



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

## Nota técnica n<sup>o</sup> 32 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 .....	8
Letalidade.....	12
Incidência.....	13
Resultados Sergipe.....	13
Modelagem.....	15
Letalidade.....	18
Conclusões .....	19
Bibliografia .....	20
Anexos.....	20

### Contato

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

São Cristóvão, 10 de dezembro 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%, 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 25.22, onde semana passada era de 23.84 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 121 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 642 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, porém dentre os

três o Brasil esta na contramão, onde começa a perder protagonismo mundial, descendo da curva de crescimento e atualmente oscilando em torno de 10%, para os casos e mortes, porém nestas três 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.

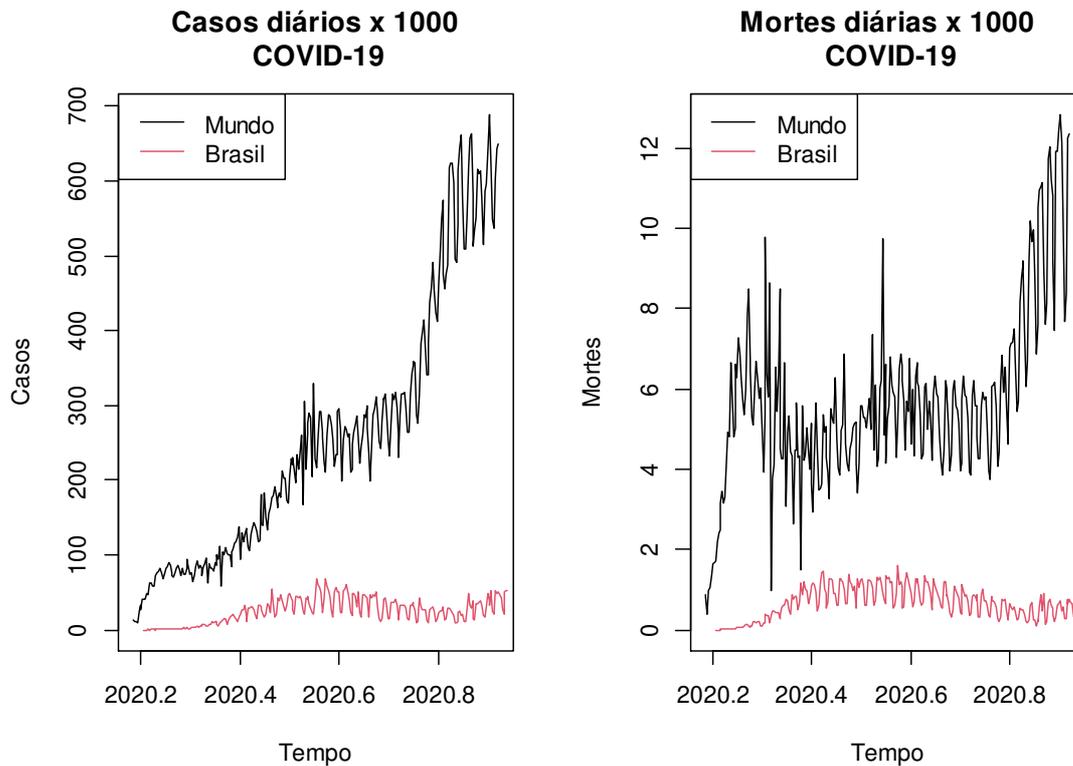


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

### Percentuais do Brasil no Mundo por COVID-19

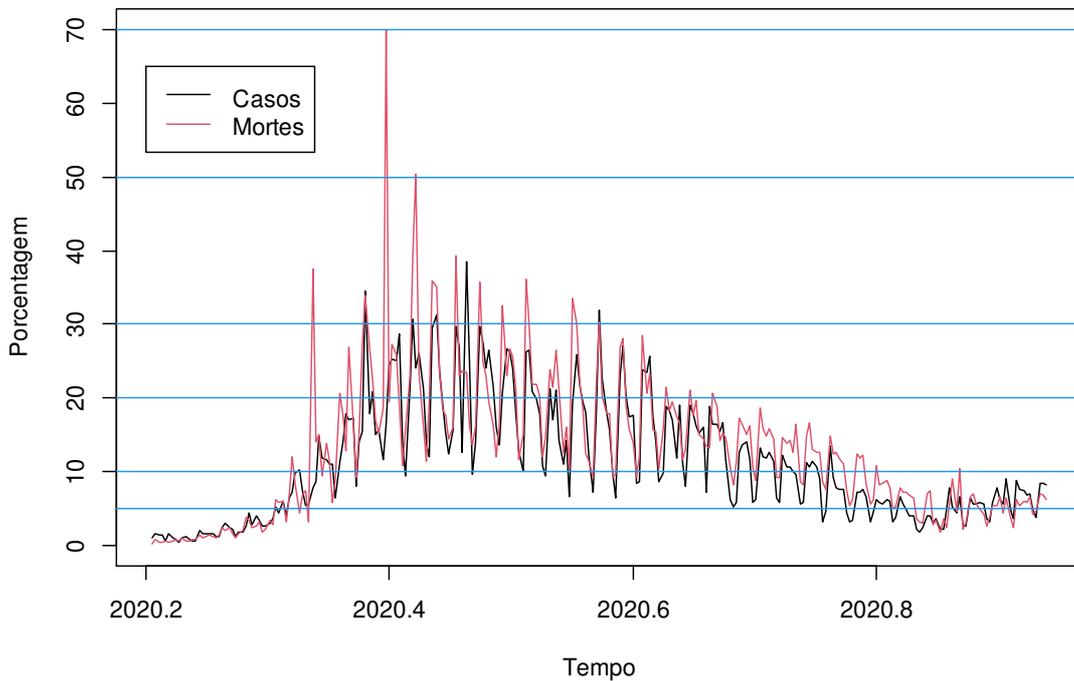


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

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; 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. 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 09 de dezembro o Brasil teve 53 453 casos e 836 óbitos de um total de 643 472 casos e 12 260 mortes no mundo, representando 8.3% dos casos e 6.8% das mortes, se comparados com a quarta passada estes percentuais tiveram aumento estatisticamente significativo de 7.1% nos casos e 19.8% nas mortes. O aumento expressivo de casos deve-se ao fato de que há duas semanas o país têm apresentado crescimentos absolutos de casos e mortes. Uma visualização de casos e mortes acumuladas como mostra o Gráfico 03 aponta um crescimento potencial para ambos, contudo há presença de desaceleração nestas últimas semanas, e que até a data do dia 10 de dezembro, foram de 6 781 799 casos confirmados e 179 765 mortes, aumentando em uma semana mais de 294 715 casos e mais e de 4 495 mortes, comparando o saldo entre semanas há um aumento de 12201 casos e 722 mortes, que em termos percentuais representa um aumento de 4.3% nos casos e aumento de 19.1% nas mortes.

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

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
04/12/2020	6533968	175964	5744369	613635
05/12/2020	6577177	176628	5761363	639186
06/12/2020	6603570	176941	5776182	650417
07/12/2020	6623911	177315	5801067	645527
08/12/2020	6674999	178159	5854709	642131
09/12/2020	6728452	178995	5901511	647946
10/12/2020	6781799	179765	5931777	670257

