



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

## Nota técnica n<sup>o</sup> 38 sobre COVID-19 no Brasil e no estado de Sergipe

**Elaboração: Daniel Francisco Neyra Castañeda**

### Sumário

Introdução.....	2
Resultados Brasil.....	2
Modelagem para o Brasil .....	7
Letalidade.....	13
Incidência.....	14
Resultados Sergipe.....	15
Modelagem.....	17
Letalidade.....	20
Conclusões .....	21
Bibliografia .....	22
Anexos.....	22

### Contato

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

São Cristóvão, 21 de janeiro de 2021

## **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%, 1.5%, 2% 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 27.95, onde semana passada era de 32 033 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 Brasil**

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 lentamente segue uma tendência de queda nas mortes e casos. Também o número de testes aplicados a sua população nesta semana é, em média, de 134 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 877 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 e mortes no Brasil com os novos casos e mortes 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 (1 039 mortes no Brasil e 1 485 no Mundo no dia 26 de maio), estes dois eventos colocam ao Brasil junto com a Índia e os Estados Unidos no topo do ranking mundial no momento, e atualmente o

Brasil inicia uma retomada de crescimento proporcional ao avanço global, e ganha novamente protagonismo mundial, aumentando na curva de crescimento e atualmente oscilando em torno de 10%, para os casos e mortes, porém nestas cinco semanas uma onda de crescimento de casos se instalou no Brasil, onde o mundo esta em aumento e o Brasil acompanhando estes aumentos o que poder observado nos gráficos 01 e 02.

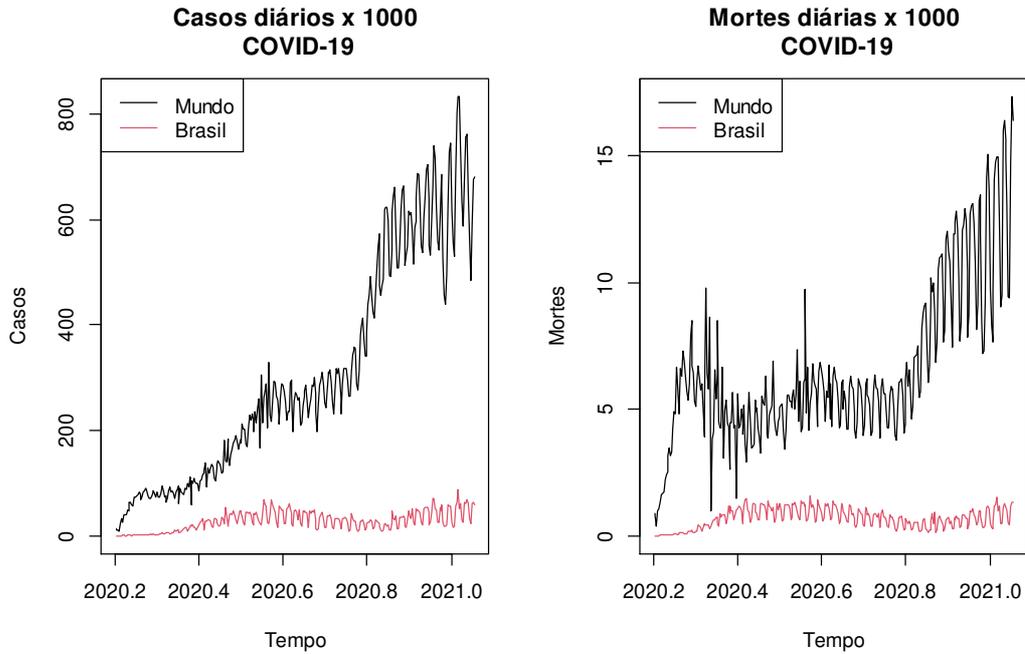


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

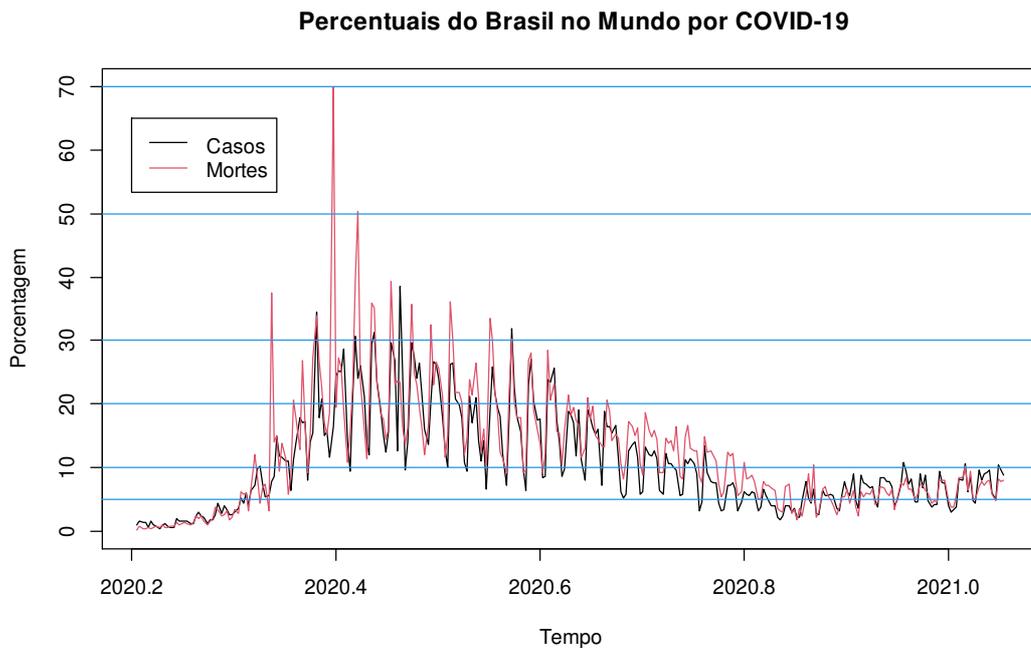


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana. 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 2,2,3,3,4,5,10,8,11,14,23,44,139; para as mortes. Já para os casos a relação de duplicação é: 3,3,5,5,6,8,9,12,11,13,19,27,45,124. Este fato indica que o alongamento na duplicação nestas últimas semanas fez a Índia ultrapassar ao Brasil, tirando o protagonismo do país no âmbito internacional. Em números absolutos acumulados o país é terceiro em número de casos e mortes atrás da Índia e dos Estados Unidos. Ontem 20 de janeiro o Brasil teve 64 385 casos e 1 310 óbitos de um total de 676 623 casos e 17 340 mortes no mundo, representando 9.51% dos casos e 7.55% das mortes, se comparados com a quarta passada estes percentuais tiveram aumentos de 5.6% nos casos e de 18% nas mortes. Uma visualização de casos e mortes acumuladas como mostra o Gráfico 03 aponta uma retomada no crescimento potencial para ambos e que até a data do dia 21 de janeiro foram de 8 697 388 casos confirmados e 214 147 mortes, aumentando em uma semana mais de 373 094 casos e mais de 7 052 mortes, comparando o saldo entre semanas há um aumento de 10 473 casos e 455 mortes, que em termos percentuais representa um aumento de 2.9% nos casos e 6.9% nas mortes.

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

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
15/01/2021	8393492	208246	7361379	823867
16/01/2021	8455059	209296	7388784	856979
17/01/2021	8488099	209847	7411654	866598
18/01/2021	8511770	210299	7452047	849424
19/01/2021	8573864	211491	7518846	843527
20/01/2021	8638249	212831	7564622	860796
21/01/2021	8697368	214147	7580741	902480

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

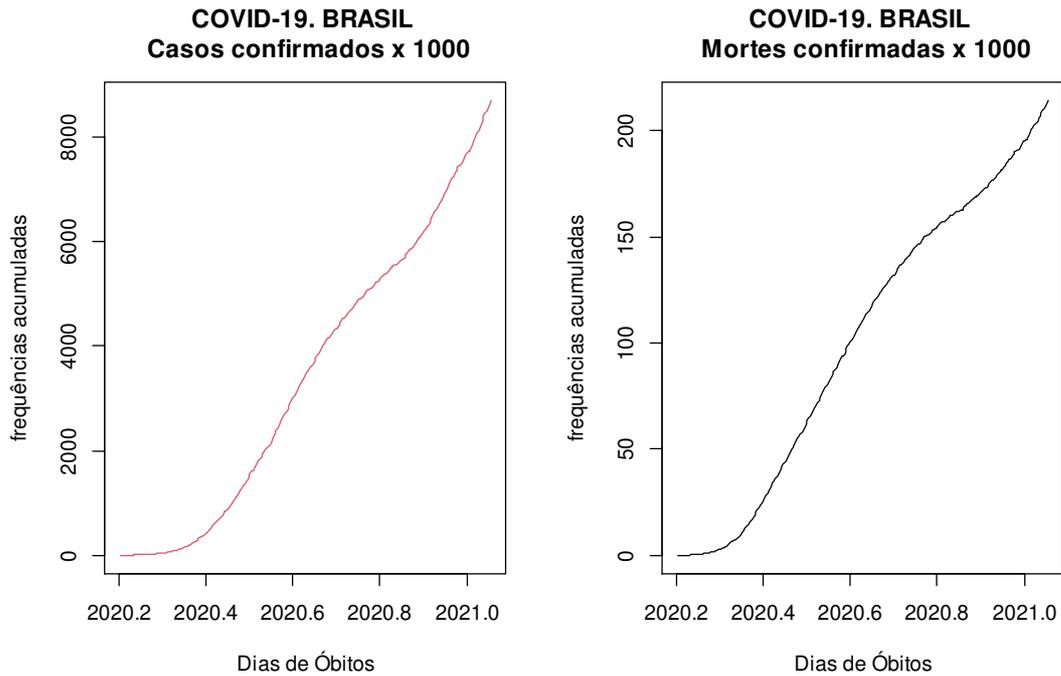


Gráfico 03 (a): Evolução dos casos e mortes no Brasil.

