



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

## Nota técnica n<sup>o</sup> 12 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	11
Sergipe	12
Letalidade para Sergipe	14
Modelagem para Sergipe	15
Conclusões	17
Bibliografia	18
Anexos	18

### **Contato**

E-mail: [danielneyra@hotmail.com](mailto:danielneyra@hotmail.com)

São Cristóvão, 23 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 28.35 maior que a da semana passada que atingiu 21.47 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 23.1 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 153 testes por 1000 habitantes. Para avaliar 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 cinco oportunidades 30 % dos novos casos no Mundo, já para as mortes; em 12 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), estes dois eventos colocam ao Brasil junto com os Estados Unidos como centro da pandemia mundial.

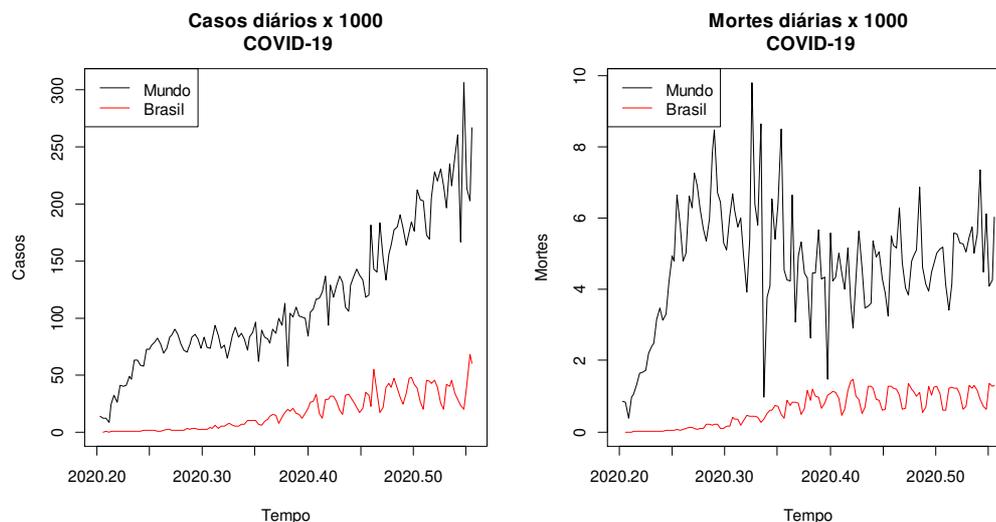


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

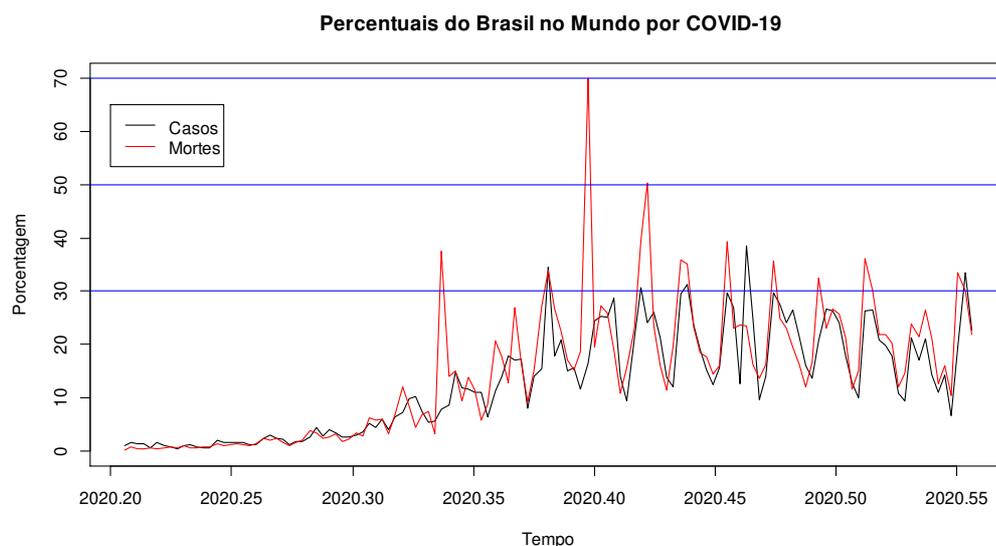


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana, do dia 17 a 23 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 22 de julho o Brasil teve 67860 casos e 1 284 óbitos de um total de 255 896 casos e 6 569 mortes no mundo, representando 26.53 % dos casos e 19.55 % das mortes. Uma visualização no Gráfico 03 aponta um crescimento potencial para ambos os casos e mortes acumuladas e que o dia até a curva de novos casos e novas mortes 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 23 de julho, foram de 2 287 475 casos confirmados e 84 082 mortes, aumentando em uma semana mais de 275 324 casos e mais de 7 394 mortes, comparando o saldo entre semanas há um aumento de 18 952 casos e uma diminuição de 110 mortes.

Tabela 1: Casos e mortes acumuladas por COVID-19 na semana do dia 17 de julho a 23 de julho.

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
17/07/2020	2046328	77851	1321036	647441
18/07/2020	2074860	78772	1342362	653726
19/07/2020	2098389	79488	1371229	647672
20/07/2020	2118646	80120	1409202	629324
21/07/2020	2159659	81487	1465970	612197
22/07/2020	2227514	82771	1532138	612605
23/07/2020	2287475	84082	1570237	633156

