



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

## Nota técnica nº 14 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	14
Conclusões	17
Bibliografia	17
Anexos	18

### **Contato**

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

São Cristóvão, 06 de Agosto 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 25.12 menor que a da semana passada que atingiu 27.35 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 62.66 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 188 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 seis oportunidades 30 % dos novos casos no Mundo, já para as mortes; em 13 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.

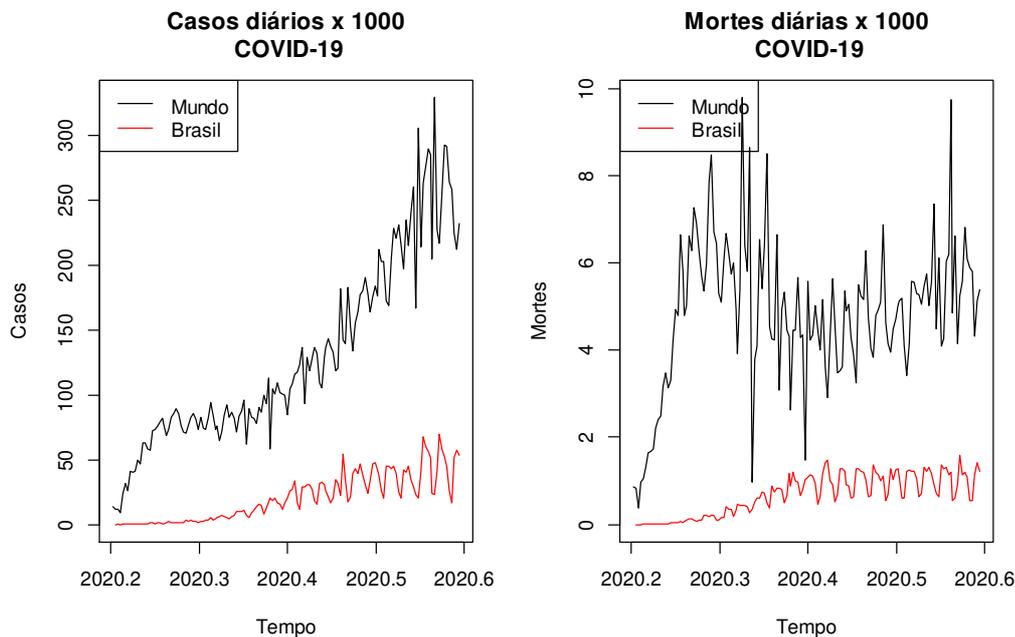


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

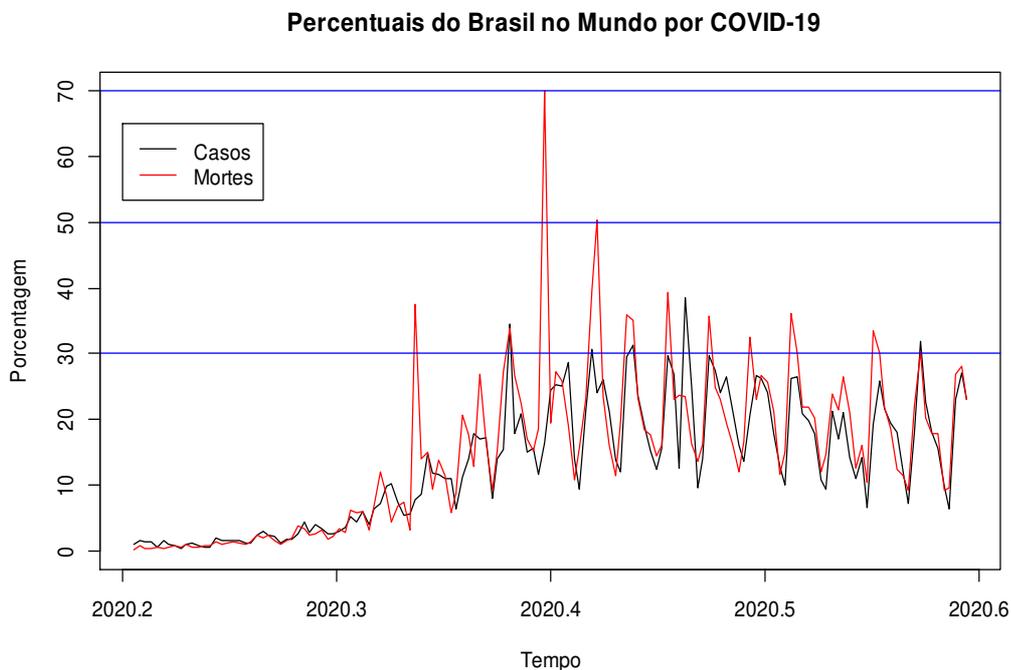


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana, do dia 31 de julho ao 06 de Agosto. 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 2,2,3,3,4,5,10,8,11,14,23,44; 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 05 de Agosto o Brasil teve 57 152 casos e 1 437 óbitos de um total de 226 492 casos e 5 817 mortes no mundo, representando 25.2 % dos casos e 24.7 % das mortes, sendo também o maior número de casos novos e mortes novas registradas num único dia no país. 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 ainda não acontece, 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 06 de agosto, foram de 2 912 212 casos confirmados e 98 493 mortes, aumentando em uma semana mais de 302 110 casos e mais de 7 230 mortes, comparando o saldo entre semanas há uma diminuição 20517 casos e um aumento de 49 mortes.

Tabela 1: Casos e mortes acumuladas por COVID-19 nesta semana.

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
31/07/2020	2662485	92475	1844051	725959
01/08/2020	2707877	93563	1865729	748585
02/08/2020	2733677	94104	1883677	755896
03/08/2020	2750318	94665	1912319	743334
04/08/2020	2801921	95819	1970767	735355
05/08/2020	2859073	97256	2020637	741180
06/08/2020	2912212	98493	2047660	766059

