



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

Nota técnica nº 08 sobre COVID-19 no Brasil e no estado de Sergipe

Elaboração: Daniel Francisco Neyra Castañeda

Índice

Introdução	2
Resultados	2
Modelagem para o Brasil	6
Letalidade	10
Incidência	10
Sergipe	11
Letalidade para Sergipe	13
Modelagem para Sergipe	14
Conclusões	16
Bibliografia	17

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 25 de Junho de 2020

Introdução

Esta nota técnica é a sequência das notas publicadas nas semanas previas. 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, e 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.

Na nota técnica anterior recriamos cenários de letalidades com 1%, 2%, 3% e a real, nesta nota técnica as atualizamos, pois entendemos que embora estas simulações não permitam alcançar os casos reais de contágio, os quais necessariamente são muito maiores, pelo menos tentamos dar uma ideia de quantos casos podem estar escondidos por causa da subnotificação. Também a taxa de prevalência em torno de 18,67, maior que a da semana passada que atingiu 14,37 por cada 100 000 habitantes. Os objetivos deste trabalho seguem as mesmas premissas do primeiro, que são descrever com tabelas e gráficos os casos e mortes confirmadas do COVID-19 no Brasil e no estado de Sergipe, além de usar modelos matemáticos para explicar e projetar os casos e mortes para os próximos dias.

Resultados

Para identificar o avanço da Covid-19 no Brasil e compara-lo no cenário mundial, elaboramos o Gráfico 01, onde ao longo do tempo, observa-se que o Brasil segue uma tendência crescente nos novos casos diários, na mesma direção do avanço mundial, e que as novas mortes, nos últimos dias têm apresentado estabilidade ou até uma queda tímida no cenário mundial, contudo o Brasil apresenta um aumento nestes dias. Também o número de testes aplicados a sua população nesta semana é de 12,6 por cada 1000 habitantes, considerado muito baixo se comparado com os Estados Unidos com 90,5 testes por 1000 habitantes. Para comparar em termos relativos o avanço desta pandemia, utilizamos os percentuais, relacionando o país com o mundo, onde os percentuais são calculados usando a simples divisão de novos casos no Brasil com os novos casos no Mundo multiplicado por 100, como visualizado no Gráfico 02, aqui podemos observar que para os casos, o Brasil ultrapassou em 4 oportunidades os novos 30 % dos novos casos no Mundo, para as mortes, em 9 oportunidades ultrapassou 30 %, em duas ultrapassou 50 % e em uma oportunidade atingiu 70 % das mortes mundiais (dia 26 de maio, com 1 039 mortes no Brasil e 1 485 no Mundo).