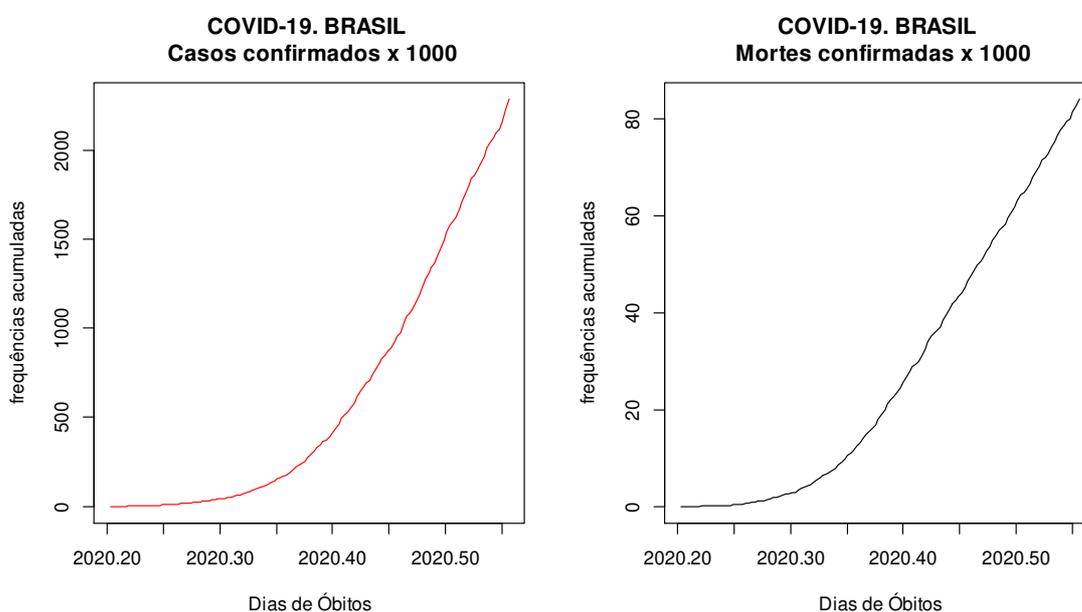


Gráfico 03: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 16 777 novos casos e 361 novas mortes, e os seguem os estados de Ceará, Rio de Janeiro, Pará, Bahia, Maranhão, Minas Gerais como se mostra na Tabela 02 a seguir:

Tabela 02: Casos confirmados e mortes por COVID-19 nos primeiros sete estados do Brasil (23/07/2020).

Estado	Casos		Mortes	
	Novos	Acumulados	Novos	Acumulados
SP	16777	452007	361	20894
CE	4122	156242	33	7374
RJ	3502	151549	150	12535
PA	1970	144467	28	5616
BA	6401	138358	52	3044
MA	1577	111488	32	2840
MG	3175	102568	95	2238

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 23 de julho de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 59 961 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 1 311 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**

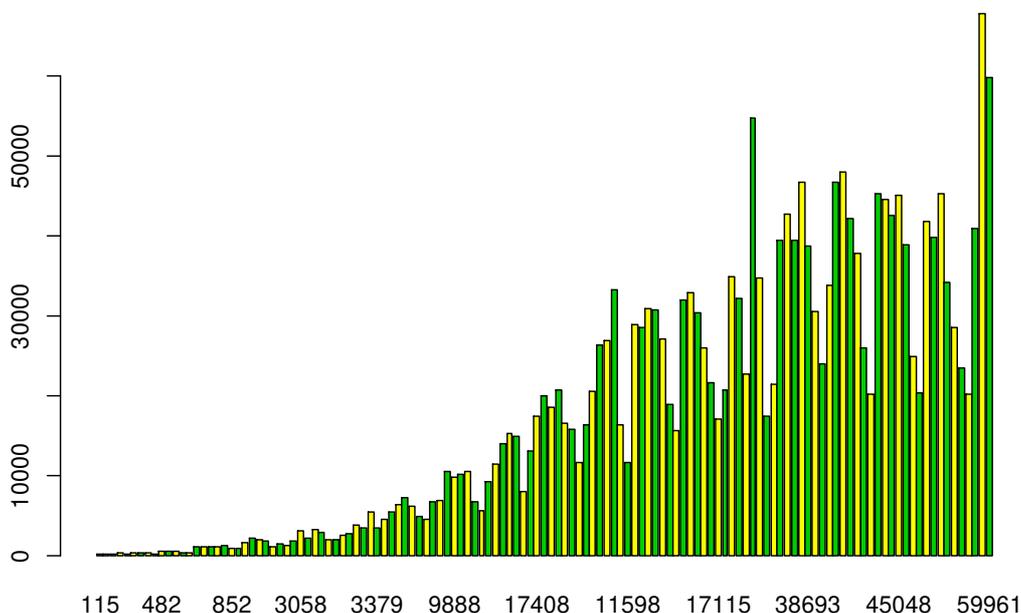


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

**COVID-19. BRASIL. Número de mortes diárias**

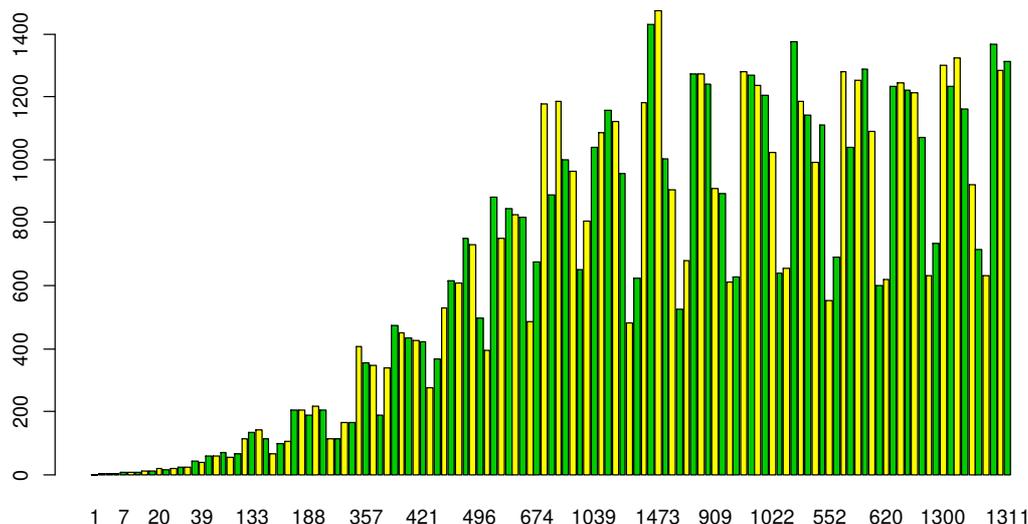


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

### 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 0.56%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.56% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.32%. 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
24/07/2020	2312078	84827	2278521 – 2345635	84113 – 85540
25/07/2020	2359568	85854	2312107 – 2407028	84845 – 86863