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

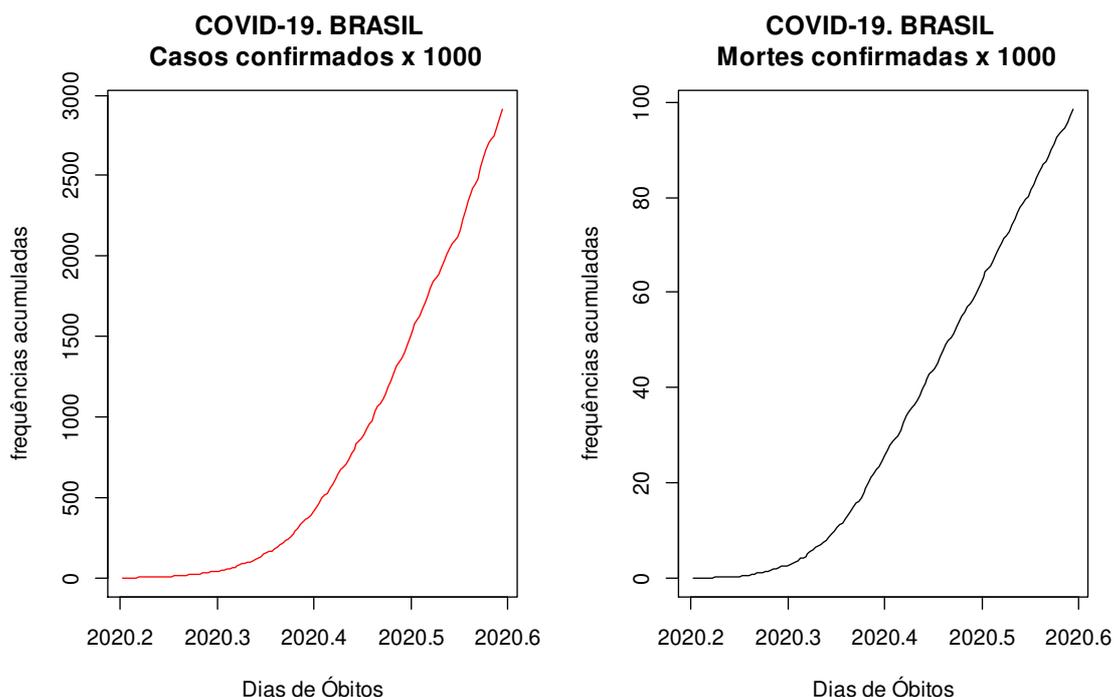


Gráfico 03: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 13405 novos casos e 339 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 nesta quinta feira

Estado	Casos		Mortes	
	Novos	Acumulados	Novos	Acumulados
SP	13405	598670	339	24448
CE	1858	183301	26	7893
RJ	1385	174064	86	13941
BA	3953	183690	53	3789
PA	2127	162822	17	5835
MG	3167	142828	109	3304
MA	1606	127065	17	3120

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 06 de agosto de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 53 139 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 1 237 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

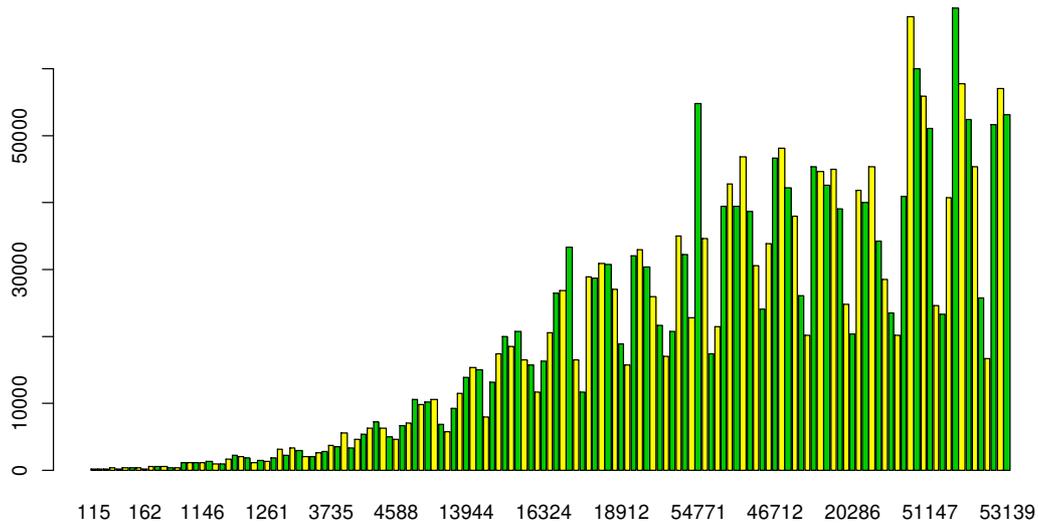


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

COVID-19. BRASIL. Número de mortes diárias

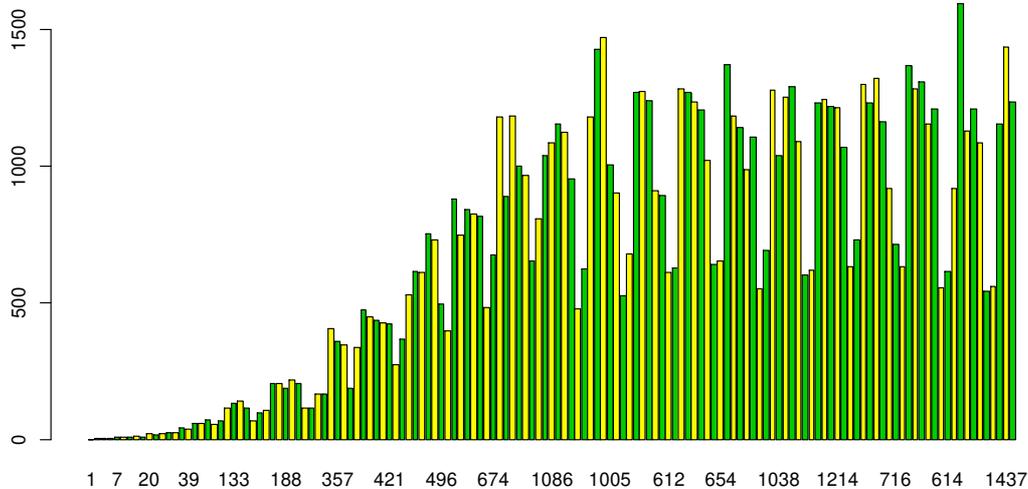


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

### 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 0.55%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.55% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.29%. 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
07/08/2020	2943683	99426	2900364 - 2987002	98593 - 100257
08/08/2020	2985930	100585	2923649 - 3048212	99389 - 101781

