



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

Nota técnica nº 24 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	11
Incidência	12
Resultados Sergipe	13
Modelagem.....	15
Letalidade.....	18
Conclusões	19
Bibliografia	20
Anexos.....	20

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 15 de outubro 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 13.48 maior que a da semana passada que atingiu 13.2 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 84 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 366 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 como centro da pandemia mundial no momento, porém dentre os três o Brasil esta na contramão, onde começa a perder protagonismo mundial,

descendo da curva de crescimento e se afastando dos 20% de contribuição no mundo na semana passada e se aproximando dos 10%.

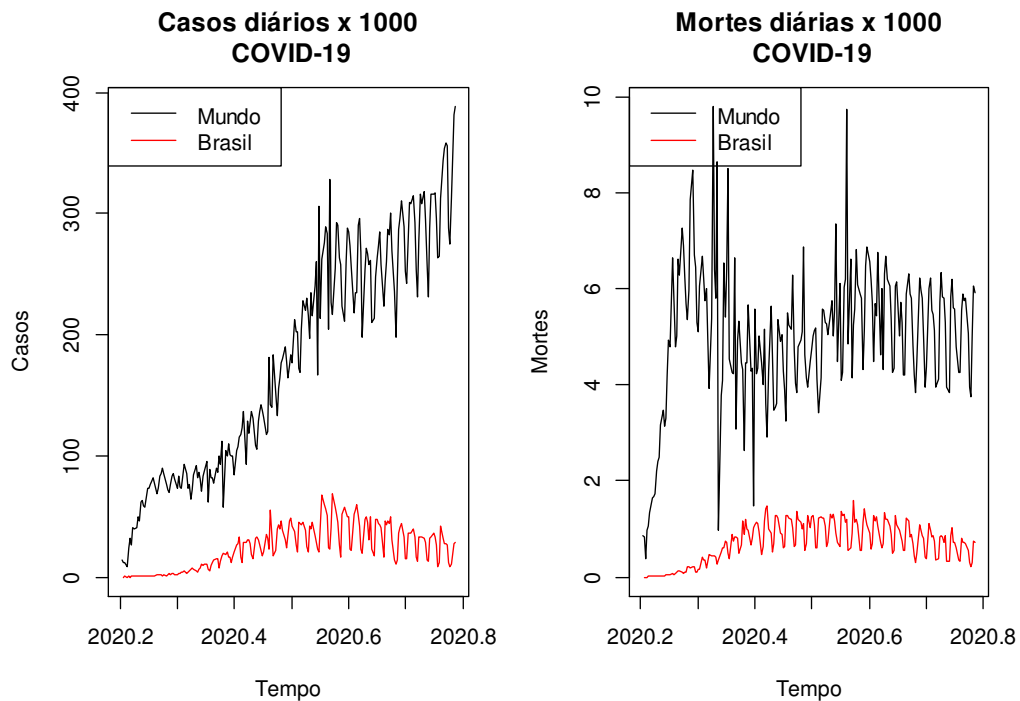


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

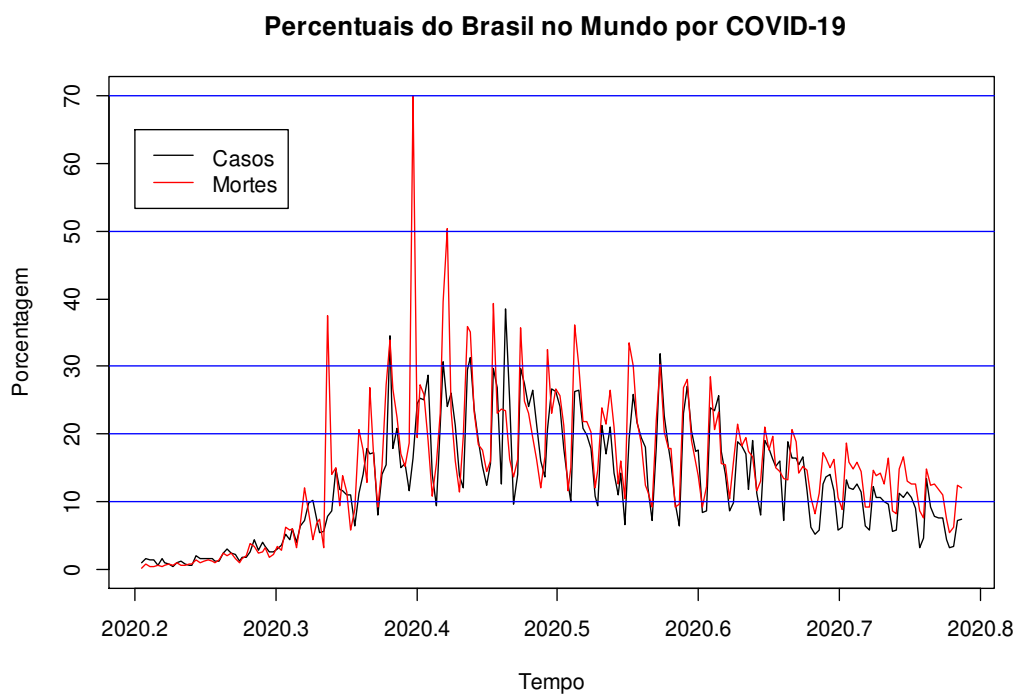


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

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; 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 Brasil 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 14 de outubro o Brasil teve 27 235 casos e 749 óbitos de um total de 382 138 casos e 6 075 mortes no mundo, representando 7.2% dos casos e 12.3% das mortes, indicando quedas consecutivas nas últimas semanas. Estes percentuais comparados com a semana passada foram 9.2% e 12.4% respectivamente. 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 15 de outubro, foram de 5 169 386 casos confirmados e 152 460 mortes, aumentando em uma semana mais de 140 942 casos e mais de 3503 mortes, comparando o saldo entre semanas há uma diminuição de 40 410 casos e 774 mortes, que em termos percentuais representam quedas de 28.7% e 22.1% respectivamente.

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

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
09/10/2020	5055888	149639	4433595	472654
10/10/2020	5082637	150198	4453722	478717
11/10/2020	5094979	150488	4470165	474329
12/10/2020	5103408	150689	4495269	457450
13/10/2020	5113628	150998	4526975	435655
14/10/2020	5140863	151747	4568813	420303
15/10/2020	5169386	152460	4599446	417480

