



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

Nota técnica nº 11 sobre COVID-19 no Brasil e no estado de Sergipe

Elaboração: Daniel Francisco Neyra Castañeda

Índice

Introdução	2
Resultados	2
Modelagem para o Brasil	6
Letalidade	10
Incidência	10
Sergipe	11
Letalidade para Sergipe	13
Modelagem para Sergipe	14
Conclusões	17
Bibliografia	17

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 16 de julho de 2020

Introdução

Esta nota técnica é a sequência das notas publicadas nas semanas prévias. 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. Cada uma apresenta um olhar particular, aqui se resalta 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 futuras e sim dar a direção deste fenômeno de pandemia. Modelos de regressão para ajustar a 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 (autorregressivos de médias moveis integrados), caso particular são os modelos SARIMA.

Na nota técnica anterior recriamos cenários de letalidades com 1%, 2%, 3% 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 21.47 maior que a da semana passada que atingiu 20.15 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

Para identificar o avanço da COVID-19 no Brasil e compara-lo no cenário mundial, elaboramos o Gráfico 01, onde ao longo do tempo, observa-se que o Brasil segue uma tendência de estabilização nas mortes diárias e um ligeiro aumento nos novos casos diários pela presença de testes disponíveis. Também o número de testes aplicados a sua população nesta semana é, em média, de 21.5 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 134.8 testes por 1000 habitantes. Para comparar em termos relativos o avanço desta pandemia, utilizamos os percentuais, relacionando o país com o Mundo, onde os percentuais são calculados usando a simples divisão de novos casos no Brasil com os novos casos no Mundo multiplicado por 100, como visualizado no Gráfico 02, aqui podemos observar que o Brasil ultrapassou em quatro oportunidades 30 % dos novos casos no Mundo, já para as mortes; em 11 oportunidades ultrapassou 30 %; em duas ultrapassou 50 % e em uma oportunidade atingiu 70 % das mortes mundiais (dia 26 de maio, com 1 039 mortes no

Brasil e 1 485 no Mundo). O destaque desta semana é que o país ficou abaixo de 30% tanto para casos e mortes no Mundo.

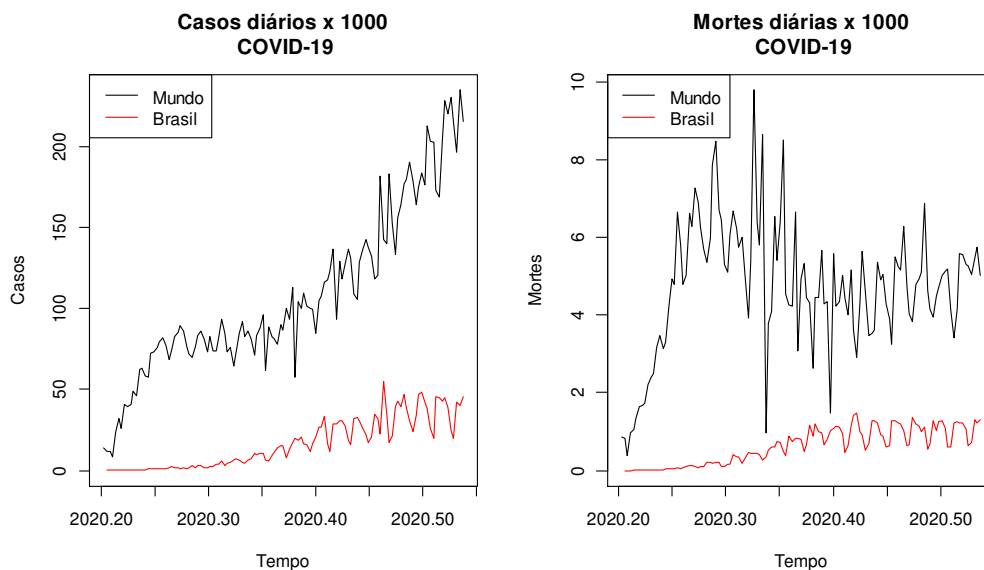


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

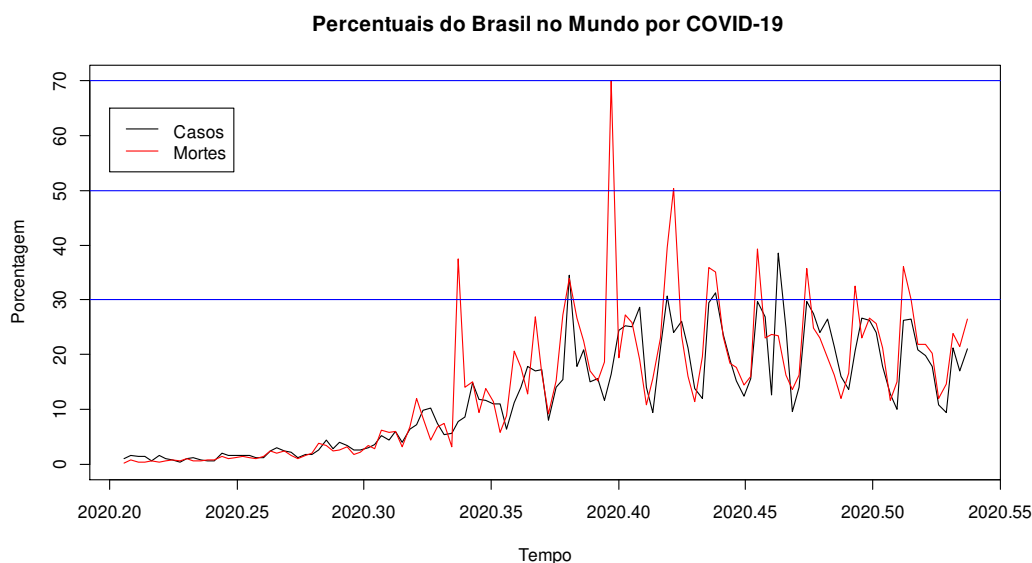


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana, do dia 09 a 16 de julho. 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 aritmético de casos e mortes, cuja duplicação em dias está na relação 2,2,3,3,4,5,10,8,11,14,23; para as mortes. Já para os casos a relação de duplicação é: 3,3,5,5,6,8,9,12,11,13,19,27. Este fato indica protagonismo do Brasil no âmbito internacional, onde ganhou rapidamente posições no ranking tanto de casos quanto de mortes. Em números absolutos acumulados o país é

segundo em número de casos e mortes atrás apenas dos Estados Unidos, para novos casos e novas mortes. Ontem 15 de julho o Brasil teve 39 924 casos e 1 233 óbitos de um total de 211 696 casos e 5 166 mortes no mundo, representando 18.86 % dos casos e 23.9 % das mortes. Uma visualização no Gráfico 03 aponta um crescimento potencial para ambos os casos e mortes e que o dia até a curva descer não será ainda nesta semana, entretanto apresenta um platô á semanas mostrando uma estabilização na parte mais alta das frequências de casos e mortes, e que até a data do dia 16 de julho, foram de 2 012 151 casos confirmados e 76 688 mortes, aumentando em uma semana mais de 256 372 casos e mais de 7 504 mortes, comparando o saldo entre semanas há uma diminuição de 2 549 casos e um aumento de 204 mortes.

