



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA E CIÊNCIAS ATUARIAS
GRUPO DE ESTATÍSTICA APLICADA

Nota técnica nº 5 sobre COVID-19 no Brasil e no estado de Sergipe

Elaboração: Daniel Francisco Neyra Castañeda

Índice

Introdução	2
Resultados	2
Modelagem para o Brasil	5
Letalidade	9
Incidência	9
Sergipe	10
Letalidade para Sergipe	11
Modelagem para Sergipe	12
Conclusões	14
Bibliografia	15

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, Junho de 2020

Introdução

Esta quinta nota técnica é a sequência das notas publicadas nas semanas previas. O trabalho segue os mesmos dados de estudo, e foi incluída a informação desta última semana. Também ressaltamos que esta, como outras publicadas na UFS, são complementares, e cada uma apresenta um olhar particular, onde se ressalta a previsões futuras de casos e mortes confirmadas por COVID-19. O intuito é informar cientificamente os acontecimentos por esta pandemia.

As projeções realizadas neste trabalho não têm como objetivo acertar as estatísticas reais e sim dar a direção deste crescimento. Modelos de regressão para ajustar modelos de tendência foram aplicados aos casos acumulados e mortes acumuladas por COVID-19. Para os casos novos e mortes novas (dia a dia), os modelos de tendência, sazonalidade e ciclos foram abordados como Holt Winters e modelagem da família ARIMA.

Na nota técnica anterior recriamos cenários de letalidades com 1%, 2%, 4% e a real, nesta nota técnica as atualizamos, pois entendemos que embora estas simulações não permitam alcançar os casos reais de contágio, os quais necessariamente são muito maiores, pelo menos tentamos dar uma ideia de quantos casos podem estar escondidos por causa da subnotificação. Também a taxa de prevalência em torno de 14,63 por cada 100 000 habitantes. Os objetivos deste trabalho seguem as mesmas premissas do primeiro, que são descrever com tabelas e gráficos os casos e mortes confirmadas do COVID-19 no Brasil e no estado de Sergipe, além de usar modelos matemáticos para explicar e projetar os casos e mortes para os próximos dias.

Resultados

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana, do dia 29 de maio a 04 de junho. Pode-se observar que, independente das subnotificações, (seja por ausência de realização do teste, por falta de teste ou pela demora no resultado no teste) há um aumento aritmética de casos e mortes, cuja duplicação esta na relação 2,2,3,3,4,5,10,8,11,14 para as mortes. Já para os casos a relação de duplicação é: 3,3,5,5,6,8,9,12,11. Este fato indicou protagonismo do Brasil no âmbito internacional, onde ganha rapidamente posições no ranking tanto de casos e mortes. Semana passada, o Brasil era segundo em número de casos e sexto em número de mortos confirmados mundialmente. Hoje, Brasil se posiciona como segundo em número de casos e terceiro em número de óbitos. Ontem o Brasil teve 28633 casos e 1349 óbitos de um total de 93238 casos e 3621 mortes no mundo, representando 37,3% dos casos e 30,7% das mortes, não sendo um evento isolado, pois os dias 27, 26 e 20 de maio também atingiram estes percentuais. Uma visualização do gráfico 01 aponta um crescimento exponencial ou potencial para ambos os casos e mortes e que o dia até a curva se manter ou descer, não será ainda nesta semana, e que até a data do dia 04 de junho, foram de 614941 casos confirmados e 34021, aumentando em uma semana mais

de 176703 casos e mais de 7267 mortos, comparando o saldo entre semanas há um aumento de 49474 casos a mais e 560 mortes a mais.

Tabela 1: Casos e mortes por COVID-19 na semana do dia 29 de maio a 04 de junho.

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
2020-05-29	465166	27878	189476	247812
2020-05-30	498440	28834	200892	268714
2020-05-31	514849	29314	206555	278980
2020-06-01	526447	29937	211080	285430
2020-06-02	555383	31119	223638	300546
2020-06-03	584016	32548	238617	312851
2020-06-04	614941	34021	254963	325957