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

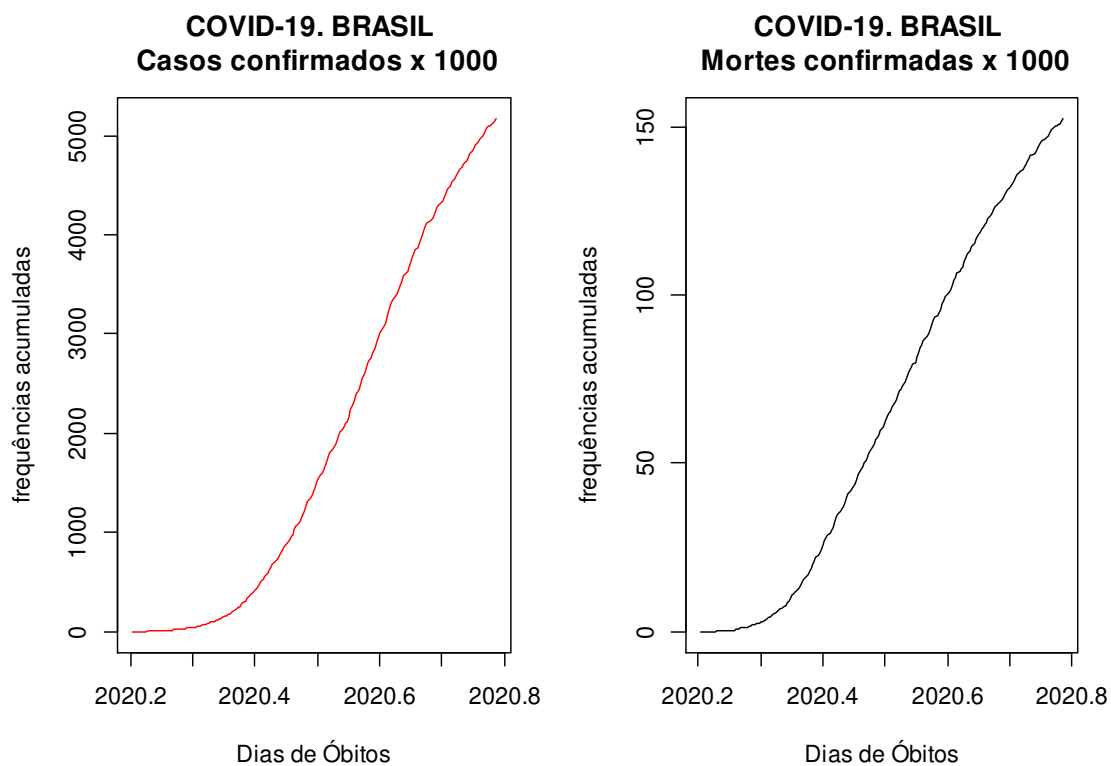


Gráfico 03 (a): Evolução dos casos e mortes no Brasil.

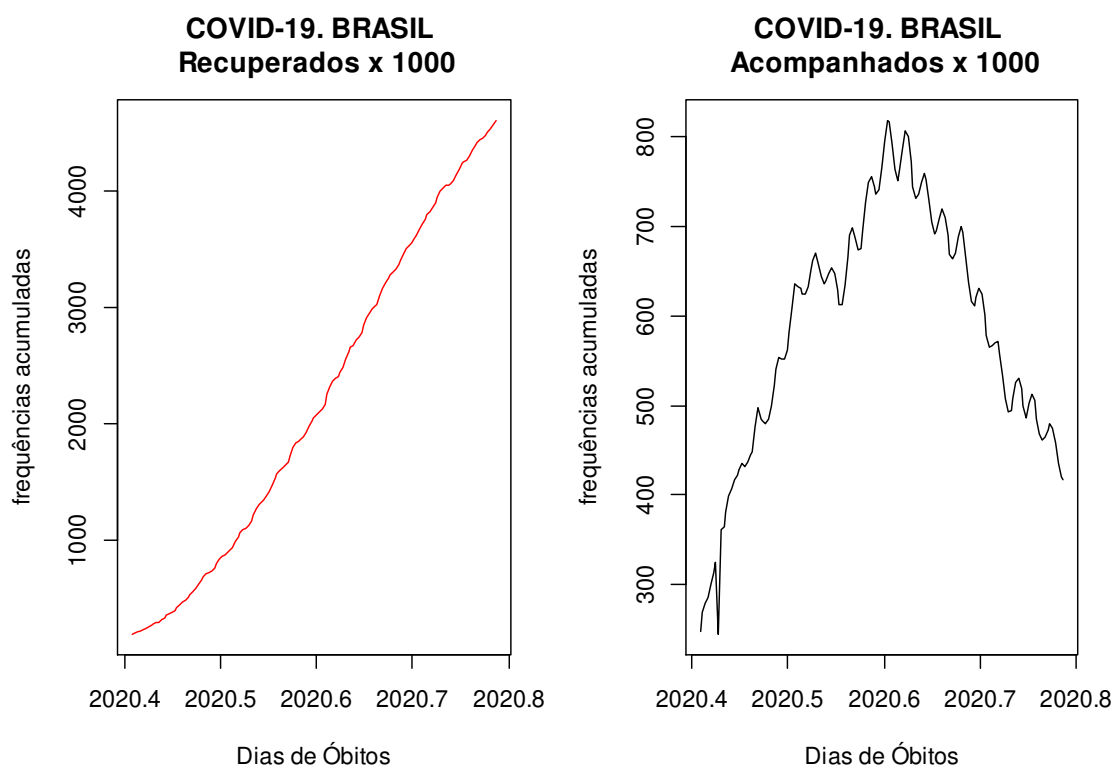


Gráfico 03 (b): Evolução dos recuperados e acompanhados no Brasil.

No gráfico 03(b), podemos observar o crescimento potencial dos recuperados e a queda gradual dos acompanhados, indicando que há um desafoamento nos centros de controle de saúde para esta pandemia, onde os recuperados já superam os acompanhados.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com **5916 novos casos e 179 novas** mortes, e os seguem os estados de Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Ceará, Pará, Goiás, 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	6031	1051613	227	37690
BA	2460	331362	26	7243
MG	1346	328402	26	8267
RG	1152	286282	104	19555
CE	642	262567	38	9192
PA	839	239519	4	6667
GO	2260	234463	50	5306

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 15 de outubro de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 28523 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 713 óbitos, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

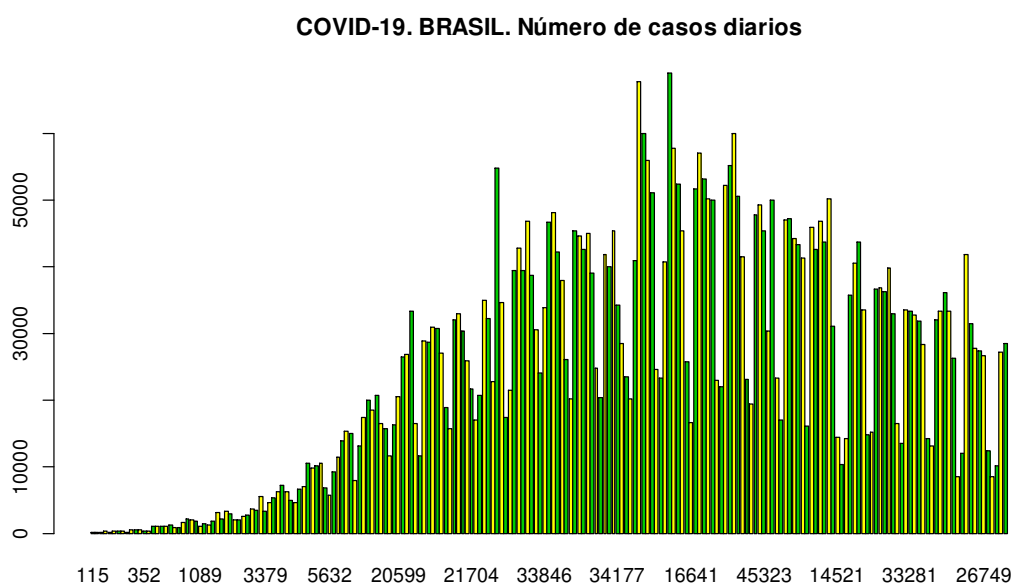


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

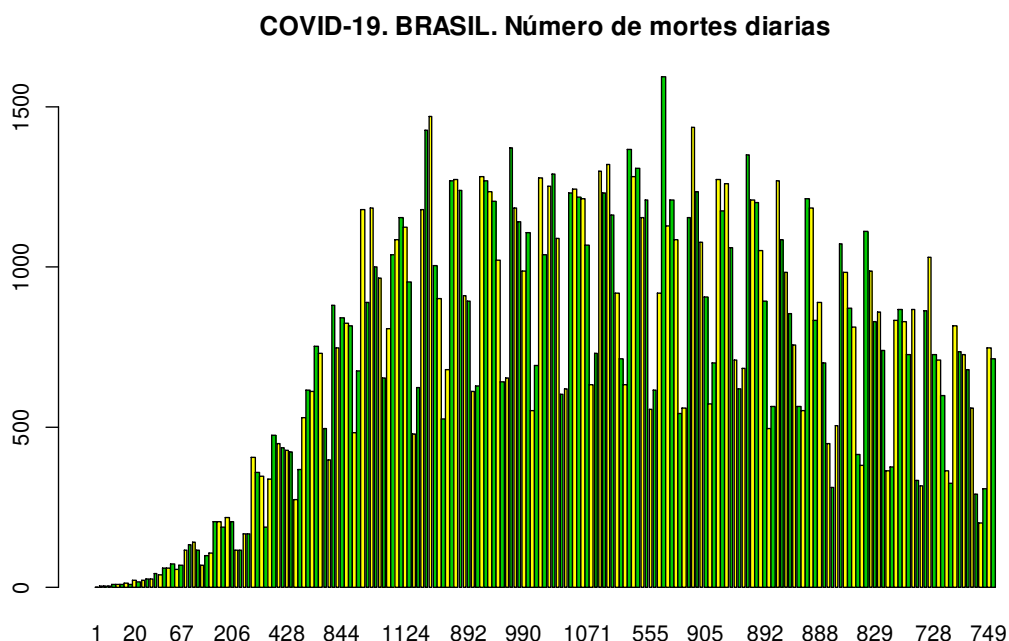


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 cúbico por apresentar erro de ajuste de 0.13%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.13% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.19%. 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
16/10/2020	5185271	152725	5167108 - 5203433	152324 - 153126
17/10/2020	5203090	153147	5181157 - 5225022	152662 - 153631