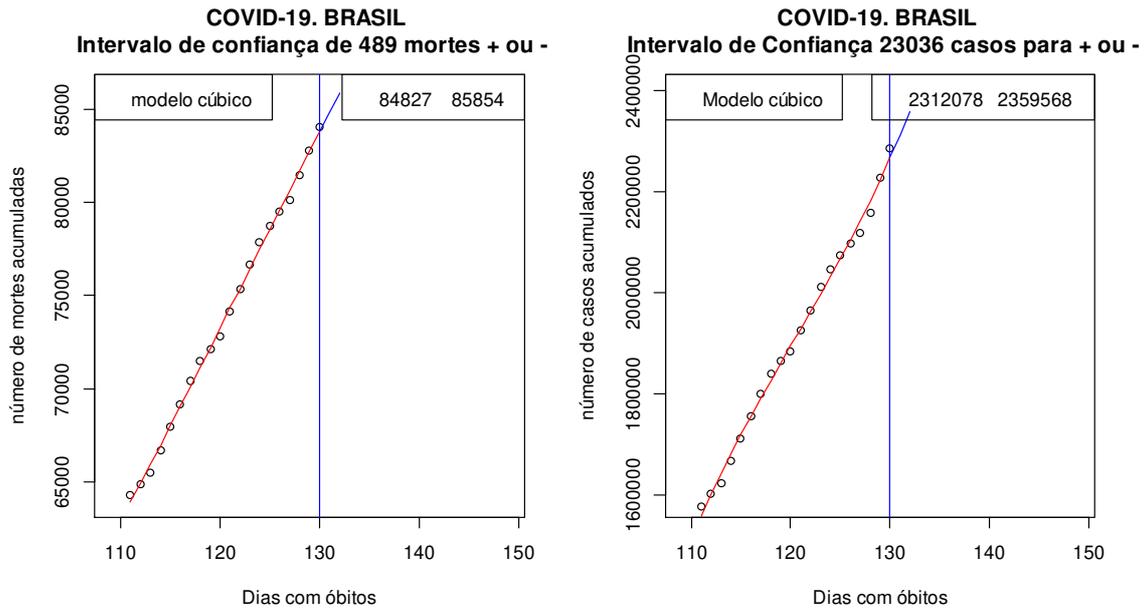


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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. O efeito sazonal semanal presente nas séries sugere 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 9 semanas a média de mortes são estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ). Já nos casos as 6 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 para os casos confirmados e a mais de dois meses nas mortes confirmadas.

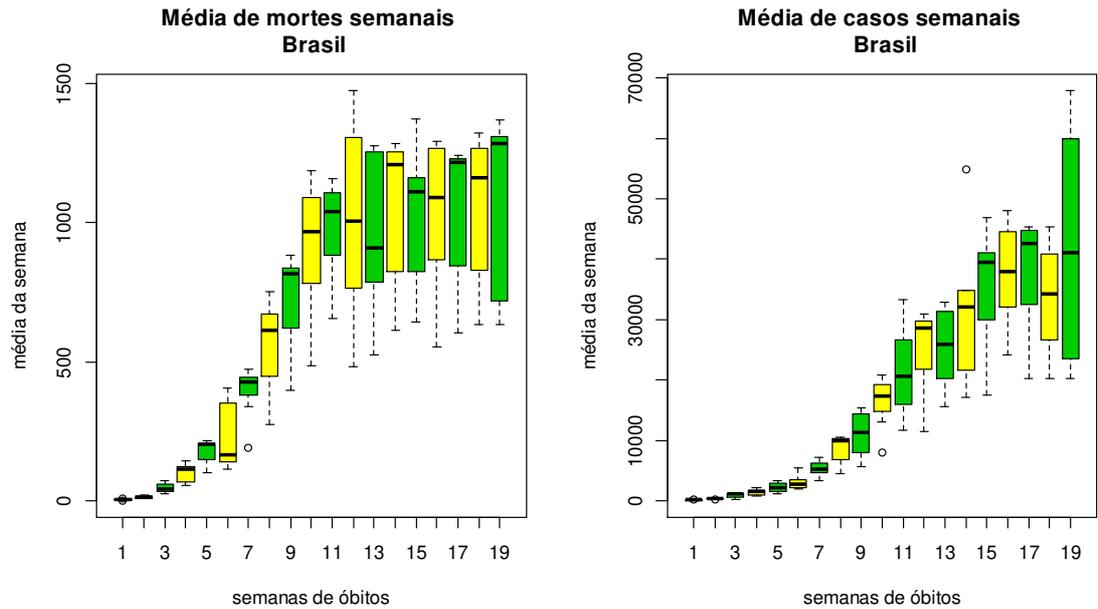


Gráfico 07. Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

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 40 000 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 5 100 casos para mais e para menos e 1 080 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 105 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 288 585 casos e 7 561 mortes. Semana passada se projetou 261 000 casos e o valor real foi 275 324, para as mortes projetou-se 7 700 e o valor real foi 7304. 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
24/07/2020	37297	1220	47733	1200
25/07/2020	32611	1035	42598	1017
26/07/2020	28190	704	34099	696
27/07/2020	25555	696	30935	689
28/07/2020	42647	1358	51372	1358
29/07/2020	64207	1278	62440	1279
30/07/2020	58078	1321	58063	1322

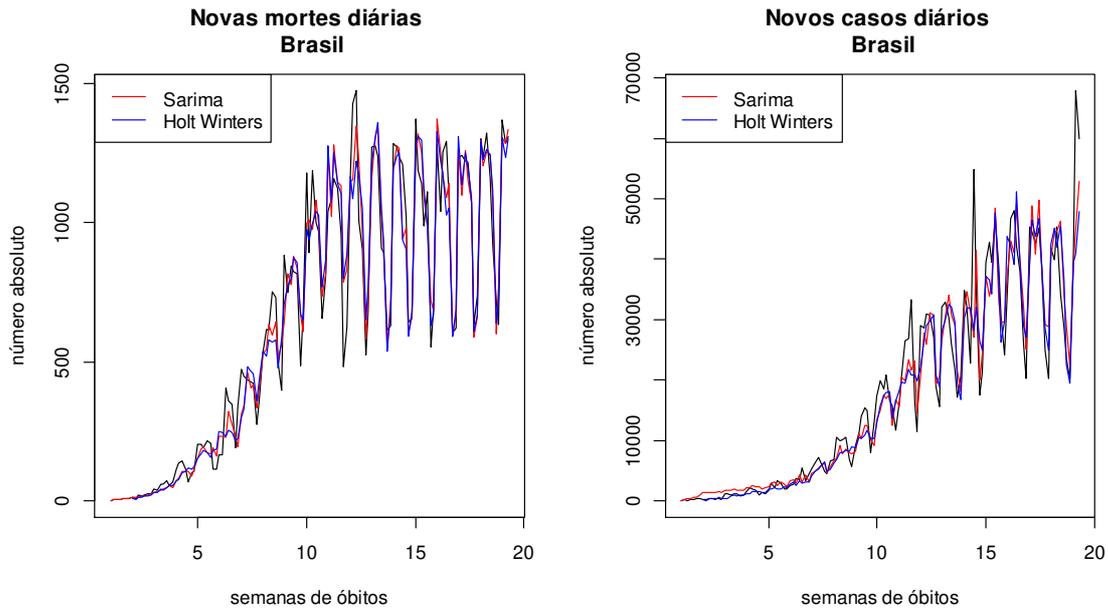


Gráfico 08. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

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.