Tabela 1: Casos e mortes acumuladas por COVID-19 na semana do dia 26 de junho a 02 de julho.

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
10/07/2020	1800827	70398	1078763	651666
11/07/2020	1839850	71469	1099800	662344
12/07/2020	1864681	72100	1123204	669377
13/07/2020	1884967	72833	1154837	657297
14/07/2020	1926824	74133	1209208	643483
15/07/2020	1966748	75366	1255564	635818
16/07/2020	2012151	76688	1296328	639135

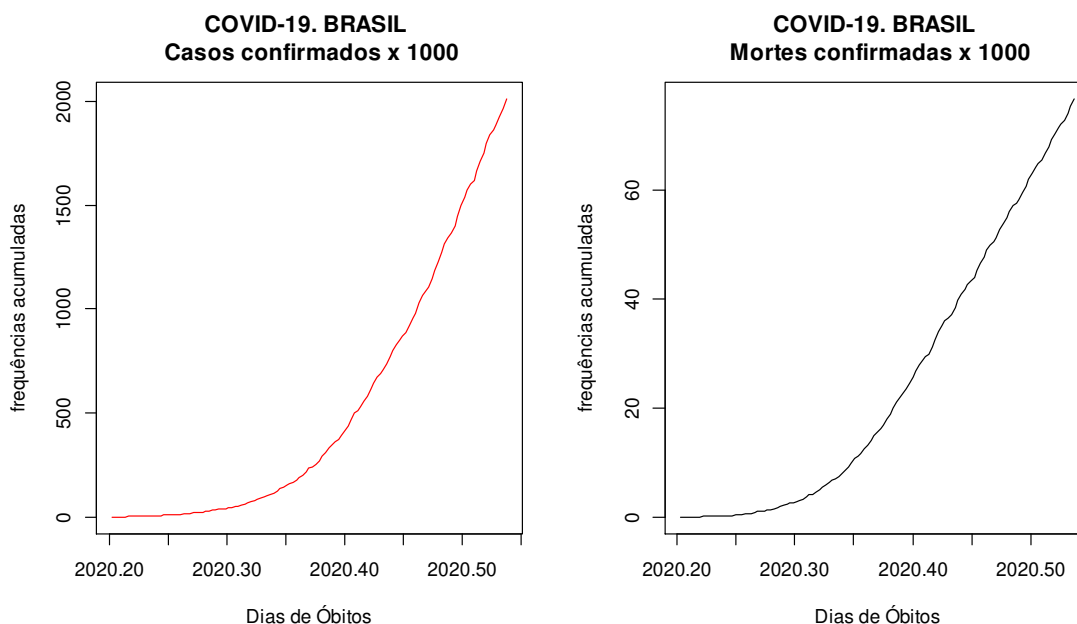


Gráfico 03: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 6 569 novos casos e 316 novas mortes, e os seguem os

estados de Ceará, Rio de Janeiro, Pará, Bahia, Maranhão, Amazonas como se mostra na Tabela 02 a seguir:

Tabela 02: Casos confirmados e mortes por COVID-19 nos primeiros sete estados do Brasil (16/07/2020).

Estado	Casos		Mortes	
	Novos	Acumulados	Novos	Acumulados
SP	6569	402048	316	19038
CE	1811	144000	53	7127
RJ	1627	134573	133	11849
PA	2264	133039	19	5385
BA	2964	116373	54	2693
MA	1002	104126	36	2608
AM	1303	88025	17	3095

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 16 de julho de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 45 403 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 1 322 óbitos, sendo um dos maiores até hoje em um único dia, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