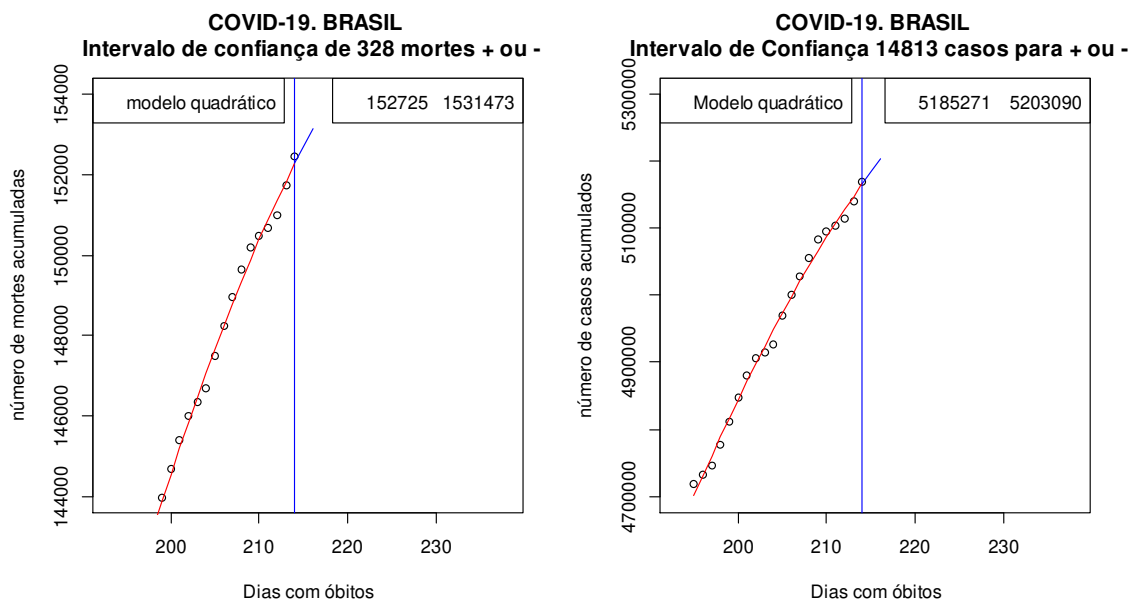


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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 a última semana 31 a média de casos são estatisticamente iguais as da semana 5 ($p > 0,05$). Já para as mortes a semana 31 é estatisticamente iguais as da semana 4. Isto indica uma queda se comparado com semanas previas, ou seja o país começa a sua descida para ambos indicadores.

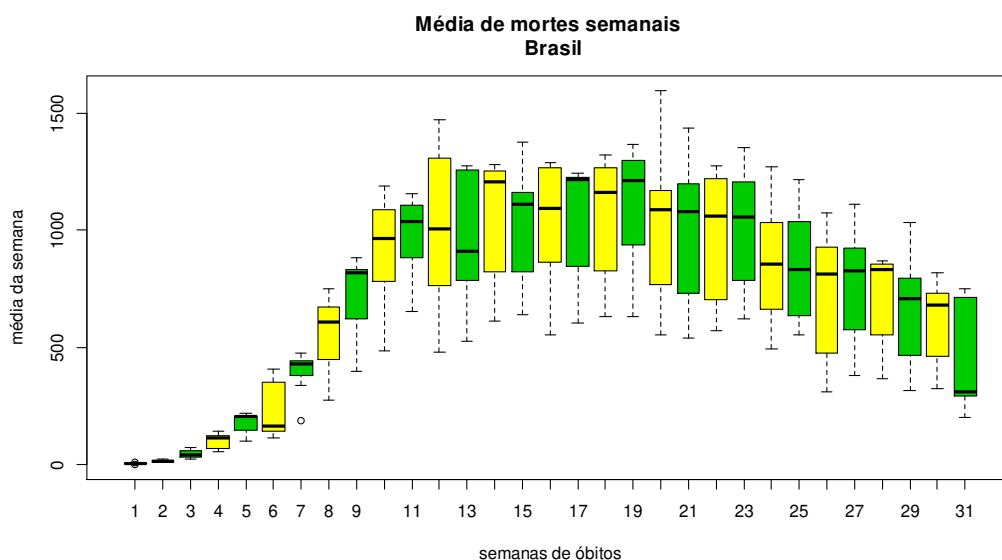


Gráfico 07(a). Médias semanais de mortes confirmadas por COVID-19

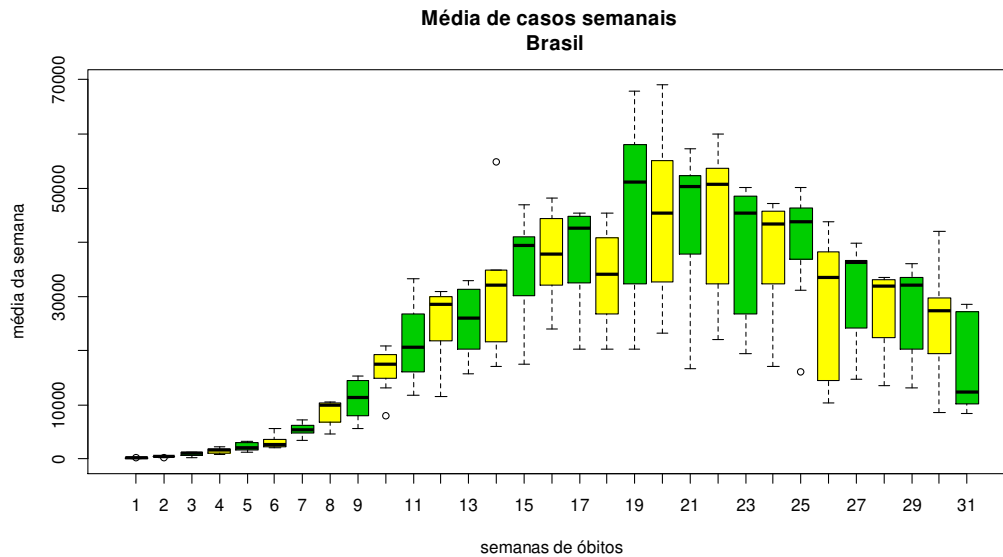


Gráfico 07(b). Médias semanais de casos confirmados por COVID-19

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 17920 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 6 513 casos para mais e para menos e 489 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 150 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 125 442 casos e 3413 mortes. Semana passada se projetou 173 179 casos e o valor real foi 140 942, para as mortes projetou-se 3 978 e o valor real foi 3 505. Também podemos observar que estes modelos conseguem extrair o efeito sazonal diário, ver tabela 04.