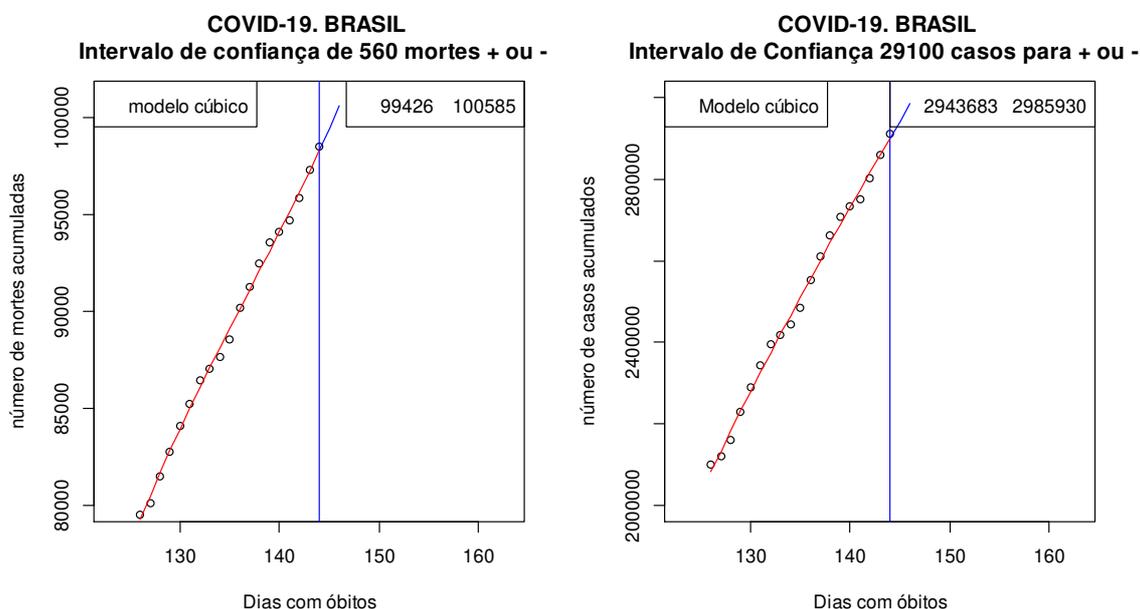


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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 efeitos sazonal semanal presente 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 11 semanas a média de mortes são estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ). Já nos casos as 7 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 mês e meio para os casos confirmados e a mais de dois meses nas mortes confirmadas.

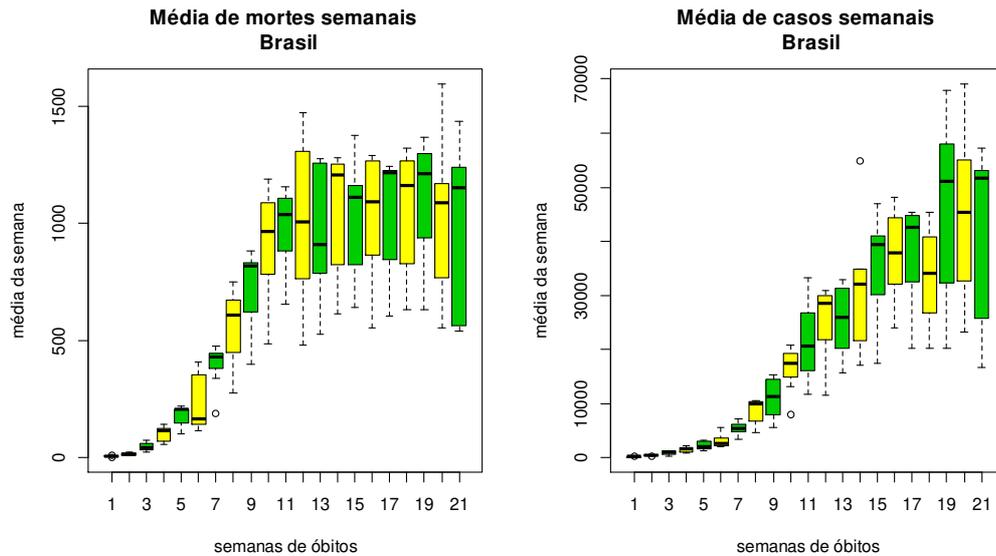


Gráfico 07. Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

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 serão em torno de 43 500 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 5 800 casos para mais e para menos e 995 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 119 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 304 709 casos e 6 965 mortes. Semana passada se projetou 330 000 casos e o valor real foi 302 110, para as mortes projetou-se 7 220 e o valor real foi 7 230. Também podemos observar que estes modelos conseguem extrair o efeito sazonal, ver tabela 04.

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

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
07/08/2020	50006	1186	50592	1149
08/08/2020	45133	1093	44296	1053
09/08/2020	30807	562	26660	532
10/08/2020	24096	585	22276	557
11/08/2020	49817	1123	48953	1099
12/08/2020	53900	1436	61945	1391
13/08/2020	50950	1215	56244	1184

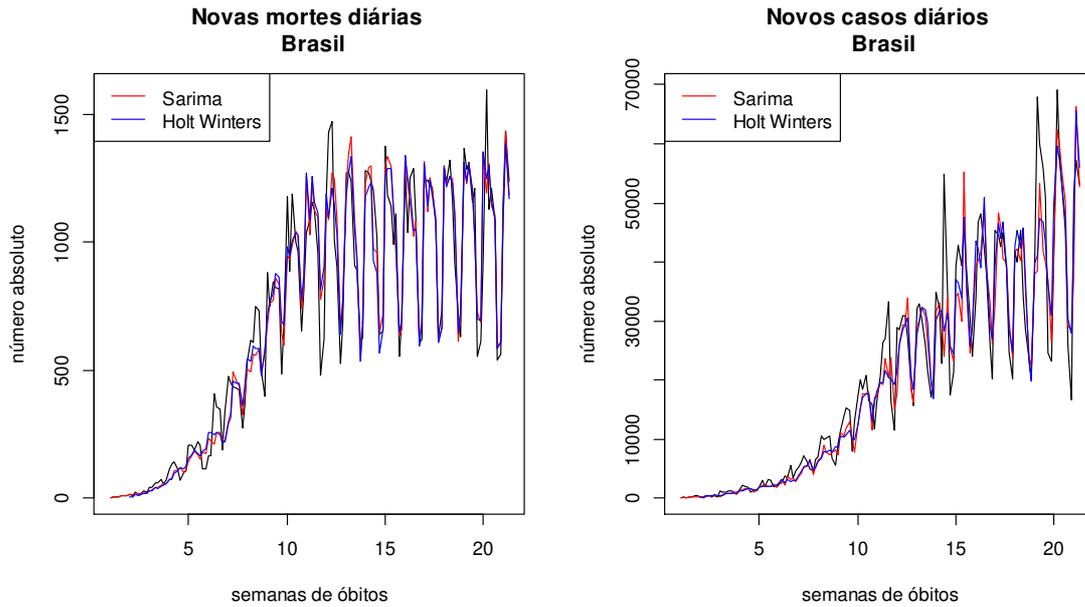


Gráfico 08. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

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 44 dias.

