



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

Nota técnica nº 17 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	6
Letalidade	10
Incidência	11
Resultados Sergipe	12
Modelagem.....	13
Letalidade.....	16
Conclusões	17
Bibliografia	17
Anexos.....	18

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 27 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%, 2.5% 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 20.92 menor que a da semana passada que atingiu 21.43 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 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 66 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 220 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

os Estados Unidos como centro da pandemia mundial no momento, porém começa a perder protagonismo mundial, se afastando dos 30% de contribuição no mundo.

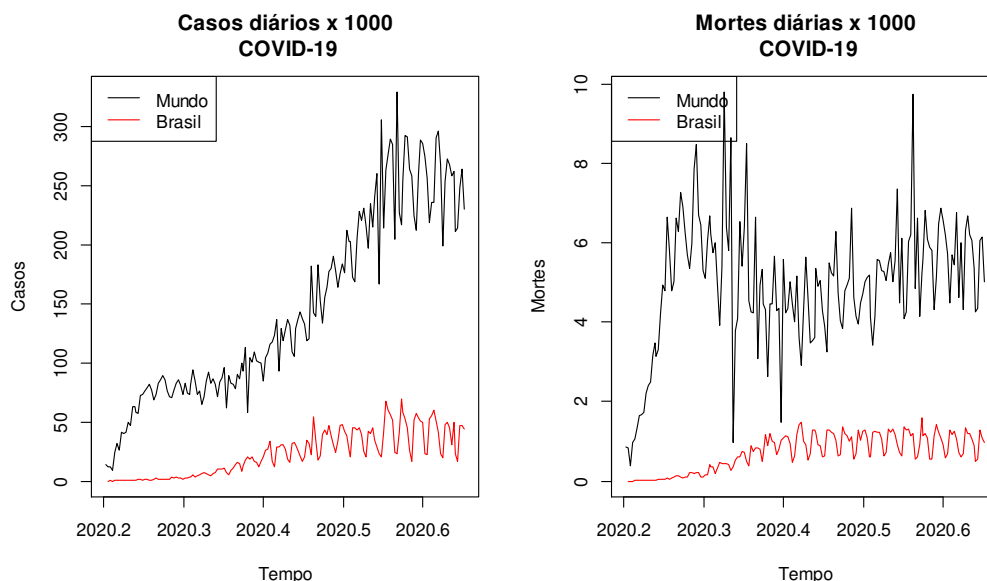


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

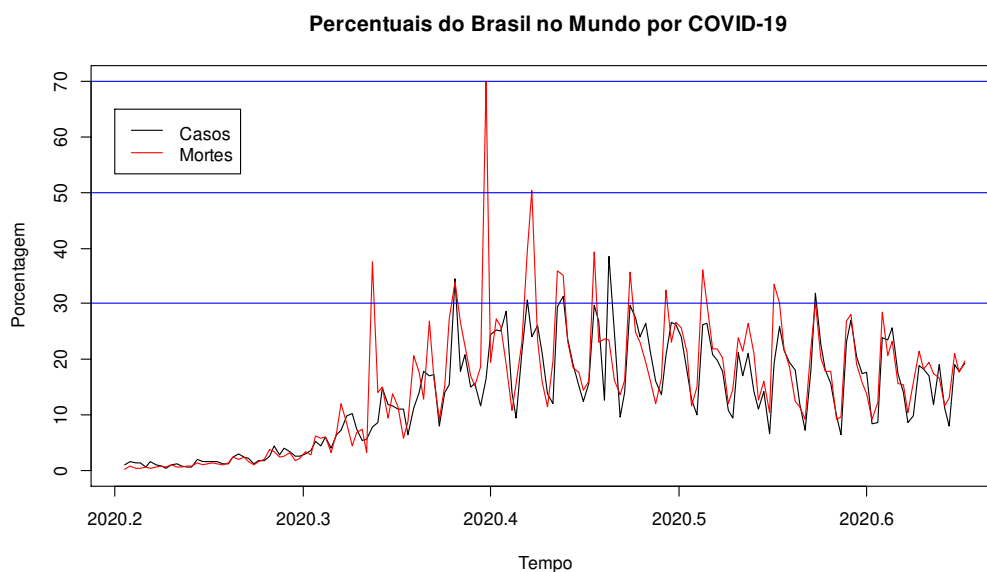


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

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. 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 26 de Agosto o Brasil teve 47 161 casos e 1 085 óbitos de um total de 264 186 casos e 6 153 mortes no mundo, representando 17.8 % dos casos e 17.6 % das mortes, indicando uma queda nos percentuais se comparado com as semanas previas, perdendo espaço para a Índia que acelerou o número de casos e mortes. Uma visualização no Gráfico 03 aponta um crescimento potencial para ambos os casos e mortes acumuladas, contudo há presença de desaceleração nesta semana, também 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 27 de agosto, foram de 3 761391 casos confirmados e 118 649 mortes, aumentando em uma semana mais de 259 416 casos e mais de 6 345 mortes, comparando o saldo entre semanas há uma diminuição de 17 683 casos e uma diminuição de 494 mortes.

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

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
21/08/2020	3532330	113358	2670755	748217
22/08/2020	3582362	114250	2709638	758474
23/08/2020	3605783	114744	2739035	752004
24/08/2020	3622861	115309	2778709	728843
25/08/2020	3669995	116580	2848395	705020
26/08/2020	3717156	117665	2908848	690642
27/08/2020	3761391	118649	2947250	695492