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

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
16/10/2020	26139	651	26067	601
17/10/2020	23207	562	21673	527
18/10/2020	10684	335	4892	218
19/10/2020	9953	277	4097	165
20/10/2020	20372	499	19505	534
21/10/2020	25009	405	24624	763
15/10/2020	24394	684	24584	687

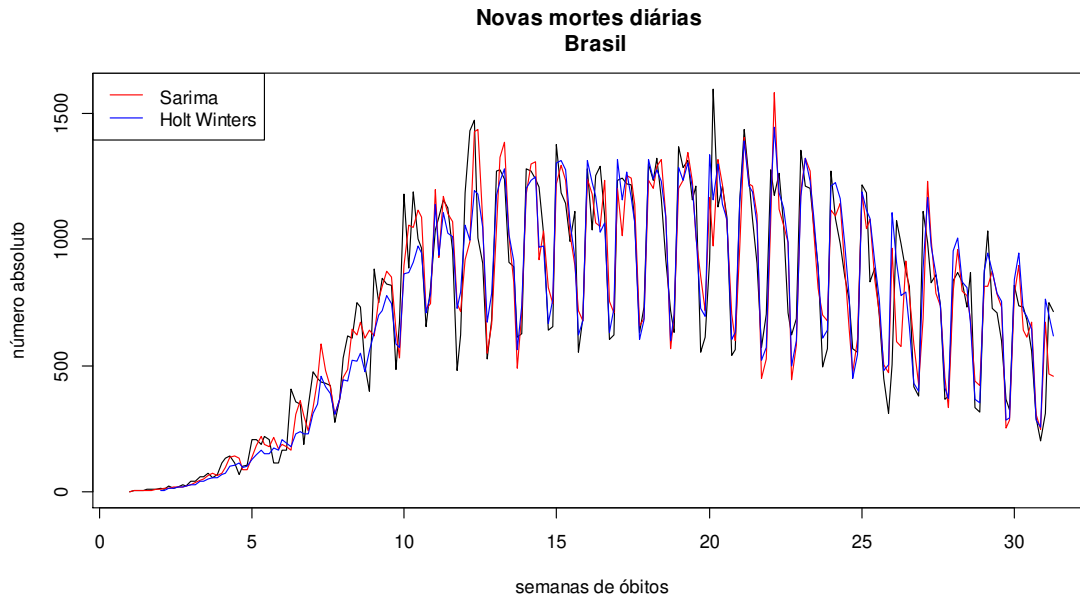


Gráfico 08 (a). Modelagem Holt Winters e Sarima para novas mortes.

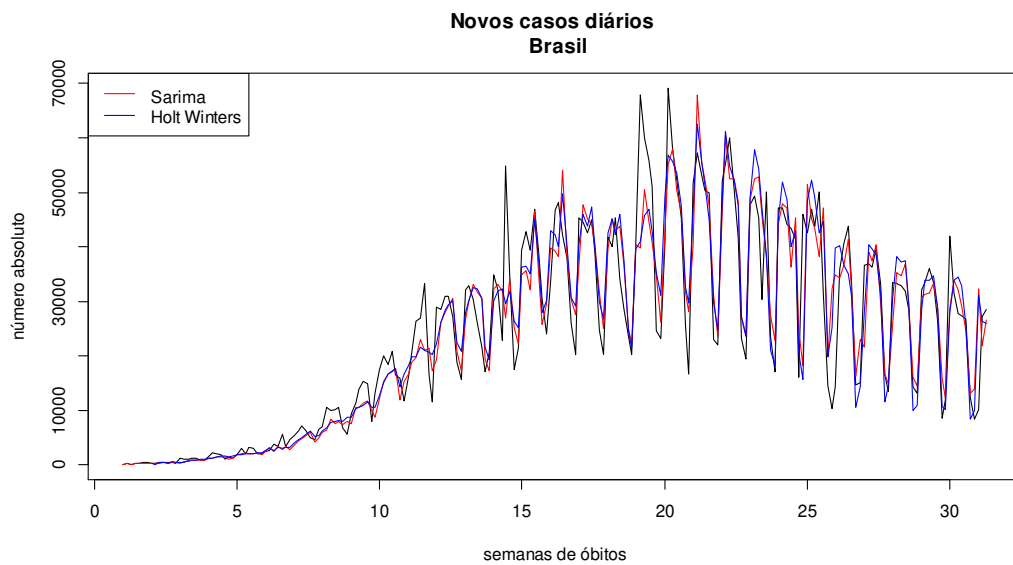


Gráfico 08 (b). Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos.

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.

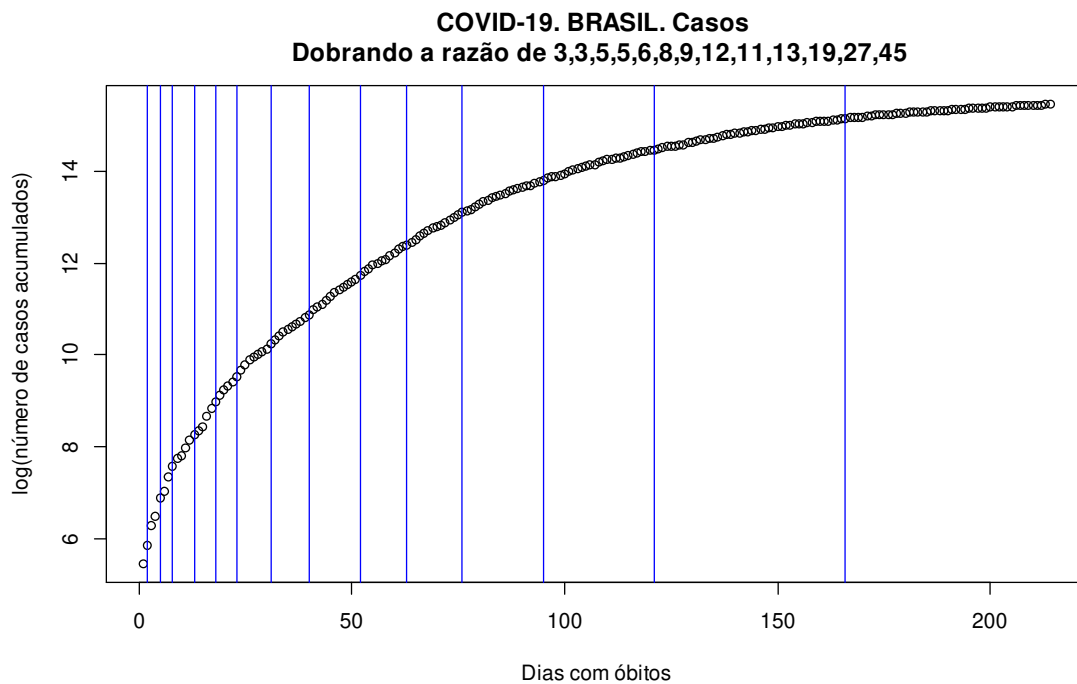


Gráfico 09 (a). Espaço entre os dobramentos de casos no Brasil.

