

Situação: O preprint não foi submetido para publicação

Situação da Epidemia de Covid-19 no Brasil em Agosto de 2020: Maioria do Estados do Norte-Nordeste em Saturação e Estados do Sul em Aceleração ou Leve Desaceleração

Gerson C. Duarte-Filho, Arthur A. Brum, Raydonal Ospina, Francisco A. G. Almeida, Antônio M. S. Macêdo, Giovani L. Vasconcelos

DOI: 10.1590/SciELOPreprints.1136

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): 2020-08-22

Postado em (AAAA-MM-DD): 2020-08-25

Situação da Epidemia de Covid-19 no Brasil em Agosto de 2020: Maioria do Estados do Norte-Nordeste em Saturação e Estados do Sul em Aceleração ou Leve Desaceleração

Situation of the Covid-19 Epidemic in Brazil in August 2020: Most Northern and Northeastern States in a Saturation Phase, while Southern States in Acceleration or Slight Deceleration

Gerson C. Duarte-Filho ¹, Arthur A. Brum ², Raydonal Ospina ³, Francisco A. G. Almeida ⁴, Antônio M. S. Macêdo ⁵, and Giovani L. Vasconcelos ⁶

Resumo: Nesta Nota Técnica nós analisamos as curvas acumuladas de mortes atribuídas à Covid-19 nos 26 estados e Distrito Federal até o dia 21 de agosto de 2020. Foram utilizados modelos matemáticos de crescimento implementados pelo aplicativo ModInterv Covid-19, que pode ser acessado via internet (<<http://fisica.ufpr.br/modinterv>>) ou através de aplicativo para celular disponível na Play Store (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tanxe.covid_19>), para investigar em qual fase da epidemia cada um dessas unidades da federação se encontra. A análise revelou que quase todos os estados das Regiões Norte e Nordeste encontram-se em uma fase de saturação, quando a epidemia está relativamente sob controle, ao passo que em todos os estados do Sul e a maioria dos estados do Centro-Oeste a epidemia ainda está em aceleração ou apresenta apenas uma leve desaceleração. A Região Sudeste apresenta uma grande diversidade de estágios da epidemia, com cada estado em um estágio diferente, indo de acelerado à saturação.

Abstract: In this Technical Note we analyze the cumulative curves of deaths attributed to Covid-19 in the 26 Brazilian states and the Federal District until August 21, 2020. Mathematical growth models implemented by the ModInterv Covid-19 application, which can be accessed via internet browser or via a mobile app available at the Google Play Store, were used to investigate at which stage the epidemic is in each of these entities of the Federation. The analysis revealed that almost all states in the Northern and Northeastern regions are in the saturation phase, when the epidemic is relatively under control, while in all Southern states and in most states in the Midwest the epidemic is still accelerating or shows only a slight deceleration. The Southeastern region presents a great diversity of epidemic stages, with each state at a different stage, ranging from acceleration to saturation.

¹Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe, 49100-000 São Cristóvão, Brazil {gcdf@ufs.br}. ORCID: <<https://orcid.org/0000-0003-4975-4981>>

²Departamento de Física, Universidade Federal de Pernambuco, 50670-901 Recife, Brazil {arthurbrum@df.ufpe.br}. ORCID: <<https://orcid.org/0000-0002-2843-042X>>

³Departamento de Estatística, CASTLab, Universidade Federal de Pernambuco, 50740-540 Recife, Brazil {raydonal@de.ufpe.br}. ORCID: <<https://orcid.org/0000-0002-9884-9090>>

⁴Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe, 49100-000 São Cristóvão, Brazil {falmeida@ufs.br}. ORCID: <<https://orcid.org/0000-0002-2195-620X>>

⁵Departamento de Física, Universidade Federal de Pernambuco, 50670-901 Recife, Brazil {antonio.smacedo@ufpe.br}. ORCID: <<https://orcid.org/0000-0002-4522-031X>>

⁶Departamento de Física, Universidade Federal do Paraná, 81531-990 Curitiba, Brazil {giovani.vasconcelos@ufpr.br}. ORCID: <<https://orcid.org/0000-0001-6609-5960>>

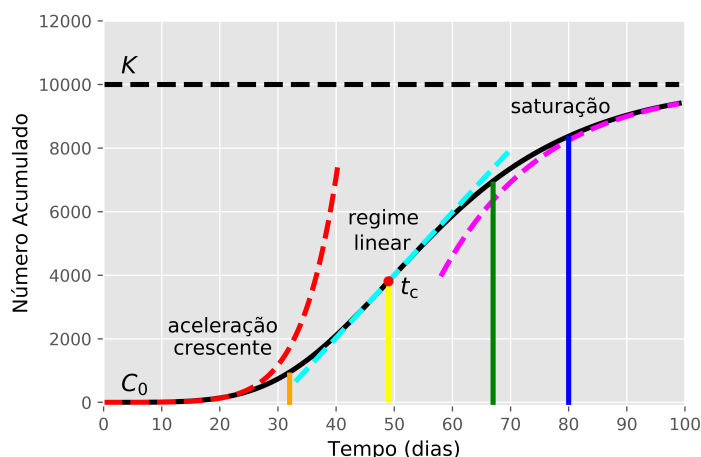


Figura 1: Esboço qualitativo da curva epidêmica (preto) para o número acumulado de casos, com indicação de suas diferentes ‘fases’. O círculo vermelho indica o ponto de inflexão da curva e as linhas verticais representam os pontos de separação entre os diferentes estágios da epidemia.