COVID-19. BRASIL. Número de casos diários

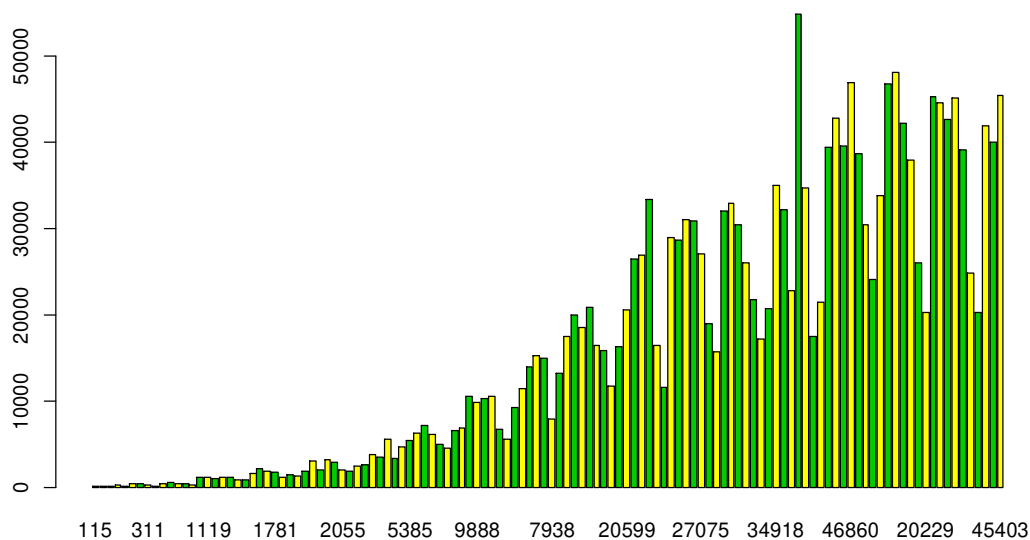


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

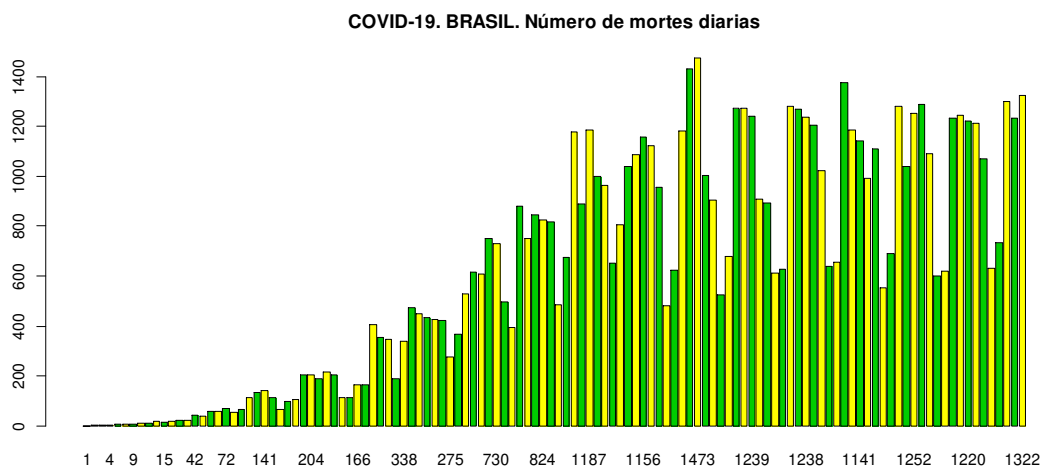


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 têm 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%, 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 0.48%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.48% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.34%. As projeções de casos e mortes para dois dias à frente pode ser visualizado na Tabela 03. Uma saída é mostrada no Gráfico 06.

Tabela 03: Projeção para os próximos 2 dias.

Data projetada	Casos	Mortes	Intervalo de Confiança Casos	Intervalo de Confiança mortes
17/07/2020	2036554	77511	2012577 - 2060531	76823 – 78197
18/07/2020	2068931	78578	2035019 - 2102842	77607 - 79549

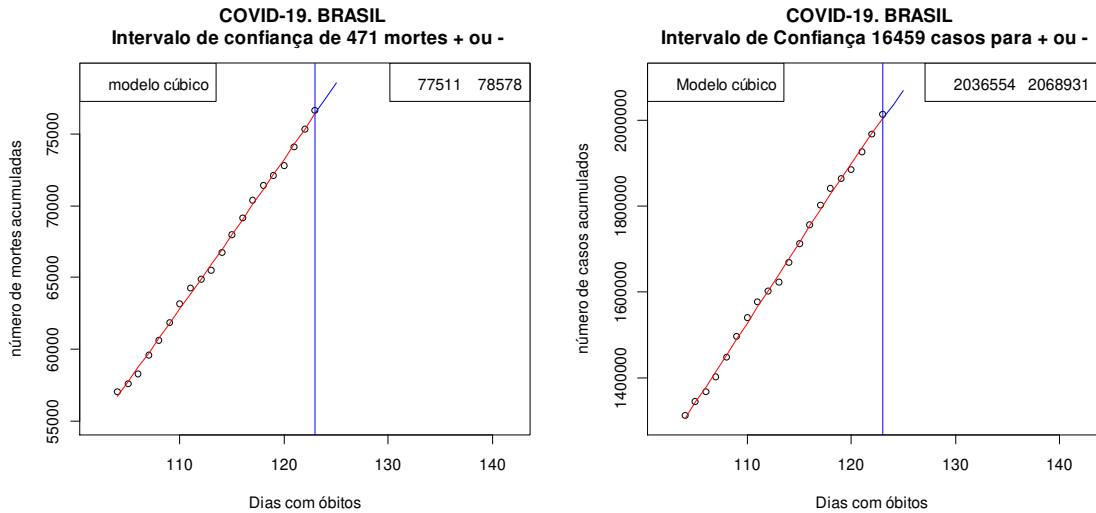


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os dias 10 e 11 de julho.

Tanto casos e mortes confirmadas por COVID-19 apresentam quedas reais nos finais de semana entre sábado e segunda-feira, estas subnotificações sobrecarregam o trabalho logístico para os próximos dias. Os efeitos sazonais que cada semana apresenta nas séries sugerem apresentar um gráfico de caixas ou de “boxplot” por semana após o primeiro óbito. Observando o Gráfico 07 podemos afirmar que tanto casos e mortes apresentam menores médias que a semana passada. Usando um teste de comparações múltiplas de médias (Teste de Tukey), indica que as últimas 8 semanas a média de mortes são estatisticamente iguais ($p > 0,05$). Já nos casos as 5 últimas são estatisticamente iguais ($p > 0,05$). Isto indica uma estabilização tanto nos casos como nas mortes, ou seja, o platô está presente no país há mais de um mês nos casos e há mais de dois meses nas mortes.

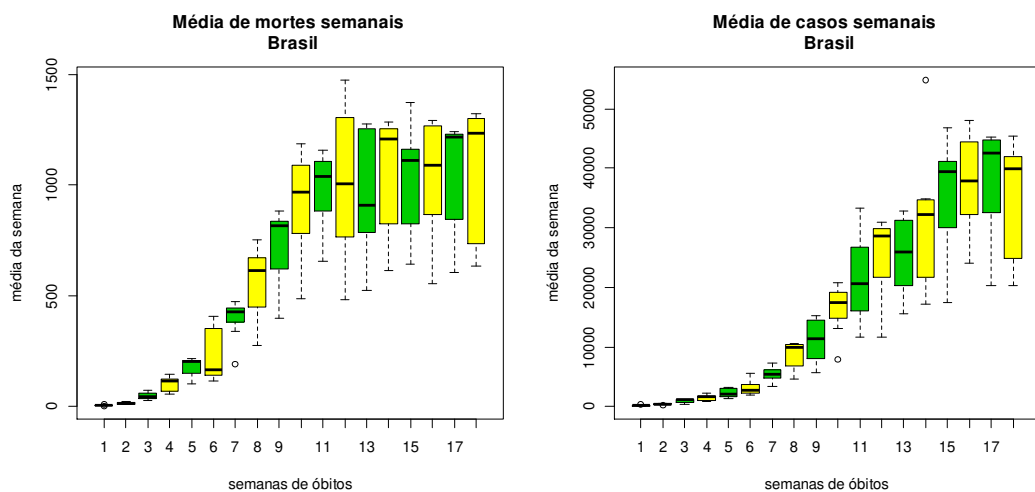


Gráfico 07. Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

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. Para esta semana em média manteremos em torno de 37 000 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 4 300 casos para mais e para menos e 1100 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 110 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 261 000 casos e 7 700 mortes. Semana passada se projetou 260 000 casos e o valor real foi 256 372, para as mortes projetou-se 7 300 e o valor real foi 7504. Também podemos observar que estes modelos conseguem extrair o efeito sazonal por causa das subnotificação no final de semana, ver a Tabela 04 e Gráfico 08.