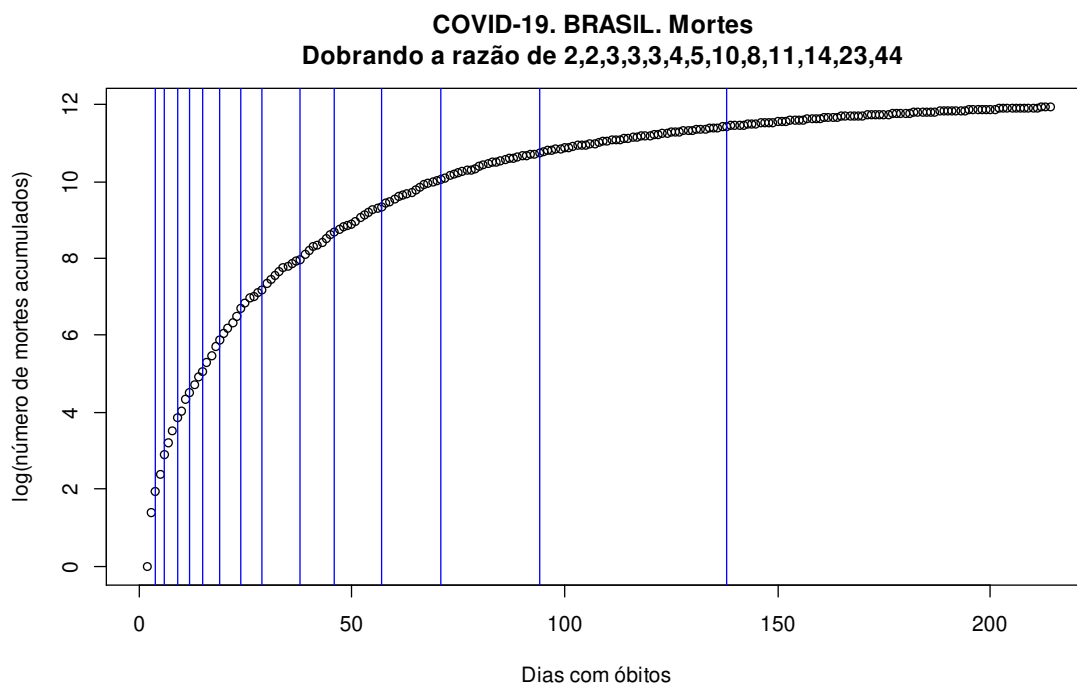


Gráfico 09 (b). Espaço entre os dobramentos de mortes no Brasil.

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

13 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 64 da semana passada para a 68 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 15 246 000 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

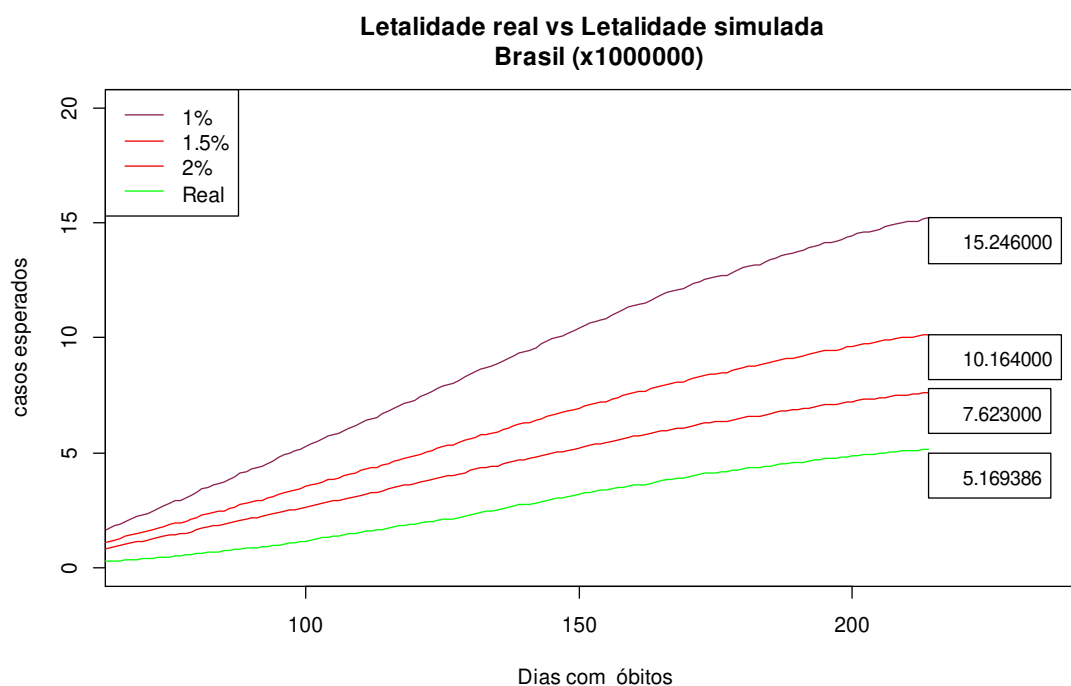


Gráfico 10. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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 17.1 da semana passada para 13.12 nesta semana apresentando leve desaceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 2377 casos por cada 100 000 habitantes.

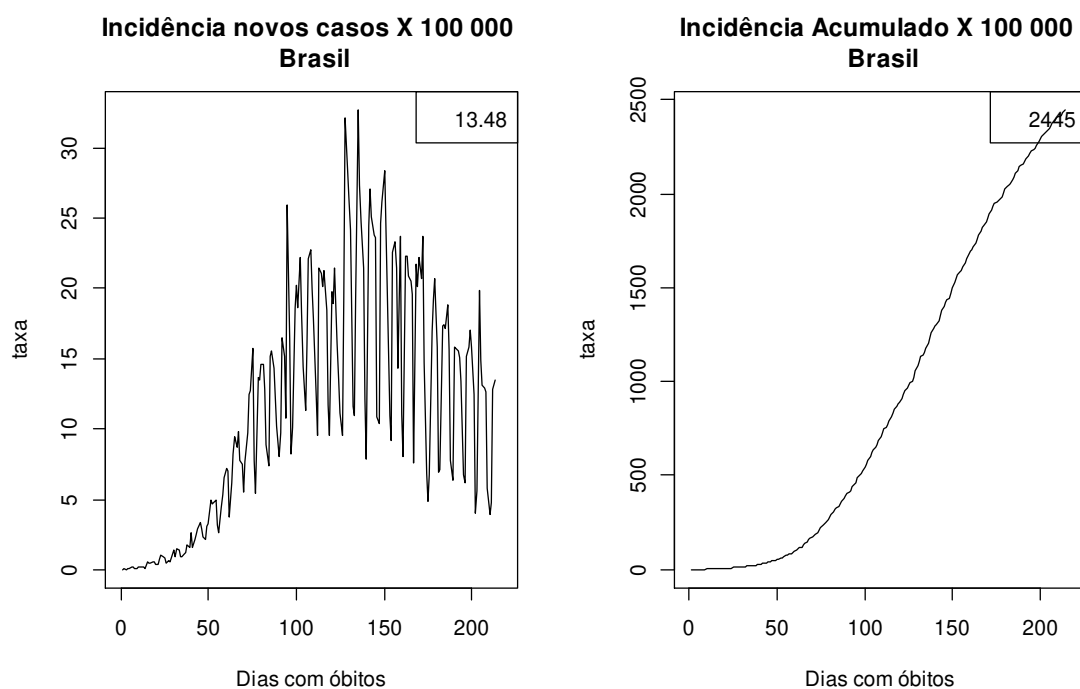


Gráfico 11. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 15 de outubro, 80 733 casos confirmados e 2 118 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 1776 casos e 40 mortes. Comparando as duas últimas semanas houve 454 casos a mais e 2 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	09/10/2020	288	79245	5	2083
SE	10/10/2020	256	79501	6	2089
SE	11/10/2020	395	79896	6	2095
SE	12/10/2020	79	79975	7	2102
SE	13/10/2020	259	80234	5	2107
SE	14/10/2020	193	80427	6	2113
SE	15/10/2020	306	80733	5	2118