INTRODUÇÃO

No Brasil, passados mais de cinco meses após os primeiros casos de infecção pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2) e de óbitos pela Covid-19, doença causada pelo SARS-CoV-2, os números acumulados de casos e mortes atribuídas à doença não dão sinais de estagnação. Atualmente temos mais de 3,5 milhões de casos confirmados e mais de 110 mil mortes devido à doença, segundo dados oficiais. Quando olhamos a situação estado por estado, é possível observar que alguns deles parecem estar em uma fase onde os números acumulados de casos bem como de óbitos ainda apresentam um crescimento acelerado, enquanto outros parecem que alcançaram uma etapa onde os números crescem de modo mais lento, ou mesmo já estão em uma fase final de saturação.

Com o intuito de monitorar e fornecer um diagnóstico sobre o atual estágio da epidemia de Covid-19 nos estados e no Distrito Federal, nós elaboramos a presente Nota Técnica, onde utilizamos modelos matemáticos de crescimento para ajustar as curvas acumuladas de mortes atribuídas à doença. A partir das projeções do modelo que melhor ajusta os dados de um dado estado, é possível determinar em qual estágio da epidemia esse estado se encontra, o que pode auxiliar gestores e autoridades públicas na tomada de decisões para o enfrentamento e controle da epidemia.

Os modelos discutidos nessa Nota Técnica encontram-se implementados no aplicativo ModInterv Covid-19, desenvolvido pela nossa Rede de Pesquisa (<<http://fisica.ufpr.br/redecovid19>>), que se encontra disponível para uso geral via internet (<<http://fisica.ufpr.br/modinterv>>) ou através de aplicativo para celular Android disponível na Play Store (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tanxe.covid_19>). Nesse aplicativo é possível monitorar as curvas acumuladas de casos e de óbitos da Covid-19 de países, além de estados e cidades do Brasil e Estados Unidos. Na presente Nota Técnica nós utilizamos o ModInterv para traçar um panorama da situação da Covid-19 nos estados do Brasil até a data de 21 de agosto de 2020.

METODOLOGIA

Na presente Nota Técnica, nós analisamos as curvas acumuladas de óbitos atribuídos à Covid-19 para os 26 estados do Brasil e o Distrito Federal, através do aplicativo ModInterv (<http://fisica.ufpr.br/modinterv/>), com dados atualizados até a data de 21 de agosto de 2020. O sistema ModInterv ajusta a curva epidêmica de uma dada localidade (no presente caso, os estados e o DF) com base em modelos matemáticos de crescimento [1, 2], e a partir desse ajuste faz a classificação do estágio da epidemia naquela localidade, como explicado abaixo.

Uma curva epidêmica *típica*, representando o número acumulado de óbitos em função do tempo, pode ser dividida em três fases principais: i) uma fase inicial com aceleração crescente; ii) uma fase intermediária, onde a curva cresce de modo aproximadamente linear; e iii) uma fase de saturação em que a curva se aproxima do platô final; vide Fig. 1. Na fase intermediária, dá-se a ocorrência do ponto de inflexão, denotado por t_c (ponto vermelho na Fig. 1), que corresponde ao instante de tempo em que a aceleração é nula, logo a velocidade é máxima (t_c corresponde, portanto, ao “pico” da curva diária). Dito de outra forma, t_c representa o ponto em que a curva acumulada muda sua concavidade: antes de t_c a curva tem uma concavidade para cima e que depois de t_c a concavidade é para baixo. Vemos assim que a curva epidêmica tem dois regimes gerais de crescimento: antes de t_c a curva cresce de forma acelerada, ao passo que depois de t_c a curva desacelera. É possível ainda fazer uma melhor caracterização dos diferentes estágios da epidemia, de acordo com o regime de aceleração da curva, como discutido a seguir.

Na fase inicial, a curva possui uma **aceleração crescente**, como já mencionado. Nesse estágio, a curva é descrita pelo modelo q -exponencial em que o parâmetro q caracteriza a natureza do regime de crescimento: i) para $q = 1$ temos um crescimento exponencial e ii) para $q < 1$ dá-se um crescimento subexponencial. Nesse primeiro estágio, a aceleração cresce portanto até atingir um valor máximo, quando se inicia a fase intermediária. O instante em que ocorre a máxima aceleração é indicado na Fig. 1 com um linha vertical laranja. A fase intermediária, por sua vez, pode ser dividida em dois estágios, como indicado abaixo.