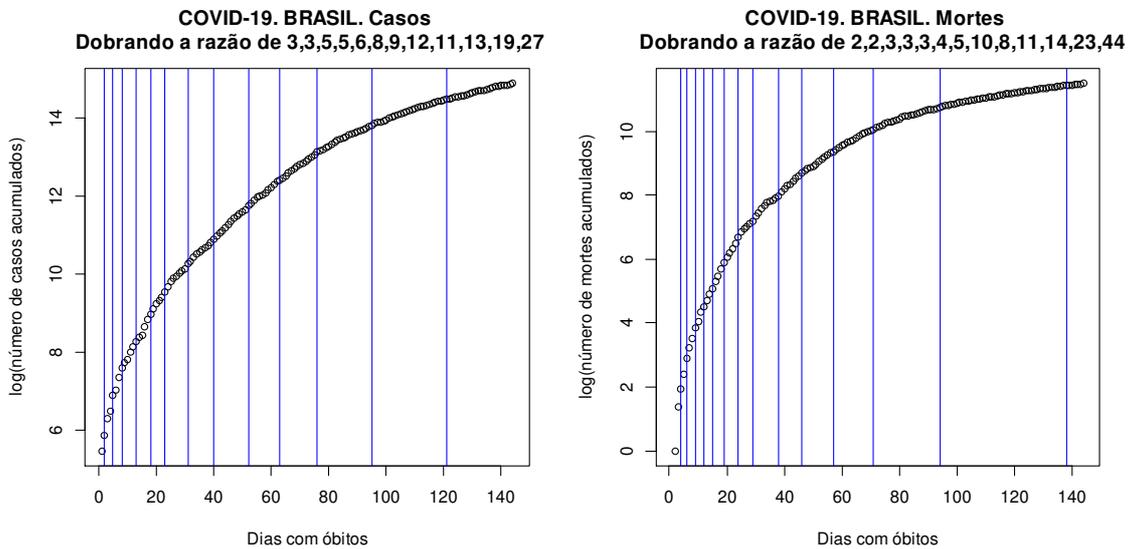


Gráfico 09: Espaçamento entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

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 150 dias de aumentos até a curva descer e é comparada com a projeção da semana passada para 140 dias. A justificativa é que, embora há uma estabilização nestas últimas semanas, no acumulado ainda há crescimento expressivo com menor aceleração da curva. Para o dia 12 de

Agosto ( 150 dias de óbitos) no limite os casos confirmados podem atingir os valores de 3 223 101 casos, num ambiente mais favorável podem atingir os valores de 2 887 431. Já as mortes confirmadas num ambiente menos favorável pode atingir 107 060 mortes e num ambiente mas favorável seriam 100 691 mortes.

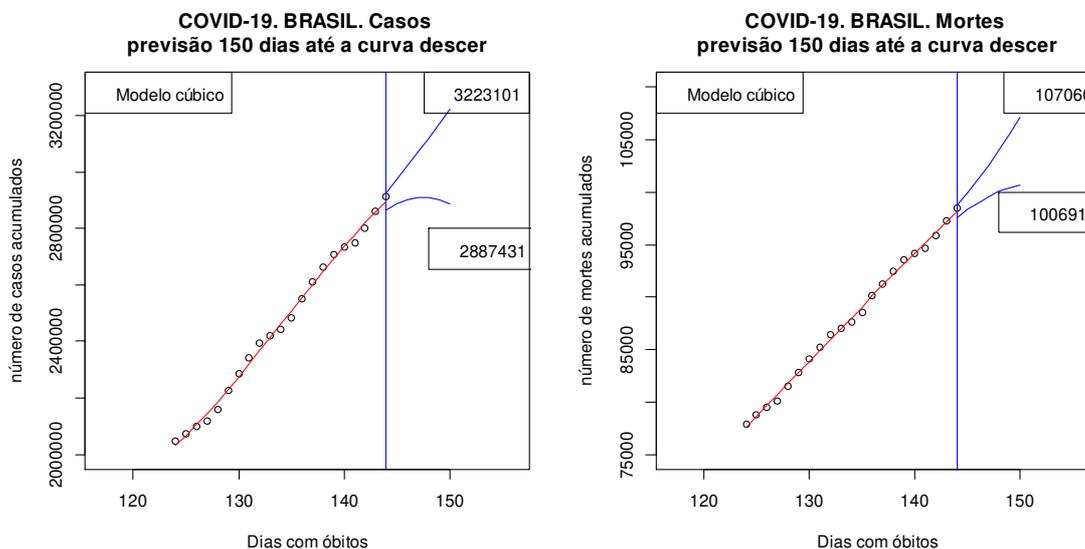


Gráfico 10. Projeção de potência a partir dos últimos 20 dias.

Tabela 04. Projeção para 140 dias (02 de Agosto) e 150 dias (12 de Agosto) após o primeiro óbito usando um modelo cúbico.

Variável	140 dias		150 dias	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Casos	2506553	3052293	2887431	3223101
Mortes	87330	98595	100691	107060

## 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 06 de Agosto por cada 1 000 habitantes foram 63 testes (mostrando que o país tem disponibilizado mais testes se comparado com a semana passada), contudo abaixo da média mundial), saindo da posição 62 da semana passada para a 64 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 9 849 300 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

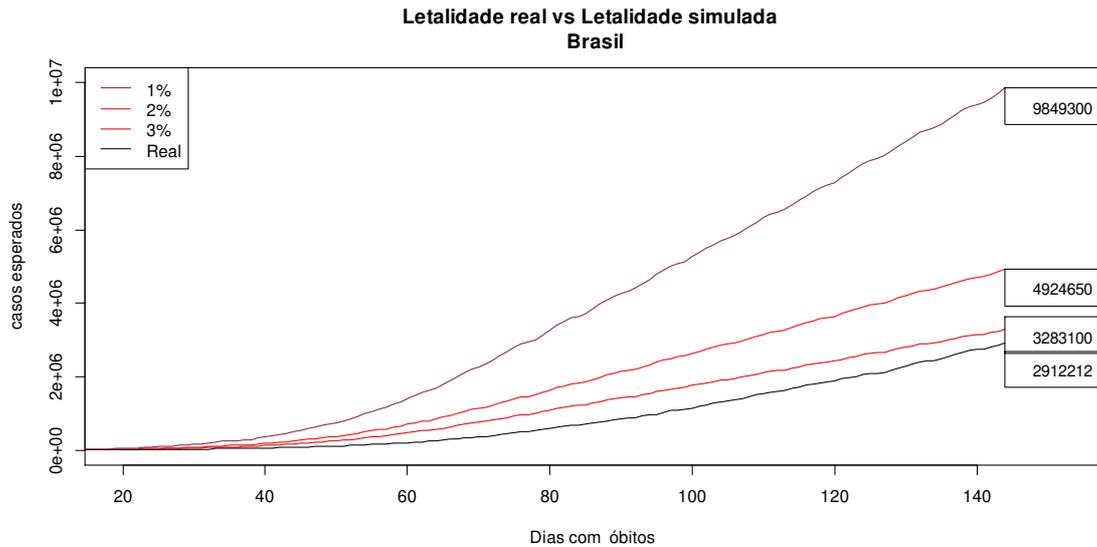


Grafico 11. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

## 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 27.35 da semana passada para 25.12 nesta semana apresentando leve desaceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 1377 casos por cada 100 000 habitantes.