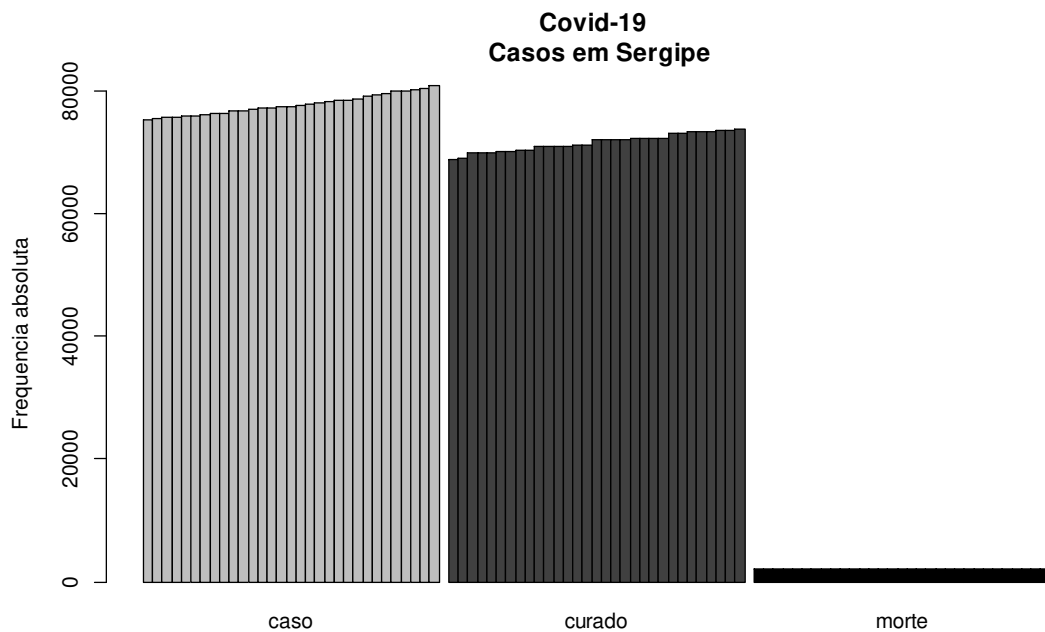


Gráfico 12. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

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

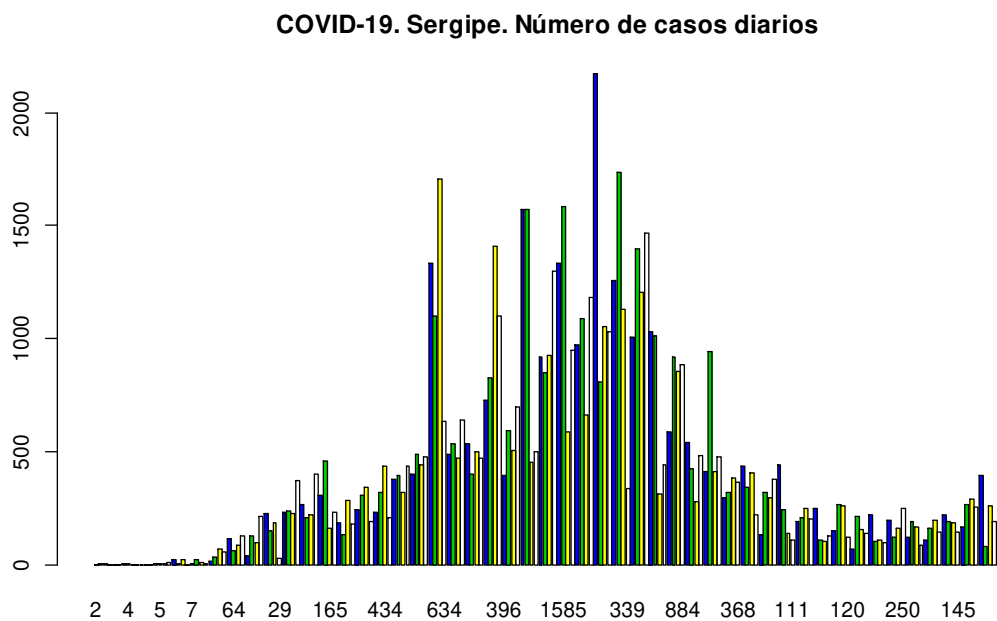


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

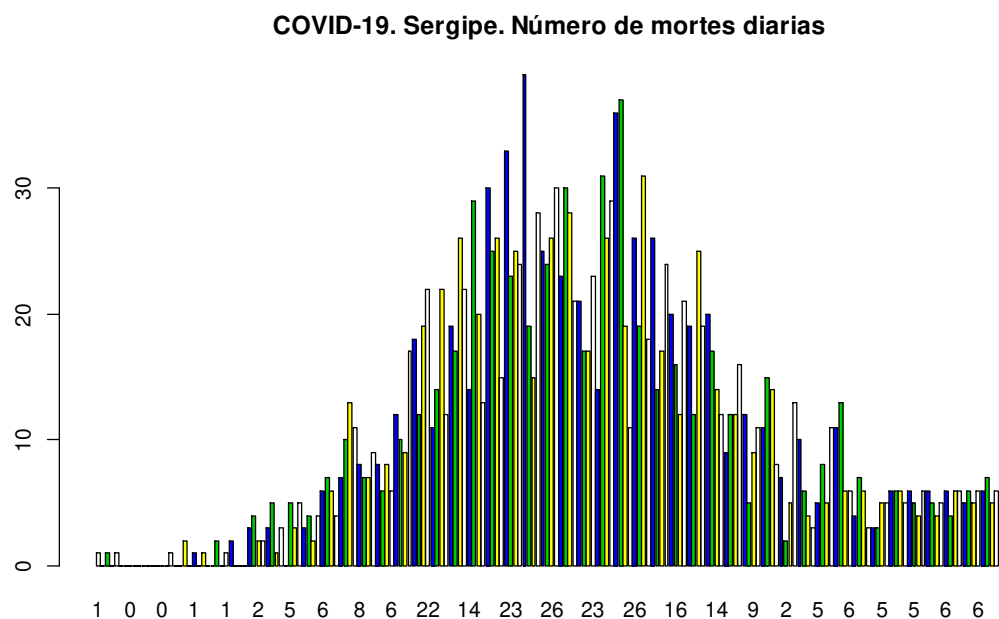


Gráfico 15. Mortes diárias no estado de Sergipe.

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 0.17 % e as mortes com 0.1 %, 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
16/10/2020	80925	80835 - 81016	2124	2122 - 2125
17/10/2020	81180	81077 - 81281	2130	2128 - 2131

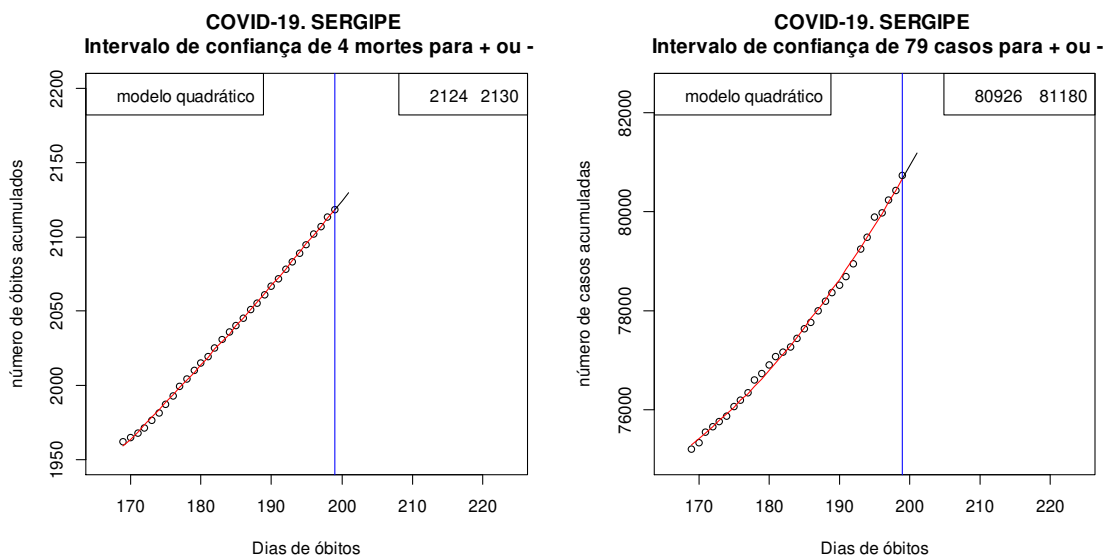


Gráfico 15: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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 29 são estatisticamente igual as médias de casos da primeira semanas de iniciada a proliferação do vírus no estado. O mesmo acontece com as mortes e que há uma estabilização a partir da semana 25. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