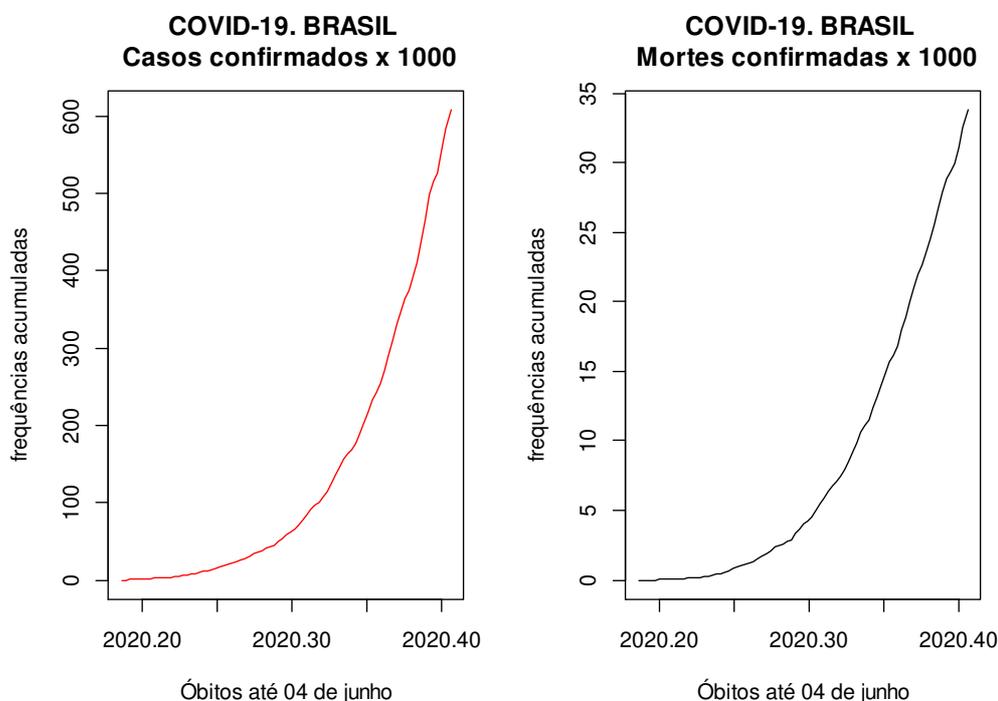


Gráfico 01: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 5188 novos casos e 282 novas mortes, e os seguem os estados de Rio de Janeiro, Ceara, Amazonas, Pará, Pernambuco e Maranhão, sendo Pará o estado com quantidades expressivas em novos casos e novas mortes como se mostra na Tabela 02 a seguir:

Tabela 02: Casos confirmados e mortes por COVID-19 nos estados do Brasil (04/06/2020).

Estado	Casos		Mortes	
	Novos	Acumulados	Novos	Acumulados
SP	5188	123483	282	8276
RJ	2508	59240	324	6010
CE	2983	56056	184	3605
PA	3567	44774	153	3193
AM	1152	44347	36	2138
MA	1549	38174	31	1028
PE	955	36463	79	3012

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 04 de junho de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 30925 casos neste dia, sendo um dos maior até hoje, e as novas mortes alcançaram 1473 óbitos, sendo o maior números até hoje em um único dia, como mostrado no gráfico 02 e 03.

COVID-19. BRASIL. Número de casos diários

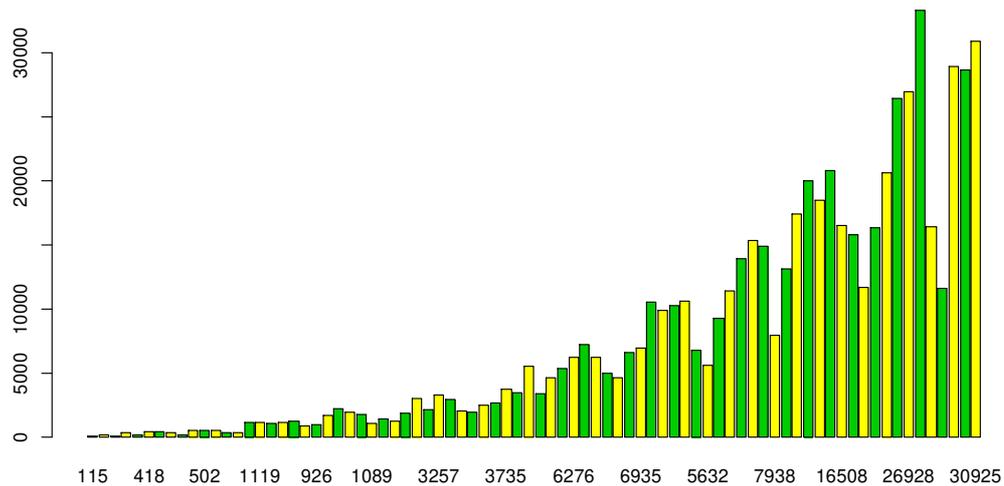


Gráfico 02: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

COVID-19. BRASIL. Número de mortes diárias

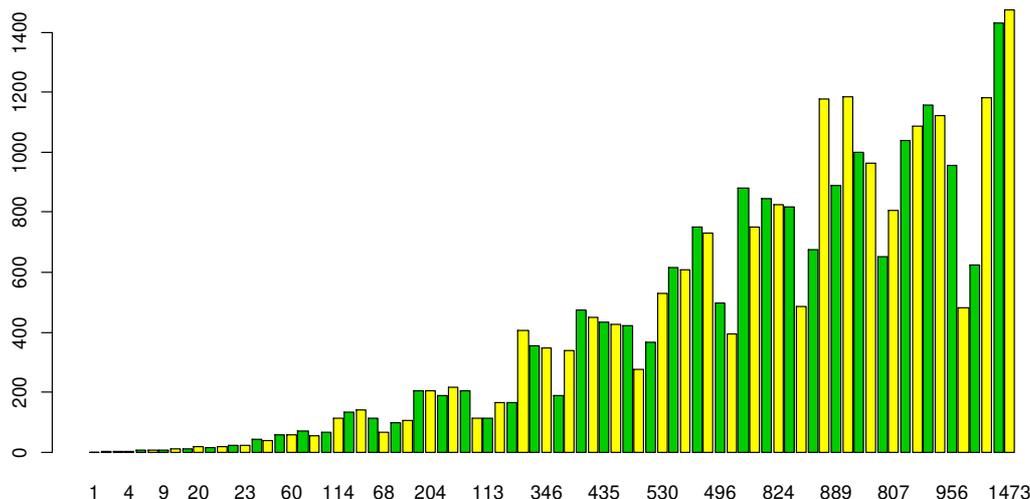


Gráfico 03: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

Modelagem para o Brasil

Foram usados modelos de regressão para ajustar a série de casos e mortes acumuladas de COVID-19 no Brasil, estas séries tem apenas o componente de tendência e modelos de potência, exponencial e modelos não lineares foram abordados, porém escolheu-se o modelo com menor erro de ajuste (a curva mais próxima dos dados). Ao longo dos dias, os ajustes foram avaliados e modelos de regressão cúbica têm tido os menores erros de ajuste, todos abaixo de 1,5%, e para a modelagem ter melhor performance de estimação, foram usados apenas os 20 últimos casos. No ajuste dos casos, foi usado o modelo cúbico por apresentar erro de ajuste de 0,91%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0,9% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 1,17%. As projeções de casos e mortes serão para o dia 05 de junho com 639624 casos e 34568 mortes, e para o dia 06 de junho serão 668581 casos e 35621 mortes, conforme visualizado na tabela 03. Uma saída é mostrada no gráfico 04

Tabela 03: Projeção para os próximos 2 dias após 04 de junho de 2020.