No primeiro estágio da fase intermediária, a curva ainda cresce de modo acelerado mas a aceleração vai diminuindo até chegar a zero no ponto de inflexão (indicado pela linha vertical amarela na Fig. 1). Ou seja, o primeiro estágio da fase intermediária corresponde a um regime de **aceleração decrescente**, o qual compreende desde o ponto de máxima aceleração (linha laranja) até o ponto de inflexão (linha amarela). A partir do ponto de inflexão, a curva começa a desacelerar, dando início ao segundo estágio da fase intermediária, que vai até o ponto de máxima desaceleração (indicado pela linha vertical verde na Fig. 1). No segundo estágio da fase intermediária a curva apresenta, portanto, uma **desaceleração crescente**. A partir do ponto de máxima desaceleração (linha verde), a curva entra na terceira e última fase de *desaceleração decrescente*. Isso indica que a curva está se desviando mais fortemente do regime quase-linear característico da fase intermediária e iniciando, portanto, uma fase de saturação em direção ao platô. Para melhor caracterizar essa fase final da epidemia, é conveniente dividir a fase de desaceleração decrescente em dois estágios, como indicado abaixo.

No primeiro estágio dessa terceira fase, temos uma região de transição em que a curva começa a se “dobrar”, ou seja, passa a se afastar da reta (aproximada) típica da região intermediária. Nesse estágio, a taxa de variação da desaceleração, chamada de “arranque” ou “sobre-aceleração”, é crescente. Podemos dizer então que nessa região a curva sofre um “puxão” (arranque) para se afastar da trajetória linear e dessa forma inicia uma **transição para saturação**. O ponto de arranque máximo é indicado pela linha vertical azul, a partir do qual inicia-se o **estágio de saturação** propriamente dito. Ou seja, nesse quinto e último estágio, a velocidade, a aceleração e a sobre-aceleração da curva epidêmica são todas decrescente

no tempo, sinalizando um regime de saturação bem caracterizado, em que a curva vai aos poucos se aproximando do platô.

Em resumo, temos as seguintes linhas verticais indicando as fronteiras entre os estágios da epidemia:

- Linha laranja (I): ponto de aceleração máxima.
- Linha amarela (II): ponto de aceleração nula (ponto de inflexão).
- Linha verde (III): ponto de máxima desaceleração.
- Linha azul (IV): ponto de máximo arranque.

Os estágios da epidemia são definidos de acordo com a localização do último ponto da curva empírica (correspondendo à última data dos dados), em relação às linhas acima, a saber:

1. Aceleração crescente: antes da linha laranja.
2. Aceleração decrescente: entre a linha laranja e a linha amarela.
3. Desaceleração crescente: entre a linha amarela e a linha verde.
4. Transição para saturação: entre a linha verde e a linha azul.
5. Saturação: após a linha azul.

Na presente Nota Técnica, nós utilizamos a plataforma ModInterv para classificar o estágio da epidemia de Covid-19 no 26 estados do Brasil e no Distrito Federal. O sistema ModInterv implementa quatro modelos de crescimento, a saber (do mais completo para o mais simples): i) o modelo logístico beta (MLB); ii) o modelo de Richards generalizado (MRG); iii) o modelo de Richards (MR); e iv) o modelo q -exponencial [1, 2]. Para uma dada curva epidêmica, o aplicativo testa, nessa ordem, qual modelo é mais apropriado. E a partir da curva teórica que melhor ajusta os dados, o software determina em que estágio se encontra a epidemia naquela localidade, conforme os critérios acima. Para cada curva selecionada, o nome do respectivo estágio da epidemia é mostrado na legenda do gráfico, juntamente com os parâmetros do modelo que melhor ajustou aquela curva.

RESULTADOS

A Fig. 2 mostra o mapa do Brasil em que cada estado e o Distrito Federal são pintados com a cor correspondente do estágio da epidemia em que a referida unidade da federação se encontra, a saber: i) estágio vermelho de crescimento q -exponencial, ou seja, com aceleração crescente; ii) estágio laranja que é caracterizado por uma aceleração decrescente; iii) estágio amarelo onde a desaceleração é crescente; iv) estágio verde quando se dá a transição para saturação, correspondendo tecnicamente a um regime de desaceleração decrescente e sobre-aceleração crescente; e v) estágio azul que indica o regime de saturação do crescimento, quando tanto a aceleração quanto a sobre-aceleração são ambas decrescentes. Abaixo listamos quais estados encontram-se em cada uma desses estágios, além de apresentar os respectivos ajustes obtidos pelo ModInterv para as curvas empíricas do número acumulado de óbitos atribuídos à Covid-19.

Estado com aceleração crescente

Os dados empíricos (círculos em vermelho) do estado de Santa Catarina foram melhor ajustados pelo modelo de crescimento q -exponencial (linha sólida preta), como mostrado no painel à esquerda da figura 3, indicando que, nessa localidade, o crescimento do número de óbitos devido à Covid-19 dá-se ainda de maneira acelerada e com aceleração crescente. No painel à direita vemos os mesmos dados empíricos e o ajuste via modelo q -exponencial em escala logarítmica em ambos os eixos. Nesse painel, a linha reta em verde (um guia para os olhos) representa um crescimento linear, que vai aproximadamente