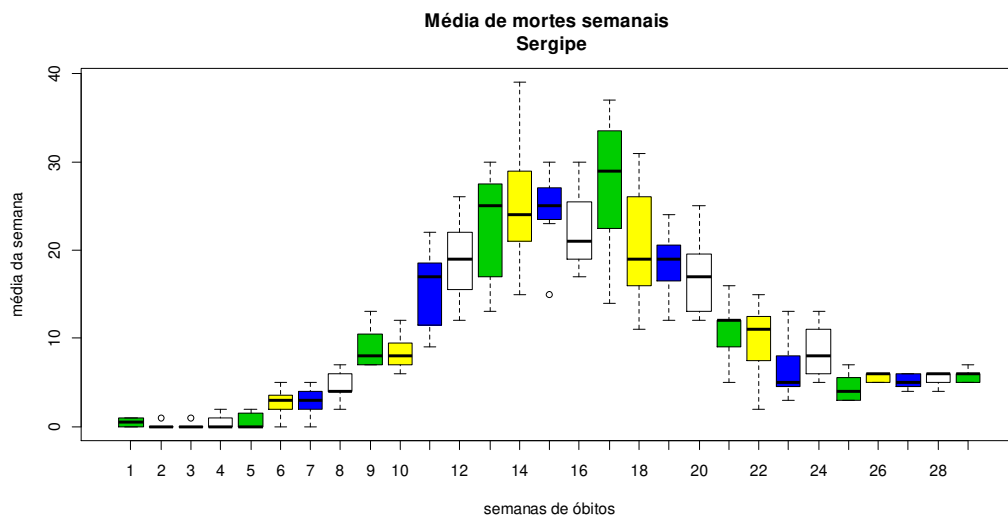


Gráfico 16 (a). Box Plot, para mortes semanais em Sergipe.

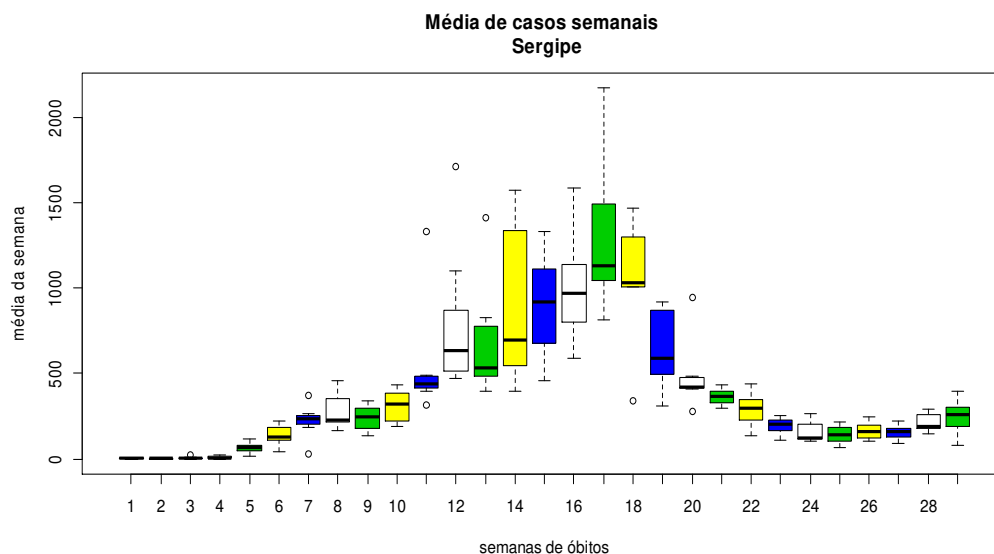


Gráfico 16 (b). Box Plot, para casos semanais em Sergipe.

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 229 casos e 5 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 1604 casos e 38 mortes. Semana passada projetamos 1 158 casos e 35 mortes, sendo os valores reais de 1 776 casos e 40 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 novos casos e novas mortes em Sergipe.

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
16/10/2020	216	6	279	5
17/10/2020	204	6	302	5
18/10/2020	249	5	201	4
19/10/2020	194	6	125	7
20/10/2020	247	6	197	6
21/10/2020	275	5	215	6
22/10/2020	250	6	285	5

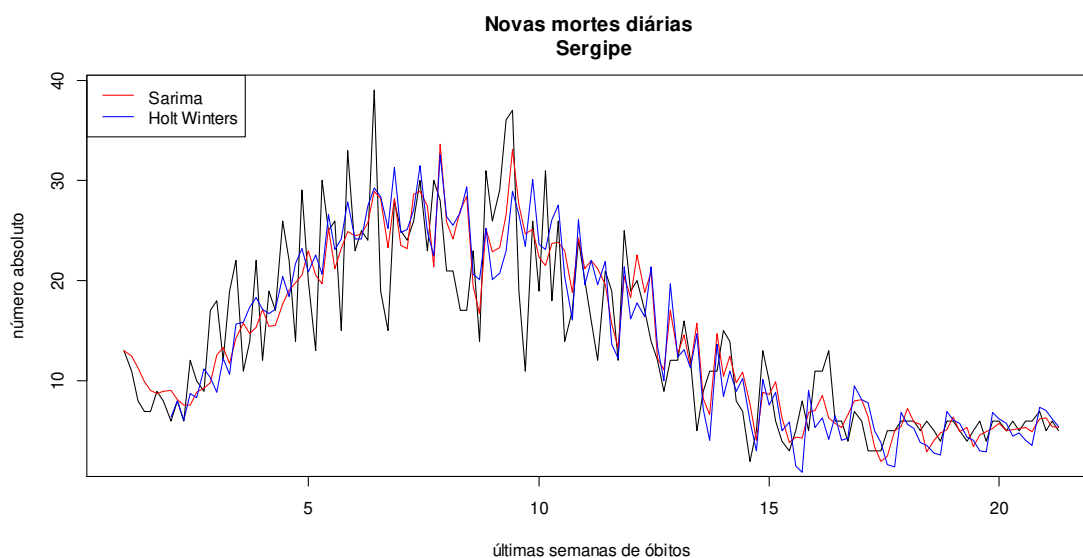


Gráfico 17 (a). Modelos Sarima e Holt Winters para mortes em Sergipe.

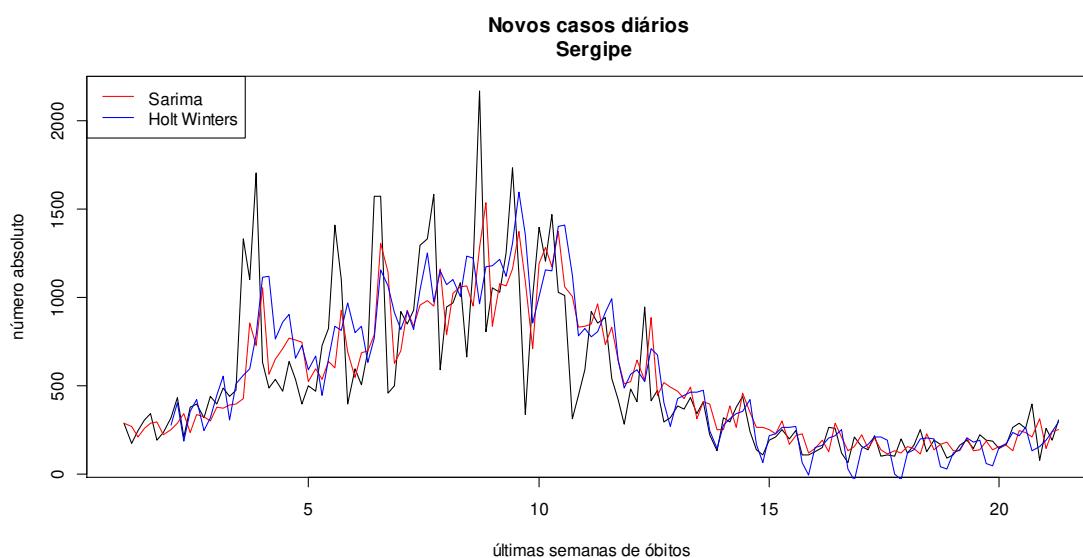


Gráfico 17 (a). Modelos Sarima e Holt Winters para casos em Sergipe.