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

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
17/07/2020	45870	1264	45781	1271
18/07/2020	37562	1124	38984	1134
19/07/2020	25181	663	26787	676
20/07/2020	21683	744	23189	754
21/07/2020	41418	1331	42791	1341
22/07/2020	42544	1263	43795	1278
23/07/2020	43730	1329	44914	1344

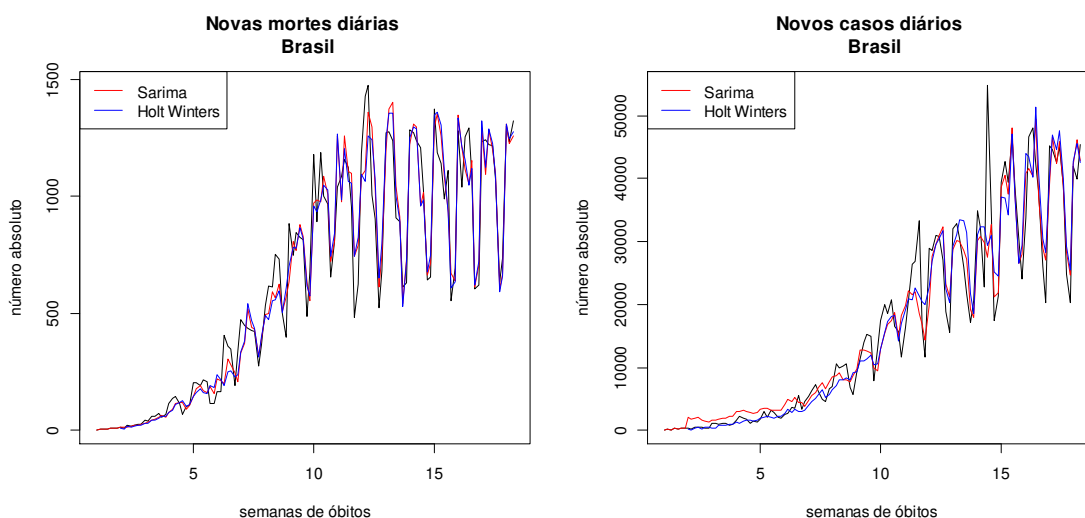


Gráfico 08. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

Para acompanhar quando os casos e mortes dobram no tempo, realizou-se o Gráfico 09, 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 27 dias, e para as mortes, a cada 23 dias.

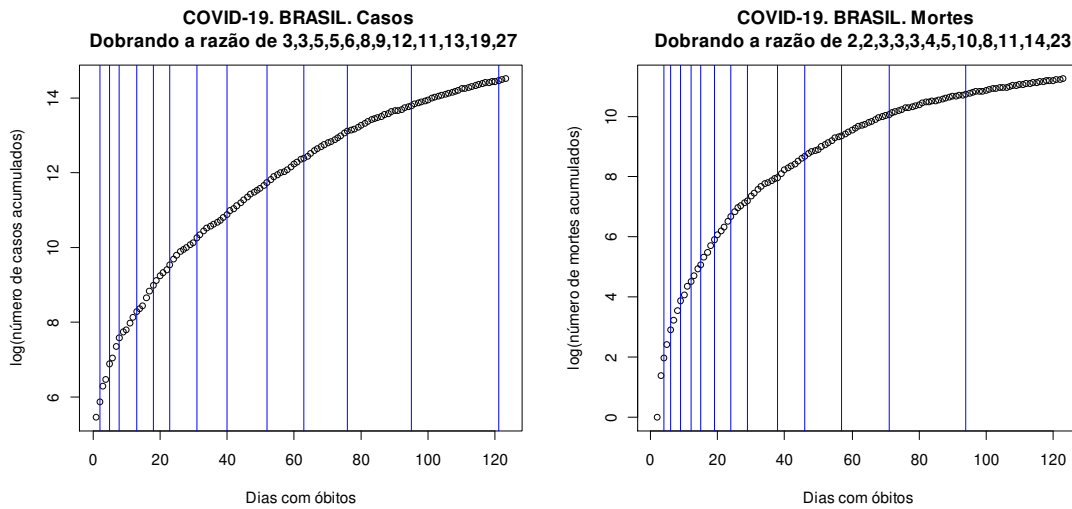


Gráfico 09: Espaçoamento entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

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 130 dias de aumentos até a curva descer e é comparada com a projeção da semana passada para 120 dias. A justificativa é que, embora há uma estabilização nestas últimas semanas, no acumulado ainda há crescimento expressivo com menor aceleração da curva. Esta semana no limite os casos confirmados podem atingir os valores de 2 209 844 casos, num ambiente mais favorável podem atingir os valores de 2 100 813. Já as mortes confirmadas num ambiente menos favorável pode atingir 86 707 mortes e num ambiente mas favorável seriam 80 412 mortes.