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

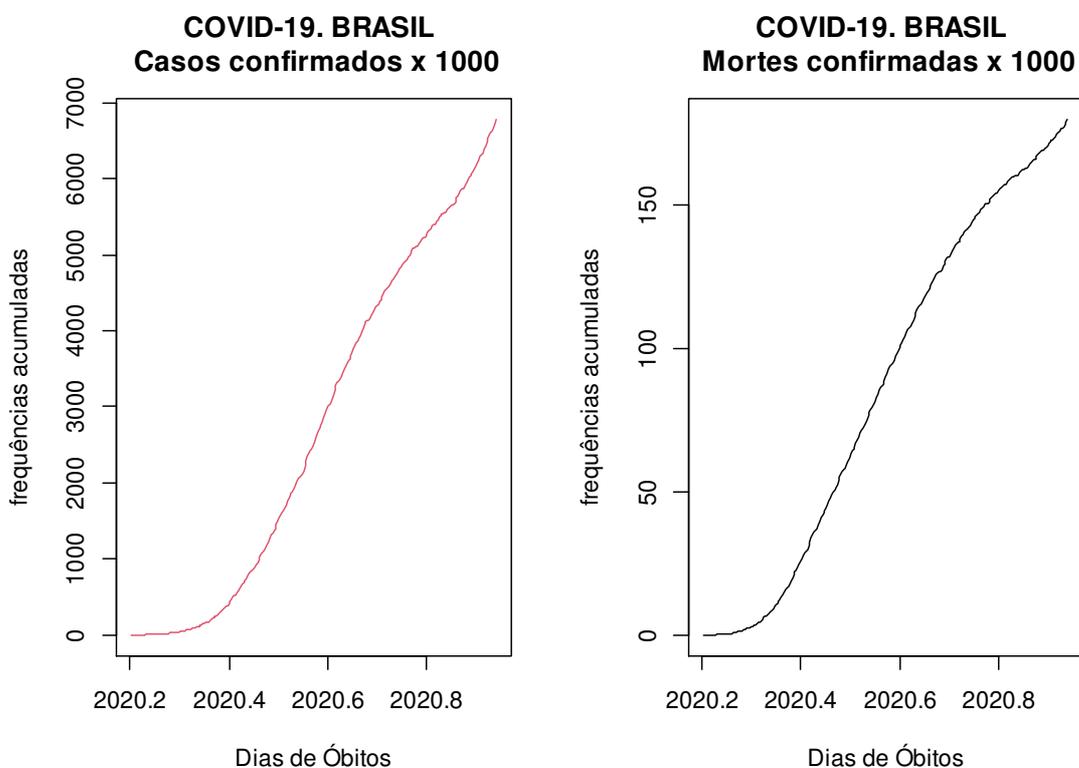


Gráfico 03 (a): Evolução dos casos e mortes no Brasil.

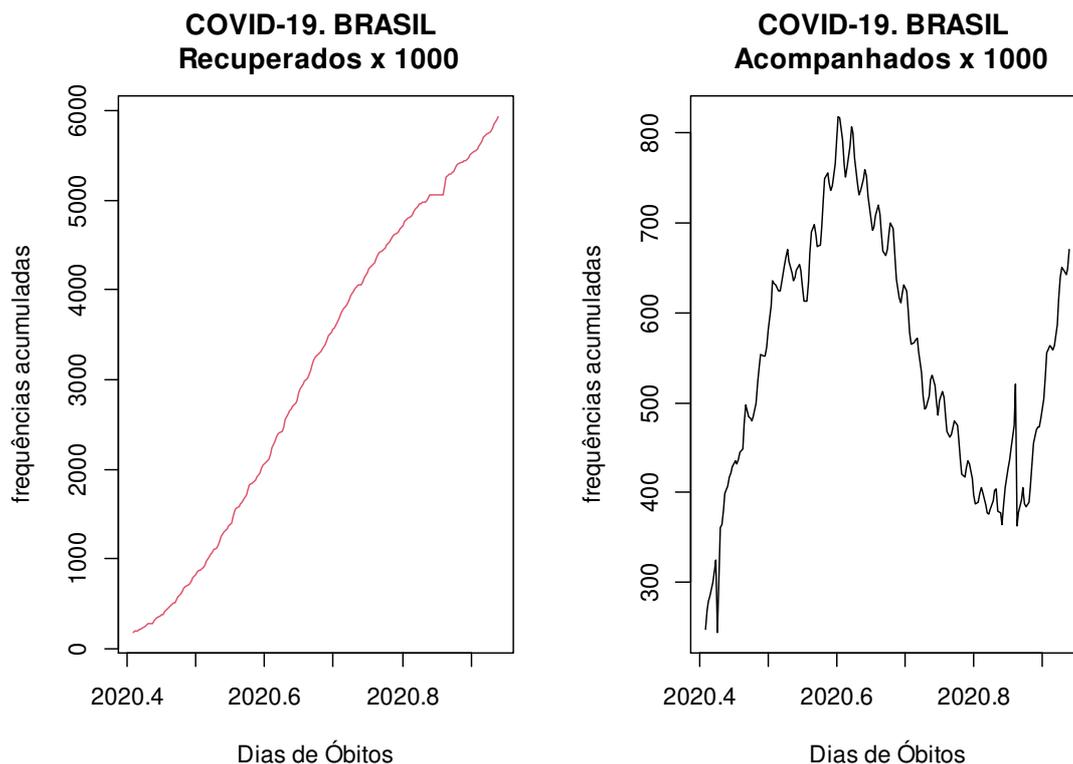


Gráfico 03 (b): Evolução dos recuperados e acompanhados no Brasil.

No gráfico 03(b), podemos observar o crescimento potencial dos recuperados e também um aumento significativo dos acompanhados, 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 1 306 5885 casos e 43 461 mortes, e os seguem os estados de Minas Gerais, Bahia, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, 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

	Casos	Mortes
Estado	Acumulados	Acumulados
SP	1306585	43461
MG	448880	10429
BA	431786	8502
SC	411631	4183
RJ	378084	23430
RS	359544	7388
PR	313880	6608

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 10 de dezembro de 2020, iniciando desde o primeiro dia alcançou 770 óbitos e 53 347 casos neste dia, mostrando que uma nova onda de crescimentos tanto para casos e mortes se instalou no Brasil, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

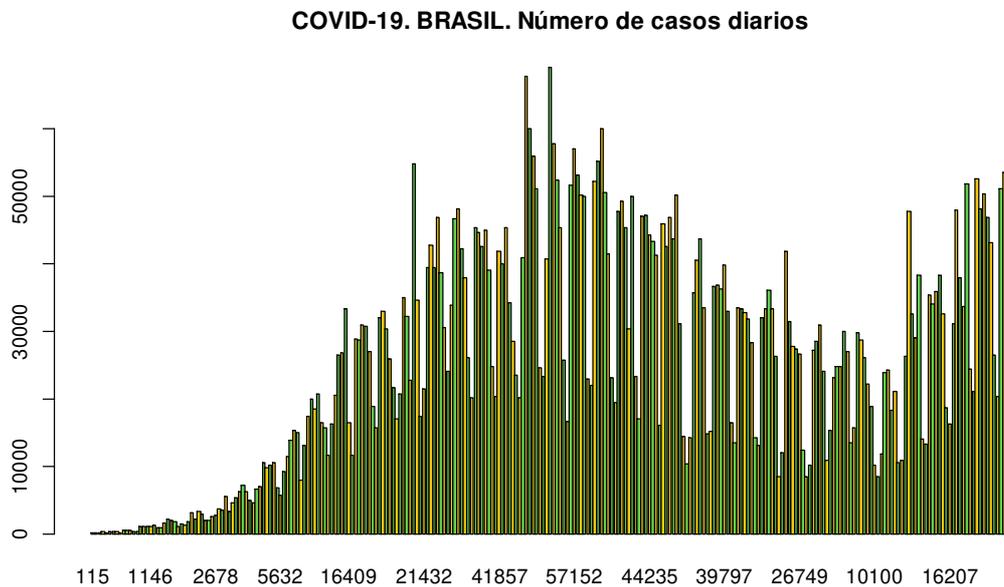


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

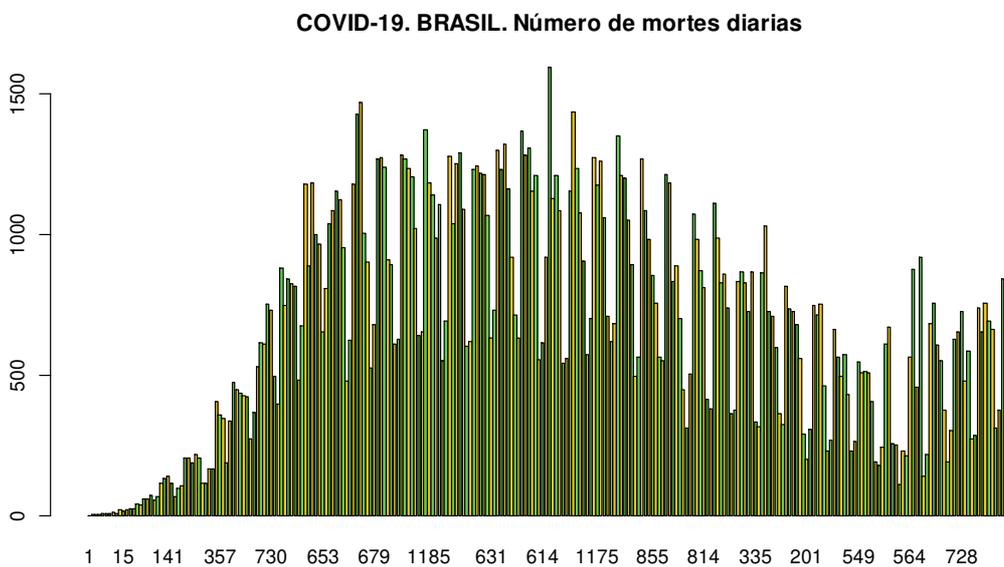


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

## 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 quadrático por apresentar erro de ajuste de 0.10%, ou seja, as estimativas do modelo se afastam em média 0.1% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.13%. 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
11/12/2020	6806666	180349	6778445 - 6834888	179881.2 - 180816.7
12/12/2020	6843867	181071	6803953 - 6883782	180410.1 - 181733.3