Data projetada	Casos	Mortes	Intervalo de Confiança Casos	Intervalo de Confiança mortes
05/06/2020	639624	34568	625876 – 653372	33907 – 35230
06/06/2020	668581	35621	649137 – 688025	34685 – 36557

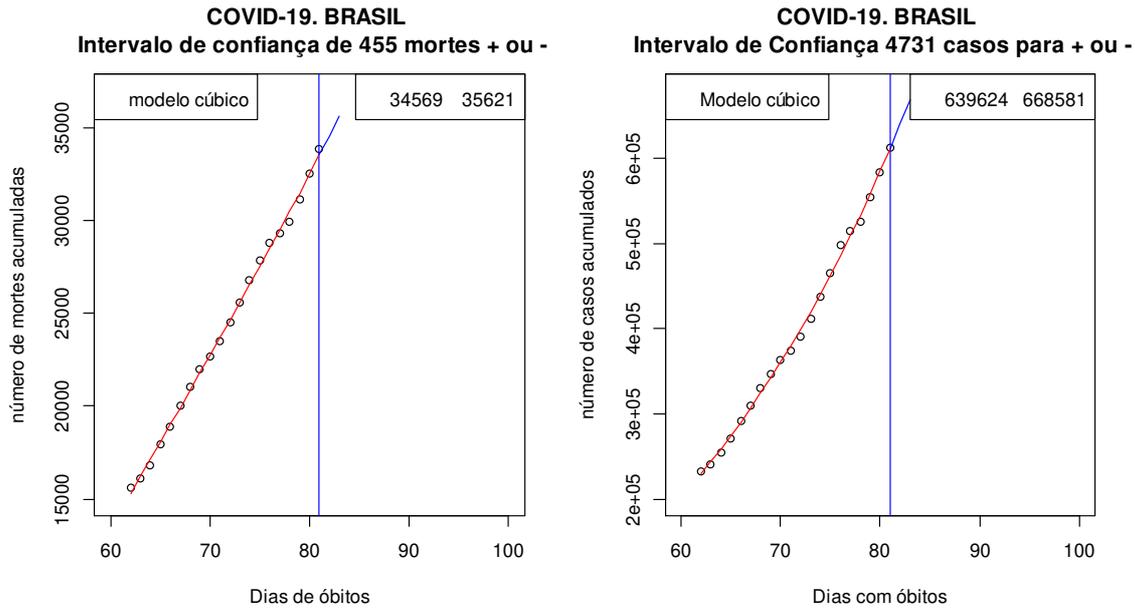


Gráfico 04: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os dias 05 e 06 de junho.

Tanto casos e mortes confirmadas por COVID-19 apresentam quedas reais nos finais de semana entre sabado e segunda feira, estas subnotificações sobrecarregam o trabalho logístico para os próximos dias. O efeitos sazonal que cada semana apresenta, nas séries sugerem apresentar um gráfico de caixas ou de boxplot por semana após o primeiro óbito, como segue:

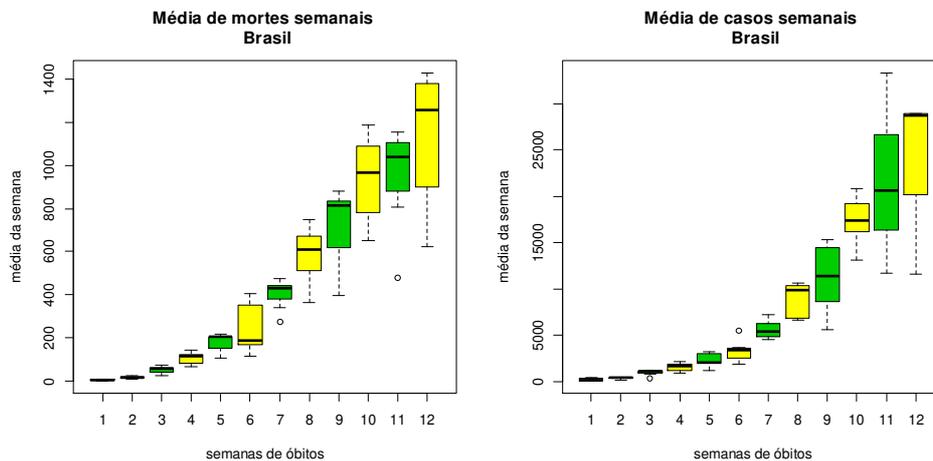


Gráfico 5. Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

Ainda este efeito sazonal, e a tendência permitem abordar técnicas de séries temporais para realizar previsões futuras para novos casos e novas mortes. Foram usados modelos avançados de séries temporais, como Holt-Winters e Sarima para ajustar a séries de novos casos e novas mortes, por apresentar três componentes temporais como, tendência, sazonalidade e ciclos, a bondade de ajuste desta modelagem

permite realizar previsões, e neste caso em particular realizamos projeção para os próximos sete dias, indicando, que em média manteremos em torno de 28 000 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 2500 casos para mais e para menos e 1150 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 150 mortes para mais ou para menos. Também podemos observar que estes modelos conseguem extrair o efeito sazonal por causa das subnotificação no final de semana, ver a tabela 04 e uma saída é mostrada no gráfico 06.

Tabela 04. Modelagem e previsões futuras para casos e mortes no Brasil.

