

NOTA TÉCNICA – 19/1/2021

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. 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 95 milhões de casos e ultrapassando dois milhões de 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 8,5 milhões de casos e 210 mil mortes.

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 último mês, com uma segunda onda de crescimento de casos. Tal situação decorre não apenas, como vem sendo observado em muitos outros países, de uma sistemática queda dos níveis de isolamento social, mas também da ausência de campanhas de esclarecimento e uma falsa sensação de segurança disseminada na população. O quadro é particularmente preocupante pois espera-se 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 adiantando em 2022, para ocorrer.

2 DADOS DE CASOS E ÓBITOS POR ESTADO

A presente análise é baseada em dados oficiais atualizados até 16/1/2021, divulgados por cada Secretaria Estadual de Saúde e podem ser acessados no sítio do Ministério da Saúde:

<https://covid.saude.gov.br/>.

As mortes em excesso por Síndrome Respiratório 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 dos 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 estimado em todo o Brasil é de 259731 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.

Estado	Mortes	Estado	Mortes	Estado	Mortes
Acre	837	Alagoas	3449	Amapá	1005
Amazonas	6692	Bahia	11824	Ceará	14148
Distrito Federal	5375	Espírito Santo	5534	Goiás	8538
Maranhão	4639	Mato Grosso	4743	Mato Grosso do Sul	3017
Minas Gerais	18635	Pará	9947	Paraíba	5062
Paraná	10975	Pernambuco	14691	Piauí	3071
Rio de Janeiro	30467	Rio Grande do Norte	3179	Rio Grande do Sul	12203
Rondônia	2031	Roraima	811	Santa Catarina	6078
São Paulo	68519	Sergipe	2917	Tocantins	1344

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 134 mil testes por milhão de habitantes, ocupando a 108^a 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
160	87	271	388	178	96	179	292	152	22	281	245	240	88
PB	PR	PE	PI	RJ	RN	RS	RO	RR	SC	SP	SE	TO	
112	250	90	125	120	171	228	435	203	288	171	216	209	

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

Esses dados estão representados na forma de mapa de calor na figura 1. A título de comparação, na Alemanha a situação é considerada verde caso o número de casos por 100 mil seja inferior ou igual a 25, sendo este o patamar estabelecido para a situação vermelha (lá entre 20 e 25 é estado amarelo e o estado verde é para menor do que 20) [5]. Todos os estados e o Distrito Federal continuam muito acima desses valores, com a exceção do Maranhão, único estado em verde. Os dados estão representados como um mapa de calor na figura 1.

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. Cabe comparar os valores da tabela a seguir com o mesmo índice para alguns outros países como os Estados Unidos (1231 mortes/milhão), onde o governo central se mostrou inepto no enfrentamento dessa crise, a França (1082 mortes/milhão), Alemanha (574 mortes/milhão), a fortemente atingida Espanha (1150 mortes/milhão), e Israel (441 mortes por milhão). Todos esses países já estão na “segunda onda” da pandemia (dados obtidos em [6]). No Brasil como um todo temos 986 mortos por milhão (dados oficiais), no momento em no Brasil que ainda se inicia a segunda onda. Os dados para o Brasil estão apresentados na forma de mapa de calor na figura 1.

AC	AL	AP	AM	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MT	MS	MG	PA
936	784	1166	1499	647	1113	1449	1362	999	648	1345	956	633	853
PB	PR	PE	PI	RJ	RN	RS	RO	RR	SC	SP	SE	TO	
966	786	1043	902	1601	900	873	1131	1285	816	1080	1148	828	