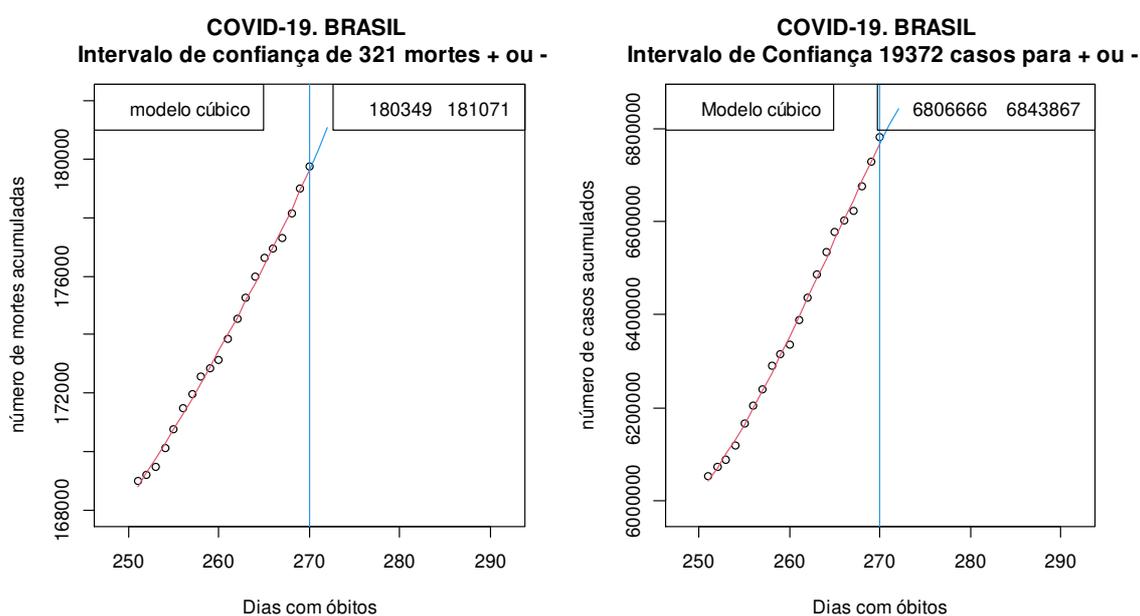


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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 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

maiores médias que a semana passada. Usando um teste de comparações múltiplas de médias (Teste de Tukey), indica, que a última semana 39 a média de casos e mortes é estatisticamente iguais a da semana 19 a qual foi o pico da pandemia ( $p>0,05$ ). Isto indica um aumento se comparado com semanas previas, ou seja o país teve um aumento expressivo e estatisticamente maior para ambas características.

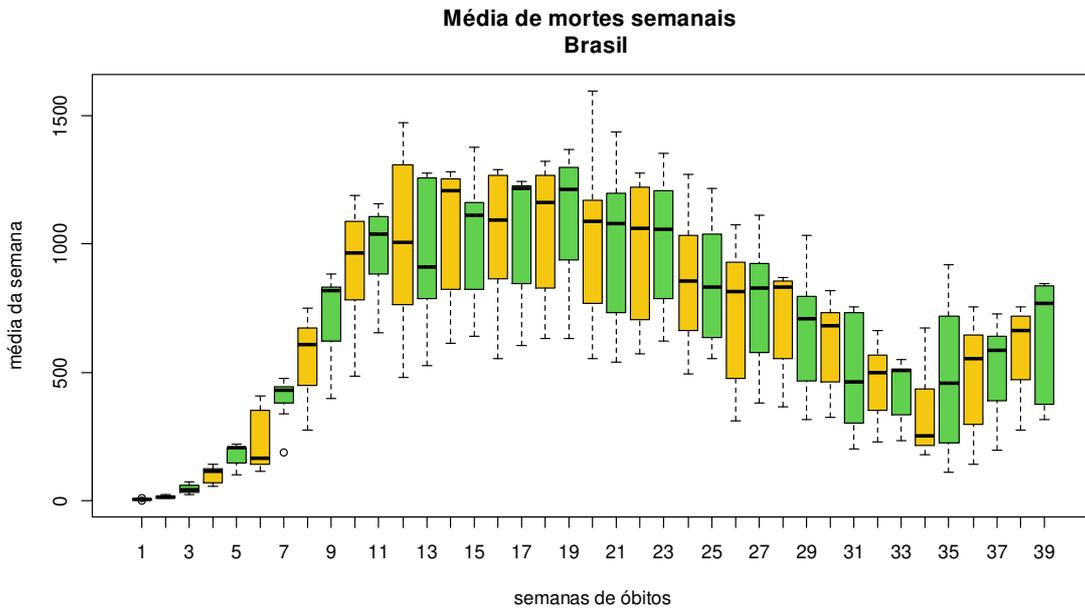


Gráfico 07(a). Médias semanais de mortes confirmadas por COVID-19

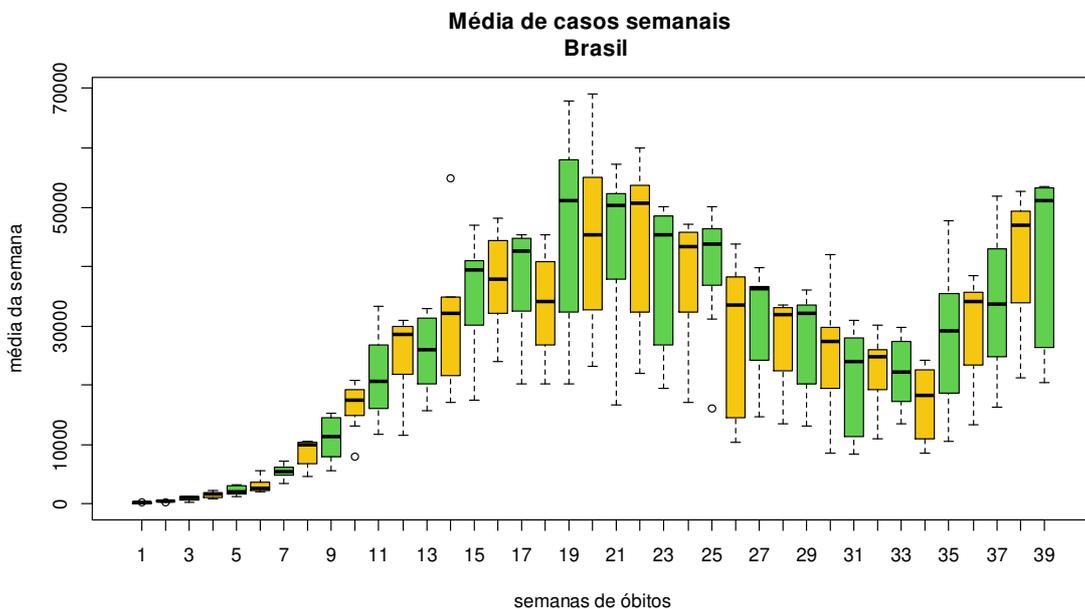


Gráfico 07(b). Médias semanais de casos confirmados por COVID-19

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 45 078 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 6 301 casos para mais e para menos e 668 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 133 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem poemos atingir aproximadamente 315 548 casos e 4 681 mortes. Semana passada se projetou 306 616 casos e o valor real foi 294 715, para as mortes projetou-se 3902 e o valor real foi 4 495. Também podemos observar que estes modelos conseguem extrair o efeito sazonal diário, ver Tabela 04.