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

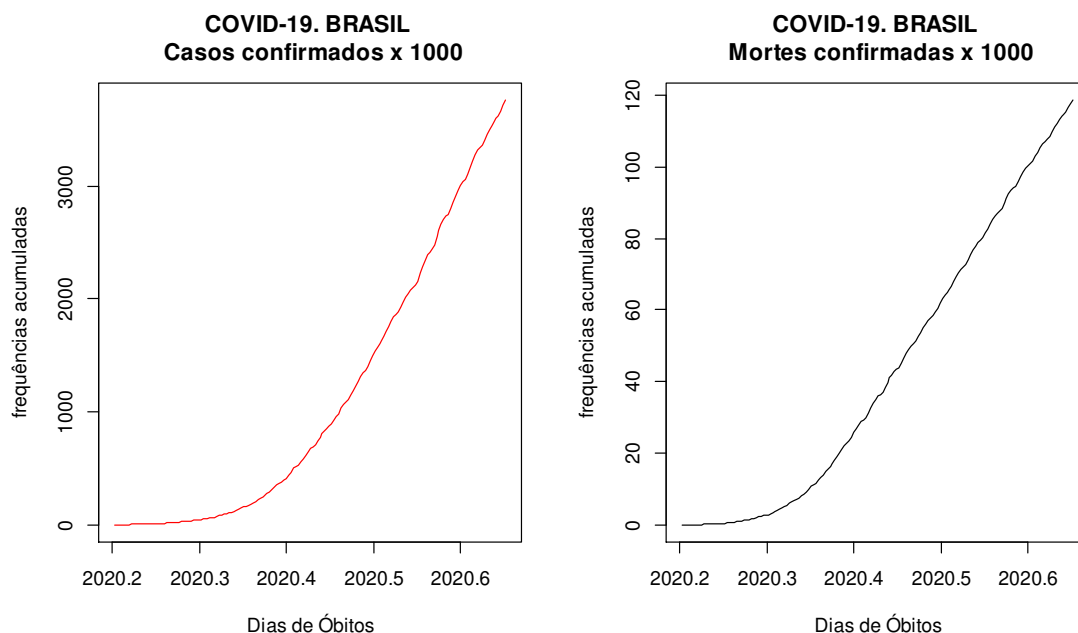


Gráfico 03: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 10 465 novos casos e 282 novas mortes, e os seguem os estados de Bahia, Rio de Janeiro, Ceará, Minas Gerais, Pará, Distrito Federal, 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	10465	776135	282	29194
BA	4082	245021	65	5116
RJ	2672	216675	140	15700
CE	1396	208782	12	8351
MG	3237	201973	101	4948
PA	1955	193564	19	6097
DF	1563	155253	55	2399

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 27 de agosto de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 44 235 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 984 óbitos, sendo um dos maiores até hoje em um único dia, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

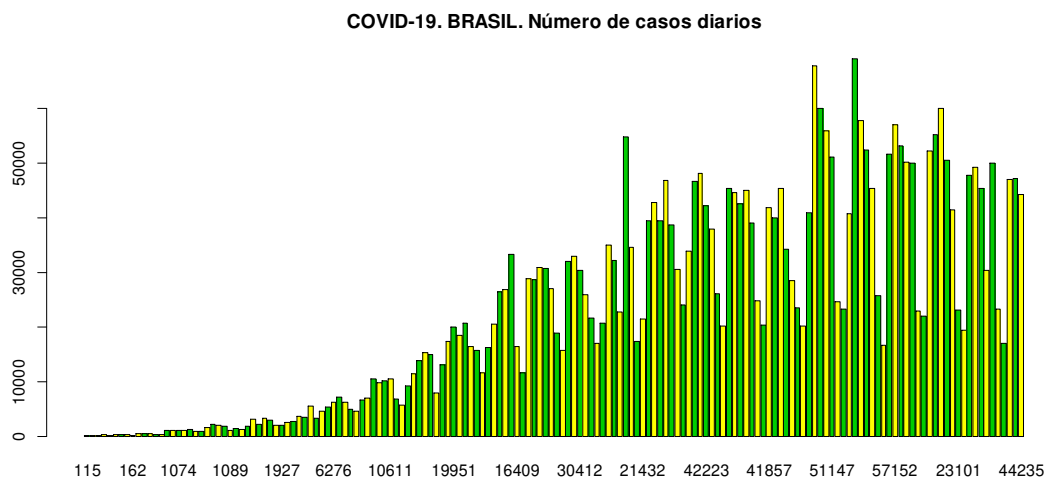


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

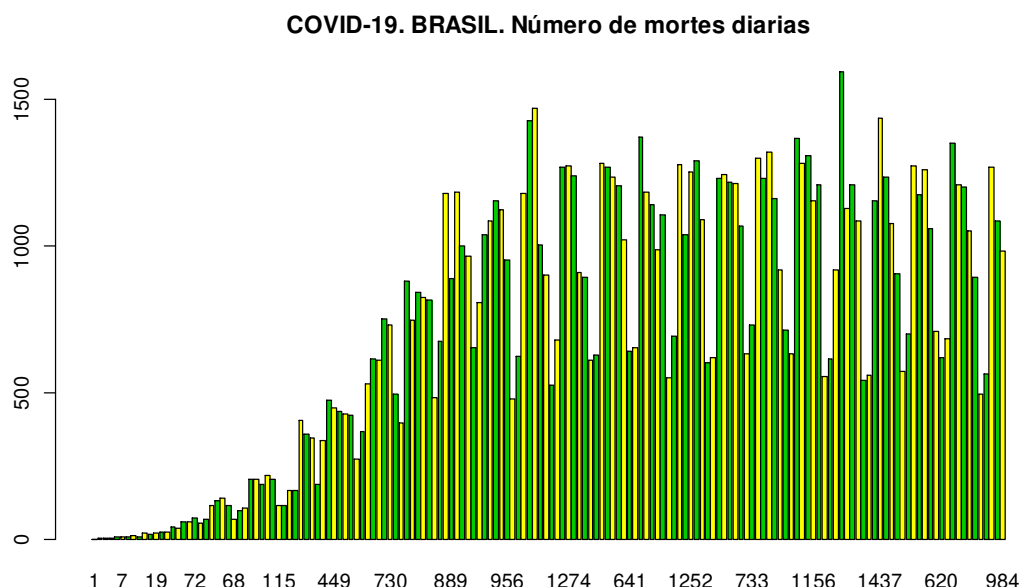


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 0.21%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.21% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.31%. 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
28/08/2020	3796817	119476	3765113 - 3828520	118732 - 120221
29/08/2020	3839624	120409	3794043 - 3885205	119338 - 121480