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

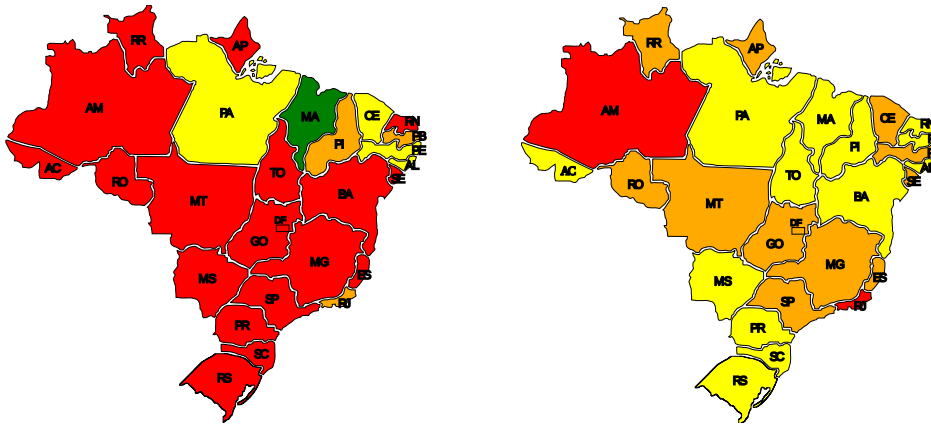


Figura 1: Esquerda: Mapa de calor de acordo com o número de casos novos nos últimos 7 dias por 100 mil habitantes: 0–25 Verde; 26–100 Amarelo; 101–150 Laranja e >150 Vermelho.

Direita: Mapa de calor de acordo com o número cumulativo de mortes por milhão: 0–500 Verde; 501–1000 Amarelo; 1001–1500 Laranja e >1500 Vermelho.

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 [25], 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, a partir da média móvel de casos sobre 14 dias (para reduzir flutuações estatísticas). O valor indicado pelo X em cada gráfica 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.

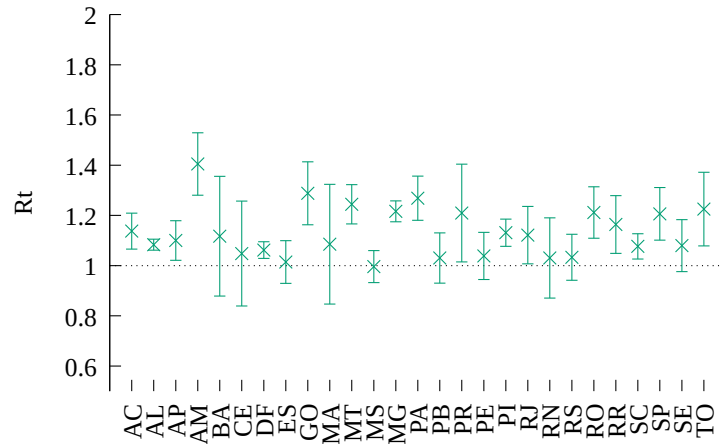


Figura 2: Número de reprodução básico R_t em cada unidade da federação em 18/01/2021 : (Esquerda) a partir do número oficial de casos e (Direita) a partir do ajuste do modelo epidemiológico.

A seguir mostramos o mapa de calor segundo o valor de R_t (as cores estão explicadas na legenda), para as datas de 9 e 27 de novembro, 17 de dezembro de 2020 e 18 de janeiro de 2021. Vemos claramente a forte deterioração da situação no Brasil ao longo dos últimos 30 dias.