Tabela 04. Modelagem e previsões futuras para o Brasil.

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
11/12/2020	47775	682	47413	678
12/12/2020	49453	701	49844	691
13/12/2020	30818	366	31410	355
14/12/2020	27638	422	28922	410
15/12/2020	51168	819	52558	794
16/12/2020	55383	839	56372	802
17/12/2020	53313	852	54118	818

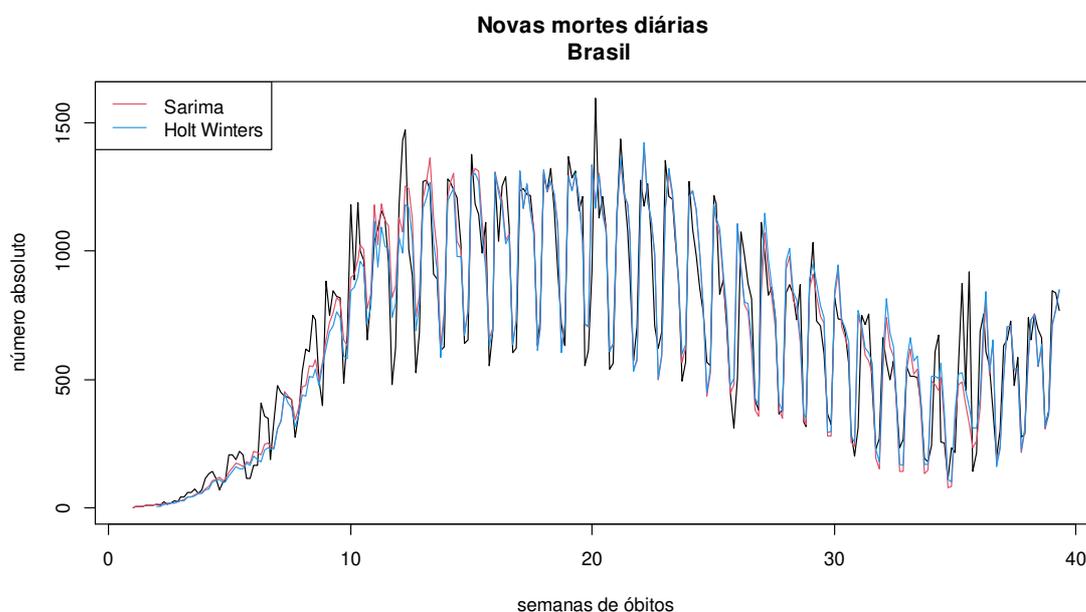


Gráfico 08 (a). Modelagem Holt Winters e Sarima para novas mortes.

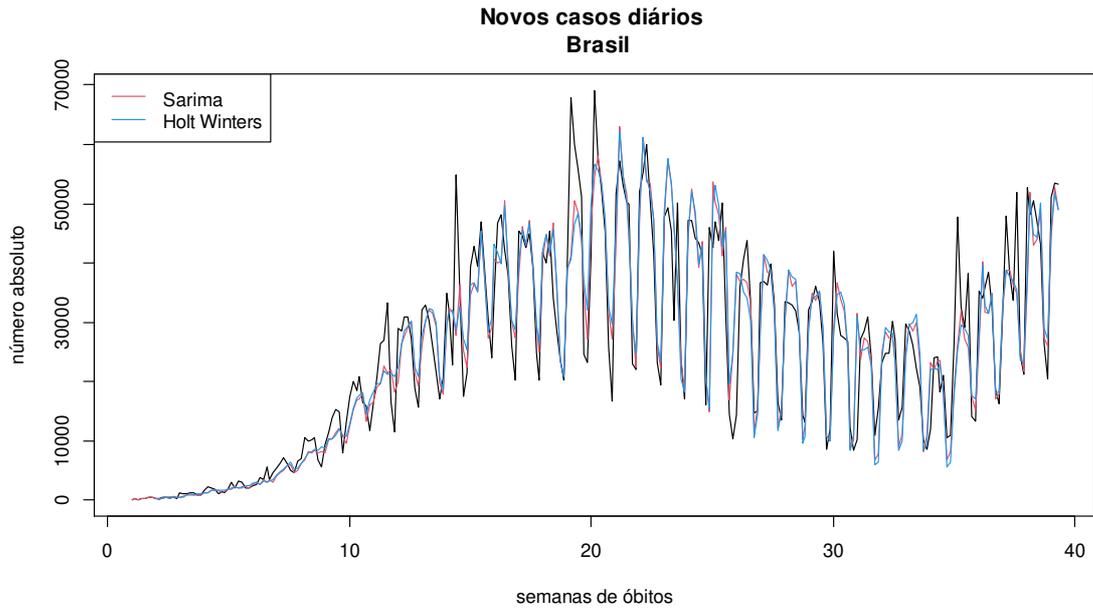


Gráfico 08 (b). Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos.

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 45 dias, e para as mortes, a cada 44 dias.

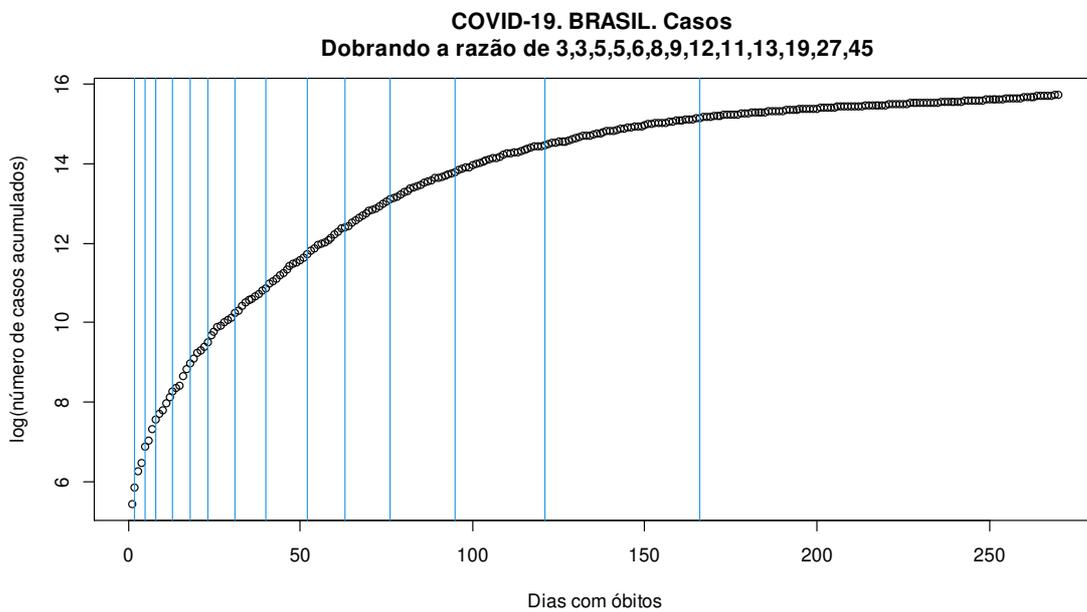


Gráfico 09 (a). Espaço entre os dobramentos de casos no Brasil.