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
05/06/2020	30973	1240	31295	1238
06/06/2020	31007	1110	33323	1100
07/06/2020	23733	691	23781	708
08/06/2020	19329	832	21271	916
09/06/2020	29133	1305	31866	1434
10/06/2020	31546	1454	33517	1566
11/06/2020	35083	1434	35167	1456

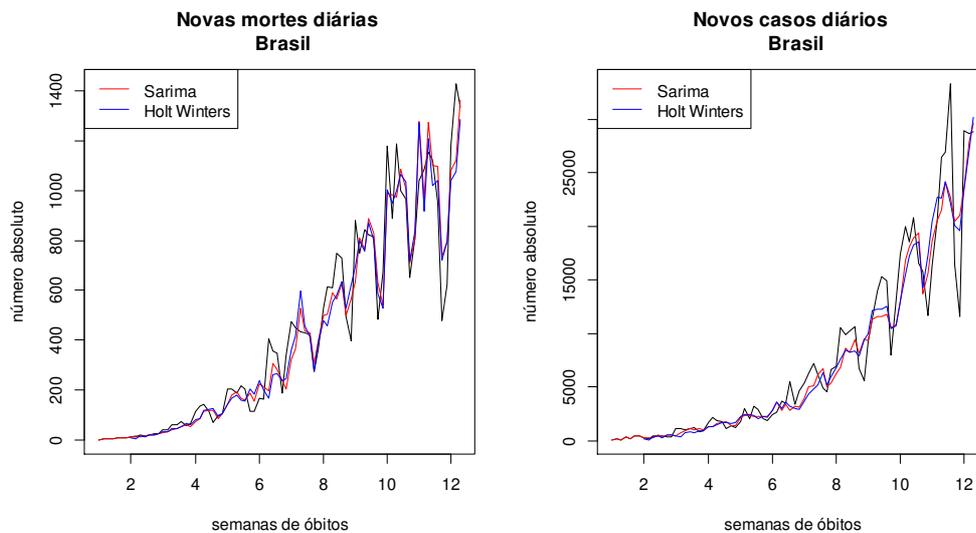


Gráfico 06. Modelagem Holt Winters e Sarima para casos e mortes.

Para acompanhar quando os casos e mortes dobram no tempo, realizou-se o gráfico 07, no qual se visualiza os dias em relação aos *log* de casos e mortes, cada linha separa quando os casos e as mortes dobram e elas têm que se alinhar numa reta. Atualmente, dobram-se os casos a cada 11 dias, e para as mortes, a cada 14 dias.

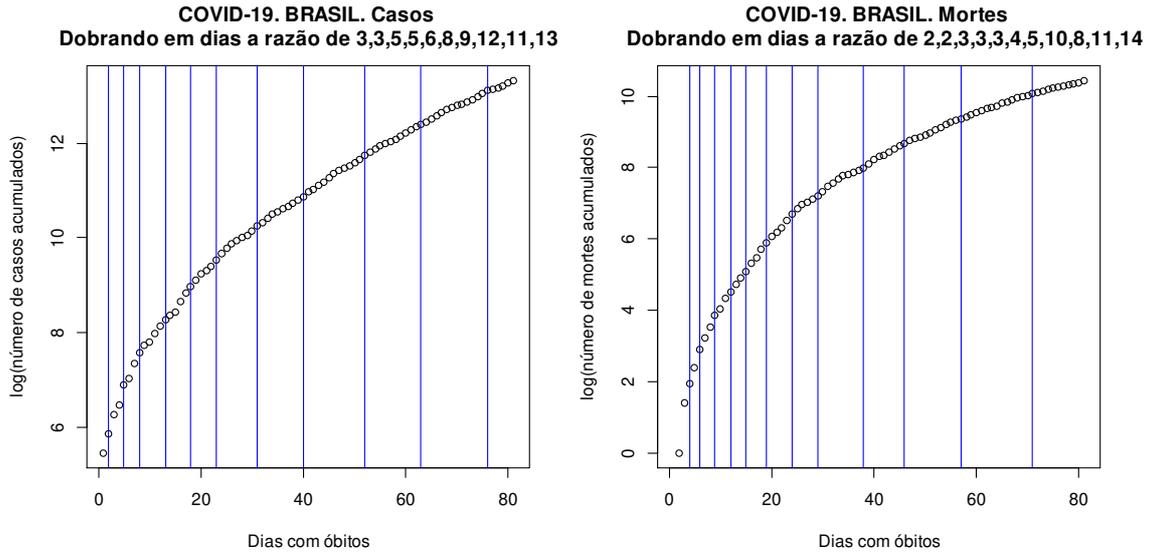


Gráfico 07: Espaçoamento entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

Uma projeção a partir dos últimos 20 dias de óbitos no Brasil, usando casos e mortes confirmadas de COVID-19 no Brasil, num cenário para 90 dias de aumentos até a curva descer e é comparada com a projeção da semana passada para 80 dias. A justificativa de estender os dias de crescimento é a interiorização no Brasil da pandemia, esta semana no limite os casos podem atingir os valores de 984468 casos, num ambiente mais favorável podem atingir os valores de 802315. Já as mortes num ambiente menos favorável pode atingir 46851 mortes e num ambiente mas favorável seriam 37818 mortes.