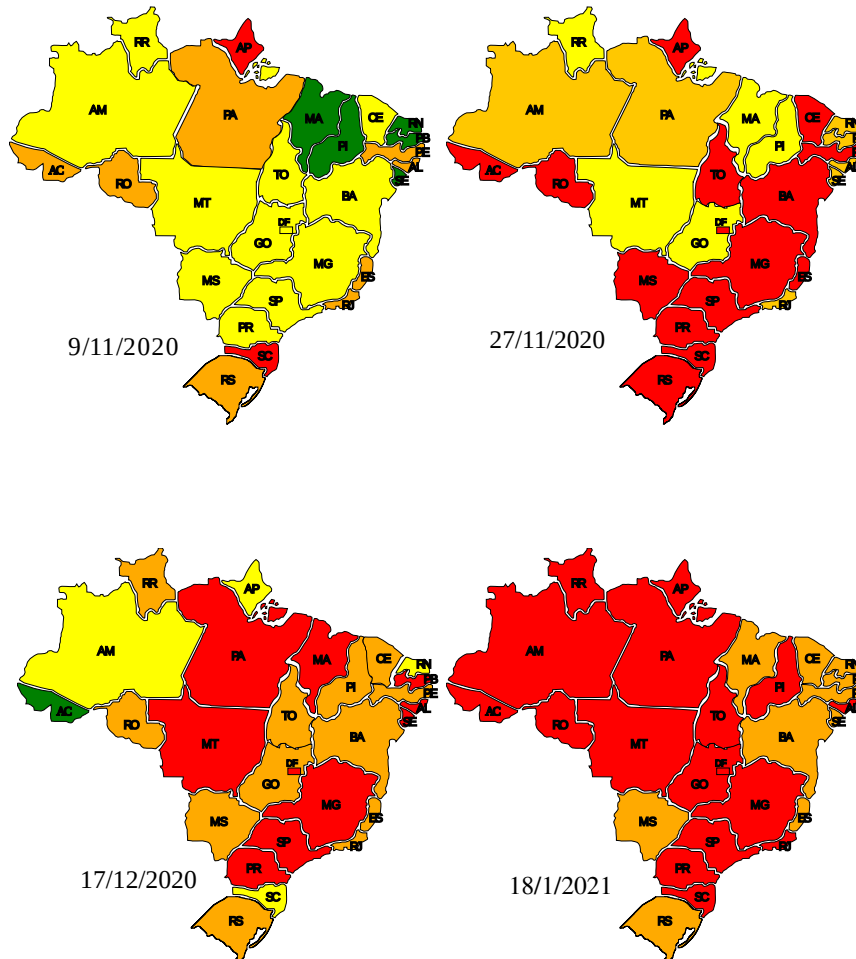


Figura 3: Mapa de calor de acordo com o valor médio de R_t e as estimativas do intervalo de erro $[R_{t,min}, R_{t,max}]$ (valores mínimo e máximo estimados para R_t). As cores correspondem a: verde $R_t, R_{t,min}, R_{t,max} < 1$, amarelo $R_t, R_{t,min} < 1$ e $R_{t,max} > 1$, laranja: $R_t < 1$ e $R_{t,min}, R_{t,max} > 1$ e vermelho: $R_t, R_{t,min}, R_{t,max} > 1$.

4 ISOLAMENTO AO LONGO DA PANDEMIA

Como medida do grau de isolamento utilizamos a variação do tempo de permanência em residência com relação à linha de base do período de 3 de janeiro a 6 de fevereiro de 2020, como disponibilizado pela Google no endereço WEB <https://www.google.com/covid19/mobility/>. Vemos nos gráficos abaixo, o isolamento social vem caindo sistematicamente em todo o país desde que as primeiras medidas de distanciamento foram implementadas em março, o que explica as ainda muito altas taxas de transmissão do vírus. Nas duas últimas semanas houve um pequeno aumento no isolamento social, possivelmente motivado pela piora da situação em quase todo o país observada no mesmo período, mas ainda muito pouco para ter efeito significativo na propagação do vírus.