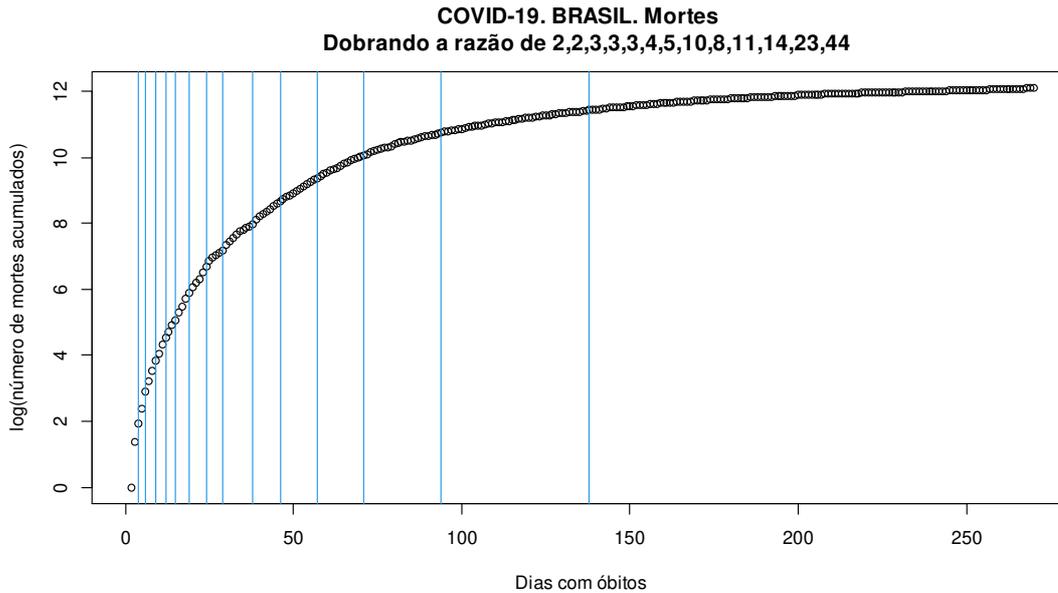


Gráfico 09 (b). Espaçoamento entre os dobramentos de mortes no Brasil.

## 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 10 de dezembro por cada 1 000 habitantes foram 121 testes, este poder de testes é abaixo da média mundial, saindo da posição 99 da semana passada para a 98 nesta semana. As letalidades propostas são: 1%, 2%, 2.5% 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 17 976 500 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

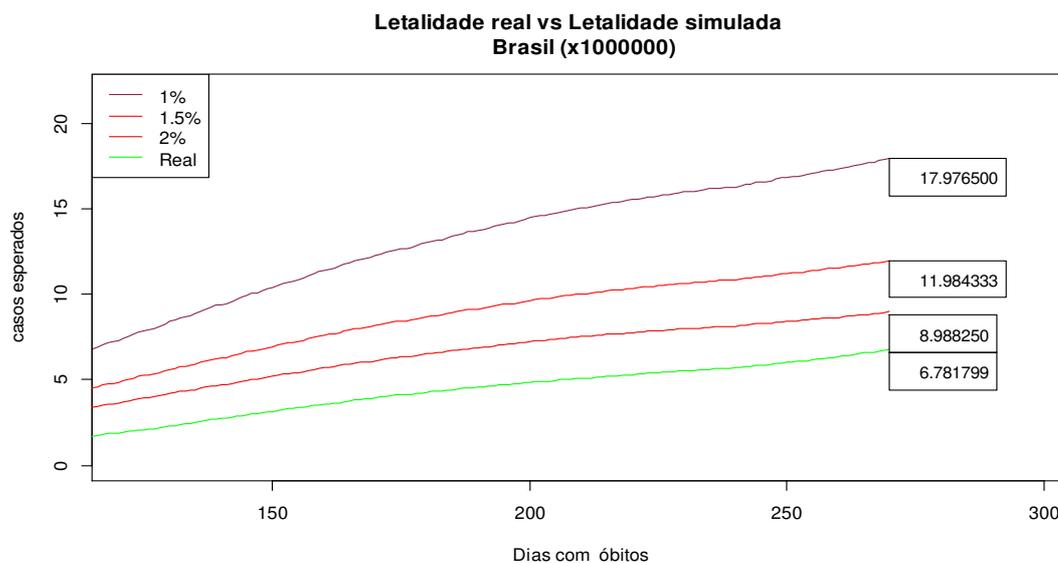


Gráfico 10. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

## 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  $I = \left( \frac{\text{casos}}{211489034} \right) * 100\ 000$ . Mostra-se a partir do Gráfico 12, que a incidência é também crescente, saindo de 17.95 da semana passada para 23.84 nesta semana apresentando leve aceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 3068 casos por cada 100 000 habitantes.

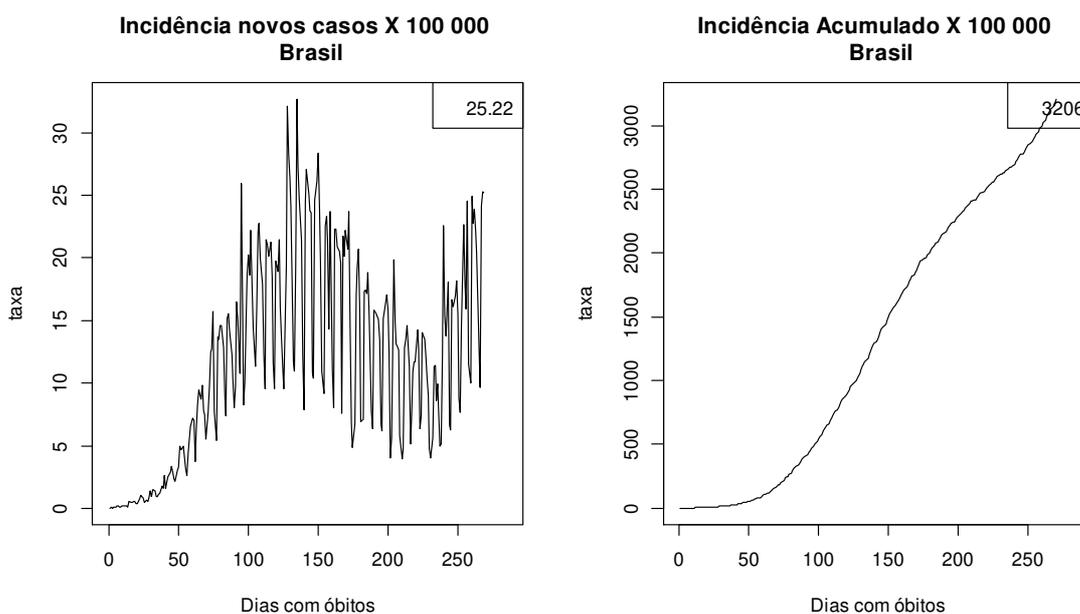


Gráfico 11. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

## Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 10 de dezembro, 96 990 casos confirmados e 2 351 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 5 272 casos e 31 mortes. Comparando as duas últimas semanas houve 2 215 casos a mais e 3 mortes a mais, que representam 72% de casos a mais e 11% de mortes a mais, 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	04/12/2020	75	91793	4	2324
SE	05/12/2020	61	91854	5	2329
SE	06/12/2020	2597	94451	4	2333

SE	07/12/2020	723	95174	4	2337
SE	08/12/2020	319	95493	4	2341
SE	09/12/2020	853	96346	5	2346
SE	10/12/2020	644	96990	5	2351