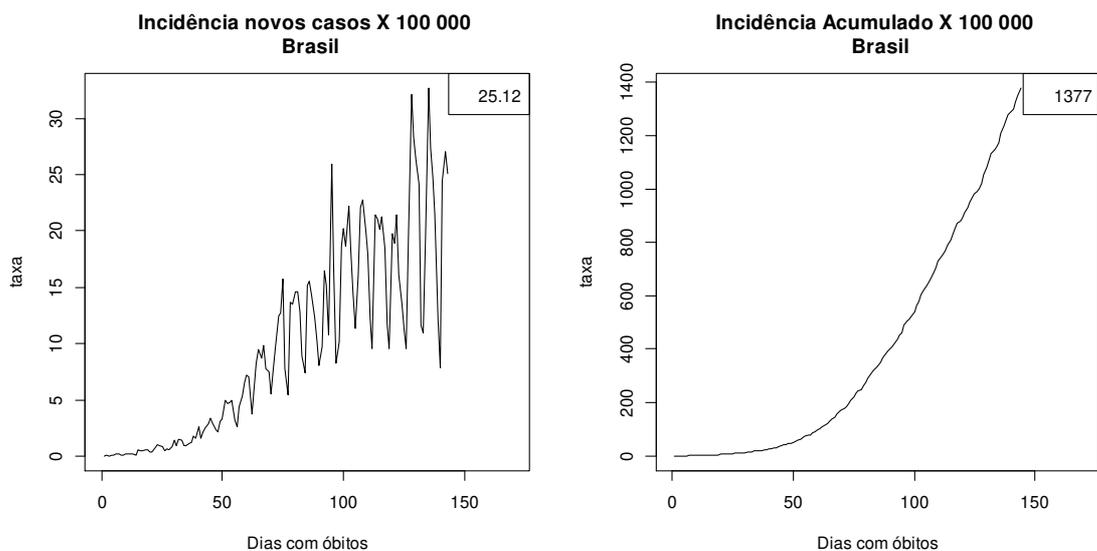


Gráfico 12. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

## Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 06 de agosto, 62 844 casos confirmados e 1537 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 5 160 casos e 129 mortes a mais. Comparando as duas últimas semanas houve 3 127 casos a menos e 22 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	31/07/2020	1029	58713	26	1434
SE	01/08/2020	1011	59724	14	1448
SE	02/08/2020	311	60035	17	1465
SE	03/08/2020	444	60479	24	1489
SE	04/08/2020	590	61069	20	1509
SE	05/08/2020	920	61989	16	1525
SE	06/08/2020	858	62844	12	1537

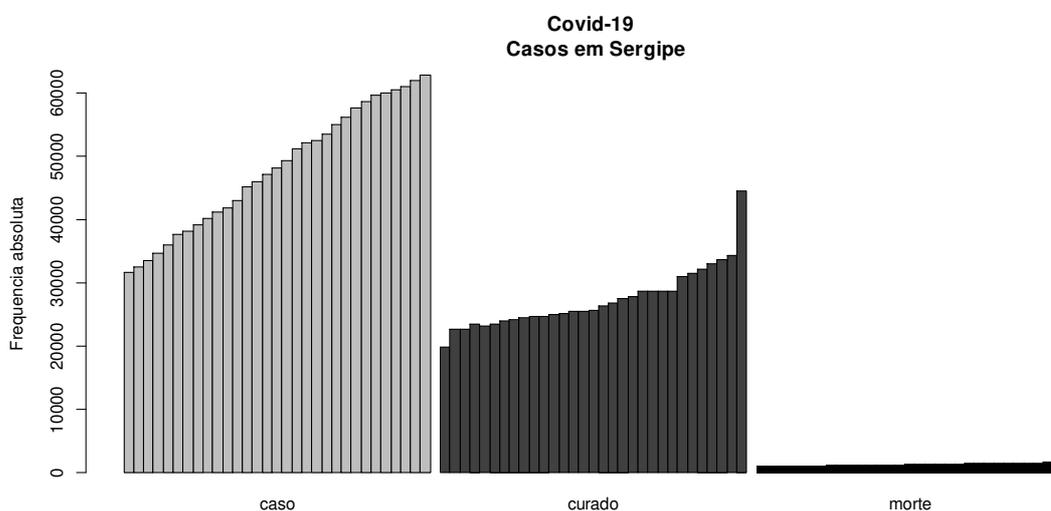


Gráfico 13. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Para acompanhar os novos casos e as novas mortes no estado, podemos visualizar os Gráficos 14 e 15, onde até o dia 06 de agosto atingiu 858 novos casos e 12 novas mortes.