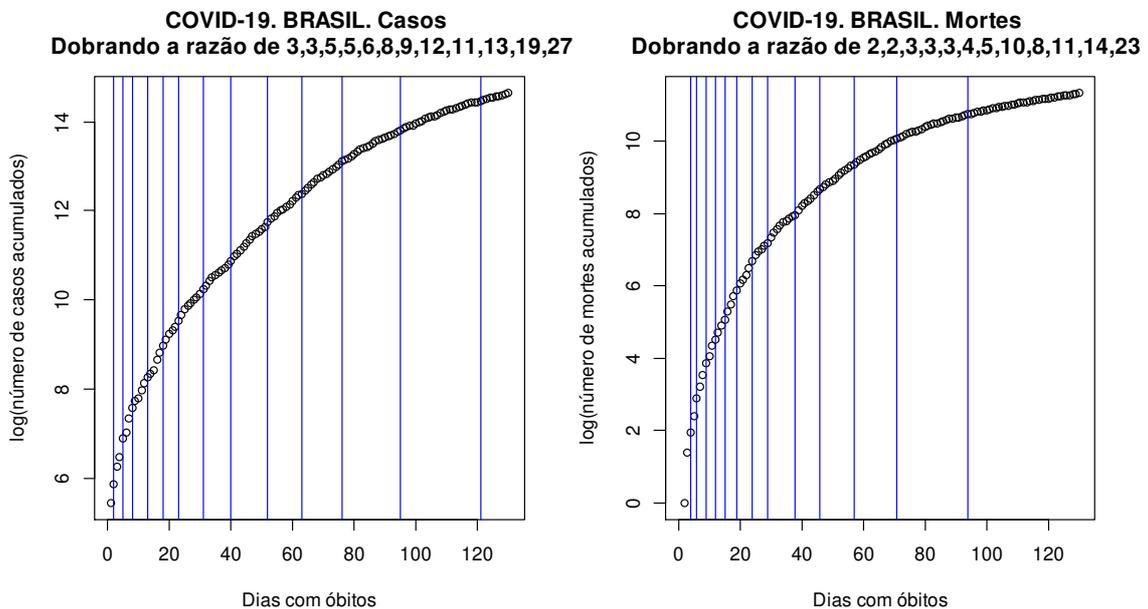


Gráfico 09: Espaço entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

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 140 dias de aumentos até a curva descer e é comparada com a projeção da semana passada para 130 dias. A justificativa é que, embora há uma estabilização nestas últimas semanas, no acumulado

ainda há crescimento expressivo com menor aceleração da curva. No dia 02 de Agosto ( 140 dias de óbitos) no limite os casos confirmados podem atingir os valores de 3 052 293 casos, num ambiente mais favorável podem atingir os valores de 2 506 553. Já as mortes confirmadas num ambiente menos favorável pode atingir 98 595 mortes e num ambiente mas favorável seriam 87 330 mortes.

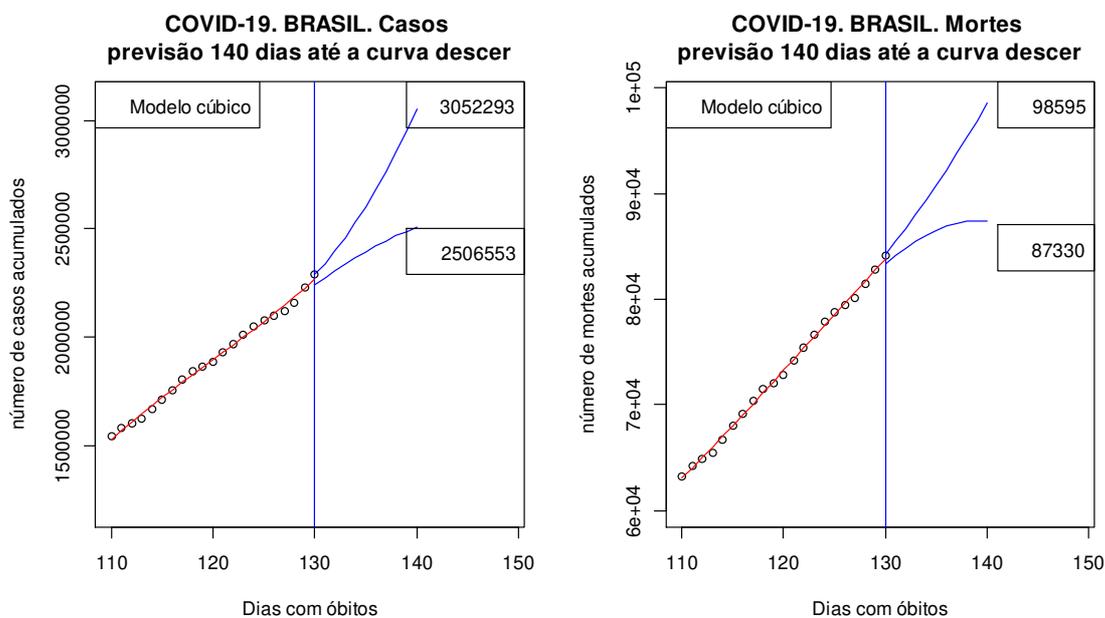


Gráfico 10. Projeção de potência a partir dos últimos 20 dias.

Tabela 04. Projeção para 130 dias (23 de julho) e 140 dias (02 de Agosto) após o primeiro óbito usando um modelo cúbico.