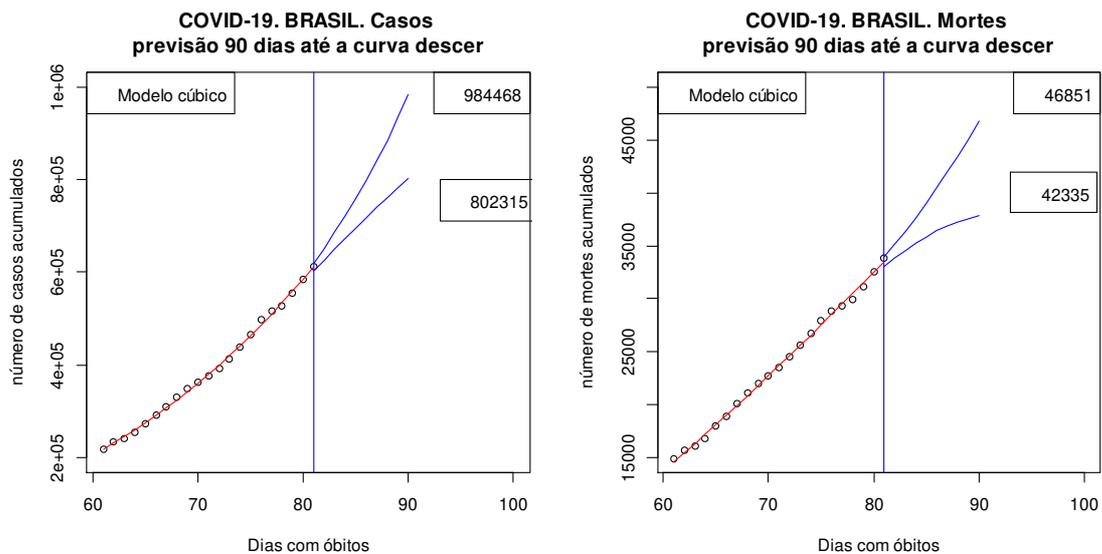


Gráfico 8. Projeção de potencia a partir dos últimos 20 dias.

Tabela 04. Projeção para 80 dias (03 de junho) e 90 dias (13 de junho) após o primeiro óbito até a curva descer usando um modelo cúbico.

Variável	80 dias		90 dias	
	Minimo	Maximo	Minimo	Maximo
Casos	501632	566133	802315	984468
Mortes	30791	33996	37818	46851

Letalidade

Assumimos que as mortes confirmadas podem propor uma possibilidade mais realista das consequências de esta pandemia e que os dados oficiais podem apresentar sub-notificação. A justificativa é os poucos testes realizados no Brasil, que até o dia 02 de junho por cada 100 000 habitantes foram 4,3 testes, muito abaixo de países como Estados Unidos com 52 testes ou de um país vizinho como Perú com 32 testes. As letalidades propostas são: 1%, 2%, 4% e a real, fornecendo os número de casos que podem ter sido escondidos por causa da subnotificação. Considerando uma letalidade de 1%, e a partir das mortes confirmadas, podemos afirmar que o Brasil atingiria 3 402 100 casos, como se mostra no gráfico a seguir.

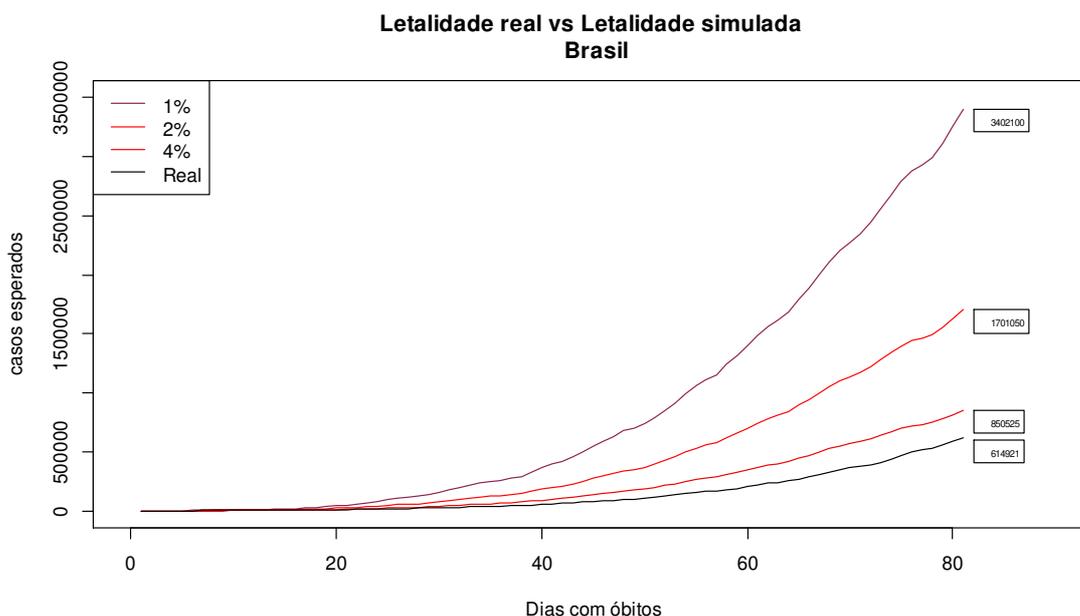


Gráfico 9. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

Incidência

Este indicador mede a proporção da população que já tem a doença. A taxa de **incidência** é o número de novos casos de uma doença, dividido pelo número de pessoas em risco, considerando toda a população brasileira em risco, e que sua população estimada é de 211 489 034 habitantes, a conta é dada por $I = \left(\frac{\text{casos}}{211489034} \right) *$

100000. Mostra-se a partir do gráfico 10, que a incidência é também crescente, saindo de 12,43 da semana passada para 14,63 nesta semana, indicando que o contágio apresenta aceleração na propagação social.