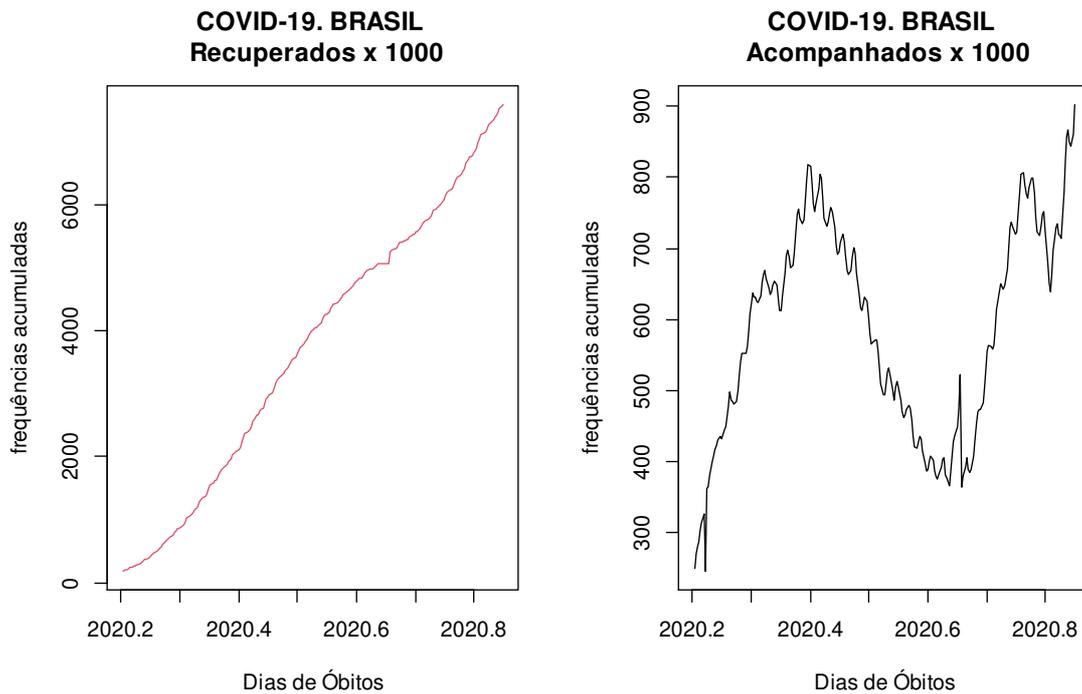


Gráfico 03 (b): Evolução dos recuperados e acompanhados no Brasil.

No gráfico 03(b), podemos observar o crescimento potencial dos recuperados e também um aumento significativo dos acompanhados, que já se encontra ultrapassando os acompanhados no pico da pandemia e indicando que há uma movimentação maior e sufocando os centros de controle de saúde para esta pandemia.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 1 658 638 casos e 50 652 mortes, e os seguem os estados de Minas Gerais, Bahia, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Paraná, 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	
	Acumulados	Acumulados	Acumulados	Acumulados
SP	1658638		50652	
MG	659385		13721	
SC	549579		5988	
BA	549315		9728	
RS	516288		10123	
PR	512288		9186	
RJ	490821		28215	

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 21 janeiro de 2021, iniciando desde o primeiro dia alcançou 1316 óbitos e 59 119 casos neste dia, sendo o maior número de casos num único dia no país, e o segundo maior número de mortes. Mostrando que uma nova onda de crescimentos tanto para casos e mortes se instalou no Brasil, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

**COVID-19. BRASIL. Número de casos diários**

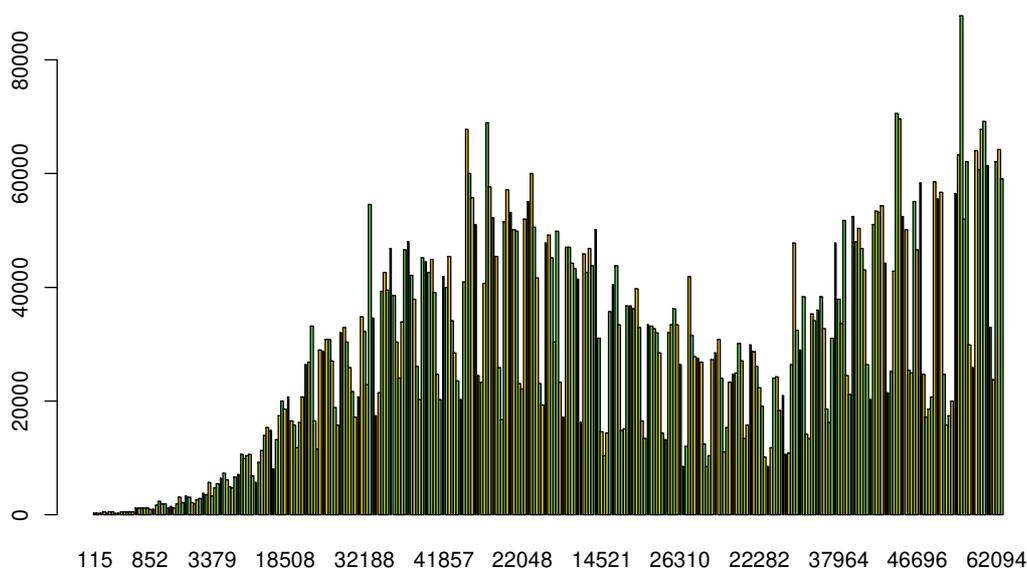


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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

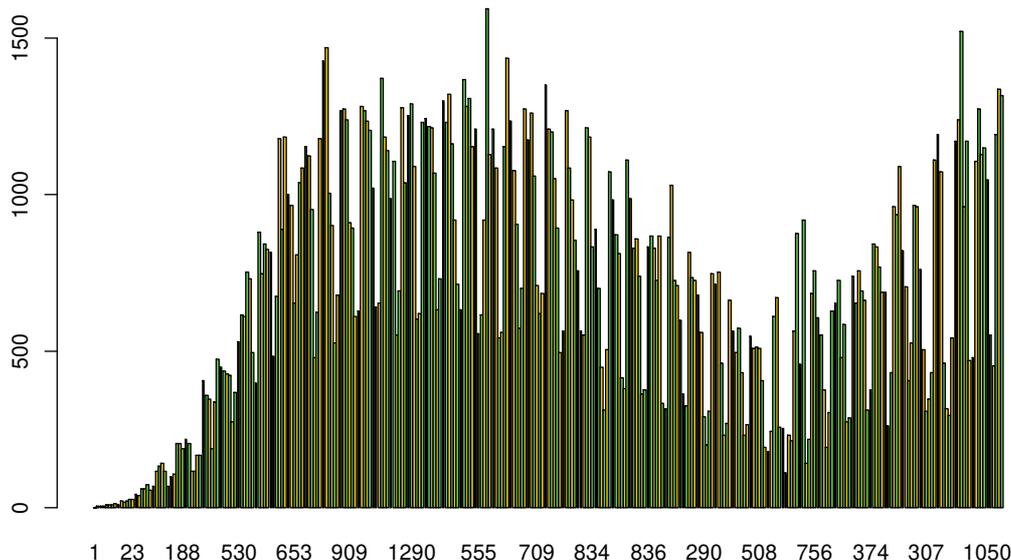


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

### 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 quadrático por apresentar erro de ajuste de 0.21%, ou seja, as estimativas do modelo se afastam em média 0.2% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.15%. 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
22/01/2021	8729939	214786	8681076 - 8778802	213853.6 - 215720.2
23/01/2021	8773118	215778	8704010 - 8842227	214458.2 - 217098.2