Variável	130 dias		130 dias	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Casos	2100813	2209844	2506553	3052293
Mortes	80412	86707	87330	98595

## 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 23 de julho por cada 1 000 habitantes foram 23 testes (mostrando que o país tem disponibilizado com a mesma logística da semana passada), contudo abaixo da velocidade mundial), saindo da posição 104 da semana passada para a 107 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 8 408 200 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

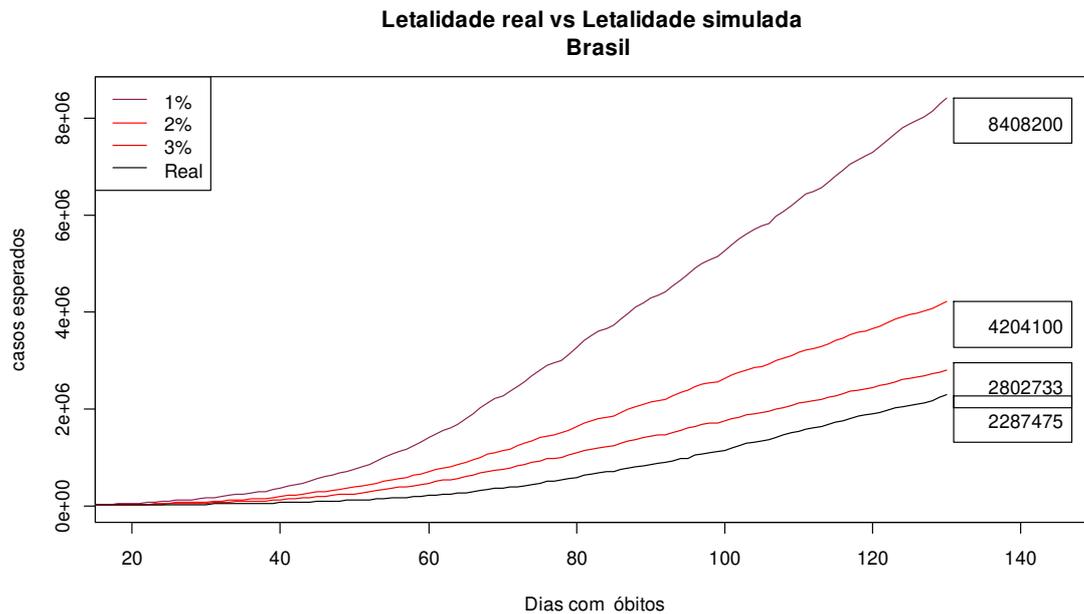


Gráfico 11. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

## 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  $I = \left( \frac{\text{casos}}{211489034} \right) * 100\ 000$ . Mostra-se a partir do Gráfico 12, que a incidência é também crescente, saindo de 22.75 da semana passada para 28.35 nesta semana apresentando aceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 1081 casos por cada 100 000 habitantes.

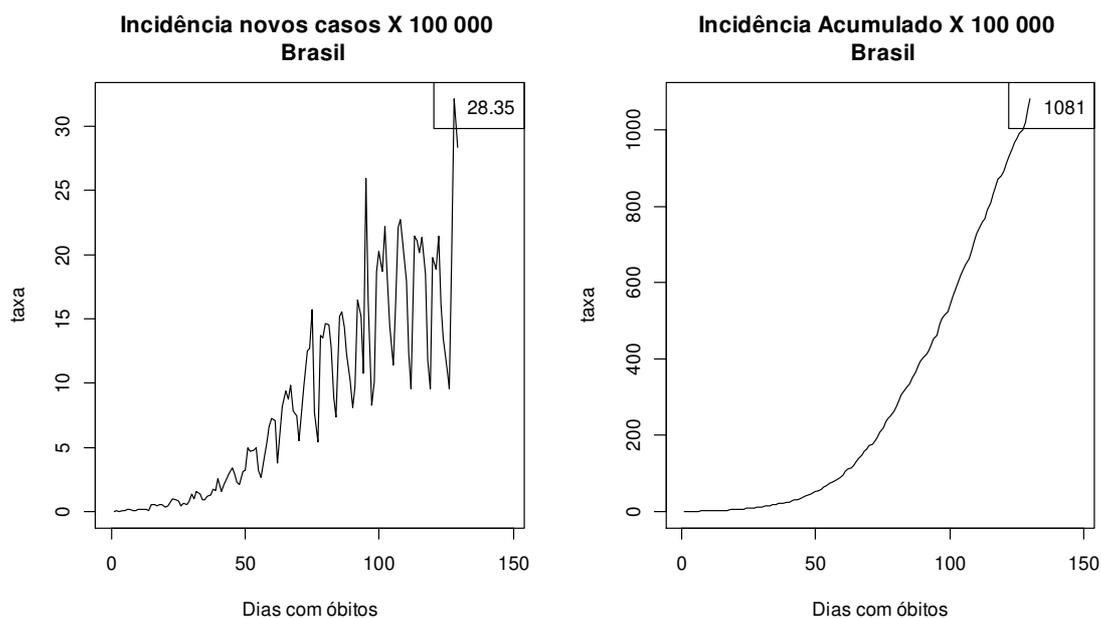


Gráfico 12. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

## Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 23 de julho, 49 397 casos confirmados e 1257 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 8171 casos e 186 mortes a mais. Comparando as duas últimas semanas houve 361 casos a mais e 16 mortes a mais, 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	17/07/2020	662	41888	17	1088
SE	18/07/2020	1184	43072	23	1111
SE	19/07/2020	2171	45243	14	1125
SE	20/07/2020	816	46054	31	1156
SE	21/07/2020	1051	47110	26	1182
SE	22/07/2020	1030	48140	29	1211
SE	23/07/2020	1257	49397	36	1247