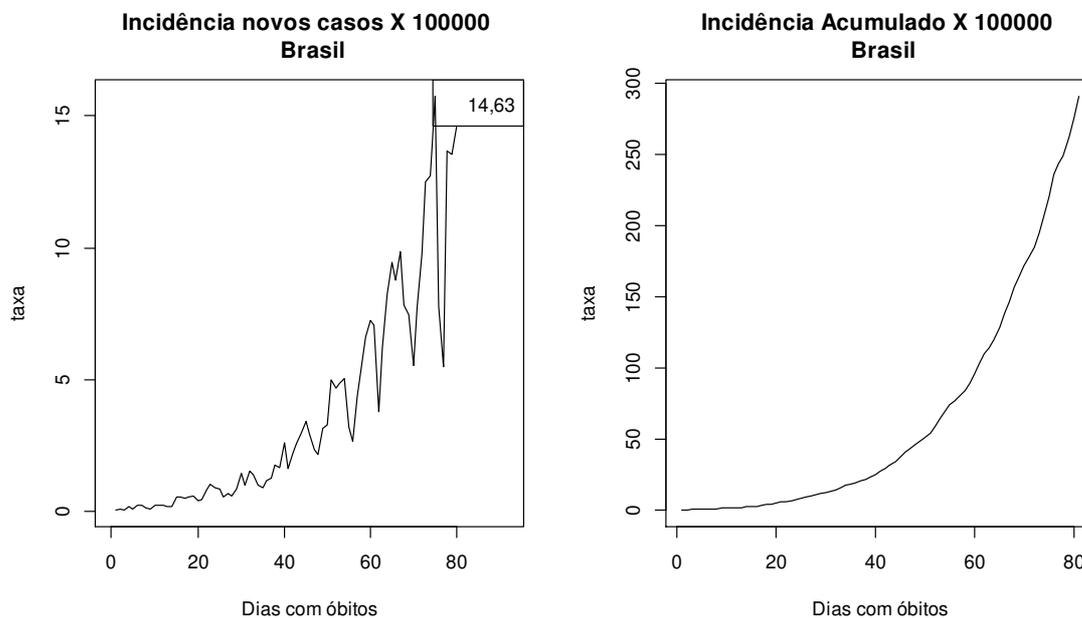


Gráfico 10. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e acumulados.

Sergipe.

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 04 de junho 8200 casos confirmados e 186 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 2044 casos a mais e 51 mortes, como mostra a Tabela 5. Já no gráfico 11 podemos visualizar a evolução de casos, mortes e curados.

Tabela 05. Casos e Mortes no estado de Sergipe

Estado	Data	Casos		Mortes	
		Novos	Acumulados	Novos	Acumulados
SE	2020-05-29	306	6462	7	142
SE	2020-05-30	343	6805	7	149
SE	2020-05-31	194	6999	9	158
SE	2020-06-01	234	7233	8	166
SE	2020-06-02	322	7555	6	172
SE	2020-06-03	434	7989	8	180
SE	2020-06-04	211	8200	6	186

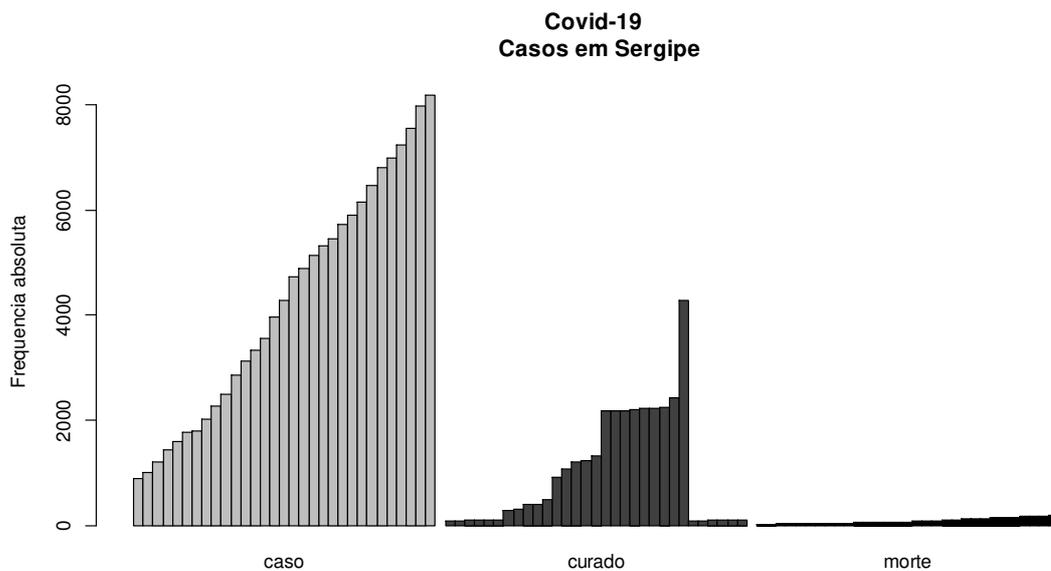


Gráfico 11. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Letalidade para Sergipe

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2,27% sendo a semana passada de 2,19%, o que indica que a população sofre ao acesso aos testes disponíveis disponibilizados pelo ministério da saúde, contudo ainda contrasta com a letalidade nacional a qual esta próxima de 5,5%, para observação disponibilizamos o gráfico 12.