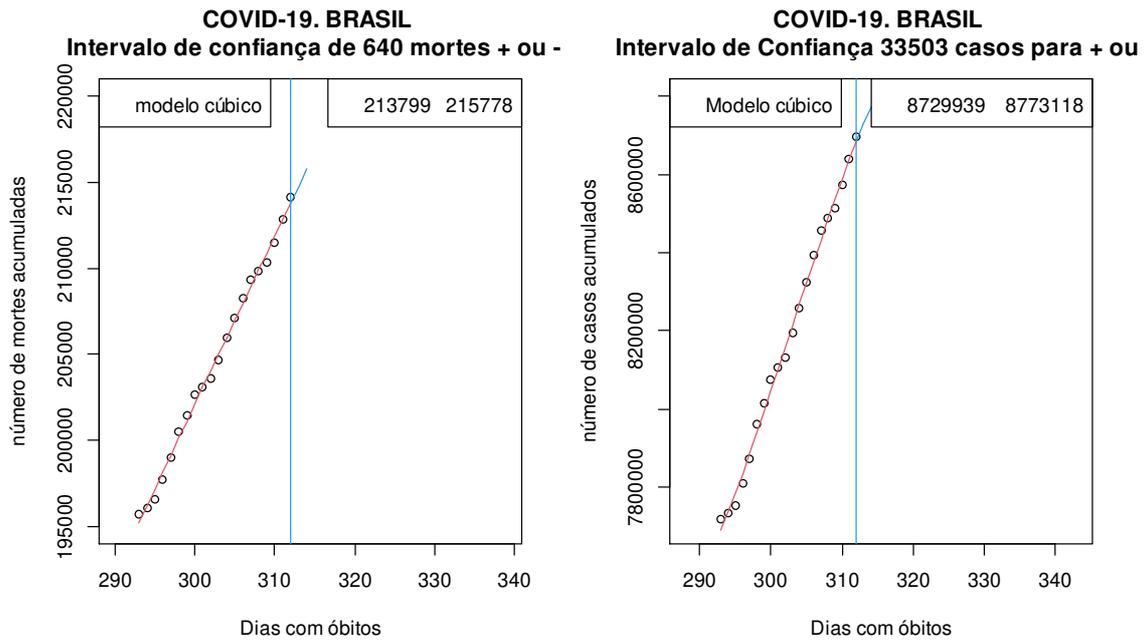


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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 maiores médias que a semana passada. Usando um teste de comparações múltiplas de médias (Teste de Tukey), indica, que a última semana 45, a média de casos e mortes é estatisticamente igual à da semana 19 a qual foi o pico da pandemia ( $p > 0,05$ ). Isto indica um aumento significativo se comparado com semanas prévias, ou seja, o país teve um aumento expressivo e estatisticamente maior para ambas as características.

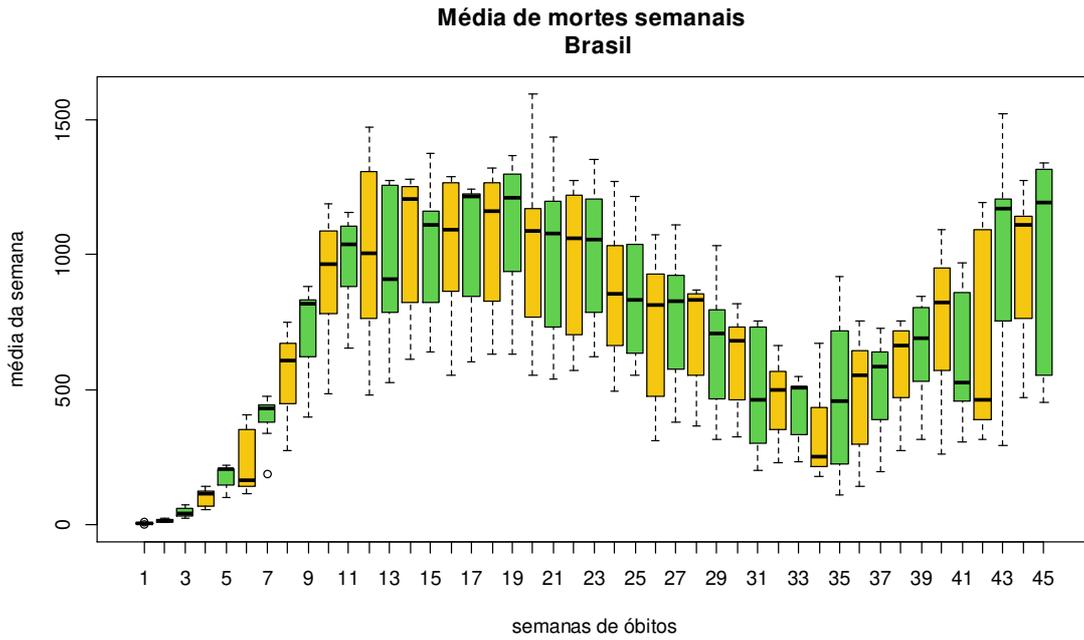


Gráfico 07(a). Médias semanais de mortes confirmadas por COVID-19

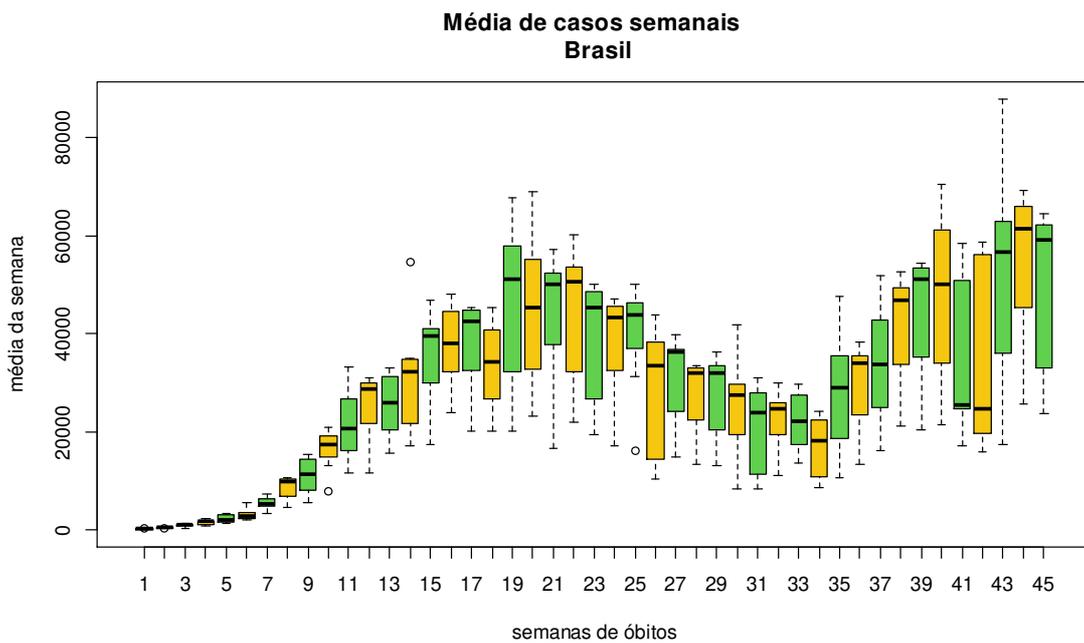


Gráfico 07(b). Médias semanais de casos confirmados por COVID-19

Para melhor visualização da média movel semanal, para ambas características apresentamos o gráfico 07(c).

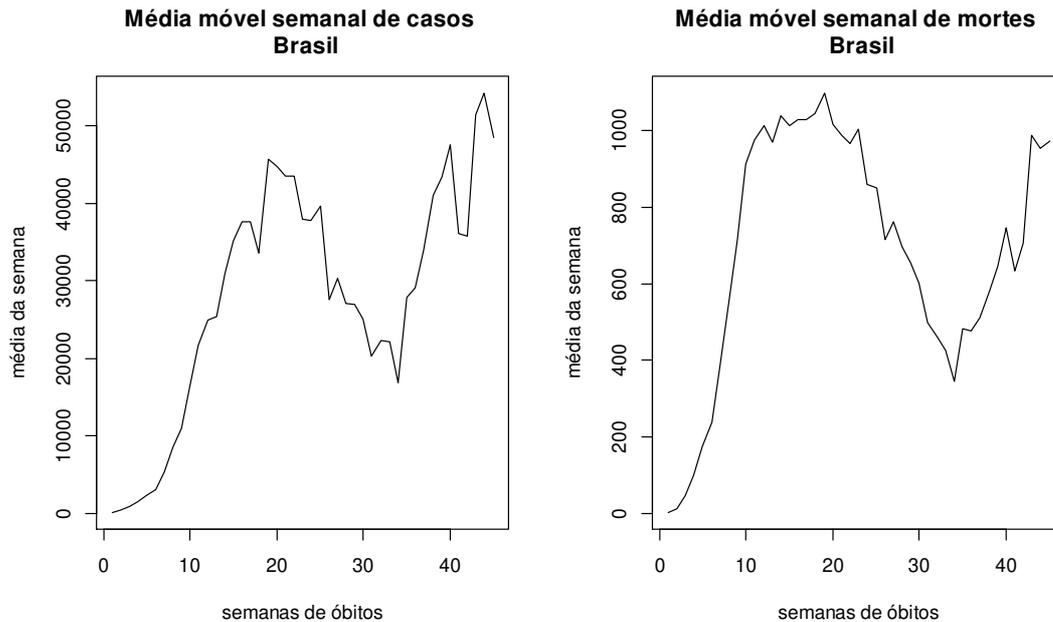


Gráfico 07(c). Médias móvel semanal por COVID-19.