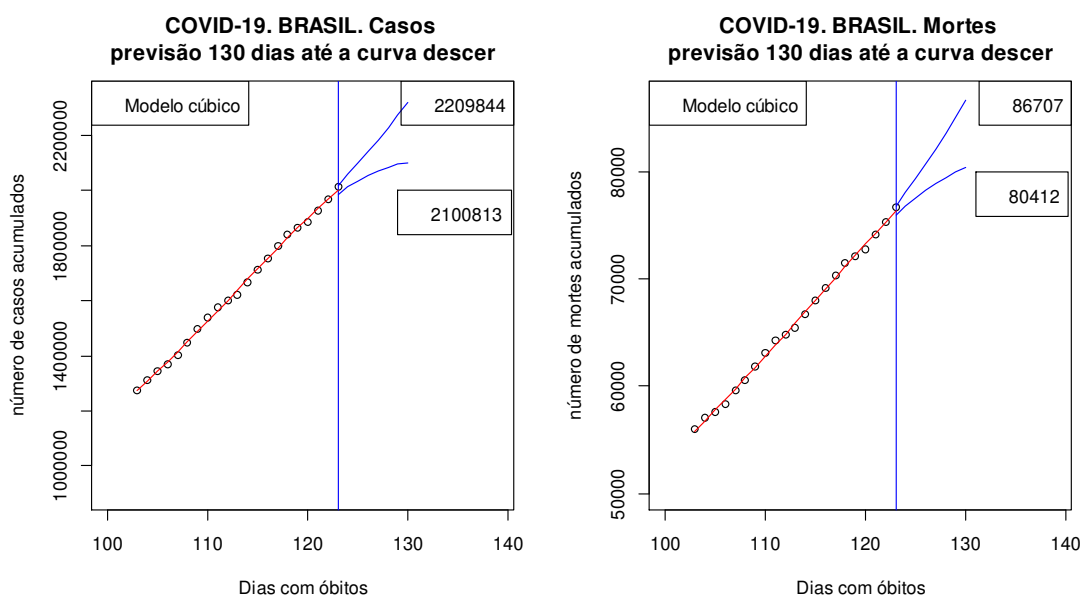


Gráfico 10. Projeção de potência a partir dos últimos 20 dias.

Tabela 04. Projeção para 120 dias (13 de julho) e 130 dias (23 de julho) após o primeiro óbito usando um modelo cúbico.

Variável	120 dias		130 dias	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Casos	1841271	1911546	2100813	2209844
Mortes	71913	74095	80412	86707

Letalidade

Assumindo 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 são os poucos testes realizados no Brasil, que até o dia 16 de julho por cada 1 000 habitantes foram 23 testes (mostrando que o país tem disponibilizado mais testes se comparado com a semana passada onde eram de 21 testes, contudo abaixo da velocidade mundial), saindo da posição 103 da semana passada para a 104 nesta semana. As letalidades propostas são: 1%, 2%, 3% e a real, fornecendo o 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 7 668 800 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

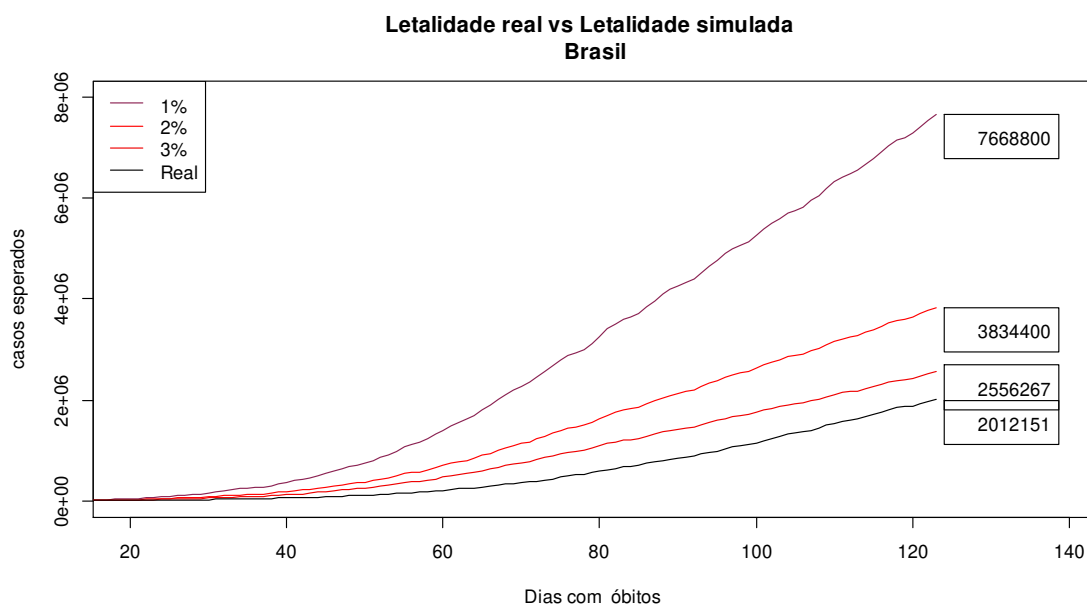


Gráfico 11. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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 12, que a incidência é também crescente, saindo de 14.38 da semana passada para 22.75 nesta semana apresentando aceleração do contágio.

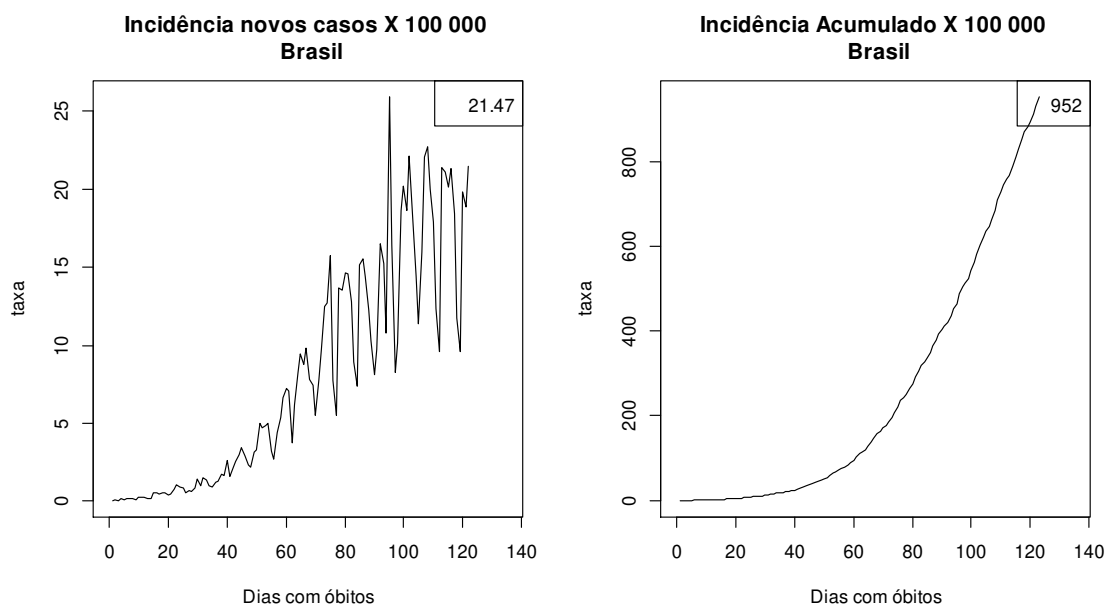


Gráfico 12. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 16 de julho, 41 226 casos confirmados e 1 071 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 7 810 casos e 170 mortes a mais. Comparando as duas últimas semanas houve 1 007 casos a mais e 6 mortes a menos, como mostra a Tabela 05. No Gráfico 13 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	10/07/2020	1297	34713	30	931
SE	11/07/2020	1351	36046	23	954
SE	12/07/2020	1585	37631	30	984
SE	13/07/2020	591	38221	28	1012
SE	14/07/2020	946	39167	21	1033
SE	15/07/2020	972	40139	21	1054
SE	16/07/2020	1087	41226	17	1071