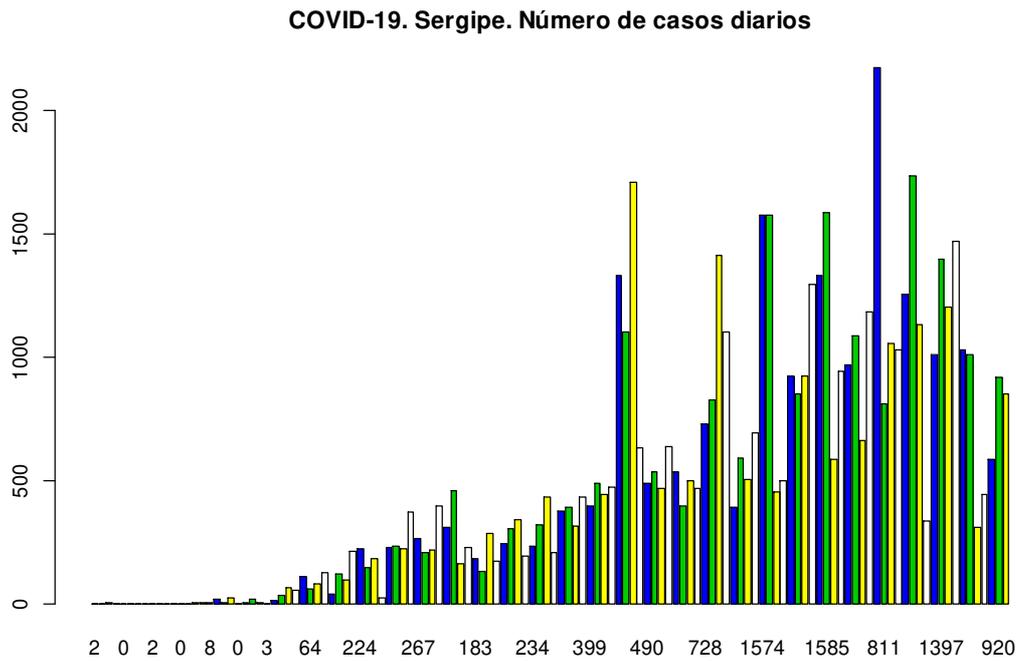


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

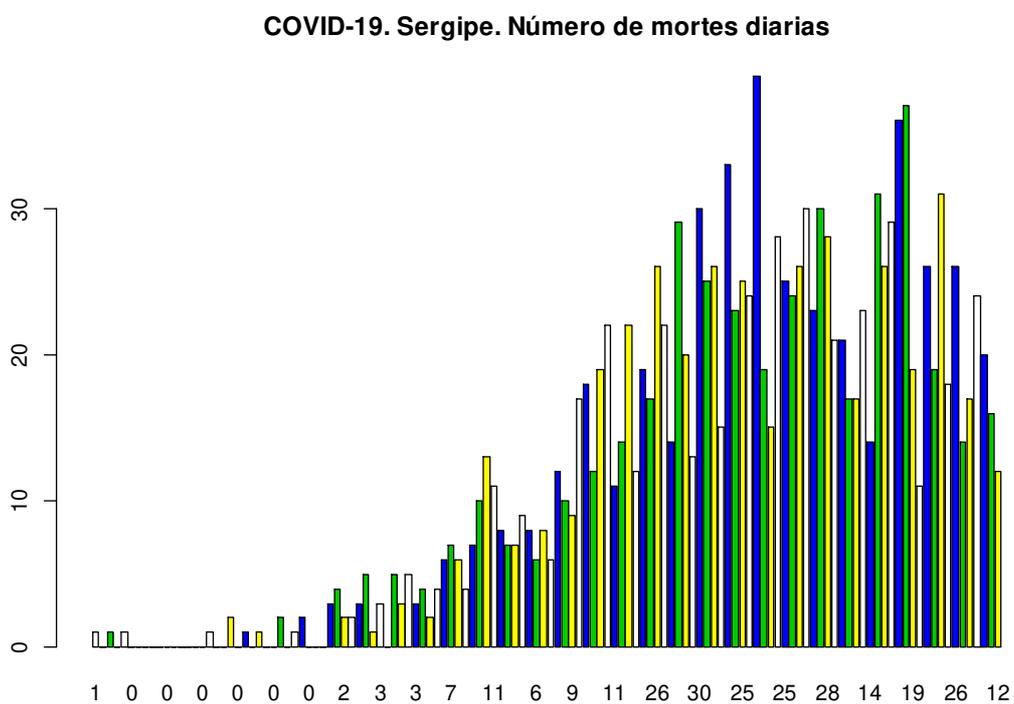


Gráfico 15. Mortes diárias testados no estado de Sergipe.

## Letalidade para Sergipe

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.445 % sendo a semana passada de 2.44 %, indicador que embora esteja abaixo da média nacional a qual é 3,4%, ela esta se aproximando da média nacional pois há cinco semanas vem crescendo, para observação disponibilizamos o Gráfico 16.

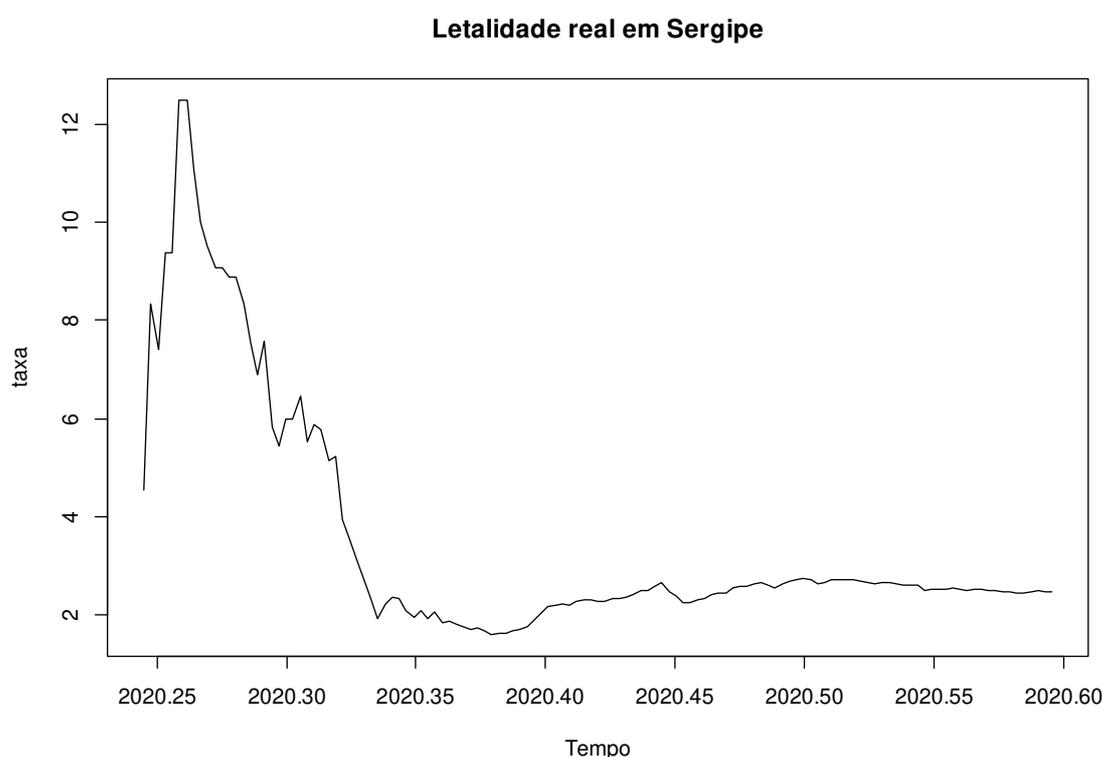


Gráfico 16. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

## 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 0.64 % e as mortes com 0.58 %, foram usados apenas os 20 últimos casos. As projeções de casos e mortes acumuladas para os próximos dois dias são apresentadas na Tabela 06. Uma saída é mostrada no Gráfico 17.