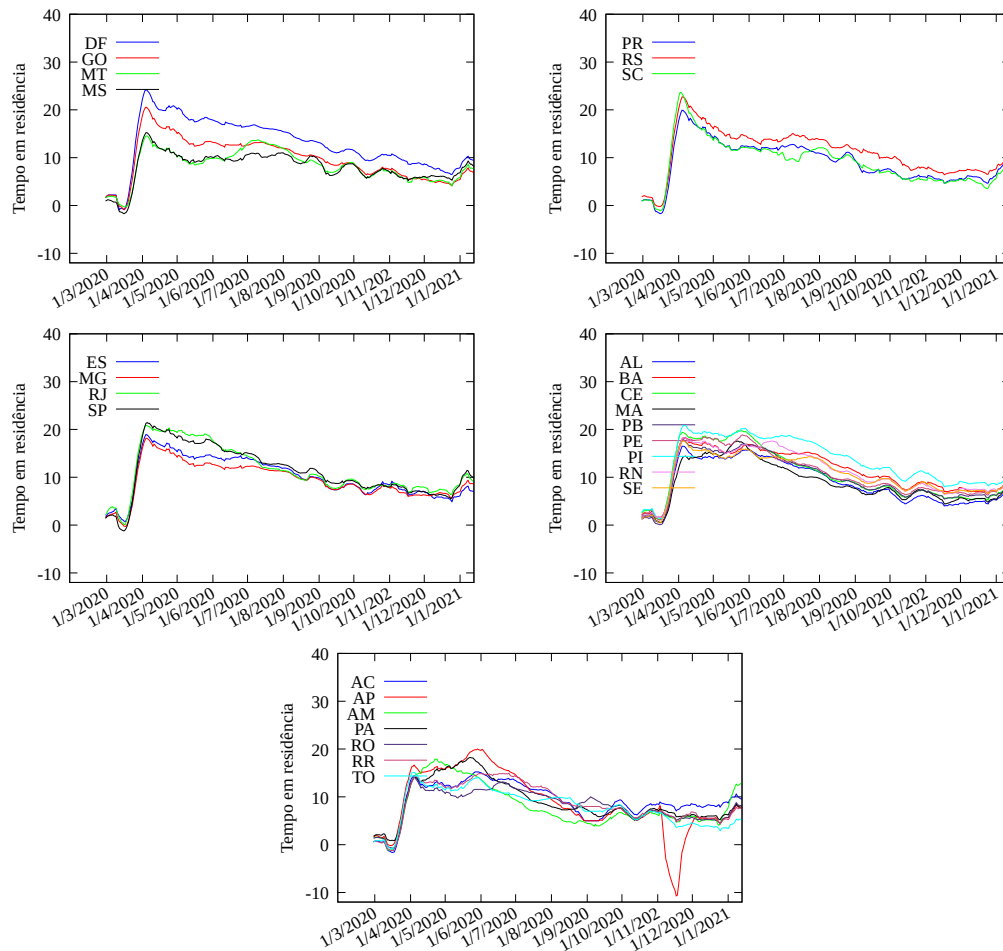


Figura 4: Variação percentual com relação à linha de base do tempo de estada em casa. O valor indicado para este último é o valor médio sobre as duas semanas anteriores à data indicada.

5 População já exposta ao vírus

Revisamos as estimativas anteriores utilizando uma versão de nosso modelo epidemiológico que inclui diferentes faixas etárias, escolhidas de acordo com as taxas de mortalidade relatadas na literatura científica (vide anexo). Isso permite uma descrição mais detalhada da evolução da pandemia, e estimativas mais precisas.

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. Esse número por sua vez é corrigido pelo fator de excesso de mortes por SRAG, como discutido acima, com relação ao número oficial de mortes. Nossa estimativas estão dadas na tabela a seguir:

AC	AL	AP	AM	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MT	MS	MG	PA
11%	11%	14%	18%	8%	17%	20%	14%	13%	7%	15%	11%	9%	13%
PB	PR	PE	PI	RJ	RN	RS	RO	RR	SC	SP	SE	TO	
13%	10%	16%	10%	18%	10%	11%	13%	15%	9%	16%	14%	9%	

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

Estima-se que a imunidade de rebanho para o vírus seja de pelo menos 60 a 80% da população [26], e portanto ainda muito longe de ser atingida em todos os estados. As taxas de exposição na tabela acima são uma estimativa que depende da taxa de mortalidade em cada local. Utilizamos os valores relatados na literatura e apresentados no anexo. Para uma menor taxa de mortalidade a estimativa da população já exposta aumenta proporcionalmente, e vice versa.

Permitir que a pandemia se alastre até atingir a imunidade de rebanho implicaria em um número de mortes muito maior do que o já observado até hoje (entre três e quatro vezes maior), com um forte saturação do sistema de saúde, que por sua vez aumentaria ainda mais o número de mortes. Cada uma das medidas de isolamento adotadas no Brasil contribuiu para a redução da taxa de transmissão do SARS-CoV-2. Tais medidas já salvaram um grande número de vidas, mesmo que não diretamente observado pela população, mas atualmente bem compreendidos graças a modelos de simulação [28, 29].

6 PROGNÓSTICOS COM VACINAÇÃO

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. Simulamos uma campanha de vacinação supondo que o país contará com 250 milhões de doses da vacina por ano, o que permitiria vacinar 125 milhões de pessoas (duas doses por indivíduo).

Consideramos três cenários distintos:

1. Modelo ajustado até o presente e evolução mantidas as mesmas condições observadas até agora (curva preta).
2. Modelo ajustado até o presente com vacinação iniciando em 1º de fevereiro de 2021 (curva azul), iniciando a vacinação pela população com 70 anos ou mais de idade, seguido pelas pessoas com 60 a 69 anos de idade, e a seguir cada faixa etária considerada em ordem decrescente de idade.

3. Modelo ajustado até o presente com vacinação iniciando em 1º de fevereiro de 2021 (curva vermelho), iniciando a vacinação pela população com 70 anos ou mais de idade, seguido pelas pessoas com 60 a 69 anos de idade, e aí encerrando a vacinação.