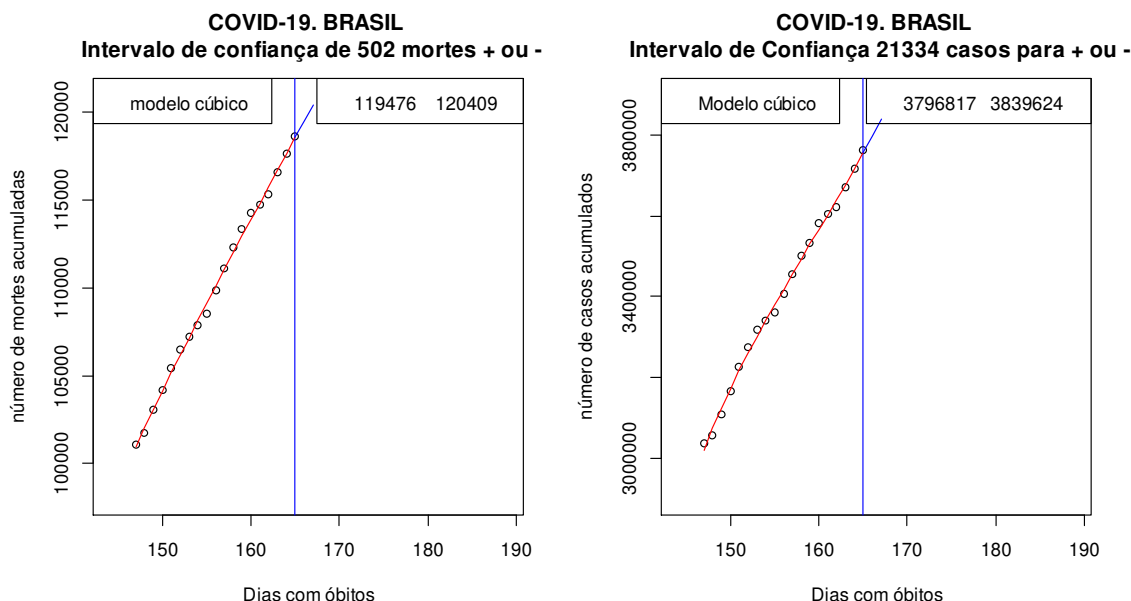


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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

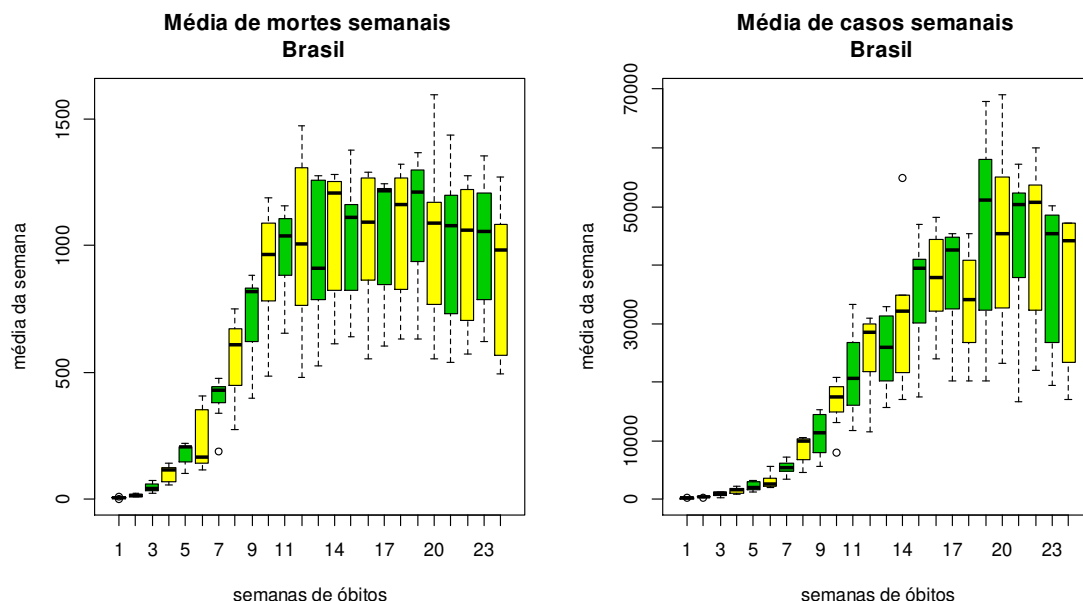


Gráfico 07. Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

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 36 177 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 5 597 casos para mais e para menos e 855 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 121 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 253242 casos e 5 990 mortes. Semana passada se projetou 263 200 casos e o valor real foi 259 416, para as mortes projetou-se 6 780 e o valor real foi 6 345. 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
28/08/2020	37221	981	38989	1025
29/08/2020	43273	777	44422	816
30/08/2020	20157	451	20734	478
31/08/2020	15406	523	16023	541
01/09/2020	44457	1192	44956	1186
02/09/2020	47595	1067	48320	1081
03/09/2020	45133	999	46480	1008

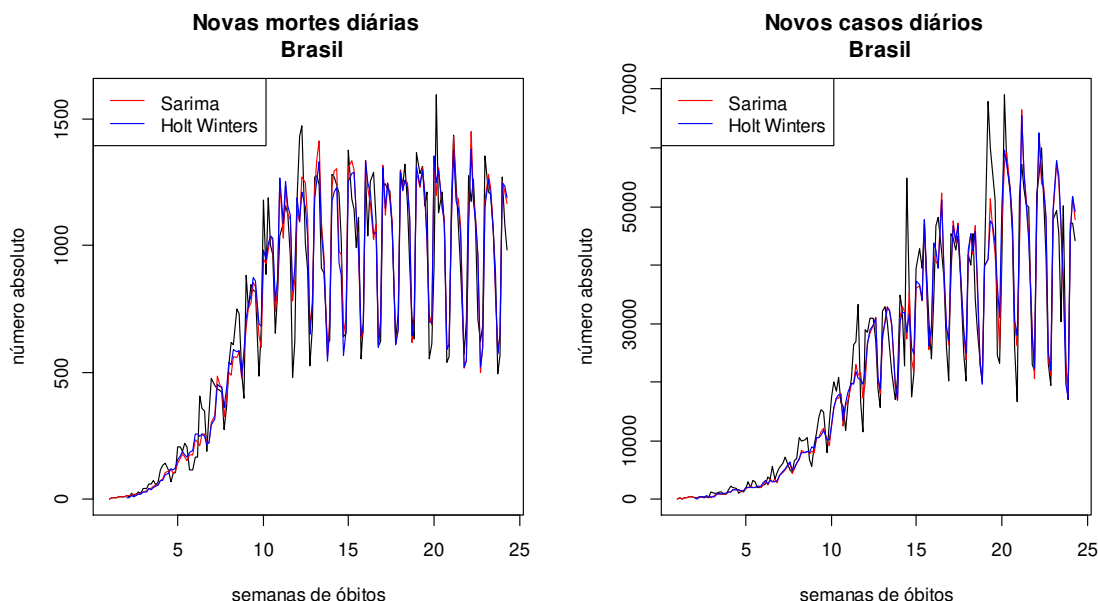


Gráfico 08. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

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.