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 51 300 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 7 200 casos para mais e para menos e 1 055 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 140 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 359 130 casos e 7 389 mortes. Semana passada se projetou 345 880 casos e o valor real foi 373 094, para as mortes projetou-se 6 731 e o valor real foi 7 052. As projeções desta semana terão aumento significativo pois esta segunda onda se instalou no Brasil. Também podemos observar que estes modelos conseguem extrair o efeito sazonal diário, ver Tabela 04 e Gráficos 8(a) e 8(b).

Tabela 04. Modelagem e previsões futuras para o Brasil.

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
22/01/2021	54121	1047	51124	995
23/01/2021	49509	1012	47396	941
24/01/2021	31847	617	27008	536
25/01/2021	27852	649	24808	583
26/01/2021	61820	1288	60489	1240
27/01/2021	64715	1396	61996	1340
28/01/2021	69266	1380	65889	1309

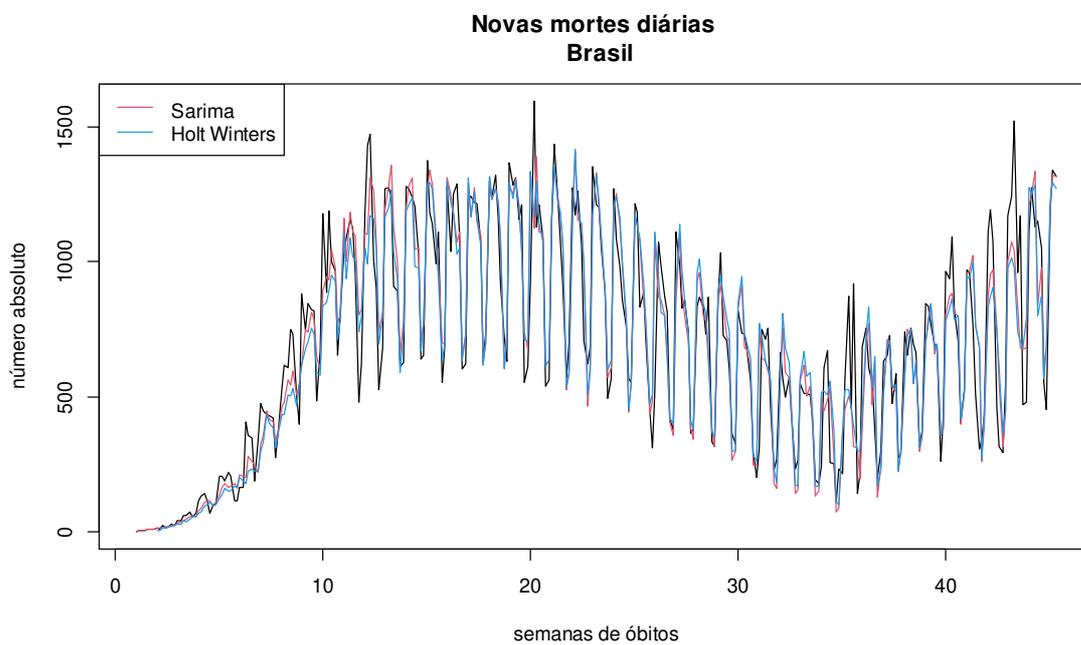


Gráfico 08 (a). Modelagem Holt Winters e Sarima para novas mortes.

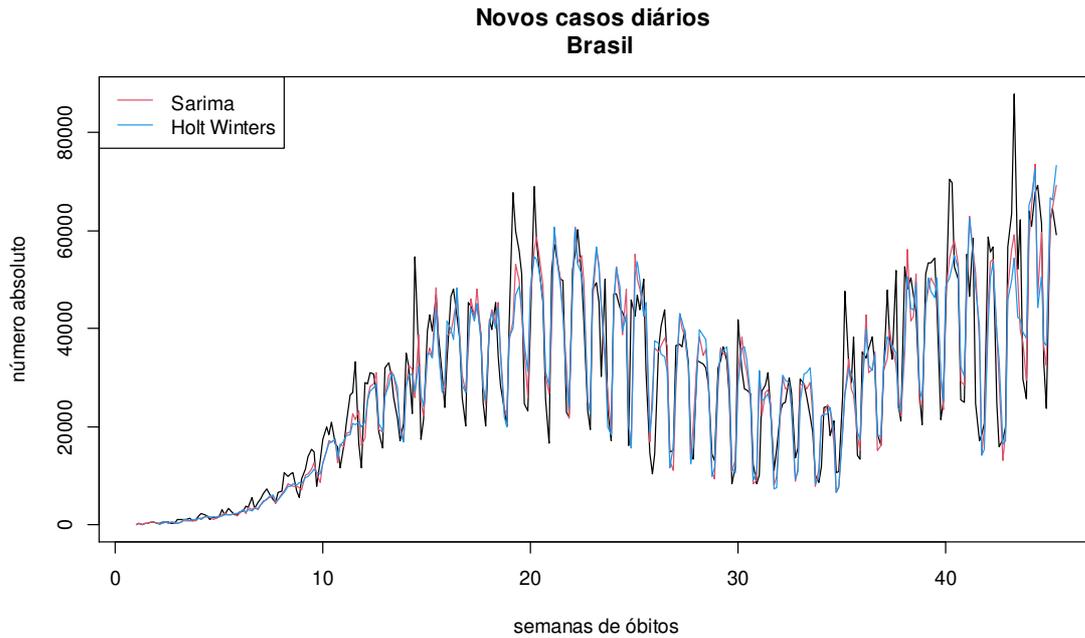


Gráfico 08 (b). Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos.

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 125 dias, e para as mortes, a cada 139 dias.

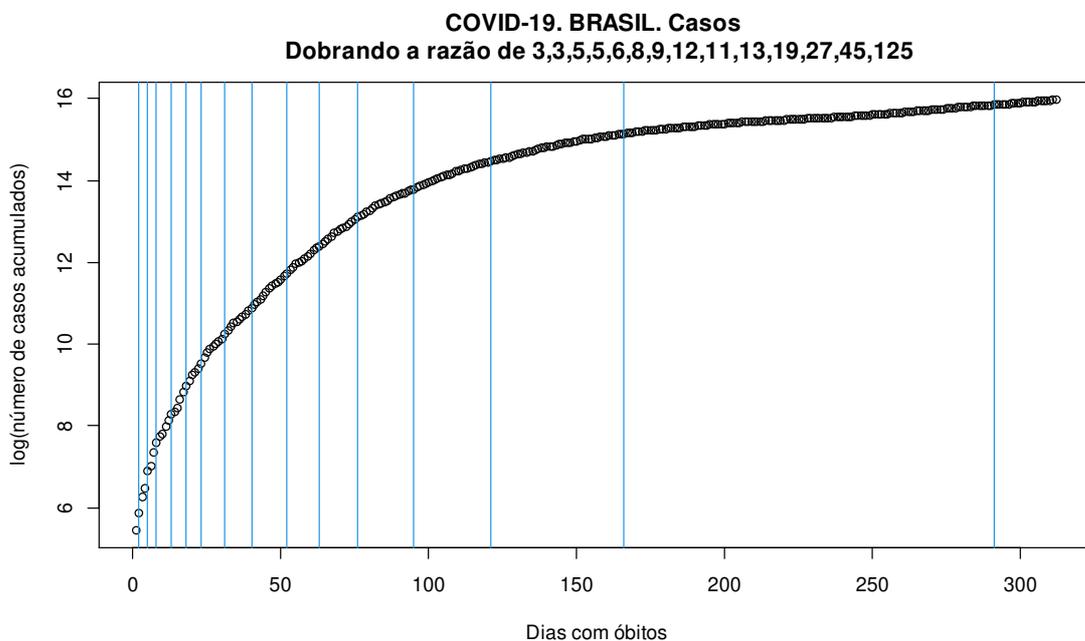


Gráfico 09 (a). Espaçamento entre os dobramentos de casos no Brasil.