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

Data projetada	Casos	Intervalo de Confiança Casos	Mortes	Intervalo de Confiança mortes
07/08/2020	63338	62686 - 63990	1558	1543 - 1573
08/08/2020	63814	62992 - 64635	1573	1555 - 1592

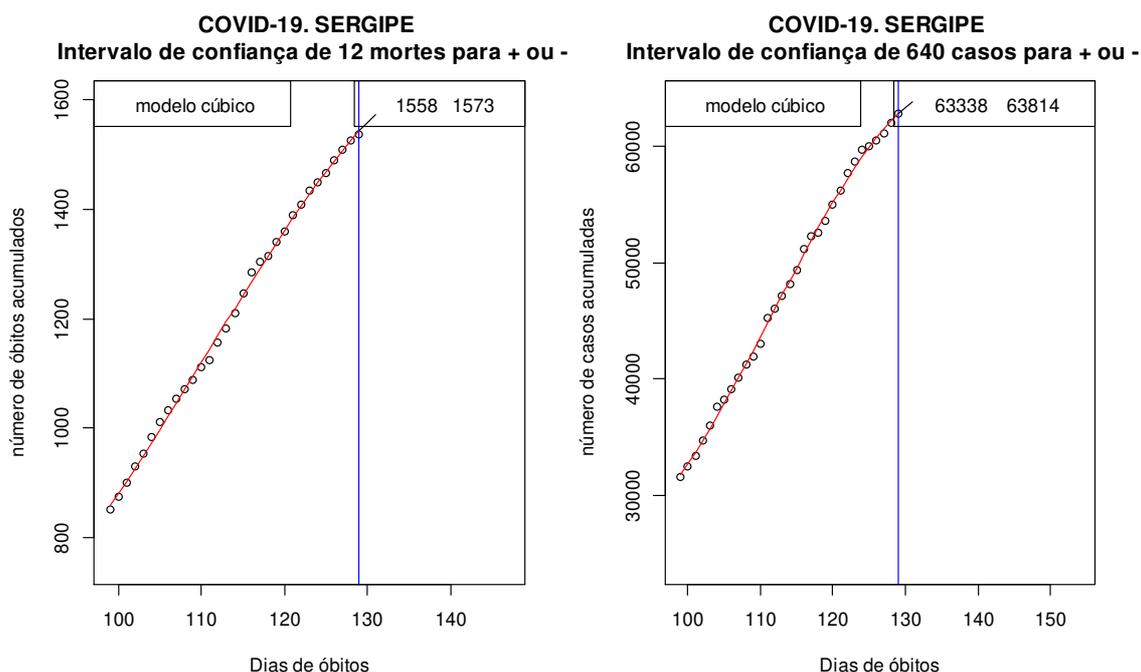


Gráfico 17: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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 duas semanas ( $p > 0.05$ ) tanto para casos e mortes, indicando a presença de uma queda tanto de casos e mortes. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

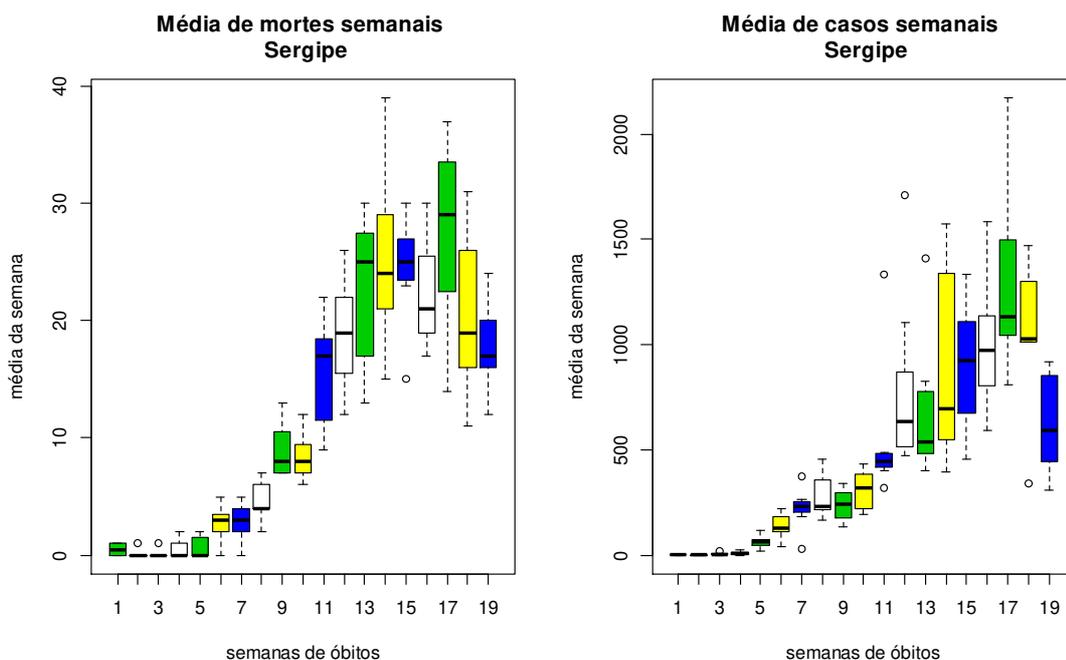


Gráfico 18. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

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 775 casos e 16 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 5420 casos e 109 mortes. Semana passada projetamos 8500 casos e 200 mortes, sendo os valores reais de 5 160 casos e 129 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
07/08/2020	887	19	846	21
08/08/2020	898	15	916	13
09/08/2020	901	11	718	11
10/08/2020	902	19	591	20
11/08/2020	903	15	754	15
12/08/2020	806	20	742	15
13/08/2020	904	17	853	14