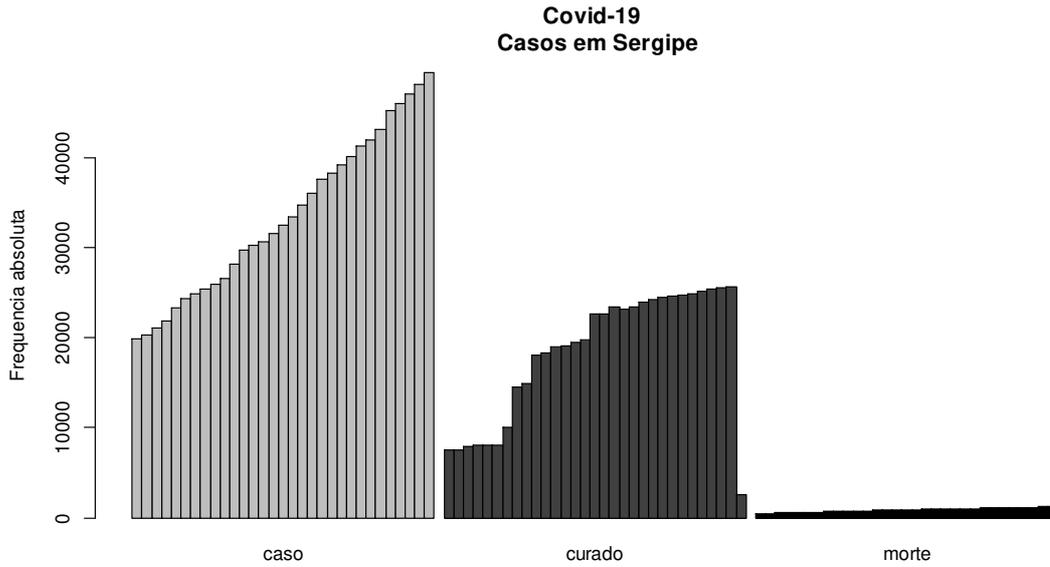


Gráfico 13. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Para visualizar os novos casos e as novas mortes no estado, podemos visualizar os Gráficos 14 e 15, onde o dia 23 de julho atingiu 1257 novos casos e 36 novas mortes.

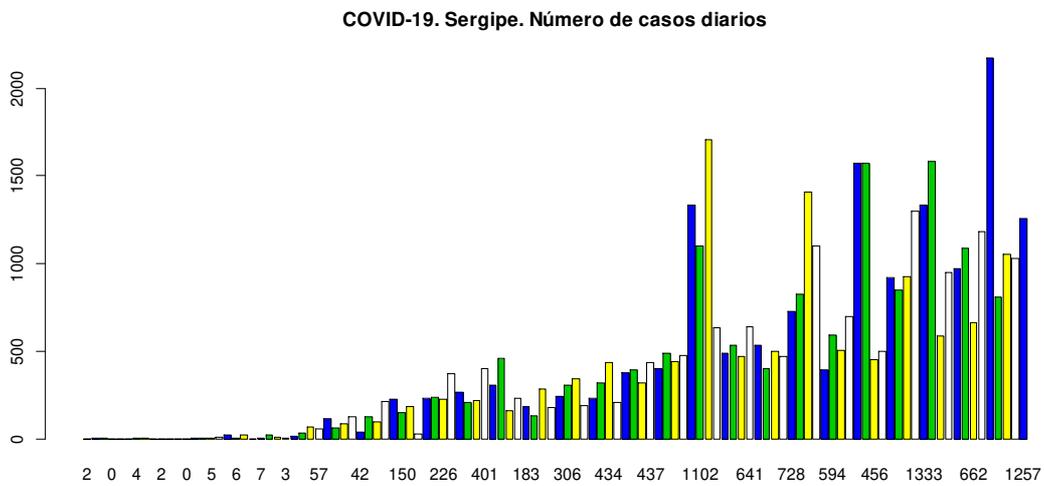


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

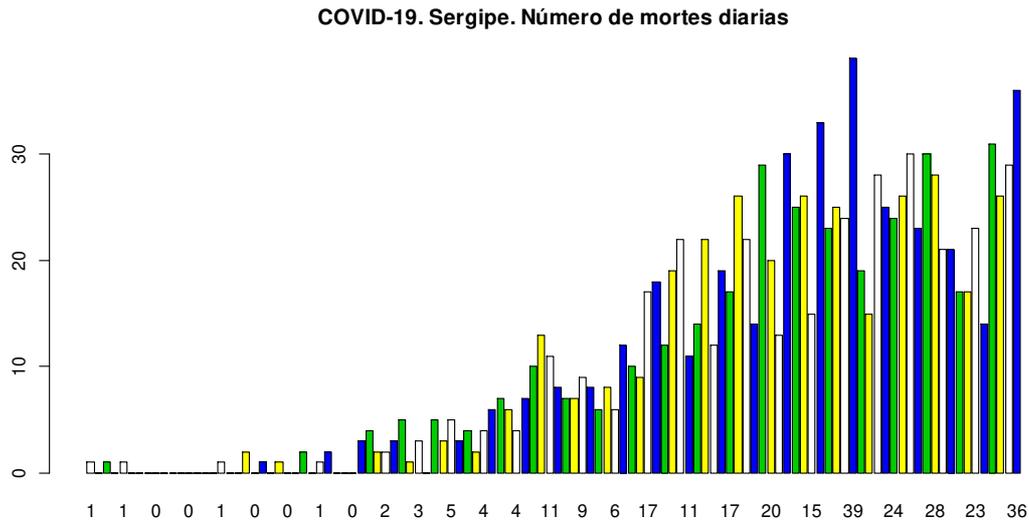


Gráfico 15. Mortes diárias testados no estado de Sergipe.

### Letalidade para Sergipe

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.52 % sendo a semana passada de 2.6 %, indicador que embora esteja abaixo da média nacional a qual é 3,7%, ela esta se aproximando da média nacional pois há quatro semanas vem crescendo dia a dia, para observação disponibilizamos o Gráfico 16.