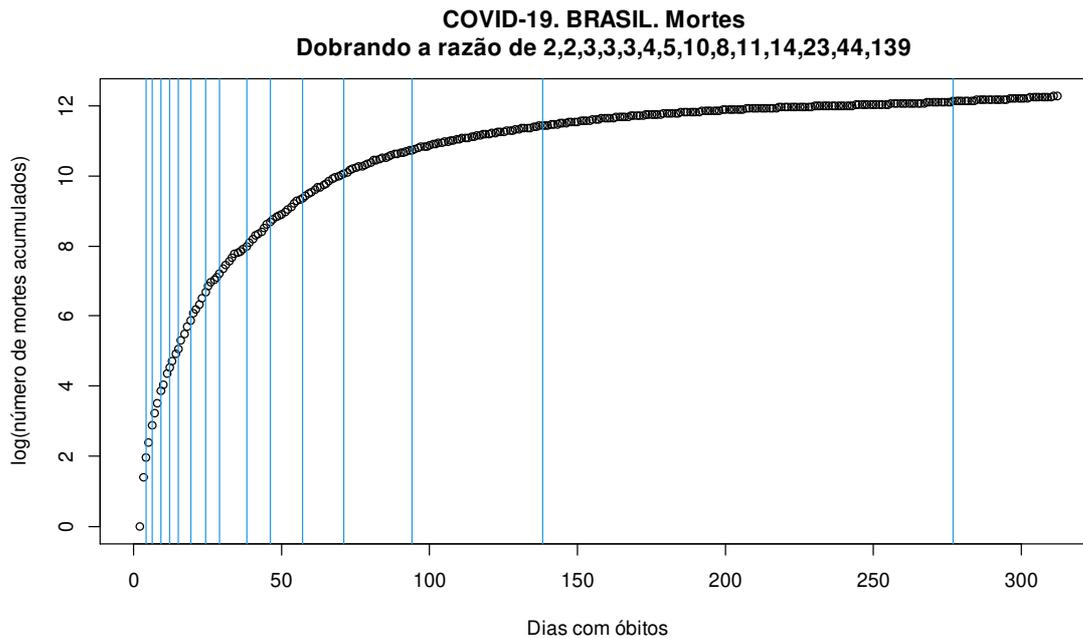


Gráfico 09 (b). Espaçamento entre os dobramentos de mortes no Brasil.

### 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 31 de dezembro por cada 1 000 habitantes foram 134 testes, este poder de testes é abaixo da média mundial, mantendo-se na posição 100 da semana passada. As letalidades propostas são: 1%, 1.5%, 2% 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 hoje 21 414 700 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

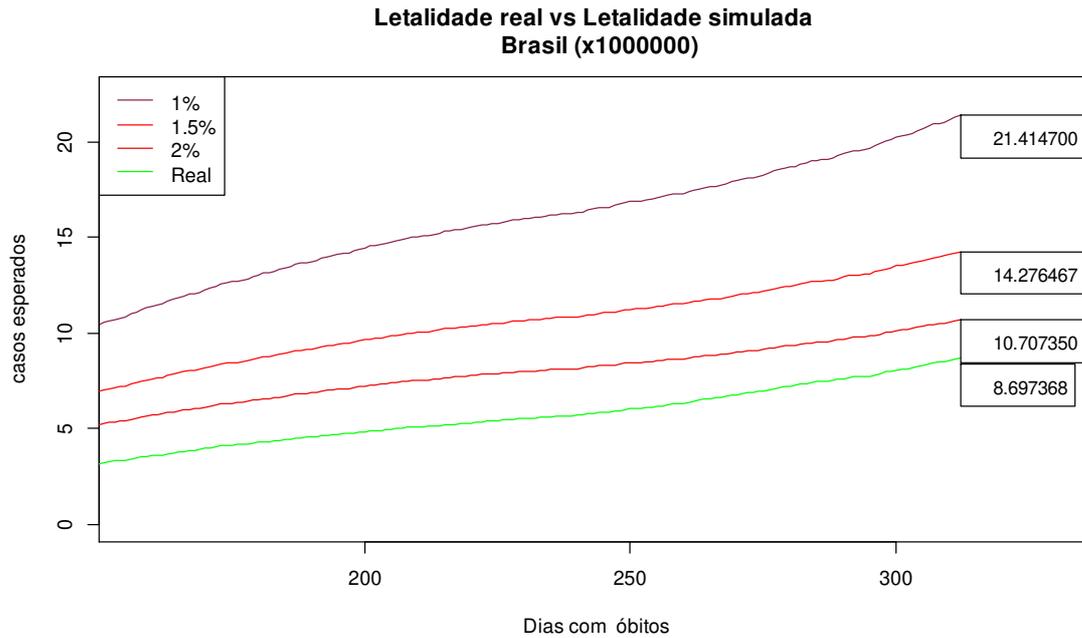


Grafico 10. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

### 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  $I = \left( \frac{casos}{211489034} \right) * 100\ 000$ . Mostra-se a partir do Gráfico 12, que a incidência é também crescente, saindo de 32.03 da semana passada para 27.95 nesta semana apresentando aumento na aceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 4113 casos por cada 100 000 habitantes.

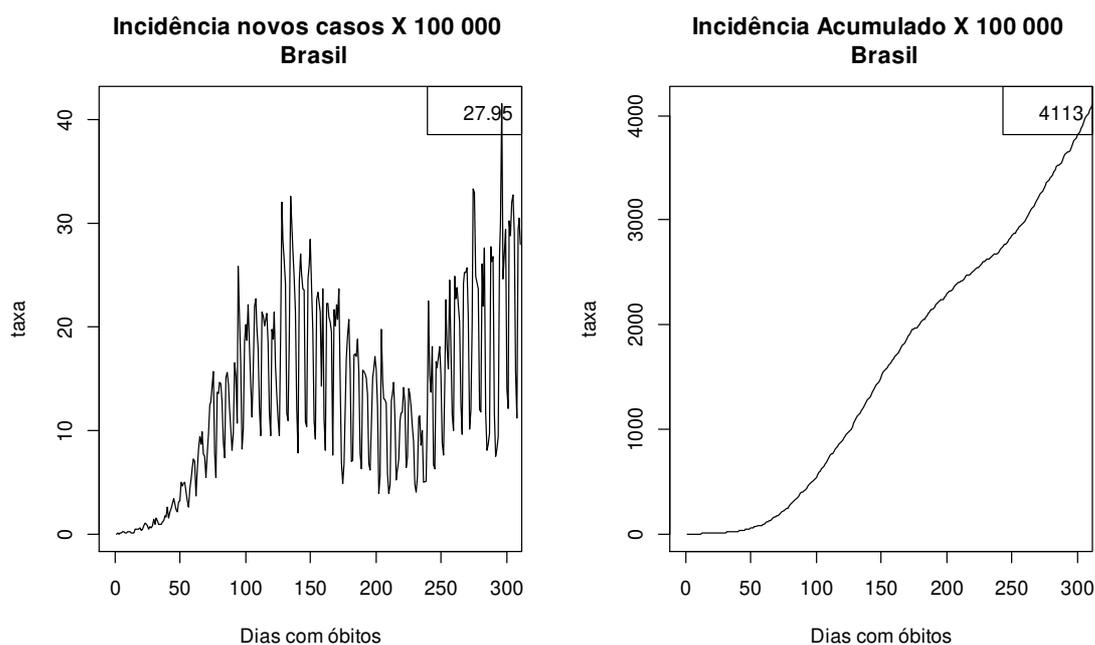


Gráfico 11. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

## Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 21 de janeiro, 131 023 casos confirmados e 2 697 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 4 819 casos e 80 mortes. Comparando as duas últimas semanas houve 2 340 casos a menos e 7 mortes a mais, que representam uma queda de 49% de casos e aumento de 10% de mortes, o que indica que o fornecimento de testes ficou ainda mais limitado, dado o aumento de mortes, como mostra a Tabela 05. No Gráfico 12 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	15/01/2021	1145	127349	12	2629
SE	16/01/2021	336	127715	11	2640
SE	17/01/2021	680	128385	12	2652
SE	18/01/2021	469	128854	10	2662
SE	19/01/2021	651	129505	12	2674
SE	20/01/2021	775	130280	11	2685
SE	21/01/2021	743	131023	13	2697

