.16%   | 11.8%   | 16.6%   | 18.4       |

Tabela 7: Probabilidade de hospitalização  $\zeta_i$  por faixa etária [4].