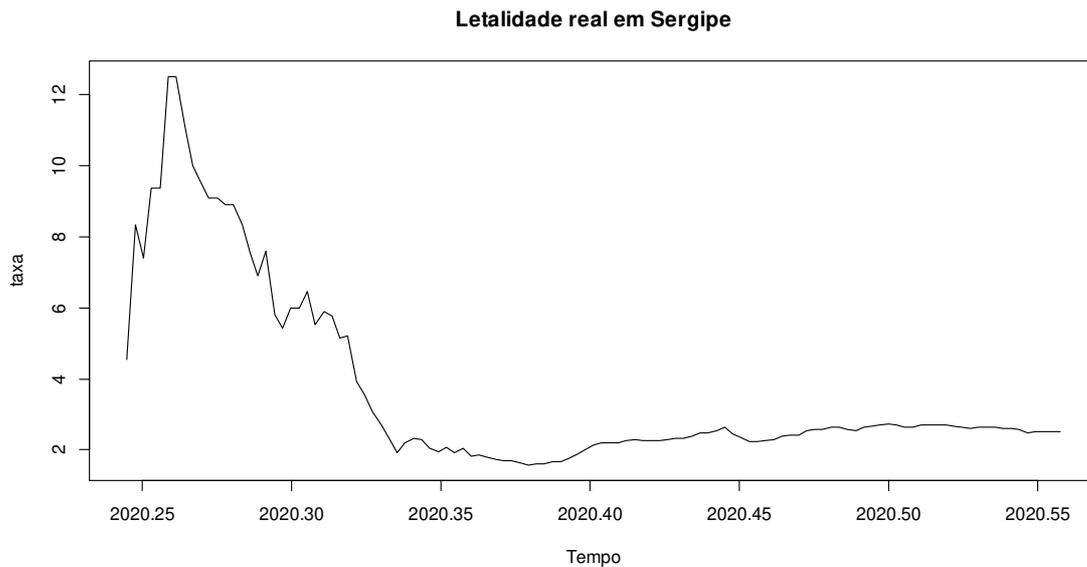


Gráfico 16. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

## 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 0.92 % e as mortes com 0.60 %, foram usados apenas os 20 últimos casos. As projeções atingirão ao 24 de julho, 50722 casos e 1262 mortes, e para o dia 25 de julho, serão 51982 casos e 1275 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
24/07/2020	50722	50097 - 51347	1262	1250 - 1273
25/07/2020	51982	51194 - 52769	1275	1268 - 1287

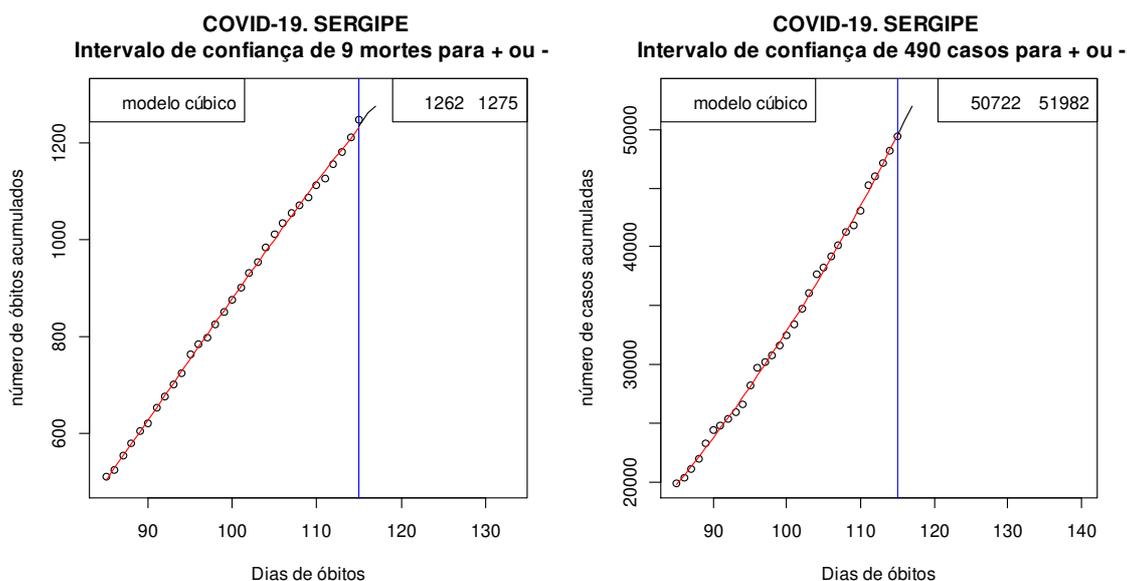


Gráfico 17: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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 seis 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:

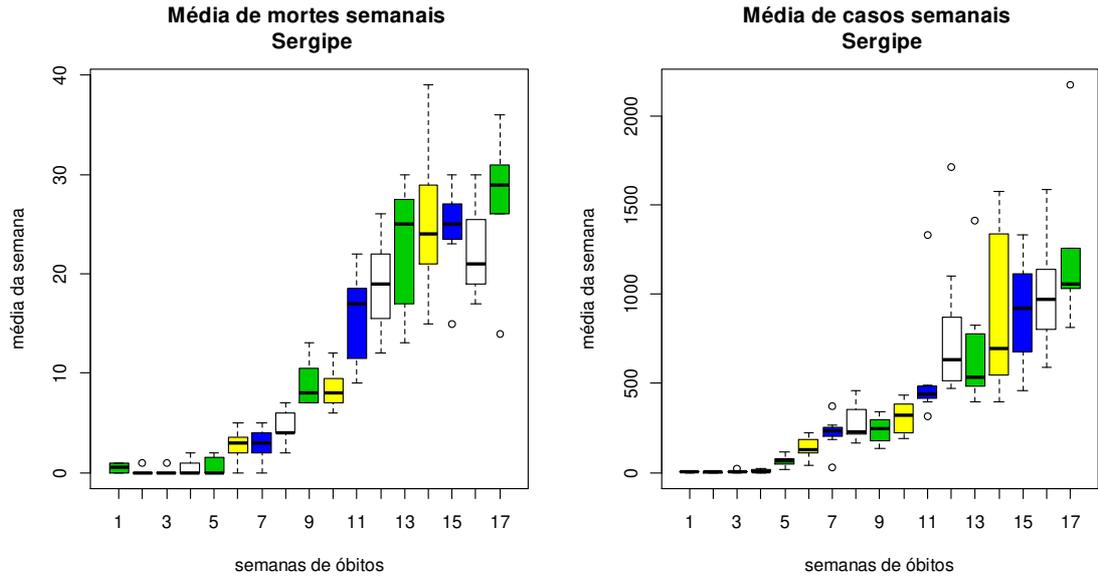


Gráfico 18. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

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 1 150 casos e 26 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 8 500 casos e 200 mortes. Semana passada projetamos 7 500 casos e 168 mortes, sendo os valores reais de 8171 casos e 176 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
24/07/2020	1023	31	1278	33
25/07/2020	1167	25	1553	29
26/07/2020	1486	28	1609	27
27/07/2020	1029	28	990	36
28/07/2020	1110	26	1192	32
29/07/2020	1101	26	1171	32
30/07/2020	1176	24	1318	35