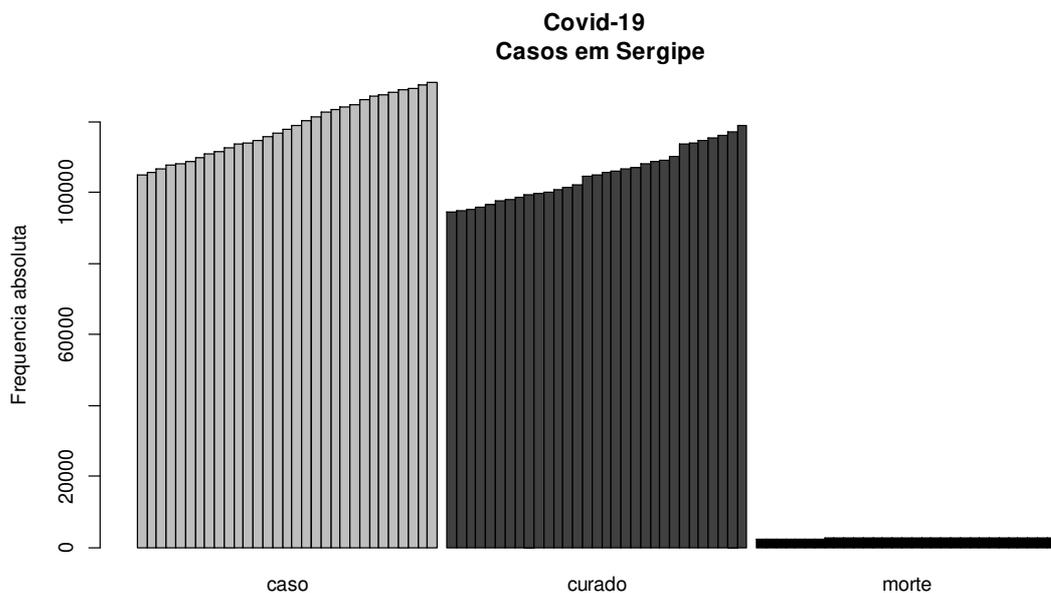


Gráfico 12. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Para acompanhar os novos casos e as novas mortes no estado, podemos visualizar os Gráficos 13 e 14.

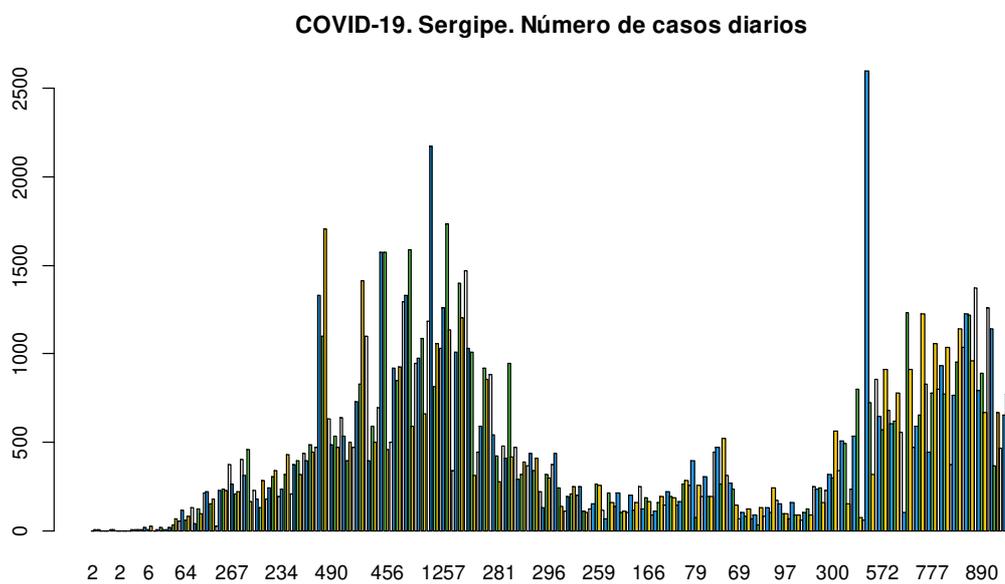


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

COVID-19. Sergipe. Número de mortes diárias

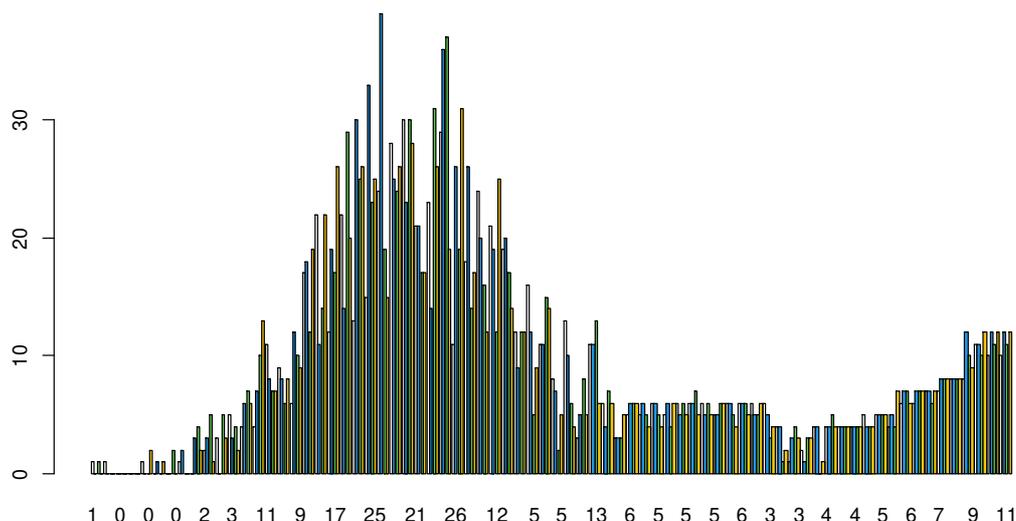


Gráfico 15. Mortes diárias no estado de Sergipe.

## Modelagem

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 0.27 % e as mortes com 0.04 %, foram usados apenas os 30 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 15.

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
22/01/2021	131485	130939.3 - 132030.0	2710	2709 - 2711
23/01/2021	131923	131235.9 - 132610.0	2723	2722 - 2724

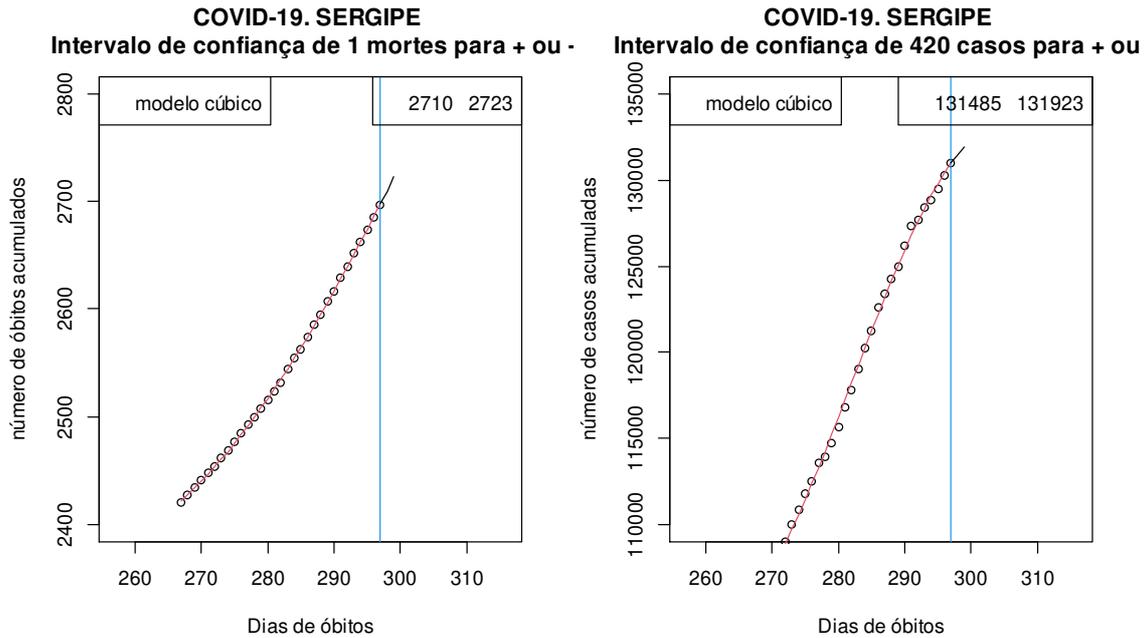


Gráfico 15: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

Para visualizar as médias de casos e mortes por semana, indicando um aumento absoluto de casos e uma estabilização de mortes, um teste de comparações múltiplas (Tukey) entre médias semanais permite afirmar que estatisticamente há igualdade para as mortes nos últimos quatro meses, contudo uma retomada é visível nestas duas semanas ( $p > 0.05$ ) e para os casos esta semana 42 já se compara com a semana 18, o pico da pandemia. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