Estágios da Covid-19 nos Estados do Brasil

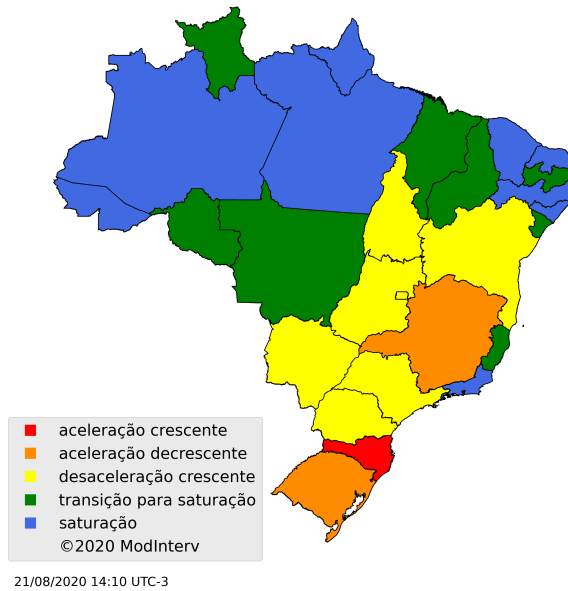


Figura 2: Situação em 21 de agosto de 2020 dos vinte e seis estados mais Distrito Federal segundo a classificação de fases da epidemia implementada pela plataforma ModInterv.

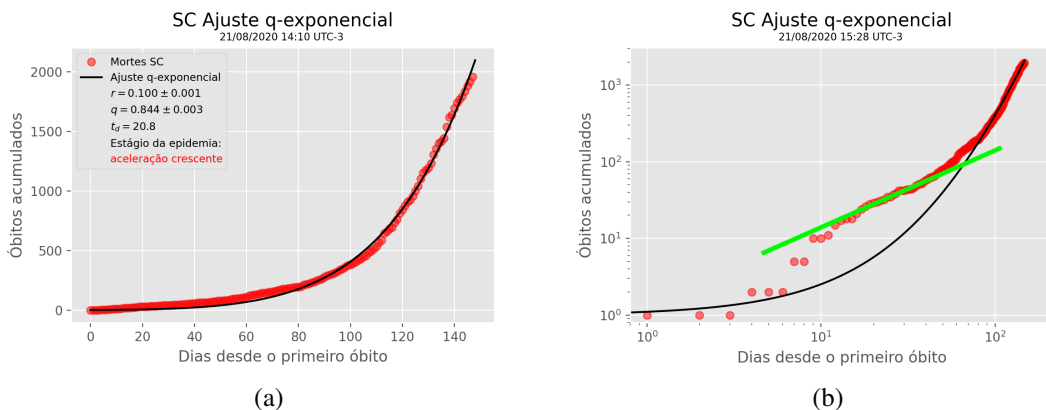


Figura 3: Estado em estágio de aceleração crescente.

do 10^o ao 60^o dia após o primeiro óbito. Isso mostra que nos primeiros dois meses a curva epidêmica de Santa Catarina apresentava um regime de baixo crescimento (tecnicamente com aceleração quase nula, ou seja, $q \approx 0$), como reflexo das medidas de intervenção não farmacológicas adotadas no início da pandemia; mas depois, com a flexibilização prematura dessas medidas, a curva mudou de trajetória e teve uma espécie de “relargada”, passando a um crescimento quase exponencial (ou seja, com q próximo de 1).

Outros estados, como por exemplo o Rio Grande do Sul e Minas Gerais, também apresentaram, pelas mesmas razões, uma súbita mudança de tendência por volta do segundo mês de epidemia, passando de um regime linear para um crescimento quase-exponencial. Entretanto, esses estados já deixaram o regime de aceleração crescente e encontram-se no momento no estágio de aceleração decrescente, como

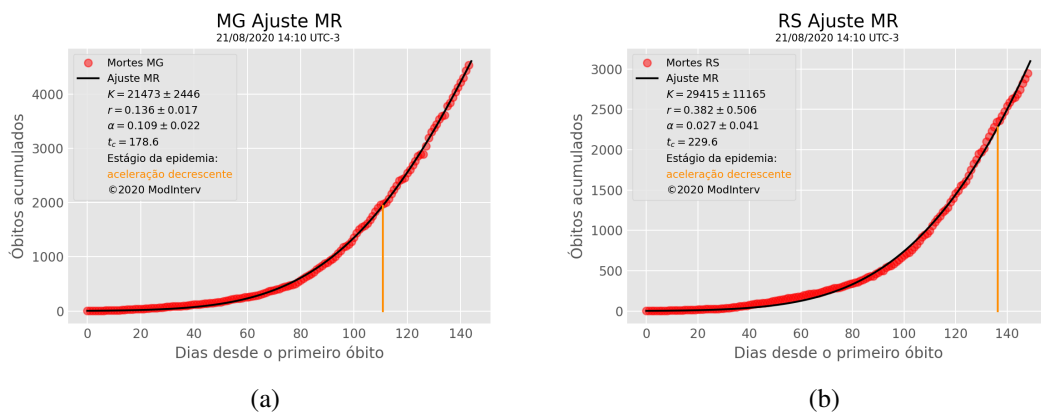


Figura 4: Estados em estágio de aceleração decrescente.

veremos a seguir.

Estados no estágio de aceleração decrescente

Os estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul encontram-se no primeiro estágio da fase intermediária, que, como mencionado acima, é caracterizado por uma aceleração decrescente. As respectivas curvas epidêmicas desses dois estados são mostradas na Fig. 4. Pode-se ver em ambas as figuras que o o último ponto de cada uma das curvas empíricas, correspondendo ao dia 21 de agosto de 2020, já ultrapassou a linha laranja (máxima aceleração) mas não houve ainda a formação (nos dados) do ponto de inflexão, que corresponderia à linha amarela da Fig. 1.