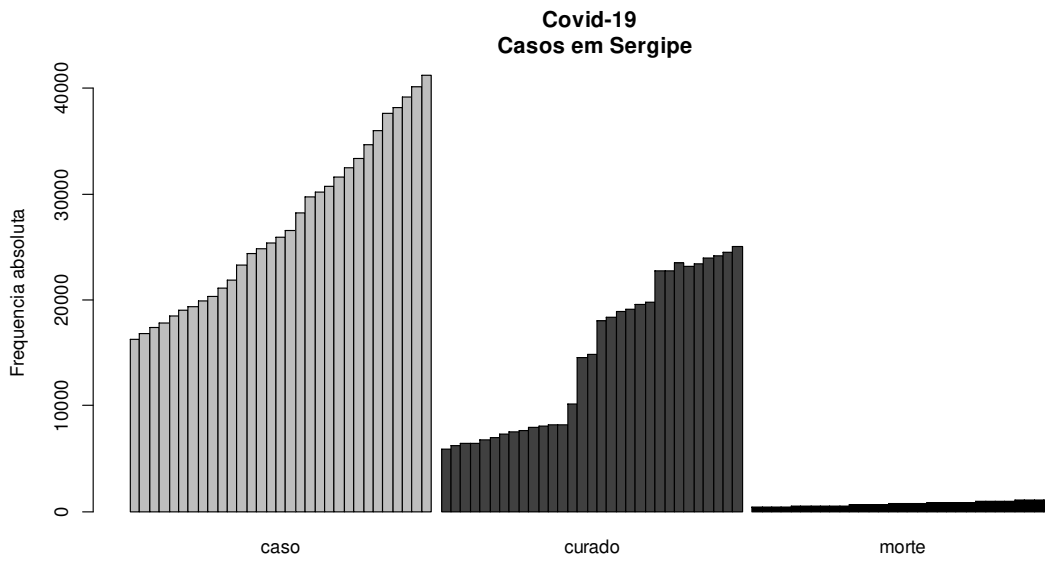


Gráfico 13. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Para visualizar os novos casos e as novas mortes no estado, podemos visualizar os Gráficos 14 e 15, onde o dia 16 de julho atingiu 1087 novos casos e 17 novas mortes.

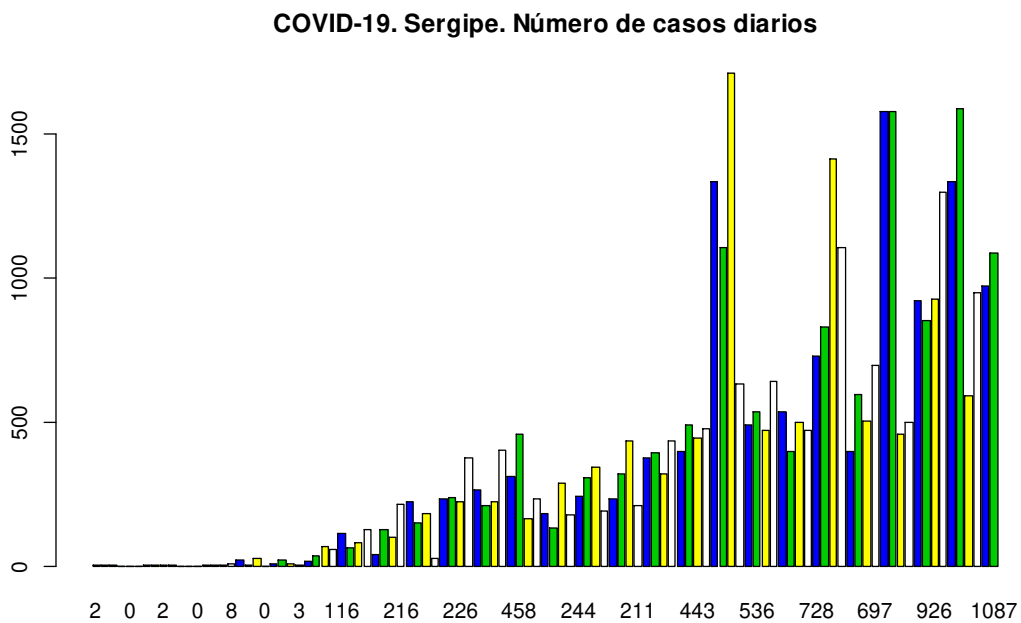


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

COVID-19. Sergipe. Número de mortes diárias

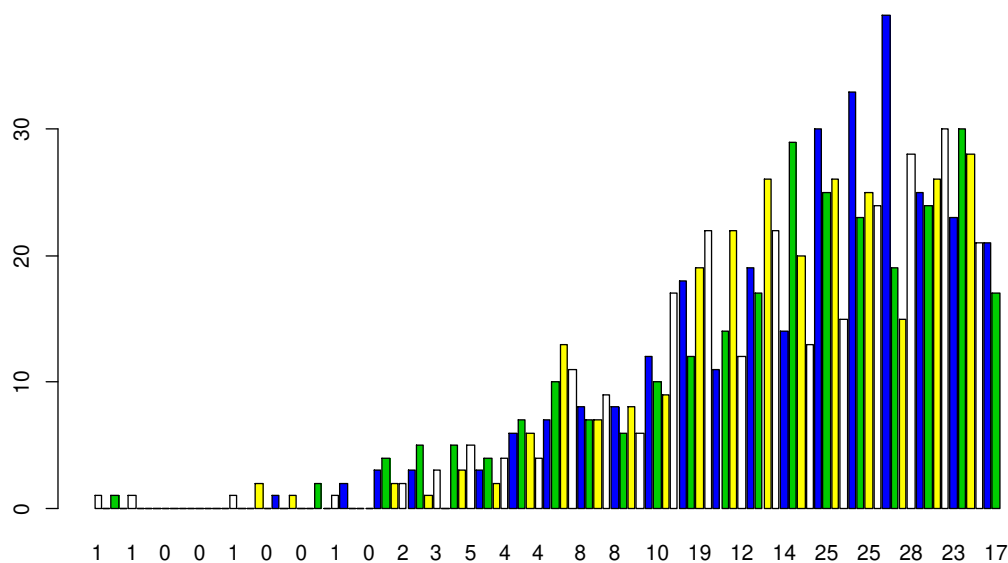


Gráfico 15. Mortes diárias testados no estado de Sergipe.