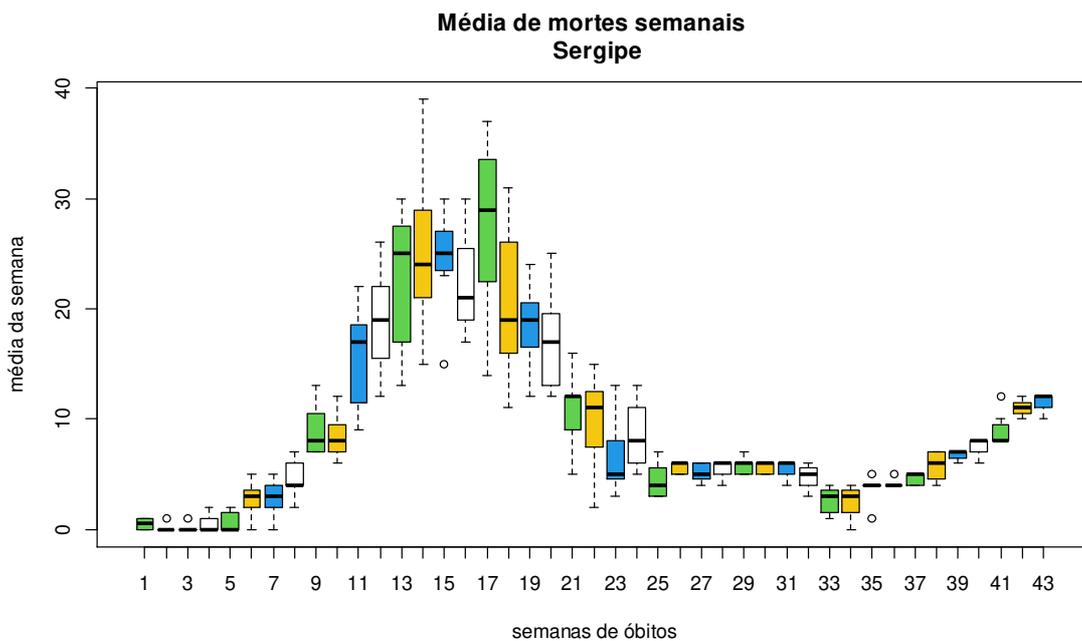


Gráfico 16 (a). Box Plot, para mortes semanais em Sergipe.

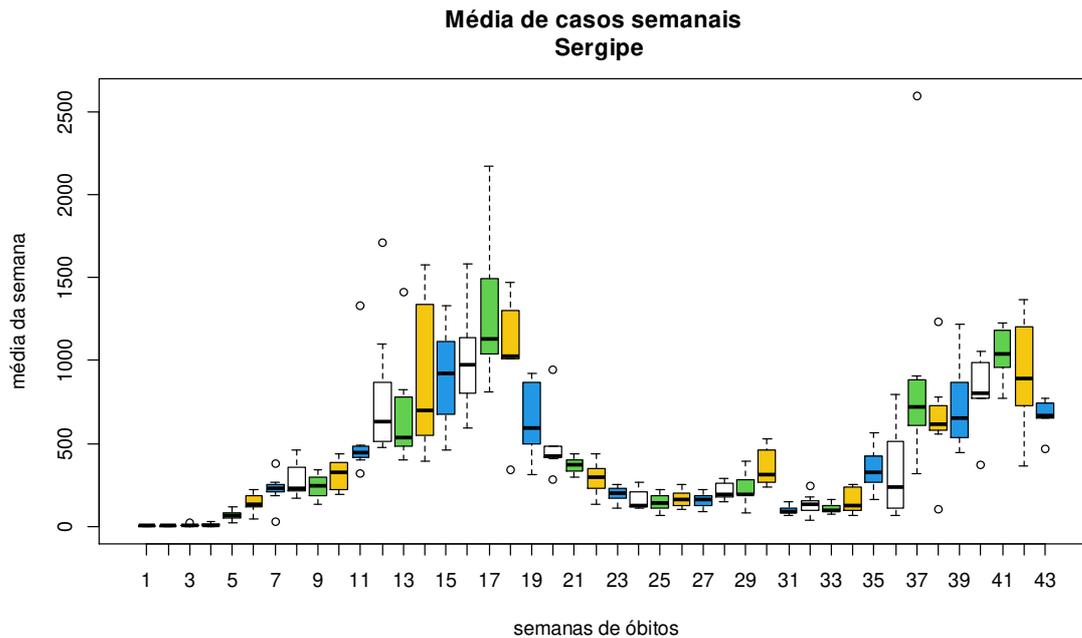


Gráfico 16 (b). Box Plot, para casos semanais em Sergipe.

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 700 casos e 12 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 5 000 casos e 87 mortes. Semana passada projetamos 7 619 casos e 80 mortes, sendo os valores reais de 4 819 casos e 80 mortes. As projeções por dia para esta semana estão na Tabela 07 e uma saída é visualizada no Gráfico 17.

Tabela 07. Modelagem e previsões futuras para Sergipe.

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
22/01/2021	735	11	743	13
23/01/2021	661	11	677	12
24/01/2021	694	12	872	12
25/01/2021	674	12	666	12
26/01/2021	695	12	696	12
27/01/2021	715	12	753	13
28/01/2021	702	13	855	13

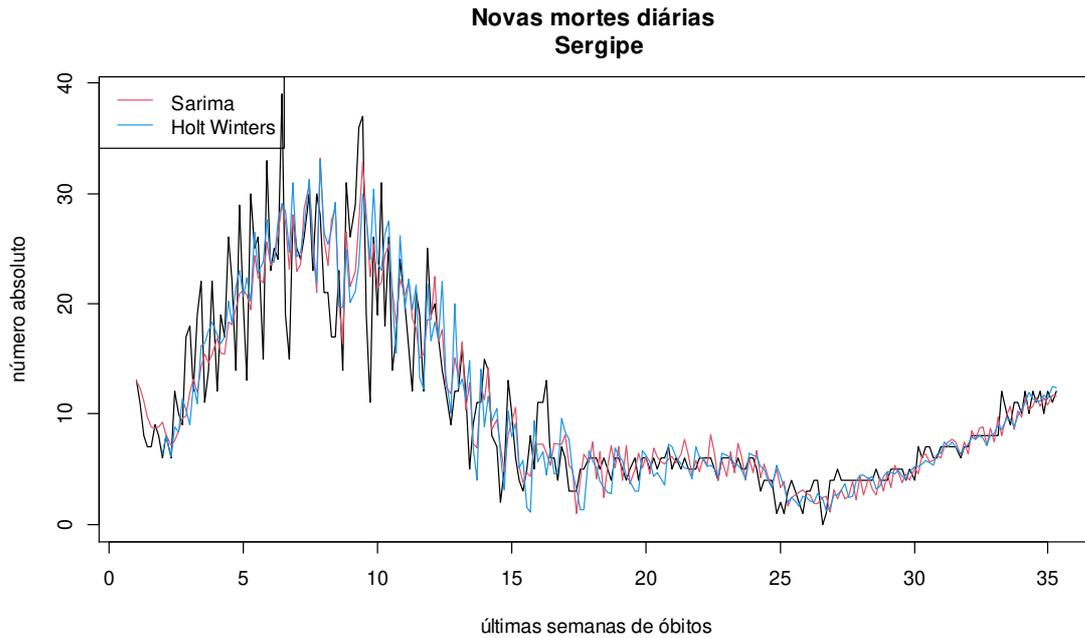


Gráfico 17 (a). Modelos Sarima e Holt Winters para mortes em Sergipe.

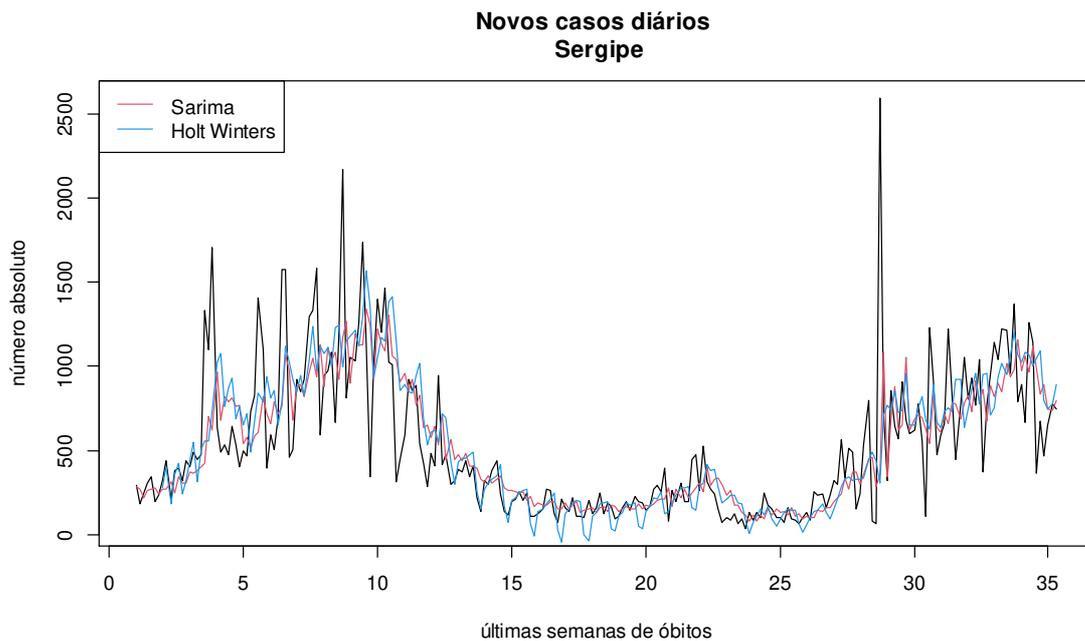


Gráfico 17 (a). Modelos Sarima e Holt Winters para casos em Sergipe.