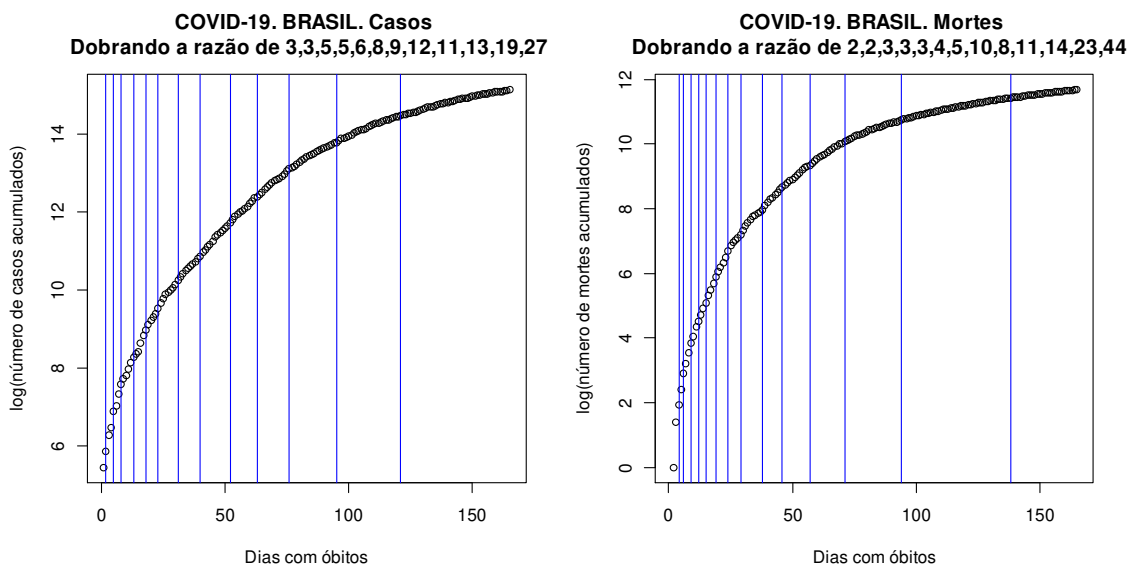


Gráfico 09: Espaço entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

Uma projeção a partir dos últimos 20 dias de óbitos no Brasil, usando casos e mortes confirmadas de COVID-19 no Brasil, num cenário para 170 dias de aumentos até a curva descer e é comparada com a projeção da semana passada para 160 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 01 de

setembro (170 dias de óbitos) no limite os casos confirmados podem atingir os valores de 4 017 853 casos, num ambiente mais favorável podem atingir os valores de 3 808 360. Já as mortes confirmadas num ambiente menos favorável pode atingir 124 465 mortes e num ambiente mas favorável seriam 120089 mortes.

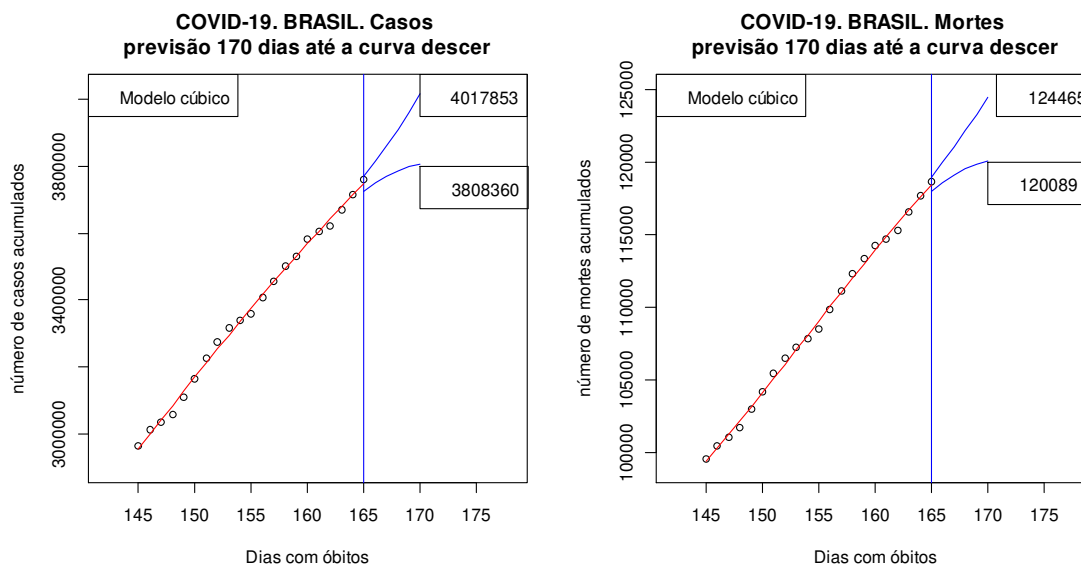


Gráfico 10. Projeção de potência a partir dos últimos 20 dias.

Tabela 04. Projeção para 160 dias (22 de Agosto) e 170 dias (01 de setembro) após o primeiro óbito usando um modelo cúbico.