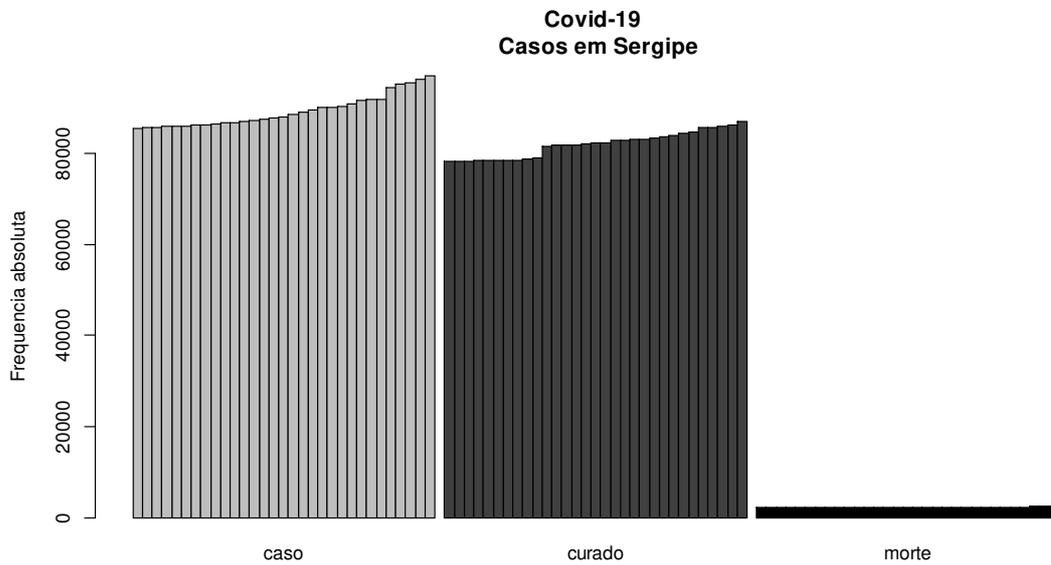


Gráfico 12. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

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

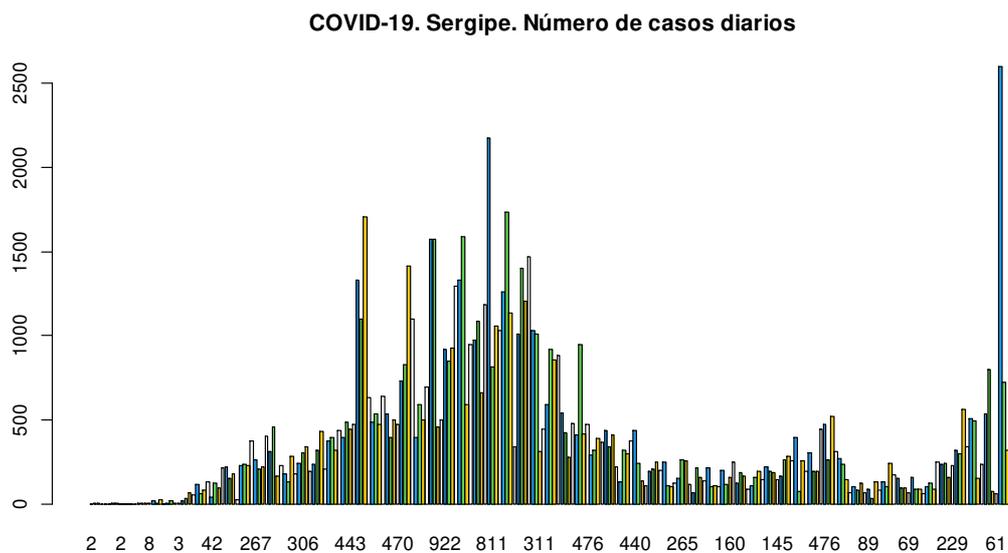


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

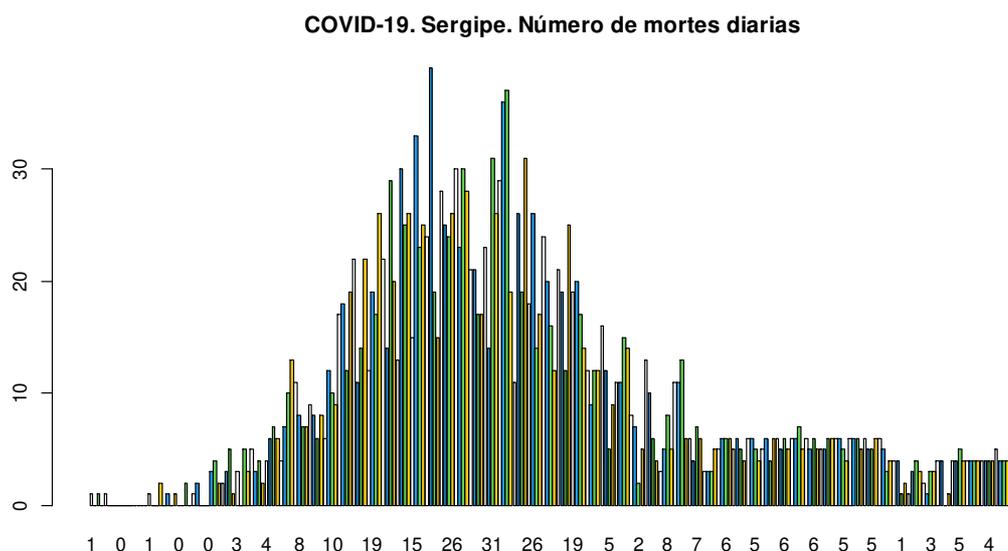


Gráfico 15. Mortes diárias no estado de Sergipe.

### 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 0.18 % e as mortes com 0.08 %, 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 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
11/12/2020	97606	97149.96 - 98061.59	2356	2355.051 - 2357.897
12/12/2020	98445	97929.02 - 98961.44	2361	2359.909 - 2363.132

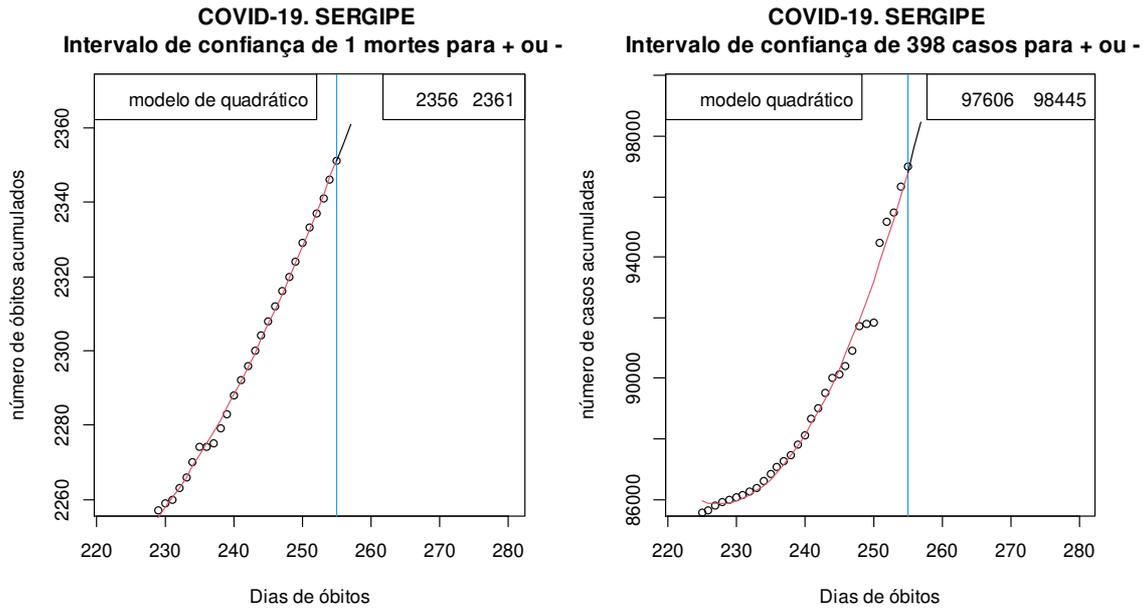


Gráfico 15: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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 não há igualdade e apresenta queda se comparada com as últimas semanas ( $p < 0.05$ ) e que esta semana 34 são estatisticamente iguais às médias de casos das primeiras semanas de iniciada a proliferação do vírus no estado. O mesmo acontece com as mortes as quais são estatisticamente iguais à semana 1. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

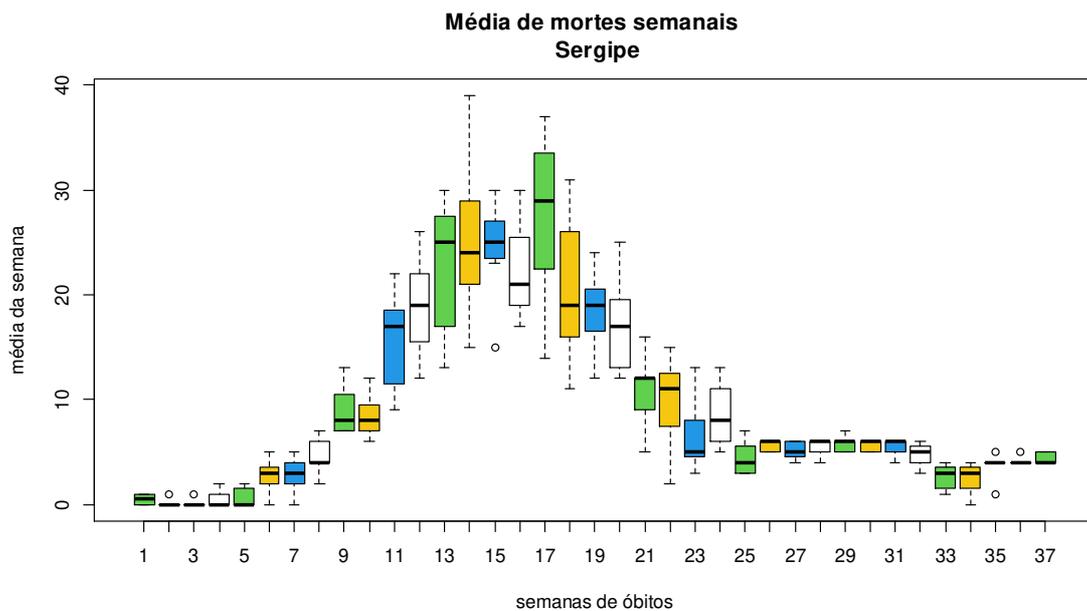


Gráfico 16 (a). Box Plot, para mortes semanais em Sergipe.