Estados no estágio de desaceleração crescente

Os estados da Bahia, Goiás, Mato do Grosso do Sul, Paraná, São Paulo, Tocantins e Distrito Federal estão no segundo estágio da fase intermediária, caracterizada por uma desaceleração crescente, como pode ser vista na figura 5. Os ajustes matemáticos sugerem que esses locais já passaram pelo ponto de inflexão (linha amarela), ou seja, iniciaram a fase de desaceleração da epidemia, mas ainda não atingiram ainda o ponto de máxima desaceleração (que corresponde à linha verde da Fig. 1).

Estados no estágio de transição para saturação

Os estados do Espírito Santo, Maranhão, Mato Grosso, Paraíba, Piauí, Rondônia, Roraima e Sergipe encontram-se atualmente no estágio de transição para saturação, conforme pode ser visto na Fig. 6. Como discutido anteriormente, nesse estágio as curvas epidêmicas já passaram do ponto de máxima desaceleração (linha verde) e estão agora em um regime de desaceleração decrescente mas com uma sobre-aceleração (ou arranque) crescente. Essa arranque crescente contribui para fazer com que a curva se afaste da tendência de crescimento linear típica da fase intermediária. Em outras palavras, o arranque faz a curva se “dobrar” e assim deixar o regime quase linear. Podemos dizer com um certo grau de confiabilidade que, para os estados nesse estágio, “o pior já passou” e a epidemia começa a ficar sob controle.

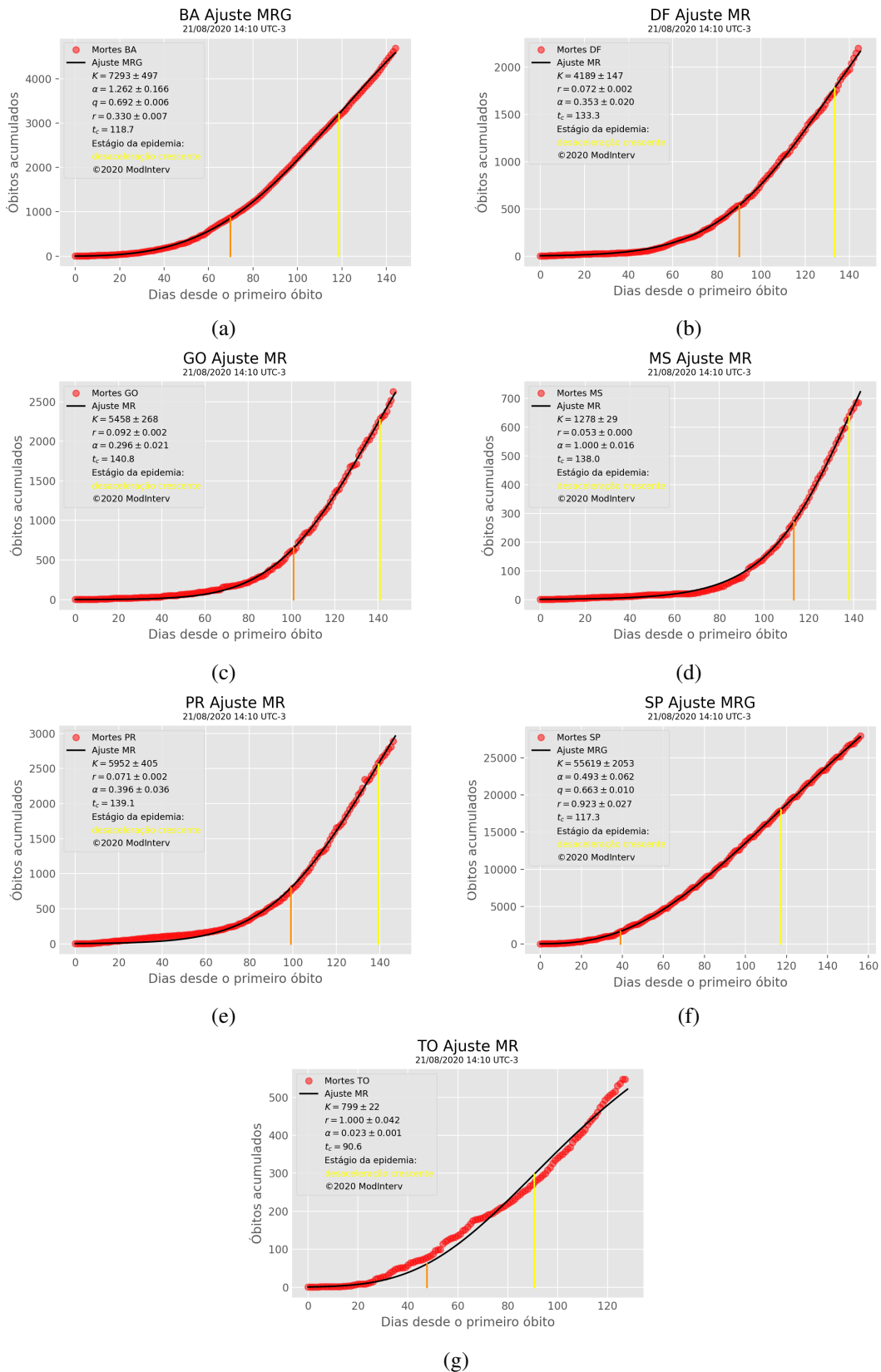
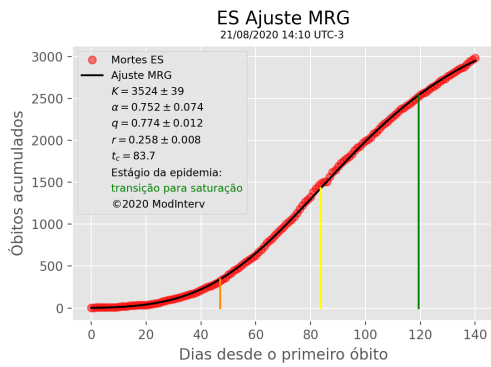
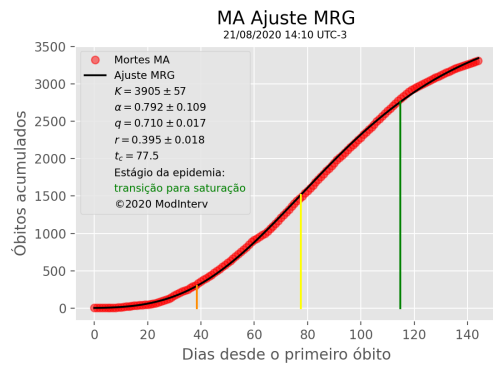