	160 dias		170 dias	
Variável	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Casos	3298774	3840042	3808360	4017853
Mortes	107642	118510	120089	124465

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 11 864 900 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

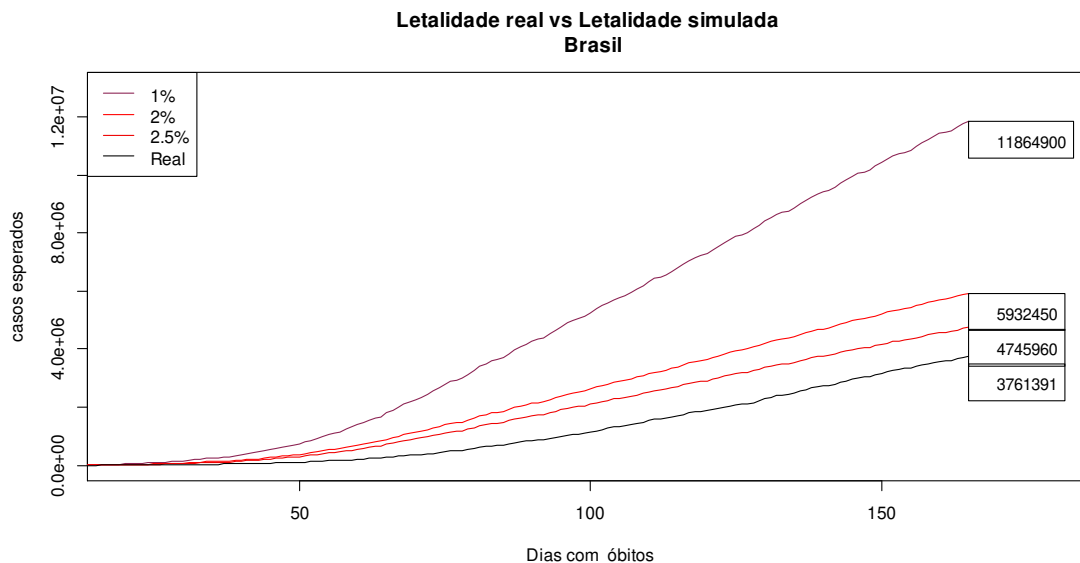


Grafico 11. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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 21.43 da semana passada para 20.92 nesta semana apresentando leve desaceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 1778 casos por cada 100 000 habitantes.

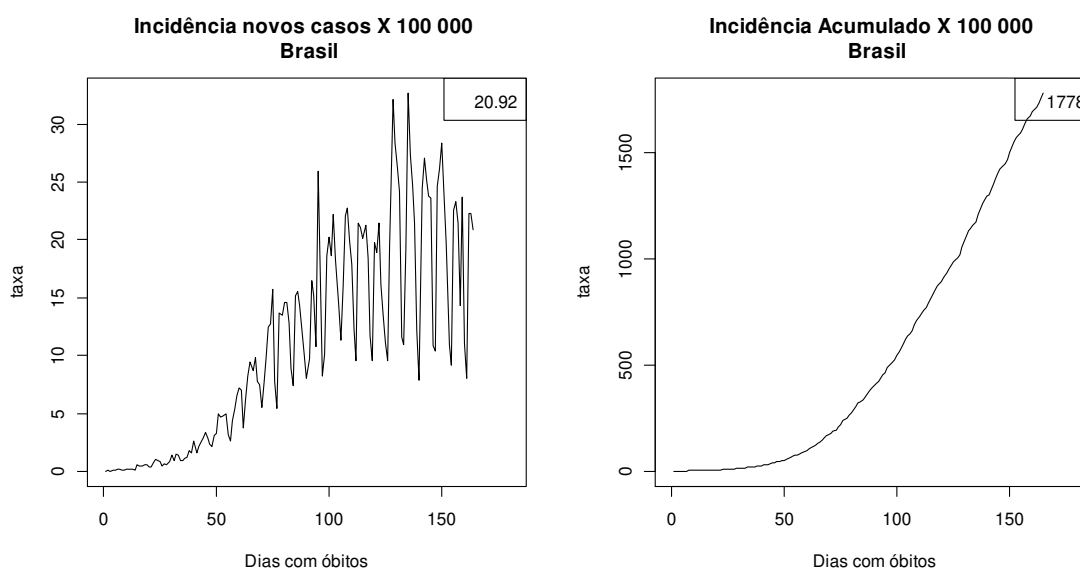


Gráfico 12. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 27 de agosto, 71 599 casos confirmados e 1 830 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 2 097 casos e 73 mortes. Comparando as duas últimas semanas houve 595 casos a menos e 14 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	21/08/2020	343	69845	5	1762
SE	22/08/2020	407	70252	10	1771
SE	23/08/2020	220	70472	11	1782
SE	24/08/2020	134	70606	11	1793
SE	25/08/2020	320	70926	15	1808
SE	26/08/2020	296	71222	14	1822
SE	27/08/2020	377	71599	8	1830

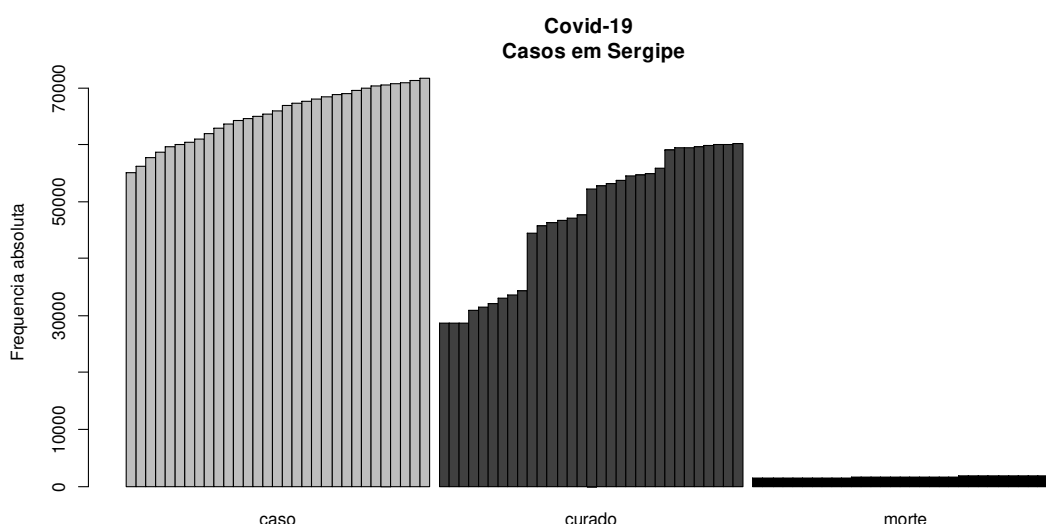


Gráfico 13. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

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.