Letalidade real em Sergipe

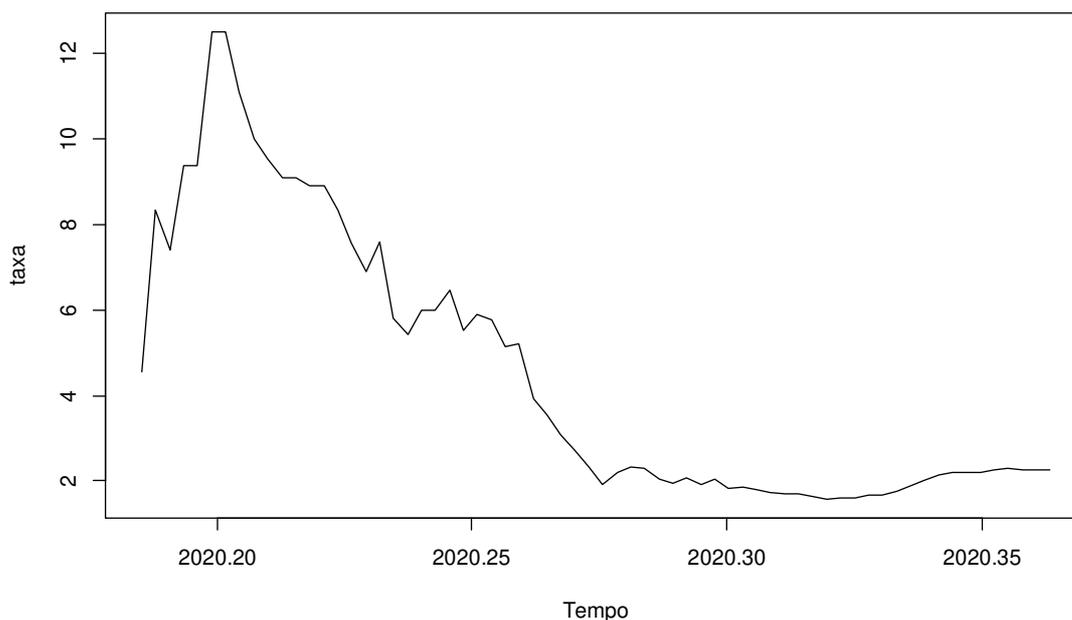


Gráfico 12. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

Modelagem para Sergipe

Usam-se modelos de regressão para ajustar a série de casos e mortes acumuladas de COVID-19 no estado de Sergipe, então escolheu-se o modelo que tem menor erro de ajuste (a curva mais próxima dos dados). Ao longo dos dias, os ajustes foram avaliados e modelos de regressão cúbica têm tido os menores erros de ajuste; para os casos atingiu 2,8% e as mortes com 4,7%, foram usados apenas os 20 últimos casos. As projeções de casos e mortes atingirão o 05 de junho 8291 casos e 201 mortes, e para o dia 06 de junho, serão 8508 casos e 211 mortes projetadas, conforme visualizado na tabela 06. Uma saída é mostrada no gráfico 13.

Tabela 06: Projeção para os próximos 2 dias, 05 e 06 de junho de 2020.

Data projetada	Casos	Intervalo de Confiança Casos	Mortes	Intervalo de Confiança mortes
05/06/2020	8291	8088 – 8499	201	194 – 206
06/06/2020	8508	8245 – 8771	211	203 – 218

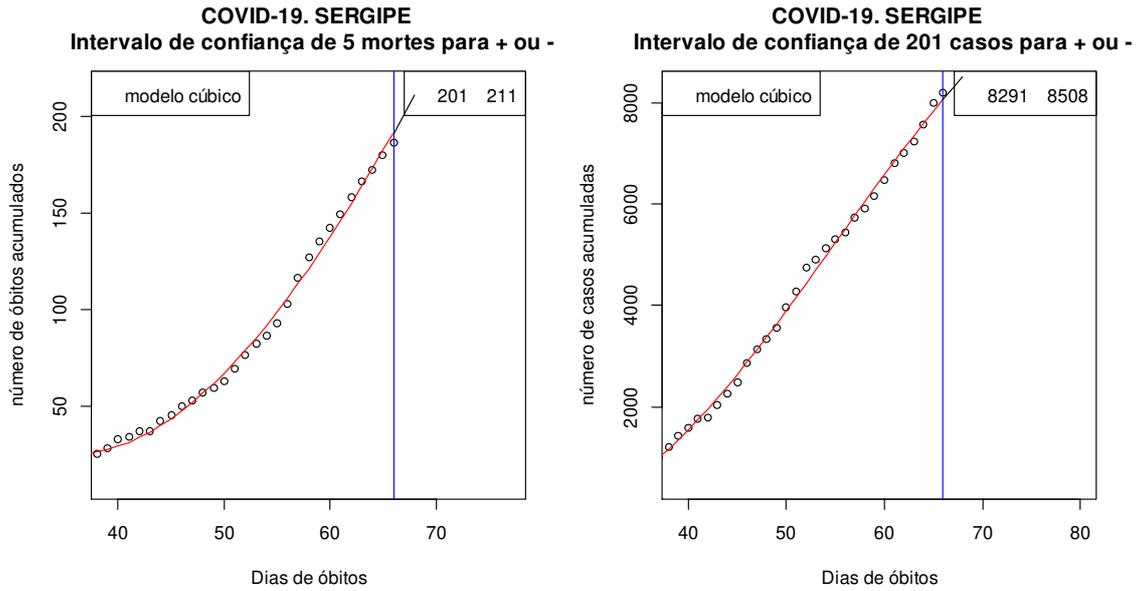


Gráfico 13: Projeção de casos e mortes para os dias 05 e 06 de junho de 2020.

Para visualizar as médias de casos e mortes por semana, indicando um crescente aumento, já nesta última houve uma média menor de mortes como visualizado no gráfico a seguir