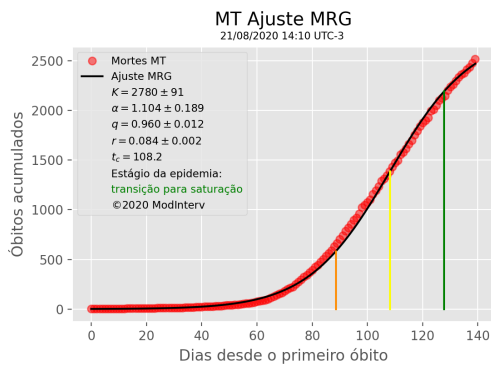
Figura 5: Estados em estágio de desaceleração crescente.



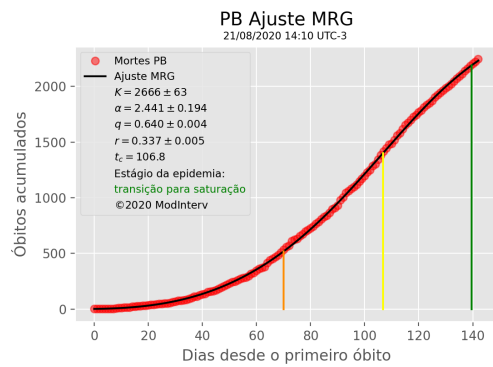
(a)



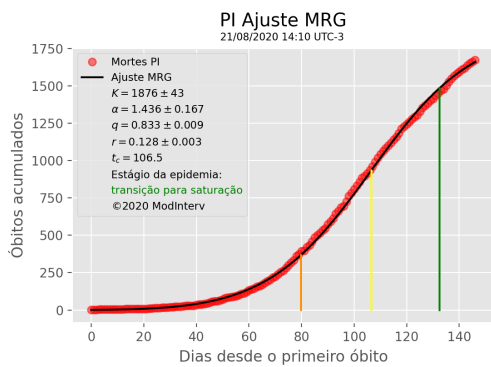
(b)



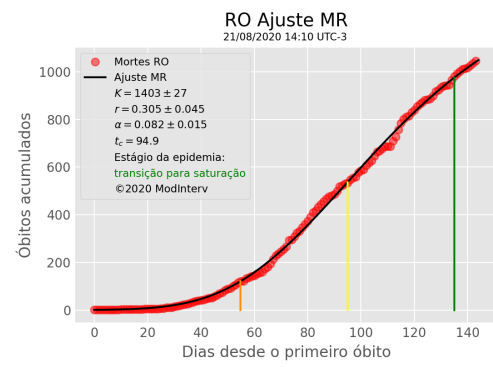
(c)



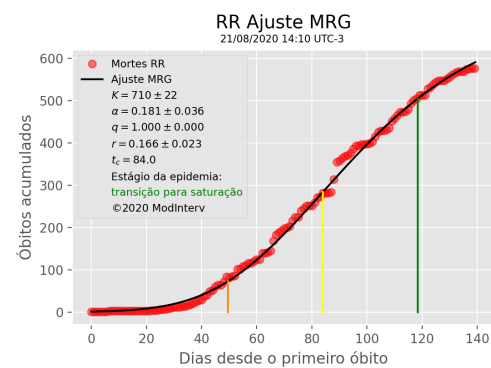
(d)



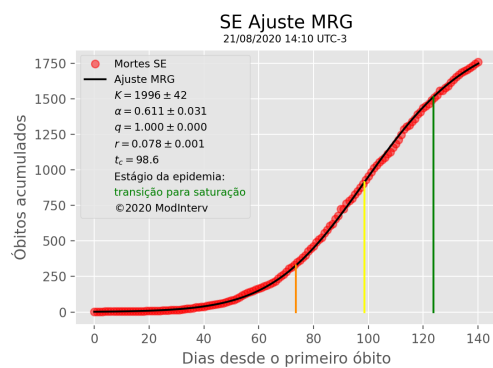
(e)



(f)



(g)



(h)

Figura 6: Estados em estágio de transição para saturação.