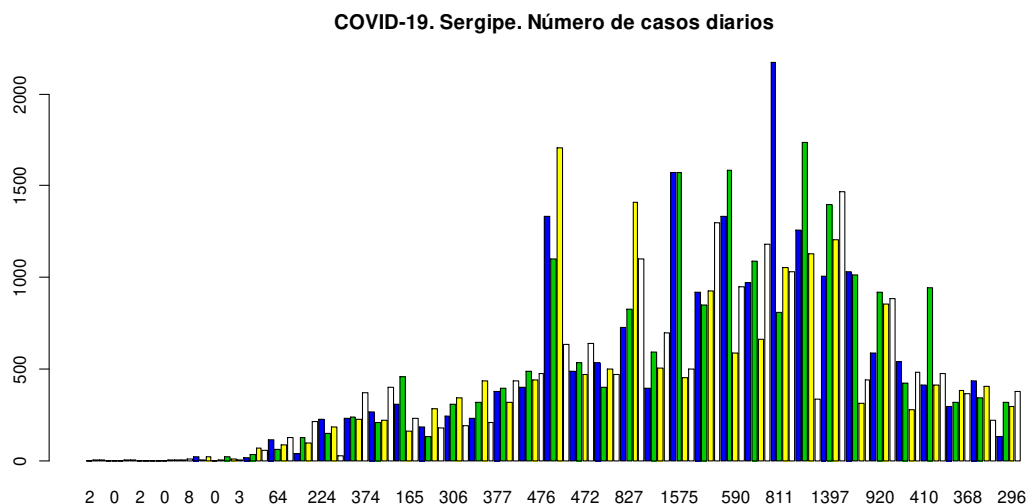


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

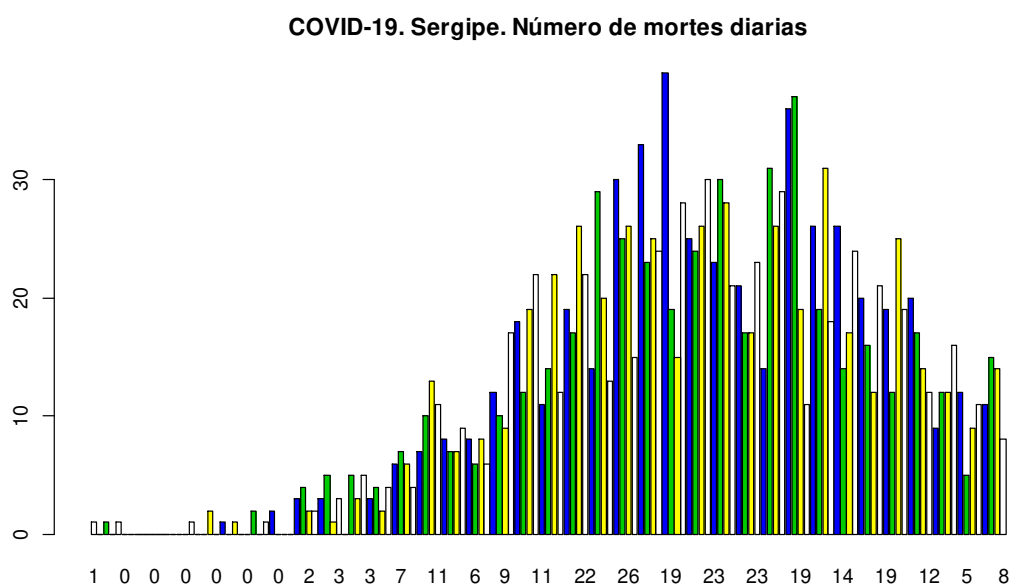


Gráfico 15. Mortes diárias testados no estado de Sergipe.

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 0.28 % e as mortes com 0.24 %, 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 16.

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
28/08/2020	71900	71494 - 72307	1833	1824 - 1841
29/08/2020	72199	71687 - 72711	1840	1829 - 1850

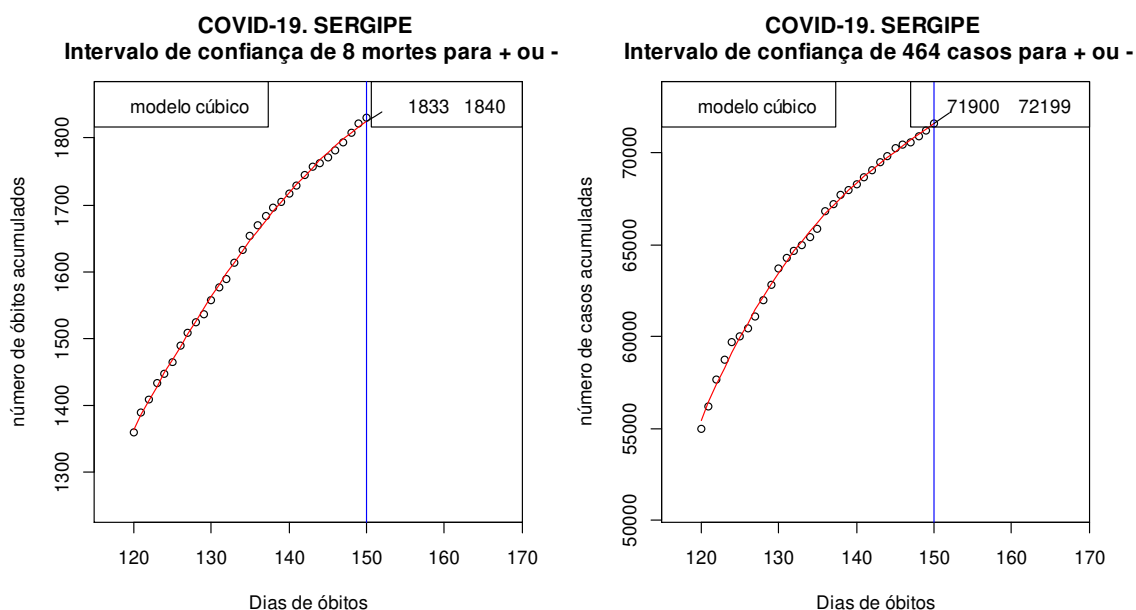


Gráfico 16: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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 são estatisticamente igual as médias de casos da sétima semanas de iniciada a proliferação do vírus no estado. Já para as mortes podemos afirmar que há uma queda se comarado com as últimas 9 semanas e apresentam igualdade estatística com a sétima semana, indicando a presença de uma queda tanto de casos e mortes. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