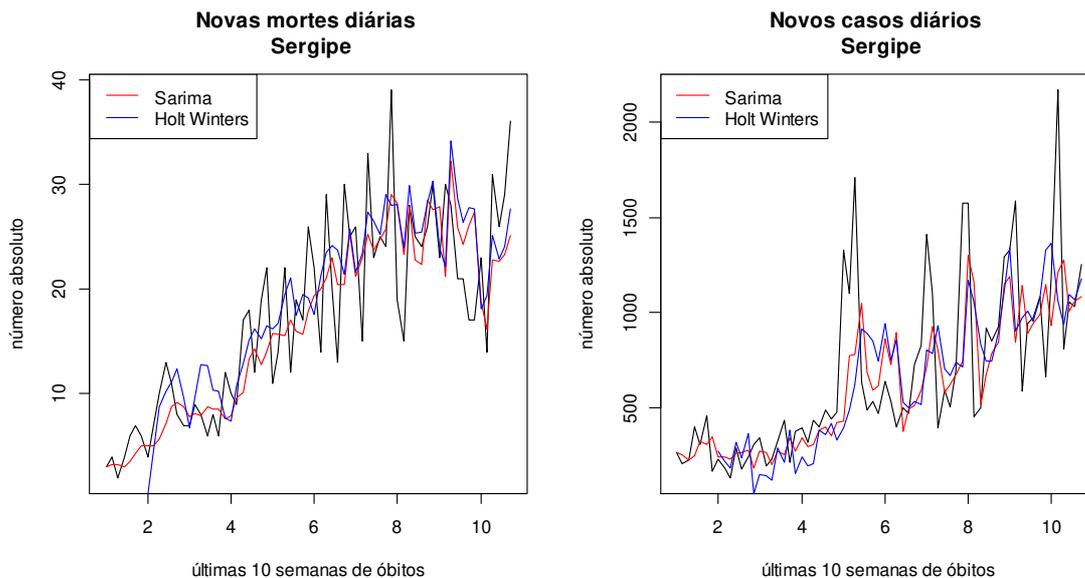


Gráfico 17. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

## 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 104 semana passada e esta semana está na posição 107 de um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. A letalidade em torno de 3.7 %, é considerado alto a nível mundial, contudo semana passada era 3.8 %, 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 e meio, contudo esta prolongação está no pico mais alto da curva.
5. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 288 585 casos e 7 561 mortos.
6. A projeção para 140 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 1 167 casos e 25 mortes, esta semana serão em média 1 150 casos e 26 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<sup>a</sup> 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.

## Anexos.

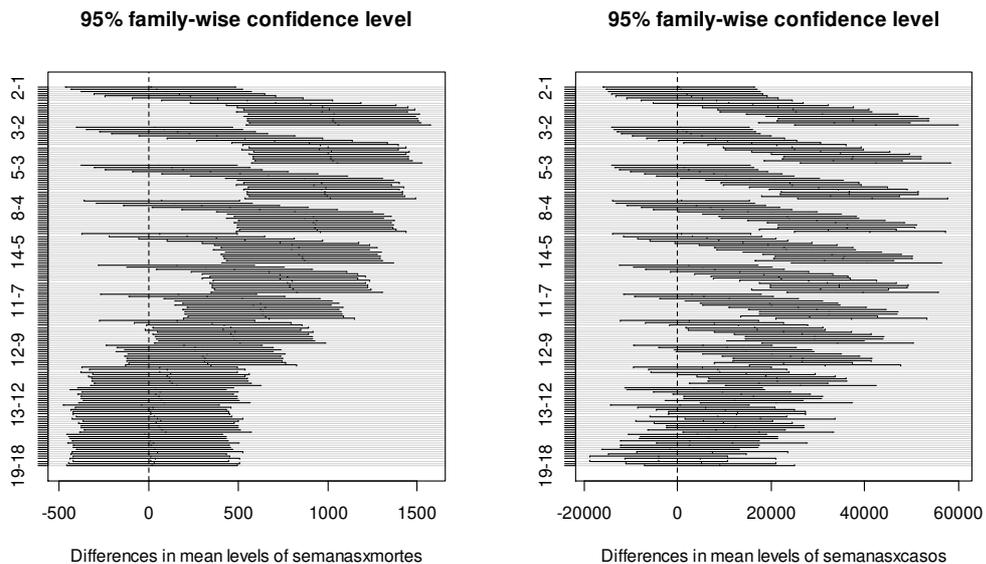


Gráfico 18. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

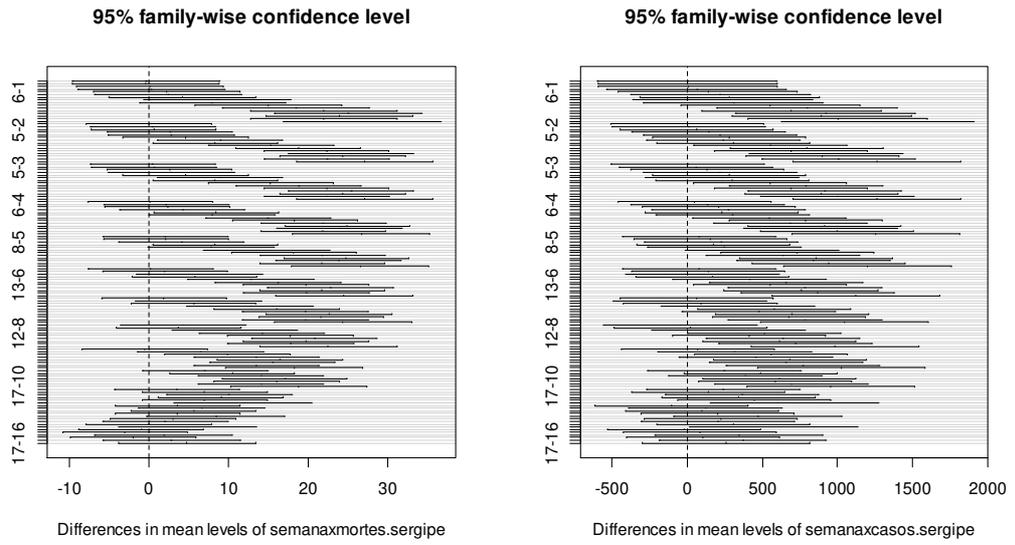


Gráfico 19. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.