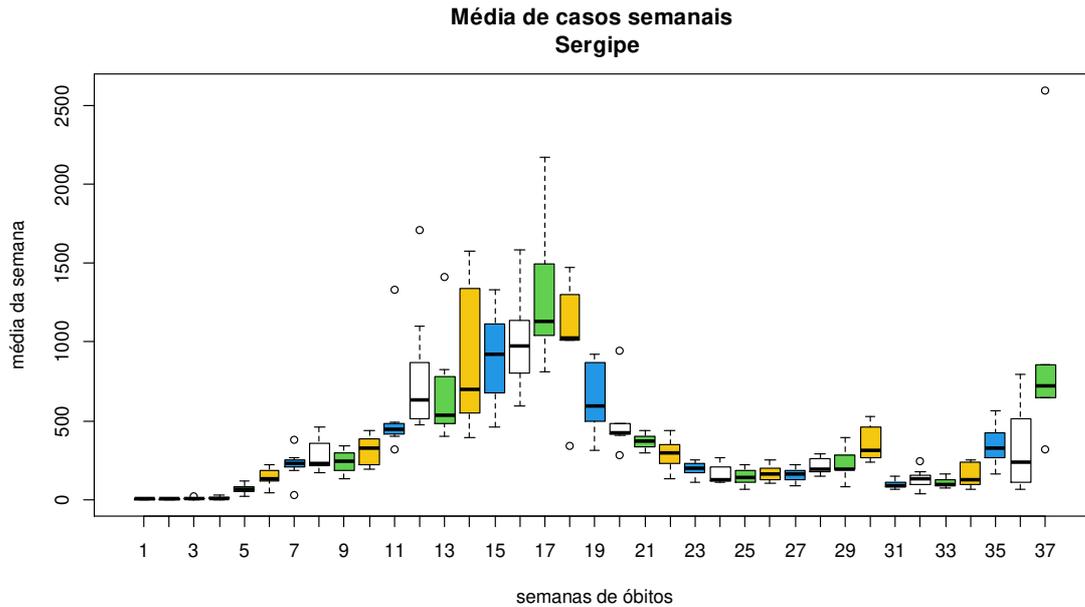


Gráfico 16 (b). Box Plot, para casos semanais em Sergipe.

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 870 casos e 5 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 6 100 casos e 35 mortes. Semana passada projetamos 3 886 casos e 28 mortes, sendo os valores reais de 5 272 casos e 31 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
11/12/2020	600	6	748	5
12/12/2020	644	5	799	4
13/12/2020	1086	5	1095	4
14/12/2020	755	5	787	5
15/12/2020	679	6	789	5
16/12/2020	767	6	926	5
17/12/2020	721	6	1008	5

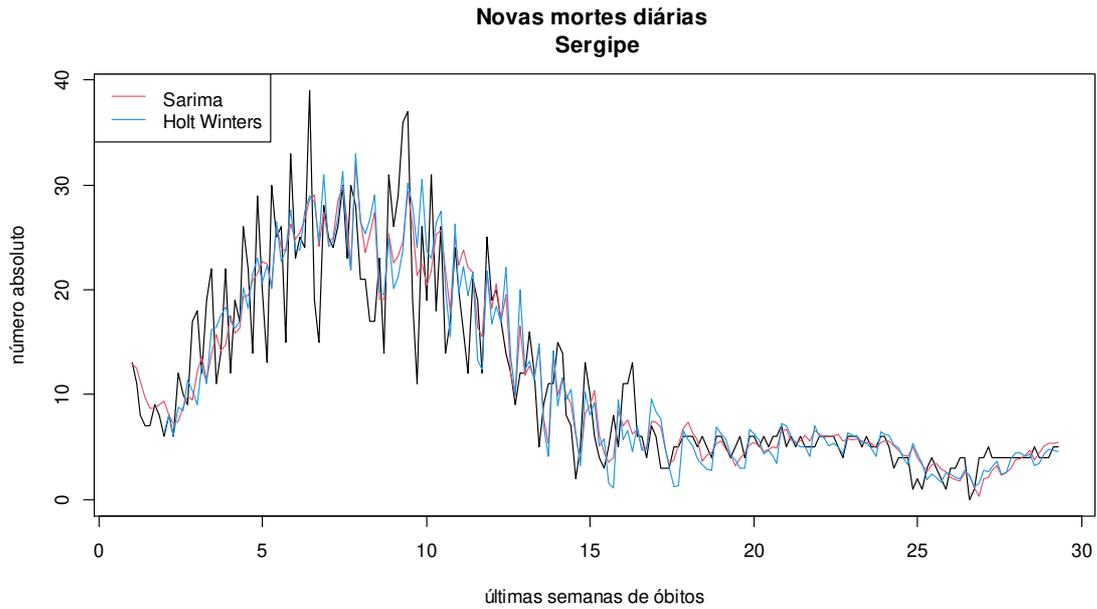


Gráfico 17 (a). Modelos Sarima e Holt Winters para mortes em Sergipe.

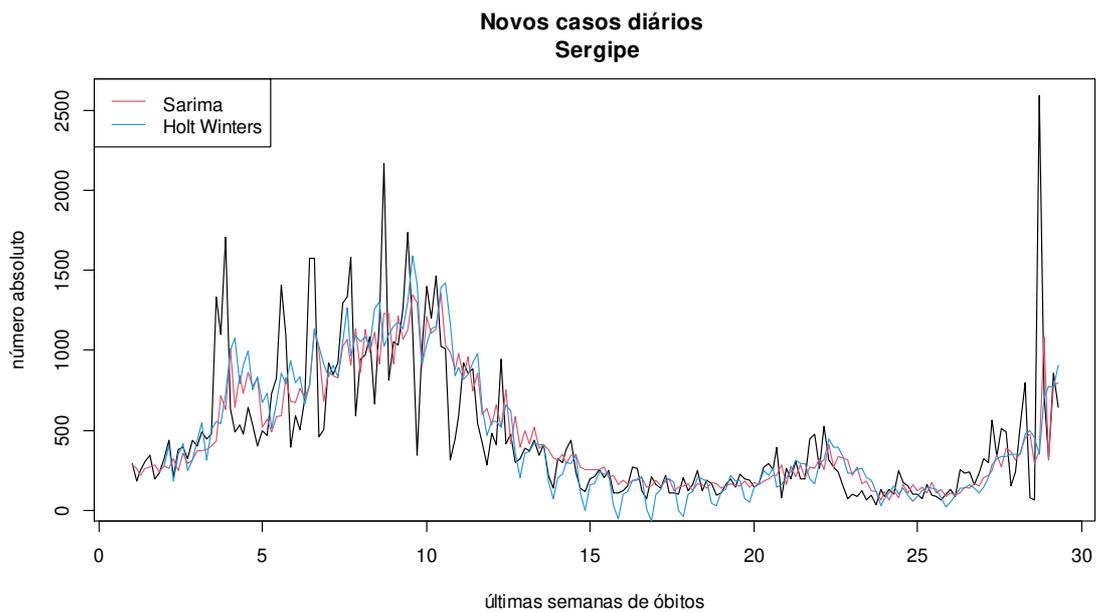


Gráfico 17 (b). Modelos Sarima e Holt Winters para casos em Sergipe.