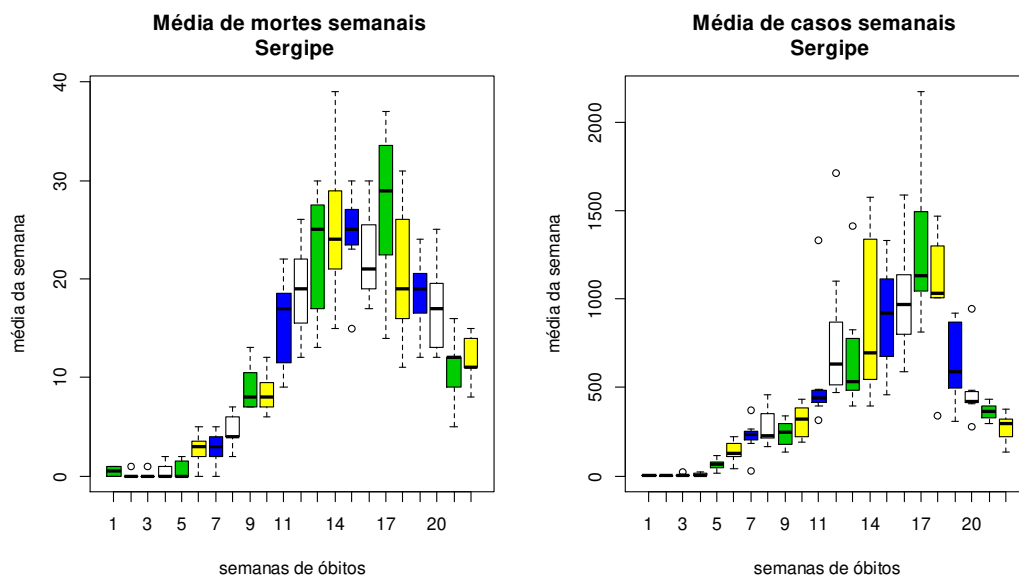


Gráfico 17. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

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 232 casos e 7 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 1 630 casos e 48 mortes. Semana passada projetamos 2 270 casos e 70 mortes, sendo os valores reais de 2 097 casos e 73 mortes. As projeções para esta semana estão na Tabela 07 e uma saída é visualizada no Gráfico 18.

Tabela 07. Modelagem e previsões futuras para novos casos e novas mortes em Sergipe.

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
28/08/2020	379	10	311	10
29/08/2020	435	9	347	5
30/08/2020	231	7	168	4
31/08/2020	107	11	63	10
01/09/2020	253	9	218	7
02/09/2020	240	10	194	7
03/09/2020	379	8	329	5

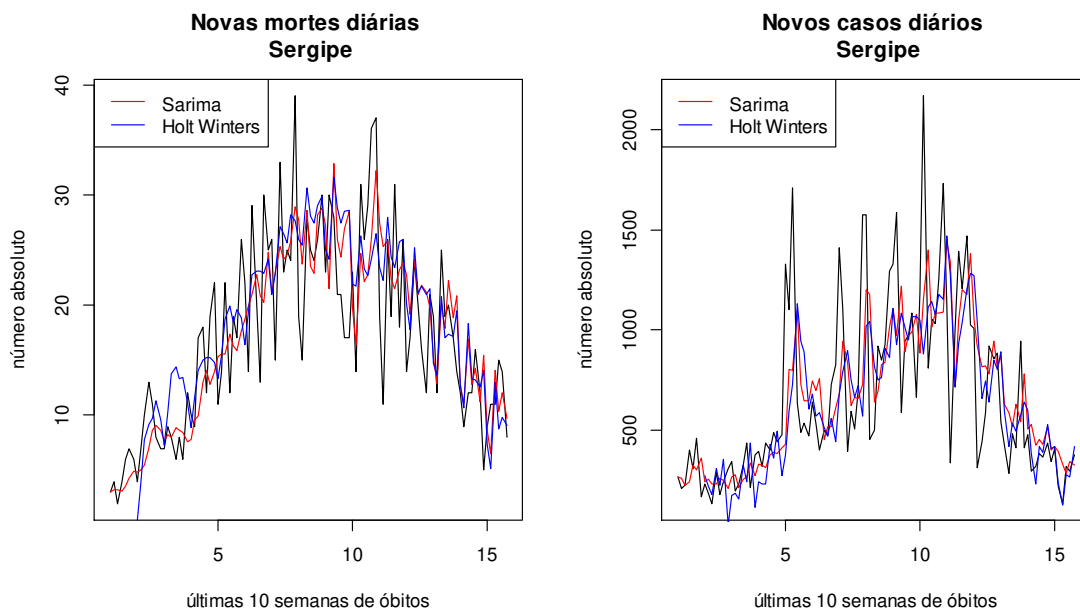


Gráfico 18. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

Letalidade

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.56 % sendo a semana passada de 2.53 %, indicador que embora esteja abaixo da média nacional a qual é 3,2%, ela esta se aproximando da média nacional pois há mais de dois meses vem crescendo, para observação disponibilizamos o Gráfico 19.