As seguintes hipóteses foram consideradas nesses cenários:

- Que a vacina tem uma eficácia de 95% (linhas contínuas) e 70% (linhas pontilhadas).
- Que após a primeira dose o indivíduo vacinado estará totalmente protegido após 30 dias, quando não ocorrer falha primária da vacina.
- Que a imunidade resultante da vacina é permanente.
- Após vacinar todas as faixas etárias, as crianças entre 0 e 4 anos de idade permanecem sendo vacinadas continuamente
- A vacina confere proteção a quem a recebeu e também impede que transmita o vírus.

Estimativas realizadas em nosso grupo, baseada no efeito das férias escolares sobre surtos de sarampo no período anterior à existência de vacinação [30, 31], 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 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 [32].

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:

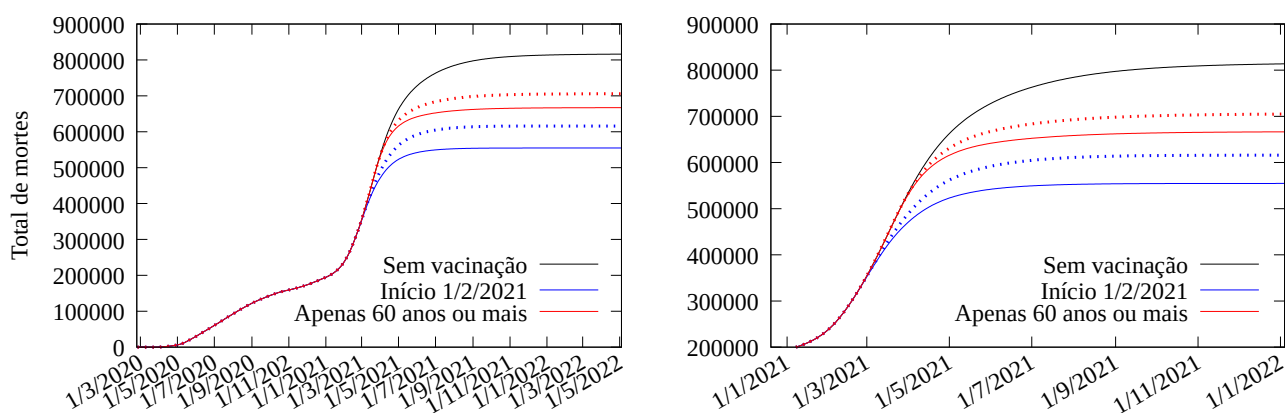


Figura 5: Modelo ajustado até o presente e prognósticos: total de mortes no Brasil por COVID-19. O gráfico à direita é uma aplicação sobre o ano de 2021. A linha contínua em azul corresponde ao cenários em que toda a população é vacinada, começando pelos mais velhos (95% de eficácia linha contínua e 70% de eficácia linha pontilhada). A linha em vermelho corresponde ao cenário em que apenas pessoas com 60 anos ou mais de idade são vacinadas (95% de eficácia linha contínua e 70% de eficácia linha pontilhada).

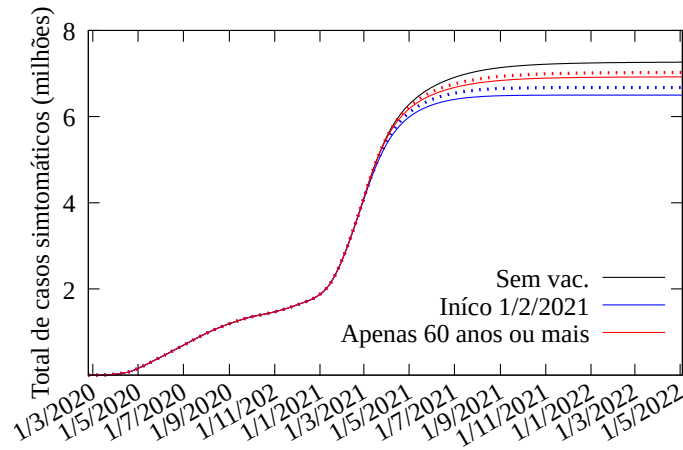


Figura 6: Modelo ajustado até o presente e prognósticos: estimativa do total real de casos sintomáticos no Brasil.