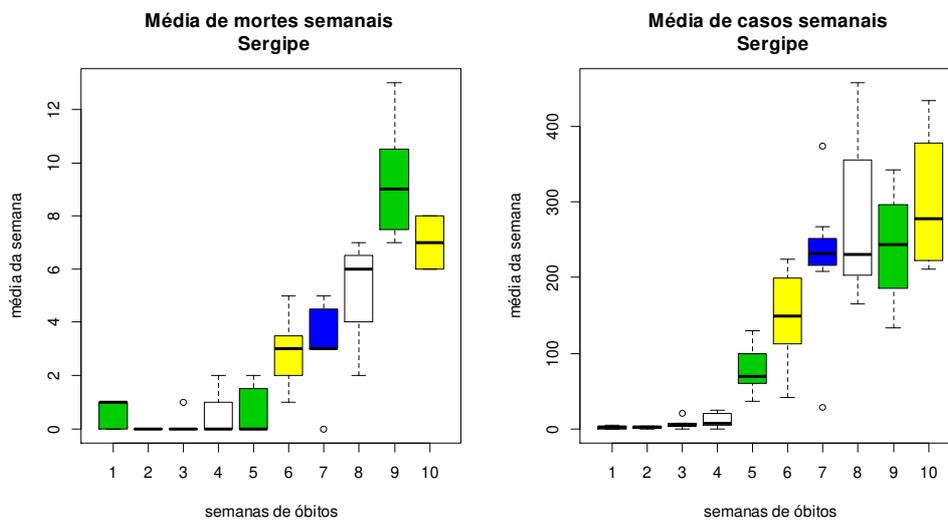
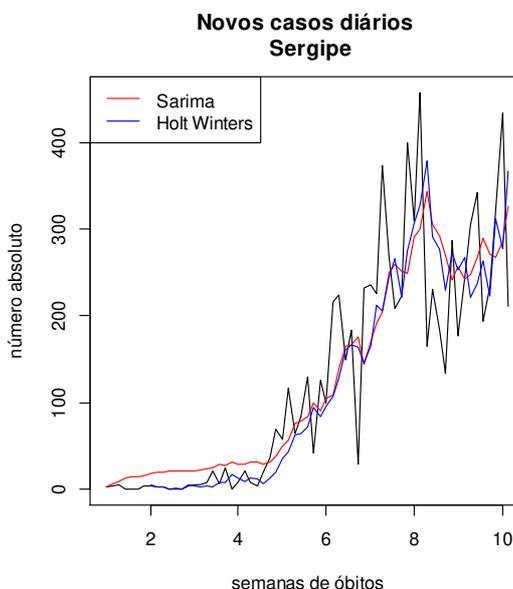
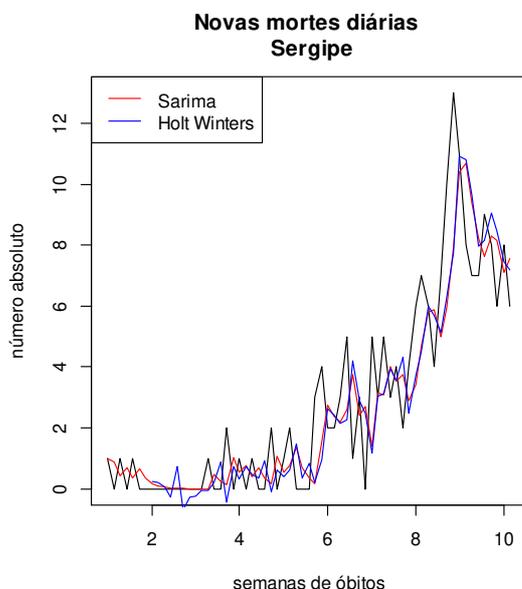


Gráfico 14. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

Foram usados modelos avançados de séries temporais, como Holtwinters e Sarima para ajustar a séries apenas para novos casos, por apresentar três componentes temporais como, tendência, sazonalidade e ciclos. A bondade de ajuste desta modelagem permite realizar previsões futuras, e neste caso em particular realizamos projeção para os próximos três dias, apresentadas na tabela 07 e uma saída é mostrada no gráfico 15.

Tabela 07. Modelagem e previsões futuras para novos casos e novas mortes em Sergipe.

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
05/06/2020	295	6	301	6
06/06/2020	292	7	296	6
07/06/2020	269	8	268	7



Conclusões

1. As conclusões das primeiras notas estão mantidas no avanço do COVID-19 no Brasil e Sergipe.
2. Durante a semana o Brasil ultrapassou 5 dias aos Estados Unidos em casos e mortes diárias. Indicando que não há controle do vírus no país, e pelos números nenhuma política implementada têm dado certo, por tanto se aguarda uma decisão firme que combata esta pandemia.
3. Embora entre a semana passada e esta ter caído a letalidade para 5,5%, este indicador é considerado alto a nível mundial.
4. O Brasil é um dos países que menos testes fez se comparados inclusive com países como Chile e Perú.
5. Os casos novos indicam que o Brasil ainda mantém seu crescimento potencial, onde semana que vêm atingirá mais de 200 000 casos e 8 000 mortos.
6. A projeção para 90 até a curva descer, ou talvez se manter, indicam que o Brasil será um dos países que mais demorará em se estabilizar e descer na curva de crescimento.
7. No âmbito regional, Sergipe a diferença da semana passada conseguiu conter o número de mortes, chegando a diminuir, e estabilizar o número de casos.

8. A Letalidade no estado de Sergipe teve aumento diário nesta duas ultimas semanas.

Bibliografia

1. Universidade de medicina. Jhons Hopkins. Coronavirus. <https://jhu.edu/map.html>. (visto em 07/05/2020)
 2. Ministerio da saúde do Brasil. Painel Coronavirus. <https://covid.saude.gov.br>
 3. <https://saude.estadao.com.br/noticias/geral,primeiro-caso-da-Covid-19-no-brasil-e-do-fim-de-janeiro-diz-ministerio-da-saude>.
 4. Ehlers,Ricardo.(2007): Análise de séries Temporais.Universidade Federal do Paraná.
 5. Morettin, A. P., Clélia, M. C.(2006) Análise de séries temporais}. Editora Egard Blucher, 2^a edição.
 6. Quijano, F. Morales, A, Waldman, E. Traslating transmissibility measures into recomendations for coronavirus prevention. Revista de Saúde Pública. 25 março de 2020.
 7. Ehlers, Ricardo.(2007). Análise de séries Temporais. Universidade Federal do Paraná.
 8. Venables WN, Ripley BD (2002). Modern Applied Statistics with S. 4th edição. Springer-Verlag, New York.
-