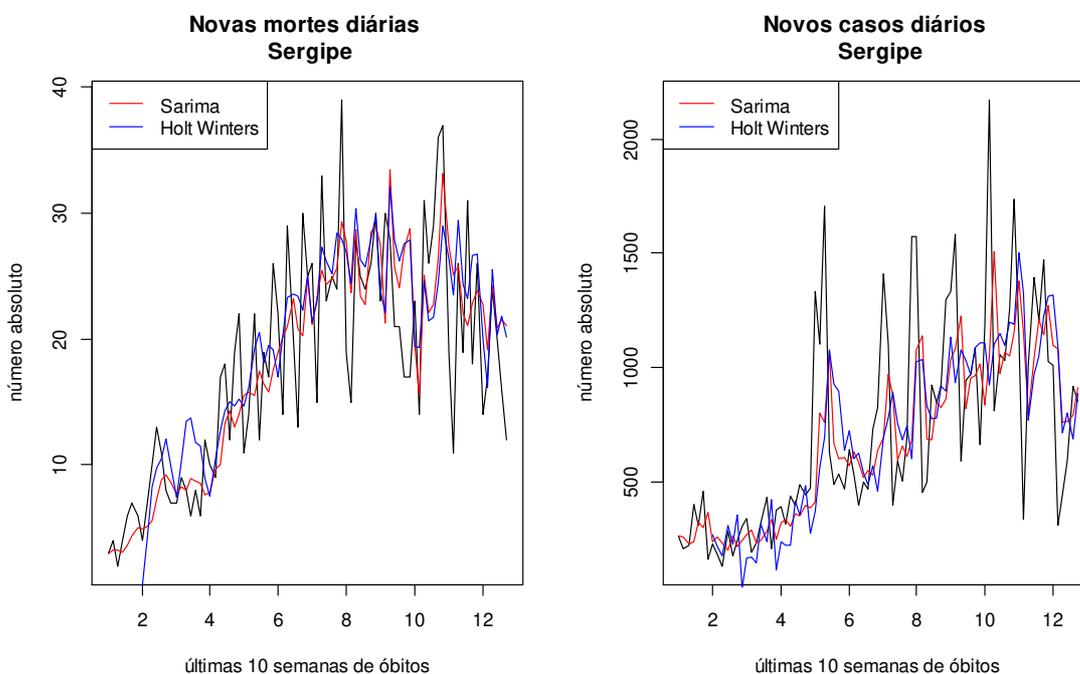


Gráfico 17. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

## 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 62 semana passada e esta semana está na posição 64 de um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. A letalidade em torno de 3.4 %, é considerado alto a nível mundial, contudo semana passada era 3.5 %, 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 dois meses, contudo esta prolongação está no pico mais alto da curva. A média móvel está estável, embora não significativa sempre há um leve aumento de casos semanais.
5. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 330 000 casos e 7 220 mortes.
6. A projeção para casos e mortes acumuladas para 150 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 têm um decréscimo significativo tanto para casos e mortes, onde semana passada tinha uma média diária de 737 casos e 18 mortes, esta semana serão em média 775 casos e 16 mortes por dia.
8. A Letalidade no estado de Sergipe teve aumento diário nesta últimas semanas, aproximando-se da média nacional.
9. Comparando as projeções futuras e seus correspondentes valores reais de novos casos e novas mortes durante a semana, com erros de ajuste abaixo de 1% para o Brasil e o estado de Sergipe, permitem adotar logísticas de combate ao COVID-19, e dar um suporte aos órgãos correspondentes principalmente ao setor saúde no Brasil e no estado de Sergipe.

## 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 recommendations 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.**

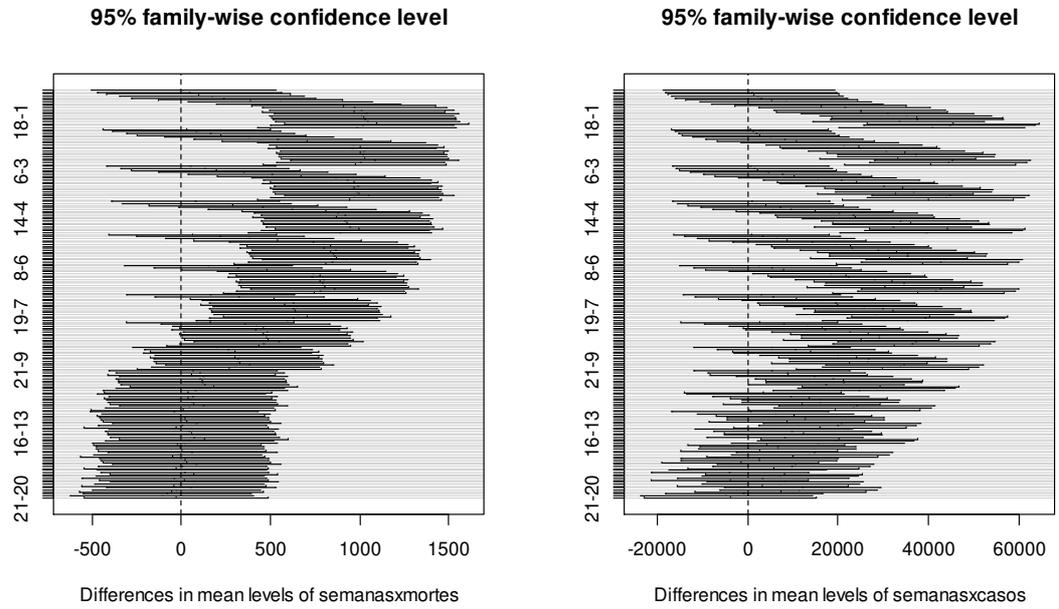


Gráfico 18. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

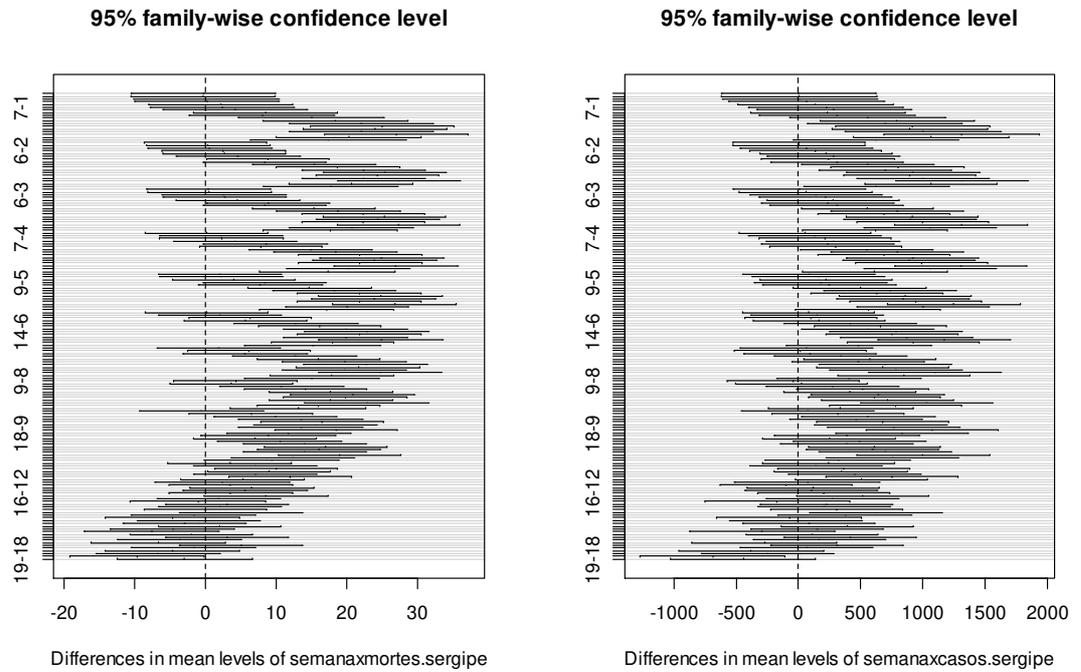


Gráfico 19. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.