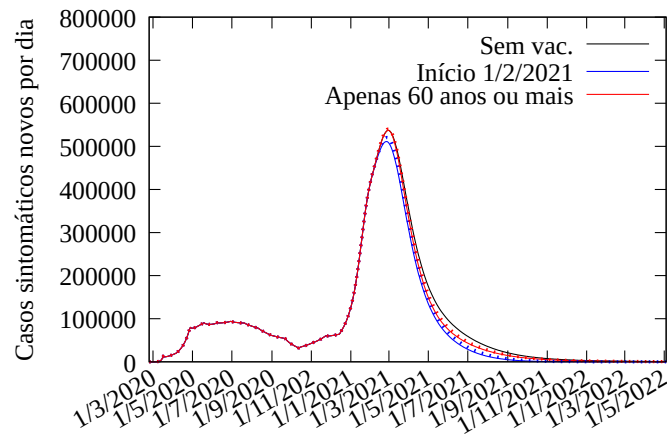


Figura 7: Modelo ajustado até o presente e prognósticos: casos sintomáticos novos por dia no Brasil.

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 de fato em massa é necessária. Caso a vacina utilizada seja de eficácia menor do que a suposta em nossos cenários, a necessidade de vacinar rapidamente a maior parte da população se torna ainda mais premente. Os prognósticos tomaram as taxas de transmissão para a situação presente. No caso de uma volta à normalidade elas aumentariam significativamente, o que tornaria ainda maior a necessidade de vacinar uma grande maioria da população.

É de extrema importância, para otimizar os efeitos da campanha de vacinação, estabelecendo as prioridades na ordem de vacinação. Em um estudo recente, realizado pelo nosso grupo em colaboração com o Prof. José Fernando Mendes da Universidade de Aveiro em Portugal, mostra-se a importância de 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 [9].

7 ECONOMIA E A PANDEMIA

A atual crise sanitária que o mundo atravessa é sem precedentes nos últimos cem anos, com grande incerteza sobre o impacto do coronavírus na economia global. Como bem observado pela diretora-gerente do FMI, Kristalina Georgieva: “nosso mundo virou de cabeça para baixo pela pandemia”. Países emergentes e em desenvolvimento são mais vulneráveis economicamente, e são mais afetados pela falta de suprimentos médicos. Os países mais pobres são mais propensos a ter condições sanitárias crônicas, e com isso maior risco de mortalidade associada ao COVID-19 [10]. A parada brusca da economia mundial gerou, e continua a gerar, dificuldades de acesso aos mercados de capitais globais e, para alguns, uma queda acentuada nos preços das commodities, uma forte redução do turismo e dos serviços educacionais, entre outros. Projeções indicam que as taxas de desemprego provocadas pela pandemia persistirão por muito tempo, o que demandará de forma substancial a utilização das redes de seguridade social [10]. A solução da quarentena, introduzida em Wuhan na China em 23 de janeiro de 2020, foi efetiva em atrasar a progressão da epidemia nesse país [11]. Com isso a China conseguiu atravessar o ano de 2020 senão incólume, mas certamente em situação muito melhor que muitos países desenvolvidos e emergentes, com uma expansão de seu PIB de mais de 2%, enquanto grande parte das nações amargam um valor negativo de seu crescimento [12].

As lições aprendidas em Wuhan, assim como no resto da China, foram reproduzidas por muitos países. “Fiquem em casa”, esse tem sido o mantra adotado por vários governos para tentar conter a propagação da pandemia. O ano de 2020 foi marcado por fechamento de fábricas, lojas, arenas, restaurantes e atividades de entretenimento, visto como um tradeoff entre saúde e economia. Uma economia asfíxiada, e conseqüente redução da circulação do dinheiro nos mercados, gera um impacto negativo na arrecadação de impostos. Por conseqüente, o bem-estar social, na forma de serviços públicos e *facilities* ficam comprometidos. Sem recursos, as famílias não gastam, as empresas fecham, com demissões em toda a cadeia produtiva, incluindo fornecedores e governos, o que na microeconomia representa o rompimento do fluxo circular da atividade econômica (famílias, empresas, mercado de bens e serviços, e mercado de fatores de produção) [13].

Com uma segunda onda de COVID-19 avançando em muitos países, o Brasil entre eles, a economia tende a afundar ainda mais. Muitas vezes os programas de resgate, aplicados pelos governos, continuam a ser um “salva-vidas” para a manutenção da atividade econômica. Ações efetivas de proteção de empregos, por meio de leis específicas, em países ricos como o Reino Unido e os EUA, ainda geram desconfiança, principalmente por parte dos trabalhadores de baixa renda, por conta da burocracia e da complexidades em lidar com esses sistemas de benefícios [10]. No estágio atual da pandemia, são fortes os indícios de que os mercados falharão novamente na organização da atividade econômica, forçando os governos a adotar cada vez mais soluções Keynesianas [13].