### Letalidade

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.42 % sendo de 2.52 % semana passada, indicador que embora esteja ascilando abaixo da média nacional a qual é 2.7%, ela esta se aproximando da média nacional pois há mais de 5 meses meses vêm crescendo lentamente, ver Gráfico 18.

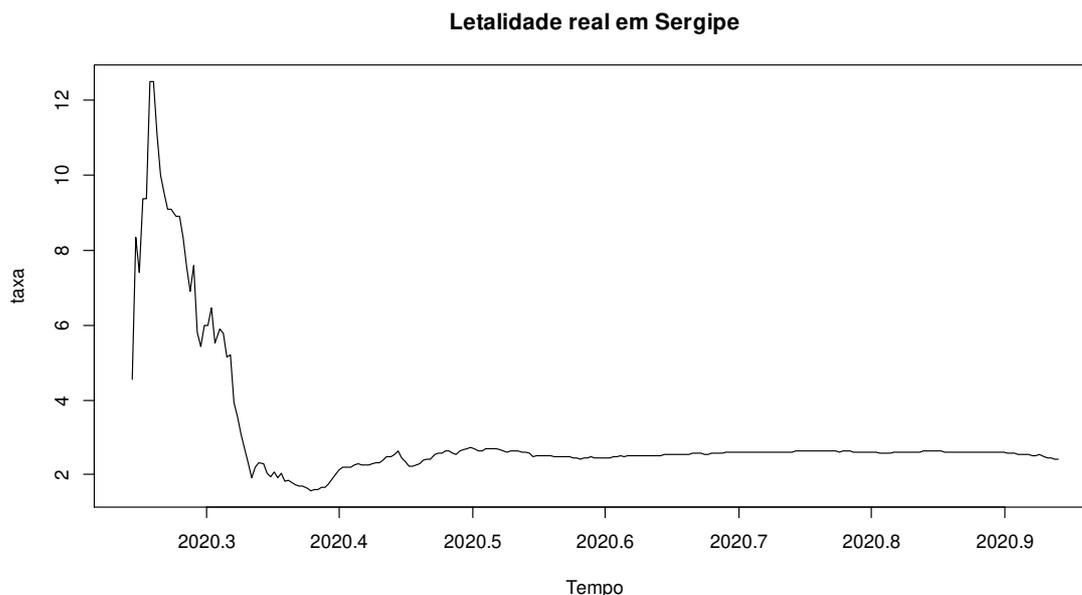


Gráfico 18. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

## 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 mortes acumuladas, também na comparação de poder de testes por mil habitantes o Brasil ocupava a posição 96 semana passada e esta semana está na posição 98 de um total de 218 países afetados pela pandemia.
3. Embora o Brasil ainda seja o terceiro país com maior número de contagiados e mortes, ele representa em torno de 10% para casos e mortes no mundo.
4. Uma nova onda de crescimento tanto para casos e mortes no Brasil tem-se instalado, indicando crescimento para as próximas semanas, onde o Brasil segue o crescimento mundial proporcionalmente. Este crescimento novamente sufoca os centros de controle de esta pandemia no país.
5. A letalidade de de 2,7 % igual ao da semana passada, é considerado alto a nível mundial, indicando limitação no fornecimento de testes a sua população.
6. Esta semana 39 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 casos e mortes, isto por que há uma retomada significativa para os dois indicadores no país.
7. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 315 548 casos e 45 078 mortes. Alertando ao setor saúde para tomar providências enquanto a logística.
8. No âmbito regional, Sergipe têm uma estabilização há mais de três meses para as mortes, já para os casos houve um aumento significativo, onde semana passada tinha uma média diária de 753 casos e 4 mortes, esta semana serão em média 870 casos e 5 mortes por dia.

9. Esta semana 37 de óbitos para o estado, as mortes já se compara com as estatísticas da semana 1, e os casos com a semana 20.
10. A Letalidade no estado de Sergipe se manteve em 2.42%, aproximando-se da média nacional.
11. 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.**

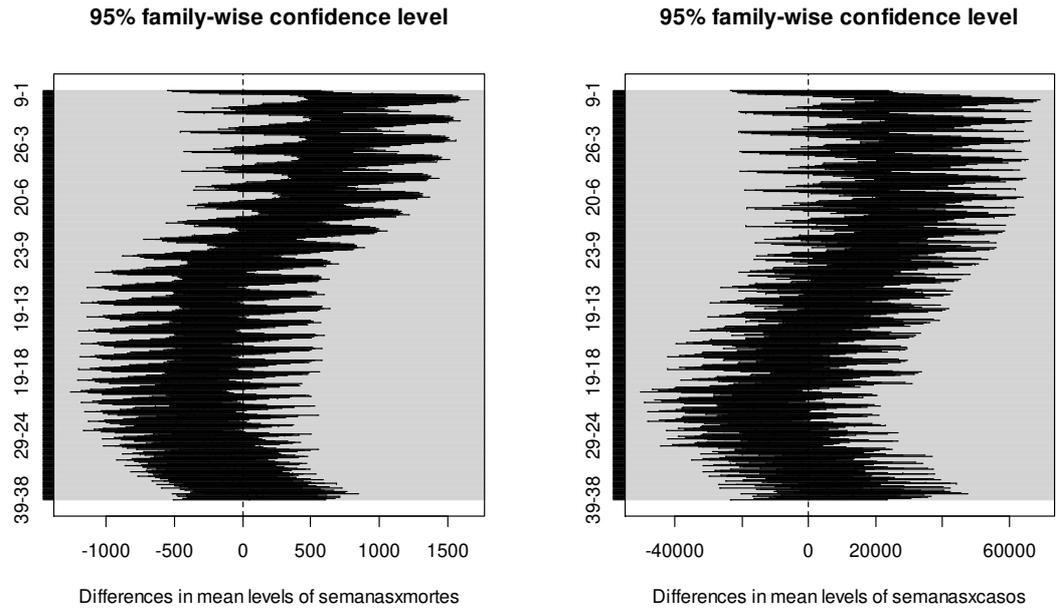


Gráfico 19. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

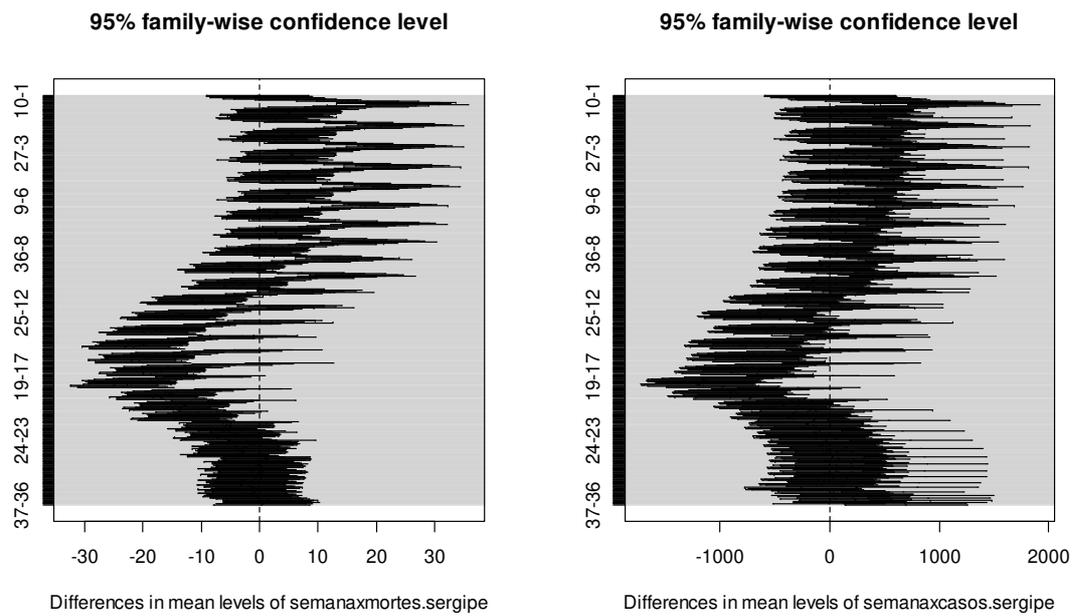


Gráfico 20. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.