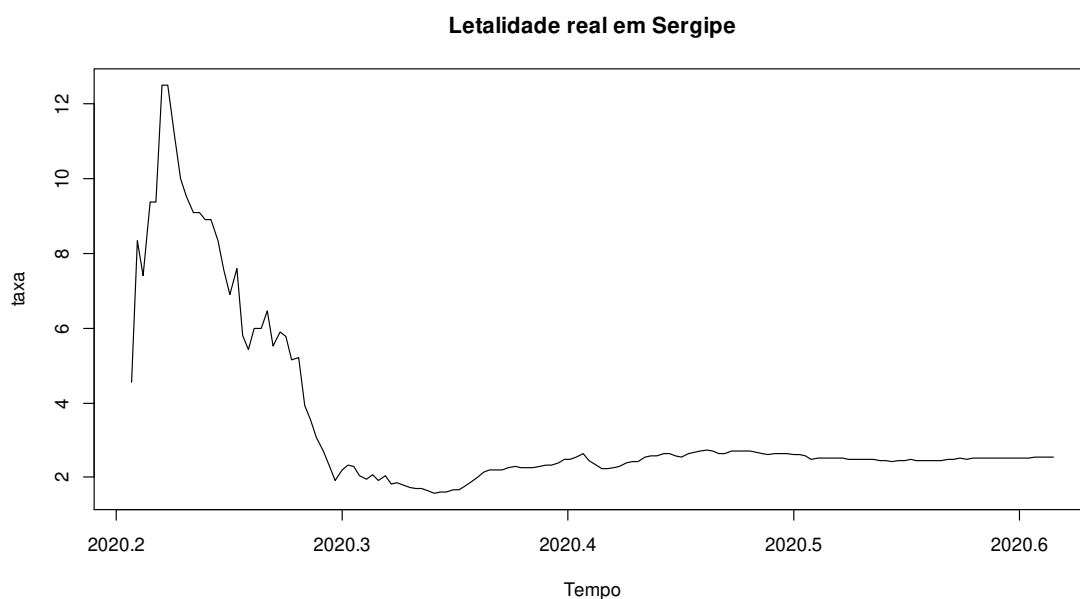


Gráfico 19. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 segunda posição em casos e mortes acumuladas, também na comparação de poder de testes por mil habitantes o Brasil ocupava a posição 71 semana passada e esta semana está na posição 78 de um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. A letalidade de de 3.2 % igual ao da semana passada, é considerado alto a nível mundial, indicando limitação no fornecimento 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 queda de casos nesta semana foi de 6.8% e 7% para as mortes
5. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 253 242 casos e 5 990 mortes.
6. A projeção para casos e mortes para 170 dias até a curva descer, ou talvez se manter, indicam uma desaceleração no seu crescimento potencial, e dando espaço para a Índia que vem com uma velocidade maior no seu crescimento.
7. No âmbito regional, Sergipe têm um decréscimo significativo tanto para casos e mortes, onde semana passada tinha uma média diária de 300 casos e 10 mortes, esta semana serão em média 232 casos e 7 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 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, 2ª 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.

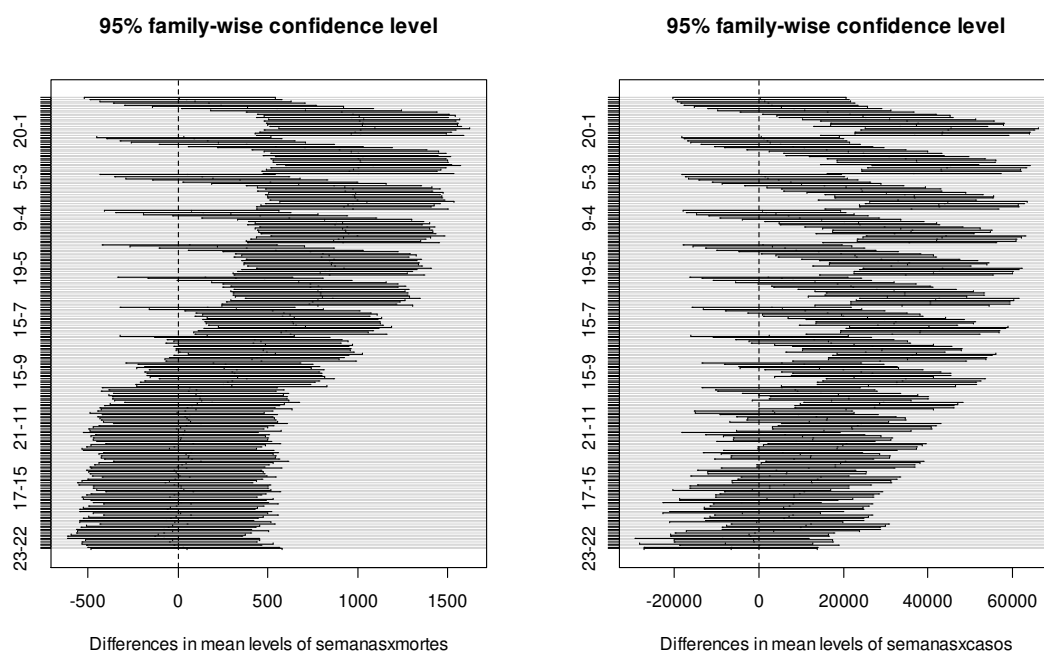


Gráfico 20. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

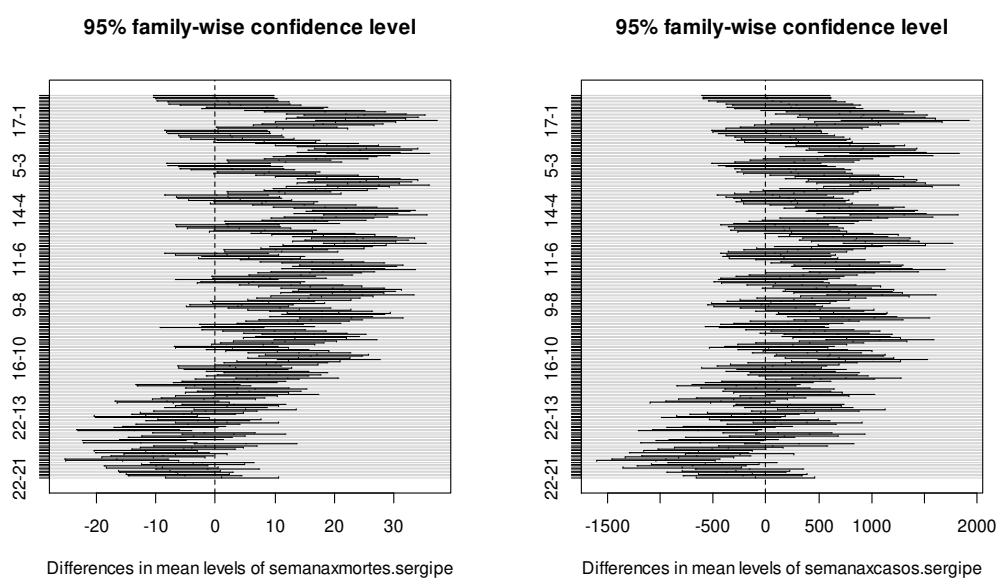


Gráfico 21. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.