No Brasil, com o fim do auxílio emergencial, com uma ausência de políticas de créditos para micros e pequenas empresas, com um mercado informal importante, criou-se um panorama de incerteza e desalento. Nesse contexto, com o simbólico fim das atividades da montadora de automóveis Ford no Brasil, e com o conseqüente desligamento sumário de milhares de trabalhadores, acende-se a luz de alerta.

É um equívoco de graves conseqüências acreditar que as medidas de contenção, principalmente as de forte isolamento social, estão em oposição ao bom funcionamento da economia. Um exemplo particularmente instrutivo é o da Suécia, que por meses a fio não adotou as medidas de isolamento que os demais países escandinavos tomaram. Com isso, não apenas teve um desempenho econômico inferior ao de seus vizinhos, mas foi obrigada, ao ver o número de casos e mortes crescer fortemente, em adotar essas mesmas medidas de controle que estes, sem ter tirado nenhum ganho econômico com isso [14, 15].

8 DISCUSSÃO

Os dados aqui apresentados mostram uma forte retomada da pandemia em quase todo o país, decorrente de um afrouxamento das medidas de isolamento social, de uma falsa sensação de segurança e de um grande desconhecimento de como evitar a disseminação do vírus, cujas taxas de circulação continuam sendo muito altas em claro crescimento. A situação é ainda agravada pela falta de coordenação centralizada no enfrentamento da crise. Se o Brasil seguir a tendência amplamente observada em outros países, a segunda onda será ainda mais intensa que a primeira, e fatalmente resultará na sobrecarga dos sistemas de saúde, que já demonstram esgotamento em muitos locais, ou já colapsaram, como no estado do Amazonas.

Nossos prognósticos mostram que, se mantida a atual situação, uma campanha de vacinação ampla, que ao que tudo indica se estenderá por no mínimo um ano, pode não ocorrer a tempo de evitar um elevado número de casos e mortes. Assim sendo, tornam-se imprescindíveis medidas mais duras de controle, de forma a reduzir o número de reprodução R_t até valores abaixo de 1, evitando um ainda elevado número de mortes. A abertura de atividades ainda suspensas podem acelerar ainda mais o crescimento da pandemia. Um exemplo disso foi o que ocorreu nos Estados Unidos, onde algumas Universidades e *Colleges* mantiveram o ensino remoto para a maioria dos cursos, mas outros reabriram seus Campi. Isso resultou em mais de 397 mil casos em cerca de 1800 Campi [16], casos que por sua vez ajudam a circular o vírus entre suas famílias e localidades.

O Brasil possui uma experiência acumulada ao longo de décadas de campanhas de vacinação, o que nos coloca em vantagem com relação a outros país, inclusive Europa e Estados Unidos. Com um quadro de pessoal altamente qualificado e experimentado no planejamento e execução de campanhas de vacinação, não há razão para que, havendo as doses em quantidade suficiente, não se inicie de imediato a vacinação contra o SARS-CoV-2. Atrasos desnecessários em qualquer fase da vacinação aumentarão ainda mais o total de vidas perdidas.

Voltamos a insistir que é impraticável procurar atingir a imunidade de rebanho, e inaceitável do ponto de vista ético e humano, pois resultaria numa enorme perda de vidas, com um demanda de cuidados hospitalares que ultrapassaria em muito a capacidade existente. Acarretaria também uma ainda maior queda da atividade econômica, que até o momento já foi considerável. Em todas as unidades da federação o percentual de pessoas que já tiveram contato com o vírus está muito aquém da imunidade de rebanho.