Letalidade

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.62 % sendo a semana passada de 2.63 %, indicador que embora esteja ascilando abaixo da média nacional a qual é 2.9%, ela esta se aproximando da média nacional pois há mais de 3 meses meses vem crescendo lentamente, ver Gráfico 18.

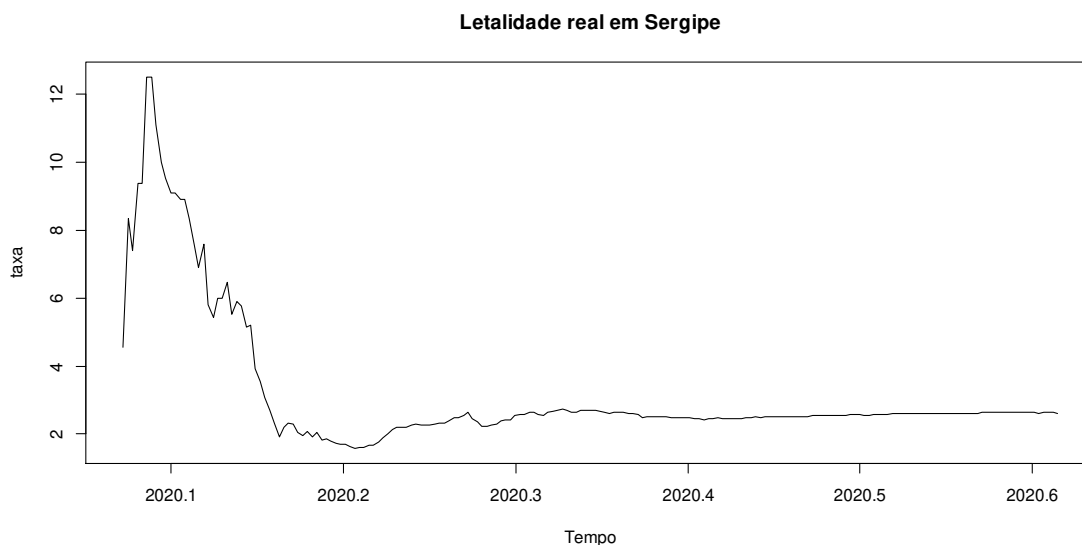


Gráfico 18. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 84 semana passada e esta semana está na posição 90 de um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. Embora o Brasil ainda seja o terceiro país com maior número de contagiados e mortes, atualmente esta perdendo protagonismo, e oscilando em torno de 10% de contribuição mundial.
4. A letalidade de 2.9 % menor ao da semana passada, é considerado alto a nível mundial, indicando limitação no fornecimento de testes a sua população.
5. Esta semana 31 já se compara com as estatísticas da semana 5. E para semana que vem se projeta uma quantidade menor de casos e mortes.
6. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 125 442 casos e 3 413 mortes.
7. No âmbito regional, Sergipe têm um decréscimo significativo tanto para casos e mortes, onde semana passada tinha uma média diária de 253 casos e 6 mortes, esta semana serão em média 229 casos e 5 mortes por dia.
8. Esta semana 29, os casos e mortes no estado de Sergipe já se compara com as estatísticas da semana 1.
9. A Letalidade no estado de Sergipe teve aumento diário nestas últimas semanas, 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 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^a edição.
6. Quijano, F. Morales, A, Waldman, E. Traslating transmissibility measures into recomendations for coronavirus prevention. Revista de Saúde Pública. 25 março de 2020.
7. Ehlers, Ricardo.(2007). Análise de séries Temporais. Universidade Federal do Paraná.
8. Venables WN, Ripley BD (2002). Modern Applied Statistics with S. 4th edição. Springer-Verlag, New York.

Anexos.

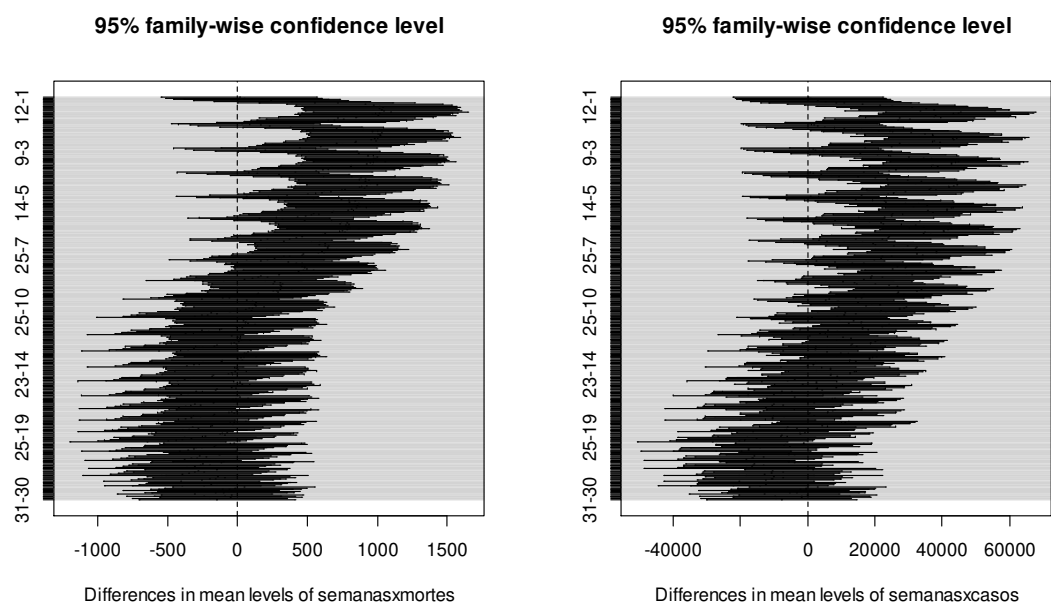


Gráfico 19. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

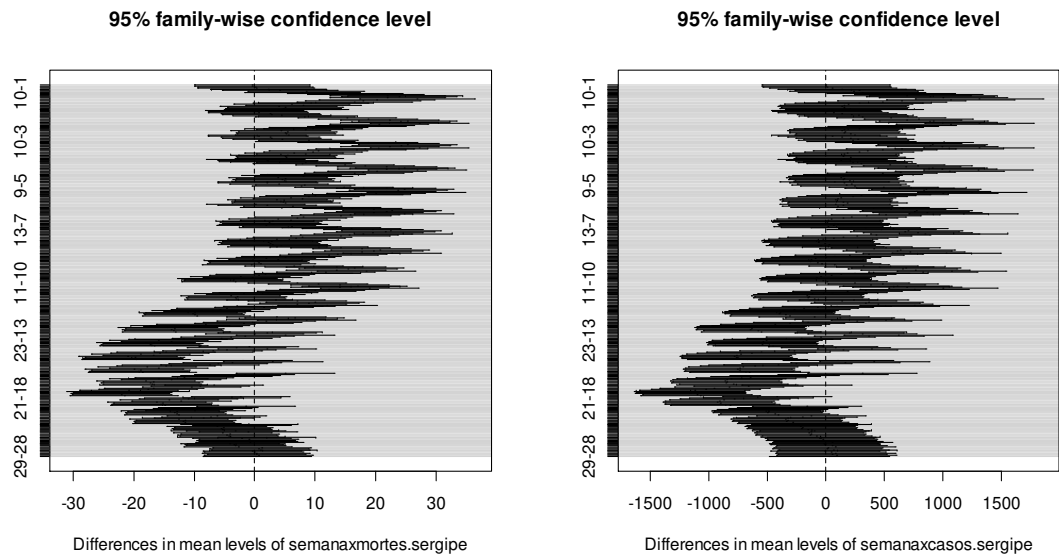


Gráfico 20. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.