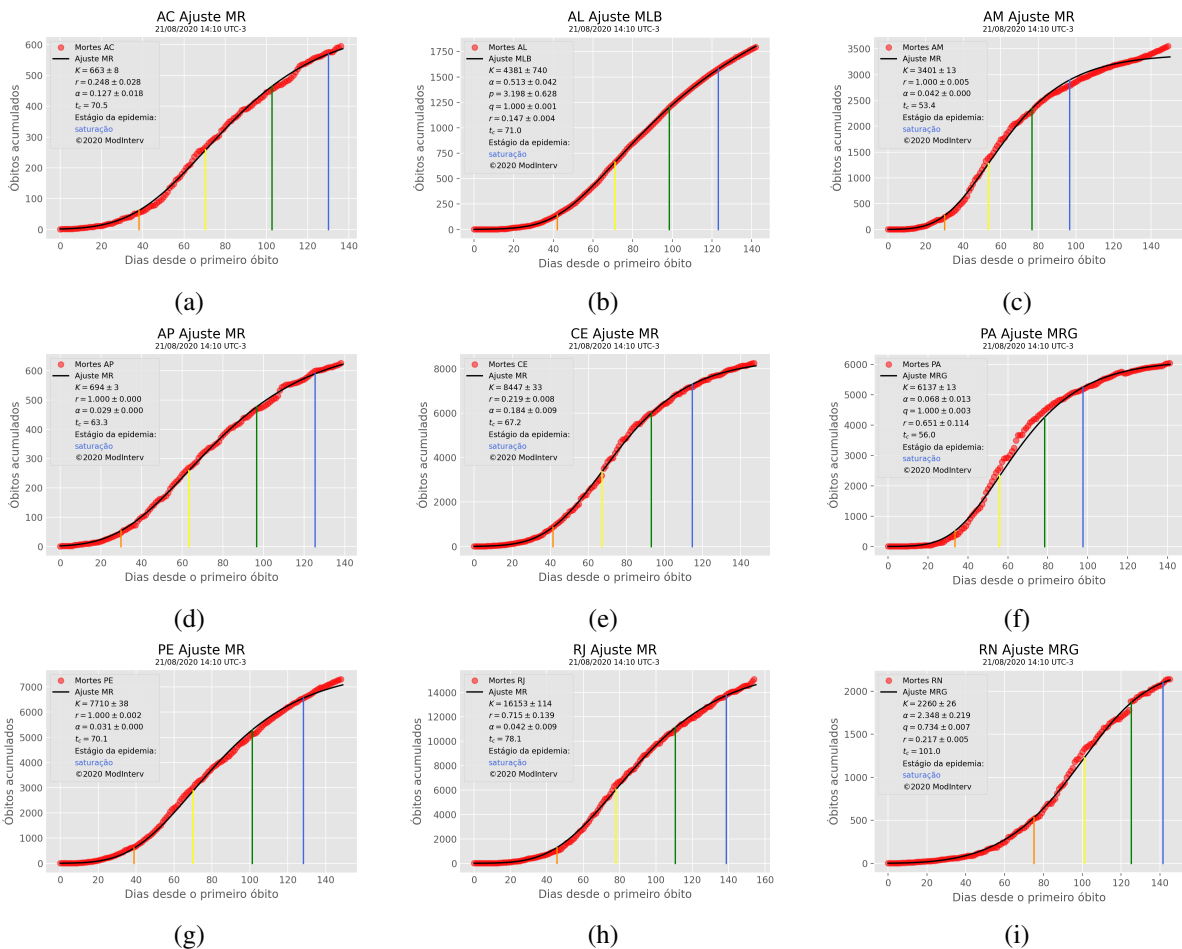


Figura 7: Estados em estágio de saturação.

Estados no estágio de saturação

Temos, por fim, os estados do Acre, Alagoas, Amazonas, Amapá, Ceará, Pará, Pernambuco, Rio de Janeiro e Rio Grande do Norte, que já estão no estágio de saturação propriamente dito, como pode ser visto na Fig. 7. Nesse estágio, a curva epidêmica já ultrapassou a linha azul, que corresponde ao ponto de máximo arranque, como explicado acima. Temos, portanto, que nesse último estágio da epidemia a velocidade, a aceleração e a sobre-aceleração da curva epidêmica são todas decrescentes, de modo que a epidemia se aproxima do platô final. Pode-se dizer, portanto, que nesse estágio a epidemia está sob controle, se mantida, é claro, a atual tendência de saturação.

DISCUSSÃO

Nesta Nota Técnica nós aplicamos quatro modelos de crescimento implementados na plataforma ModInterv para estudar as curvas acumuladas de óbitos atribuídas à Covid-19 dos estados brasileiros e do Distrito Federal. Concluímos que Santa Catarina é o único estado que ainda se encontra na fase vermelha, correspondendo a um regime de aceleração crescente em sua curva epidêmica. Os outros dois estados da Região Sul, Rio Grande do Sul e Paraná, saíram recentemente da fase vermelha e encontram-se nos estágios laranja e amarelo, respectivamente.