9 RECOMENDAÇÕES

Diante dos fatos aqui expostos, das análises realizadas, e com o objetivo de limitar o custo social e econômico da pandemia de COVID-19, já muito elevados, recomendamos:

- Adotar medidas de contenção de contatos sociais, dimensionadas de acordo com as realidades locais, para conter o crescimento da pandemia;
- 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;
- 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> – Consultado em 12/12/2020 .
- [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
- [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 Medicine (2020). DOI: 10.1111/jebm.12376.
- [8] Mossong, N. Hens, M. Jit, P. Beutels, K. Auranen, R. Mikolajczyk, M. Massari, S; Salmaso, G. S. Tomba, J. Wallinga, J. Heijne, M. Sadkowska-Todys, M. Rosinska, W. J. Edmunds, *Social Contacts and Mixing Patterns Relevant to the Spread of Infectious Diseases*, PLOS Medicine **5** (2008) 74.
- [9] 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>

- [10] F. Ahmed, N. R. Ahmed, C. Pissarides, J. Stiglitz. *Why inequality could spread COVID-19*. The Lancet Public Health, **5**, e240 (2020). [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(20\)30085-2](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(20)30085-2)
- [11] M. Chinazzi, J. T. Davis, M. Ajelli, et al. *The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) outbreak*. Science, **368**, 395 (2020). <https://doi.org/10.1126/science.aba9757>
- [12] https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD
- [13] N. G. Mankiw. *Principles of economics*. Nelson Education (2014).
- [14] S.-W. Cho. *Quantifying the impact of nonpharmaceutical interventions during the COVID-19 outbreak: the case of Sweden*, Econometrics Journal **23**, 323 (2020). <https://doi.org/10.1093/ectj/utaa025>
- [15] A. Sheridan, A. L. Andersen, E. T. Hansen, N. Johannesen, *Social distancing laws cause only small losses of economic activity during the COVID-19 pandemic in Scandinavia*, Proceedings of the National Academy of Sciences **117**, 20468 (2020). <https://doi.org/10.1073/pnas.2010068117>
- [16] <https://www.nytimes.com/interactive/2020/us/covid-college-cases-tracker.html>
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] T. M. Rocha Filho, F. S. G. Santos, V. B. Gomes, T. A. H. Rocha, J. H. R. Croda, W. M. Ramalho, W. N. Araujo, *Expected impact of COVID-19 outbreak in a major metropolitan area in Brazil*. MedRxiv <https://doi.org/10.1101/2020.03.14.20035873>.
- [22] *Severe Outcomes Among Patients with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) — United States, February 12–March 16, 2020*, Morbidity and Mortality Weekly Report, CDC-USA, March 18, 2020.
- [23] 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>.
- [24] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/populacao/>
- [25] C. Fraser, *Estimating Individual and Household Reproduction Numbers in an Emerging Epidemic*. PLoS ONE (2007) 2(8): e758. doi:10.1371/journal.pone.0000758.

-
- [26] 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.
- [27] Murari TB, Nascimento Filho AS, Rocha Filho TM, Scorza CA, Scorza FA, Almeida ACG, Moret MA, *RE: Evidences of reduction in SARS-COV-2 transmission due to local measures and policies in early stages of the pandemic*. Science (E-letter, 23 June 2020). Disponível em <https://science.sciencemag.org/content/368/6489/395/tab-e-letters>.
- [28] 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.
- [29] 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>.
- [30] F. M. G. Magpantay, *Vaccine impact in homogeneous and age-structured models*, J. Math. Biol. 75 (2017) 1591.
- [31] 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.
- [32] 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).
- [33] J. A. Lednicky, M. Lauzardo, Z. Hugh Fan, A. Jutla, et al, *Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients*. medRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.08.03.20167395>.
- [34] 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.

ANEXO: PARÂMETROS EPIDEMIOLÓGICOS UTILIZADOS

Variável	Definição	Valor (IC 95%) [Ref]
ψ	Taxa de recuperação dos indivíduos hospitalizados	$1/17.5 \text{ dias}^{-1}$ [17]
σ	Inverso do tempo de incubação	$1/5.0 \text{ dias}^{-1}$ [19]
γ	Taxa de recuperação de indivíduos não hospitalizados	3.69 dias^{-1} [34]
θ_i	Taxa de fatalidade entre indivíduos hospitalizados	$L_i^{(0)}/\zeta_i$
τ_1	Mediana do tempo entre os primeiros sintomas e a hospitalização	3.3 [19]
τ_2	Tempo médio entre entre os primeiros sintomas e a morte	16.8 [4]
χ	Proporção de casos assintomáticos	0.179% [23]
ξ	Infectividade dos indivíduos assintomáticos com relação aos sintomáticos.	55% [34]

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 ζ_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, 18].

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 ζ_i por faixa etária [4].