Letalidade para Sergipe

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.6 % sendo a semana passada de 2.70%, indicador que embora esteja abaixo da média nacional a qual é 3,8%, ela esta se aproximando da média nacional pois há quatro semanas vem crescendo dia a dia, para observação disponibilizamos o Gráfico 16.

Letalidade real em Sergipe

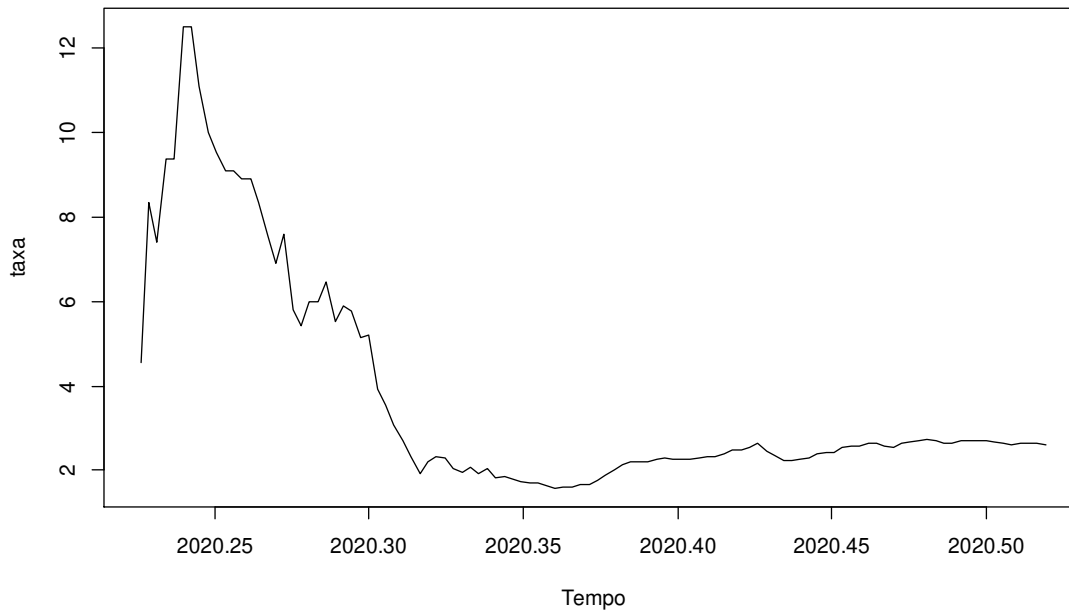


Gráfico 16. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 2.01% e as mortes com 0.64%, foram usados apenas os 20 últimos casos. As projeções atingirão ao 10 de julho, 35024 casos e 927 mortes, e para o dia 11 de julho, serão 36 248 casos e 952 mortes projetadas, conforme visualizado na Tabela 06. Uma saída é mostrada no Gráfico 17.

Tabela 06: Projeção a partir de casos e mortes acumuladas para os próximos 2 dias.

Data projetada	Casos	Intervalo de Confiança Casos	Mortes	Intervalo de Confiança mortes
17/07/2020	42407	41830 - 42984	1100	1092 - 1108
18/07/2020	43504	42777 - 44230	1123	1113 - 1132

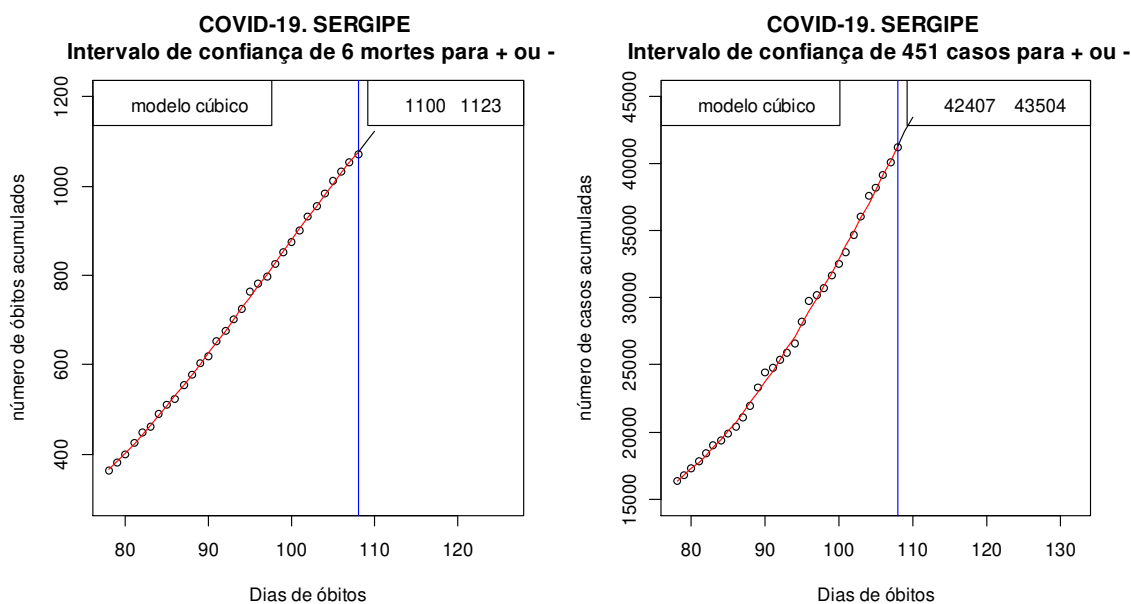


Gráfico 17: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

Para visualizar as médias de casos e mortes por semana, indicando uma estabilização tanto em casos e mortes, um teste de comparações múltiplas (Tukey) entre médias semanais permite afirmar que estatisticamente há igualdade nas últimas cinco semanas ($p > 0.05$) tanto para casos e mortes, indicando a presença de um platô há mais de um mês. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