Por outro lado, todos os estados das Regiões Norte e Nordeste, com exceção da Bahia e Tocantins, encontram-se nos estágios verde (MA, PB, PI, RO, RR e SE) ou azul (AL, AM, AP, CE, PE e RN), que são os dois estágios da fase final de saturação da epidemia. (Bahia e Tocantins encontram-se no estágio amarelo de desaceleração crescente mas ainda não atingiram a transição para a fase de saturação.)

Dos estados do Centro-Oeste, apenas Mato Grosso já iniciou a transição para a saturação (estágio verde), sendo que Goiás, Mato Grosso do Sul e o Distrito Federal ainda estão no estágio amarelo.

A região Sudeste é a que apresenta a maior diversidade de estágios da epidemia, sendo que cada estado está em um estágio diferente, a saber: Minas Gerais no estágio laranja, São Paulo no estágio amarelo, Espírito Santo no estágio verde e o Rio de Janeiro no estágio azul.

A presente análise permite concluir, de uma maneira geral, que a região setentrional do Brasil encontra-se em uma fase mais avançada do controle da pandemia de Covid-19, ao passo que nos estados mais meridionais a epidemia ainda está em aceleração ou apresenta apenas uma leve desaceleração. Esse panorama geral reflete, em grande medida, a evolução da epidemia nas diferentes regiões do país. Por exemplo, em muitas capitais dos estados do Norte e Nordeste houve um crescimento muito acelerado do número de óbitos nos primeiros meses da epidemia, o que forçou as autoridades locais a adotarem medidas mais drásticas de contenção da propagação do vírus, as quais por sua vez foram capazes de “dobrar” a curva epidêmica em direção ao platô. Nos estados do Sul, a evolução deu-se ‘ao contrário’: o crescimento inicial da curva epidêmica foi lento, tendo havido um relaxamento prematuro das medidas de mitigação, o que levou por sua vez a um recrudescimento da epidemia—foi o fenômeno da “relargada” mencionado antes. Como consequência dessa relargada, a maioria dos estados do Sul ainda estão em fase de aceleração (RS e SC) ou leve desaceleração (PR).

Outros estados que apresentaram esse efeito de relargada foram Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Esses estados já deixaram a fase vermelha, mas ainda não alcançaram a fase de saturação, estando Minas Gerais ainda no estágio laranja e Goiás e Mato Grosso do Sul no estágio amarelo. Outro exemplo interessante é o estado de São Paulo, que vem mantendo medidas de mitigação por um tempo considerável. Essas medidas fizeram com que a curva deixasse a fase vermelha relativamente cedo, vide Fig. 5(f), mas não foram suficientes para “dobrar” a curva e interromper o crescimento quase linear da fase intermediária—dessa forma o estado permanece no estágio amarelo.

Por fim, vale ressaltar que comparamos nossas previsões para as curvas de óbitos com aquelas obtidas via modelos compartimentais do tipo Susceptível-Infetado-Removido (SIR), para o cenário em que medidas de distanciamento social são mantidas [3], e constatamos uma boa concordância entre as previsões do nosso estudo com os dos modelos SIR para a maioria dos Estados.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi apoiado em parte pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através dos processos de bolsa de produtividade de N.ºs 303772/2017-4 (GLV), 312612/2019-2 (AMSM) e 305305/2019-0 (RO). AAB agradece o apoio do CNPq através de bolsa de doutorado (processo 167348/2018-3). RO agradece a D.A.D.O. e CastLab.

COLABORAÇÃO E CONTRIBUIÇÃO

Todos os autores participaram e contribuíram da Conceituação (Igual), Curadoria de dados (Igual), Análise formal (Igual), Investigação (Igual), Metodologia (Igual), Administração de projeto (Igual), Supervisão (Igual), Validação (Igual), Visualização (Igual), Escrita-rascunho original (Igual), Escrita - re-

visão e edição (Igual).

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram que não possuem qualquer conflito de interesse

Referências

- 1 Giovani L. Vasconcelos, Antônio M.S. Macêdo, Raydonal Ospina, Francisco A.G. Almeida, Gerson C. Duarte-Filho, Arthur A. Brum, and Inês C.L. Souza. Modelling fatality curves of Covid-19 and the effectiveness of intervention strategies. *PeerJ*, 8:e9421, June 2020.
- 2 Giovani L. Vasconcelos, Antônio M. S. Macêdo, Gerson C. Duarte-Filho, Arthur A. Araújo, Raydonal Ospina and Francisco A. G. Almeida. Complexity signatures in the Covid-19 epidemic: power law behaviour in the saturation regime of fatality curves. *medRxiv*, 2020. <<https://doi.org/10.1101/2020.07.12.20152140>>.
- 3 Antônio C. G. Almeida, Antônio J. A. Cordeiro, Fulvio A. Scorza, Marcelo A. Moret, Tarcísio M. Rocha Filho and Walter M. Ramalho. Situação da pandemia da Covid-19 no Brasil. Nota Técnica - 13/08/2020. <<http://coronavidas.net/home/pesquisas/situacao-da-pandemia-de-covid-19-no-brasil-13-08-2020/>>.