### **Letalidade**

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.06% sendo de 2.07% semana passada, indicador que embora esteja ascilando abaixo da média nacional a qual é 2.5%, ela esta se aproximando da média nacional pois há mais de 6 meses meses oscila emtorno desse valor, ver Gráfico 18.

### Letalidade real em Sergipe

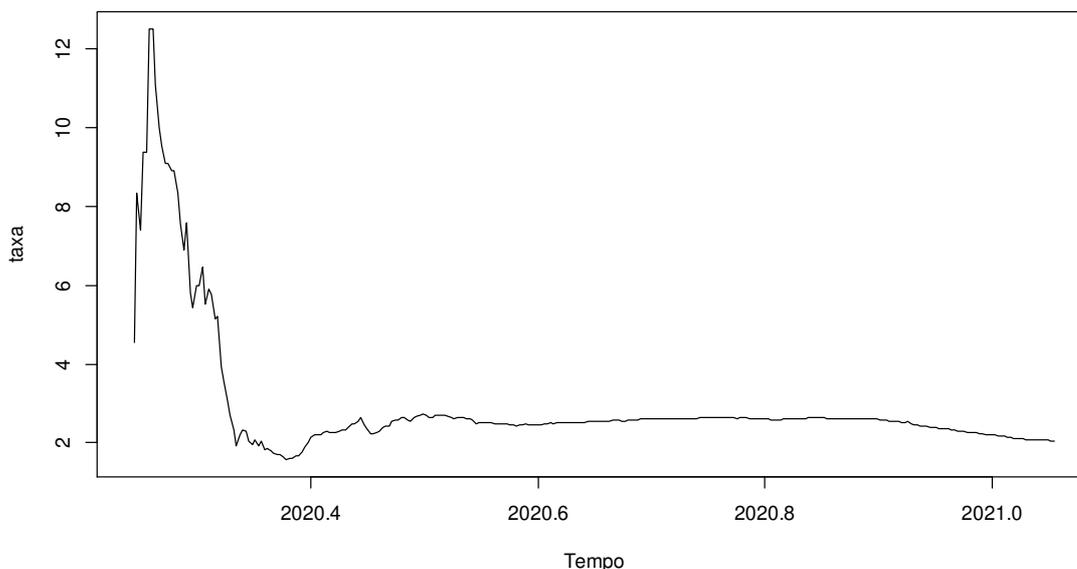


Gráfico 18. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

### 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 terceira posição em casos e segundo em mortes acumuladas, também na comparação de poder de testes por mil habitantes o Brasil ocupava a posição 108 semana passada e nesta semana se mantém nessa posição de um total de 218 países afetados pela pandemia.
3. O Brasil é o terceiro país com maior número de contagiados e segundo em número de mortes, ele representa em torno de 10% para casos e mortes no mundo, que nestas semanas apresentou aumentos estatisticamente significativos.
4. Uma nova onda de crescimento tanto para casos e mortes no Brasil está presente, indicando crescimento para as próximas semanas e conseqüentemente sufoca os centros de controle de esta pandemia no país.
5. A letalidade de de 2.5 % igual ao da semana passada, é considerado alto a nível mundial, indicando limitação no fornecimento de testes a sua população.
6. Esta semana 45 de óbitos, os casos e mortes já se compara com as estatísticas da semana 19, o pico da pandemia. E para semana que vem se projeta uma quantidade maior de mortes e uma estabilidade nos casos, dado a limitação no fornecimento dos testes, contudo há uma retomada significativa para os dois indicadores no país.
7. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 359 130 casos e 7 389 mortes.
8. No âmbito regional esta semana 43, Sergipe sai de uma estabilização de mais de cinco meses para as mortes indicando retomada nos aumentos de casos e mortes, esta semana serão em média 700 casos e 12 mortes por dia. As mortes se

afastam da igualdade das estatísticas das primeiras semanas e os casos já se compara com a semana 18, o pico da pandemia.

9. A Letalidade no estado de Sergipe se manteve em 2.06%, aproximando-se da média nacional.
10. 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 logisticas 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 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.**

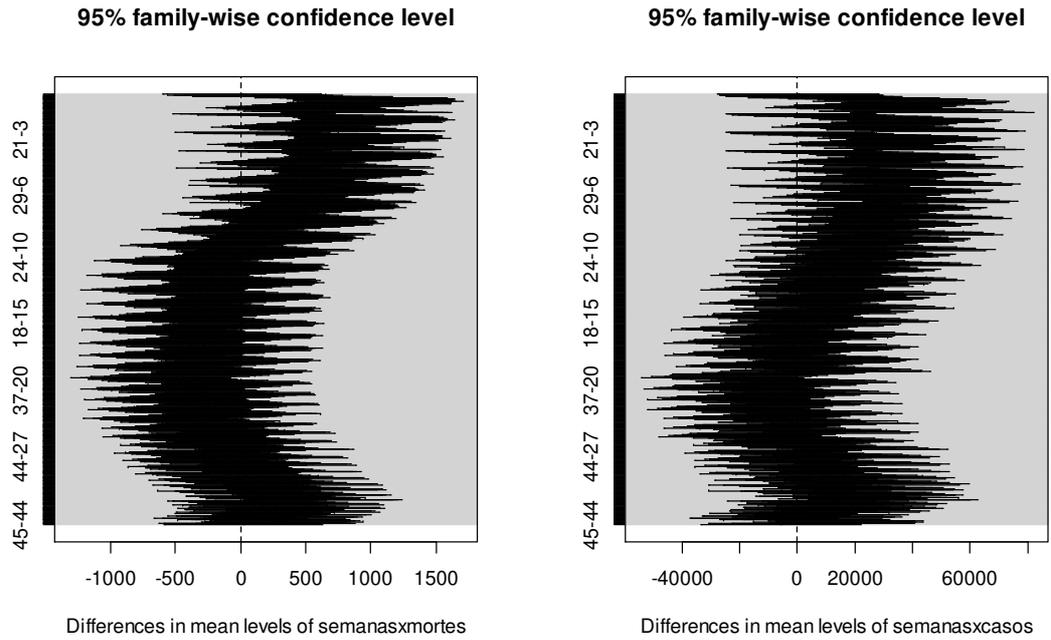


Gráfico 19. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

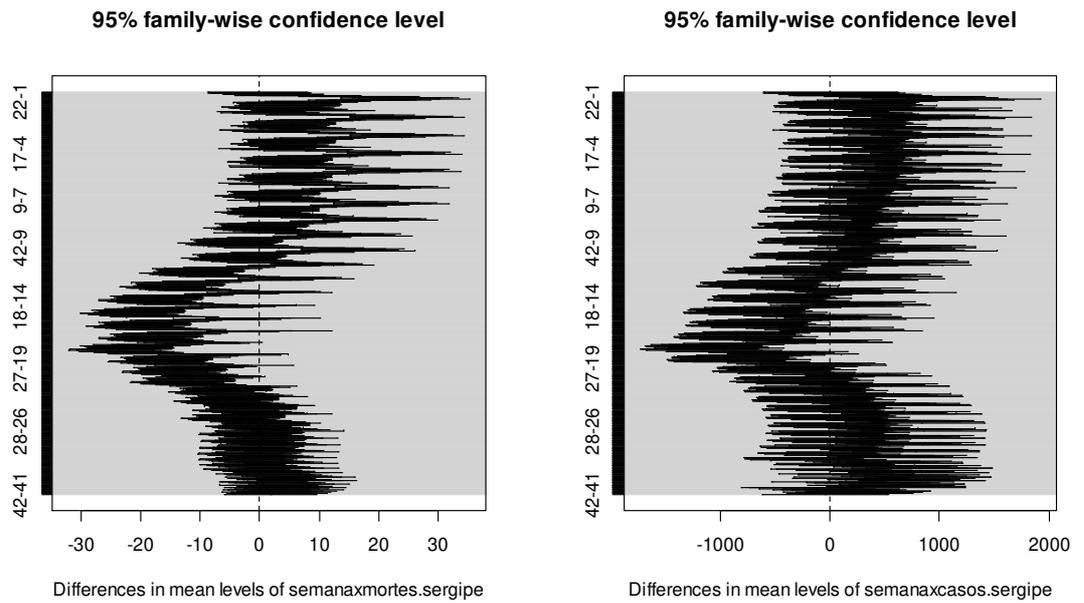


Gráfico 20. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.