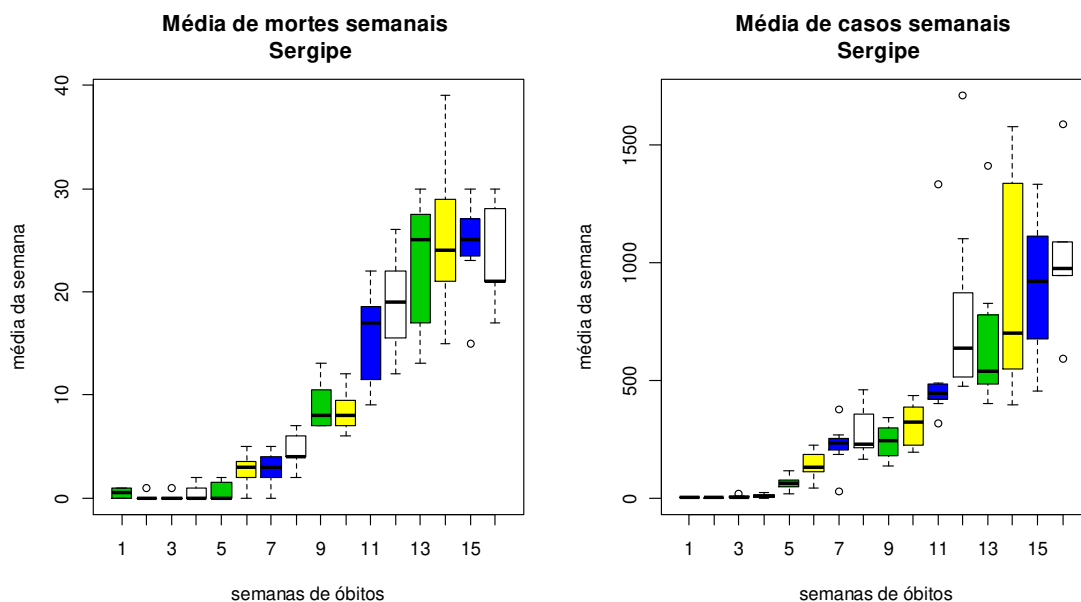


Gráfico 18. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

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 sete dias, em média serão 1 050 casos e 24 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 7 500 casos e 168 mortes. Semana passada projetamos 6 500 casos e 180 mortes, sendo os valores reais de 7810 casos e 170 mortes. As projeções para esta semana estão na Tabela 07 e uma saída é visualizada no Gráfico 17.

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

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
17/07/2020	1278	31	1340	30
18/07/2020	1367	22	1420	22
19/07/2020	1232	27	1107	21
20/07/2020	558	28	732	28
21/07/2020	888	21	988	22
22/07/2020	878	21	953	22
23/07/2020	993	18	1062	23

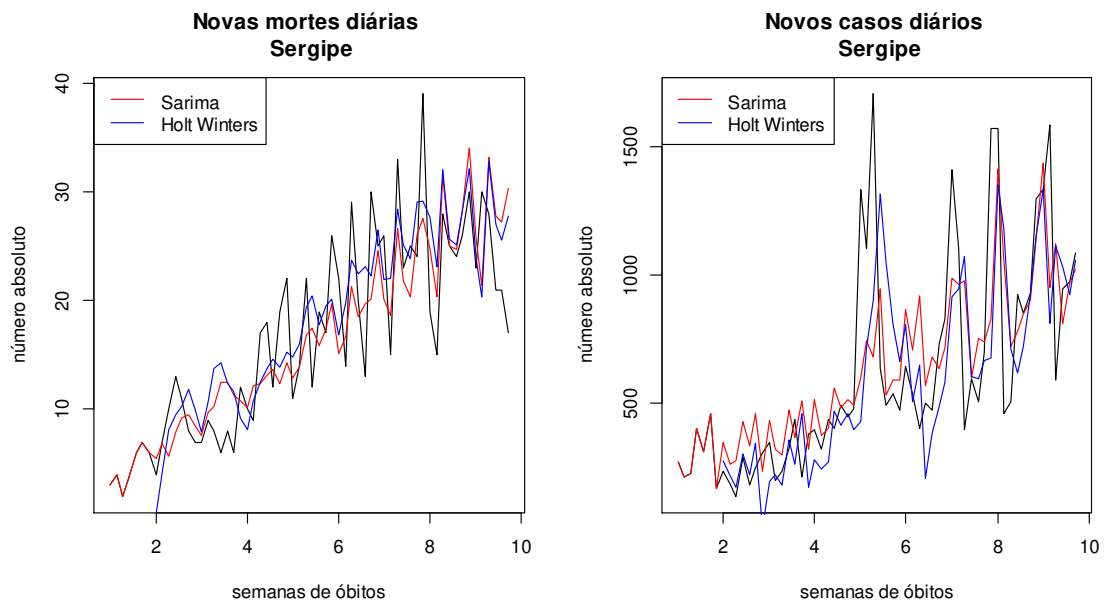


Gráfico 17. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

Conclusões

1. As conclusões das primeiras notas estão mantidas no avanço do COVID-19 no Brasil e Sergipe.
2. No âmbito mundial o Brasil está na segunda posição em casos e mortes acumuladas, também na comparação de poder de testes por mil habitantes o Brasil ocupava a posição 103 semana passada e esta semana está na posição 104 de um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. A letalidade em torno de 3.8 %, é considerado alto a nível mundial, contudo semana passada era 3.9 %, indicando um fornecimento maior de testes a sua população.
4. A presença por enquanto estável de casos novos e mortes novas indicam a presença de um platô ou meseta gerada há mais de um mês, contudo esta prolongação está no pico mais alto da curva, indicando que qualquer política pública têm indicativo de fracasso.
5. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 261 000 casos e 7 700 mortos.
6. A projeção para 130 dias até a curva descer, ou talvez se manter, indicam uma desaceleração no seu crescimento potencial, contudo, o Brasil já é um dos países que mais demorará em descer na curva de crescimento.
7. No âmbito regional, Sergipe mantém seu crescimento potencial em casos e mortes, onde semana passada tinha uma média diária de 1 120 casos e 24 mortes, esta semana serão em média 1 050 casos e 24 mortes.
8. A Letalidade no estado de Sergipe teve aumento diário nesta últimas semanas, aproximando-se da média nacional.

Bibliografia

1. Universidade de medicina, Jhons Hopkins. <https://jhu.edu/map.html>
Worldometers dados on line. <https://www.worldometers.info/coronavirus/>
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.