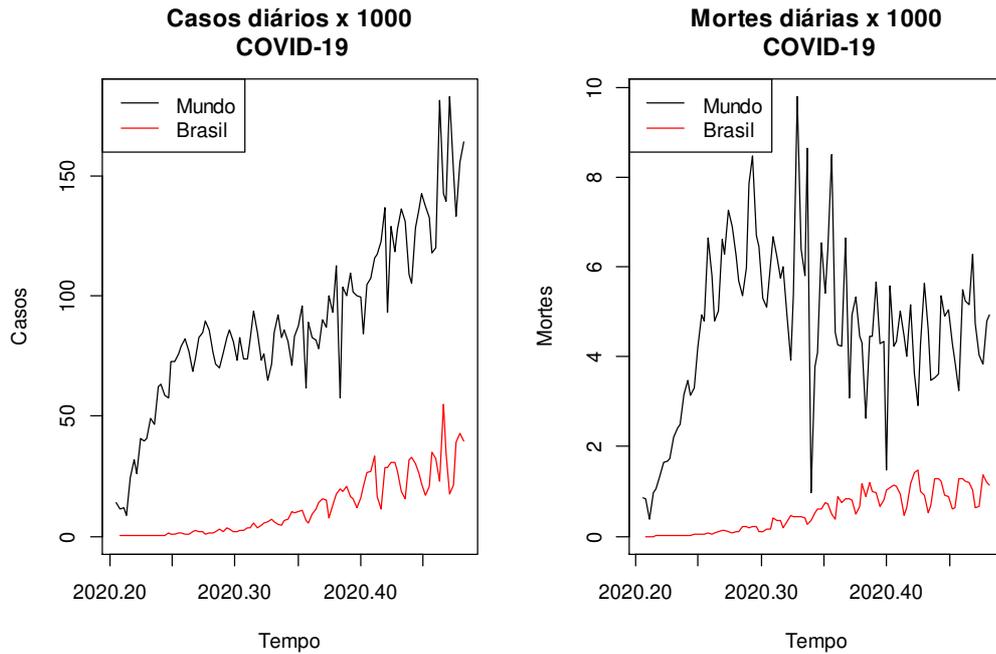


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

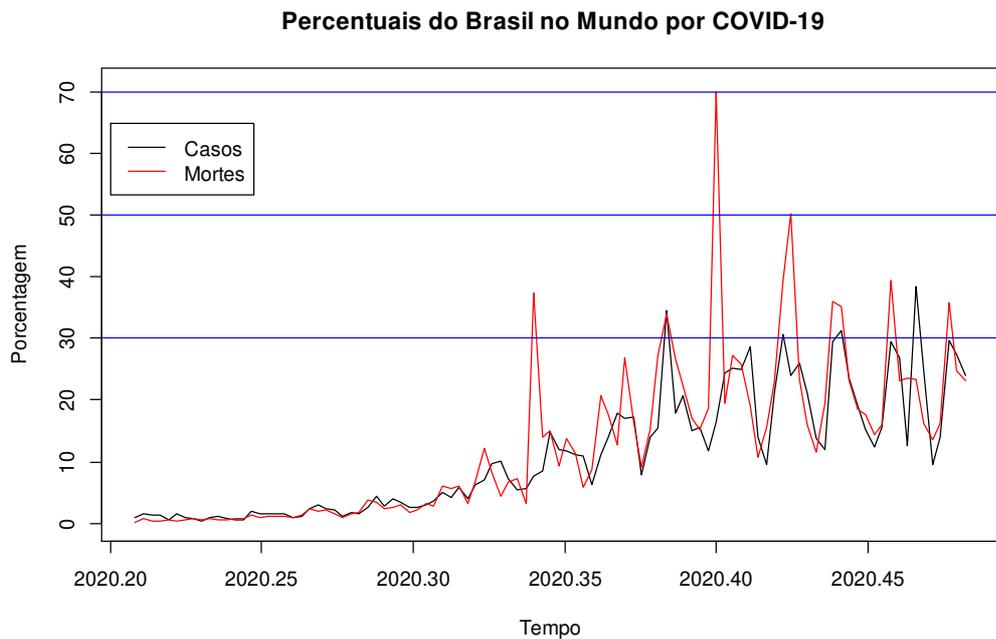


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana, do dia 19 a 25 de junho. 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 aritmética de casos e mortes, cuja duplicação em dias esta na relação 2,2,3,3,4,5,10,8,11,14,23 para as mortes. Já para os casos a relação de duplicação é: 3,3,5,5,6,8,9,12,11,13,19. Este fato indicou

protagonismo do Brasil no âmbito internacional, onde ganhou rapidamente posições no ranking tanto de casos e mortes. Em números absolutos acumulados o Brasil é segundo em número de casos e mortes atrás apenas dos Estados Unidos, para novos casos e novas mortes, atualmente o país é o que apresenta maior número absoluto no cenário mundial. Ontem o Brasil teve 42 725 casos e 1 185 óbitos de um total de 155 669 casos e 4 783 mortes no mundo, representando 27,4 % dos casos e 24,8 % das mortes. Uma visualização no Gráfico 03 aponta um crescimento exponencial ou potencial para ambos os casos e mortes e que o dia até a curva se manter ou descer, não será ainda nesta semana, e que até a data do dia 25 de junho, foram de 1 228 114 casos confirmados e 54971, aumentando em uma semana mais de 249972 casos e mais de 7223 mortos, comparando o saldo entre semanas há um aumento de 74658 casos a mais e 394 mortes a mais.

Tabela 1: Casos e mortes acumuladas por COVID-19 na semana do dia 19 a 25 de junho.

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
19/06/2020	1032913	48954	507200	476759
20/06/2020	1067579	49976	520734	496869
21/06/2020	1085038	50617	549386	485035
22/06/2020	1106470	51271	571649	483550
23/06/2020	1145906	52645	613345	479916
24/06/2020	1188631	53830	649908	484893
25/06/2020	1228114	54971	673729	499414

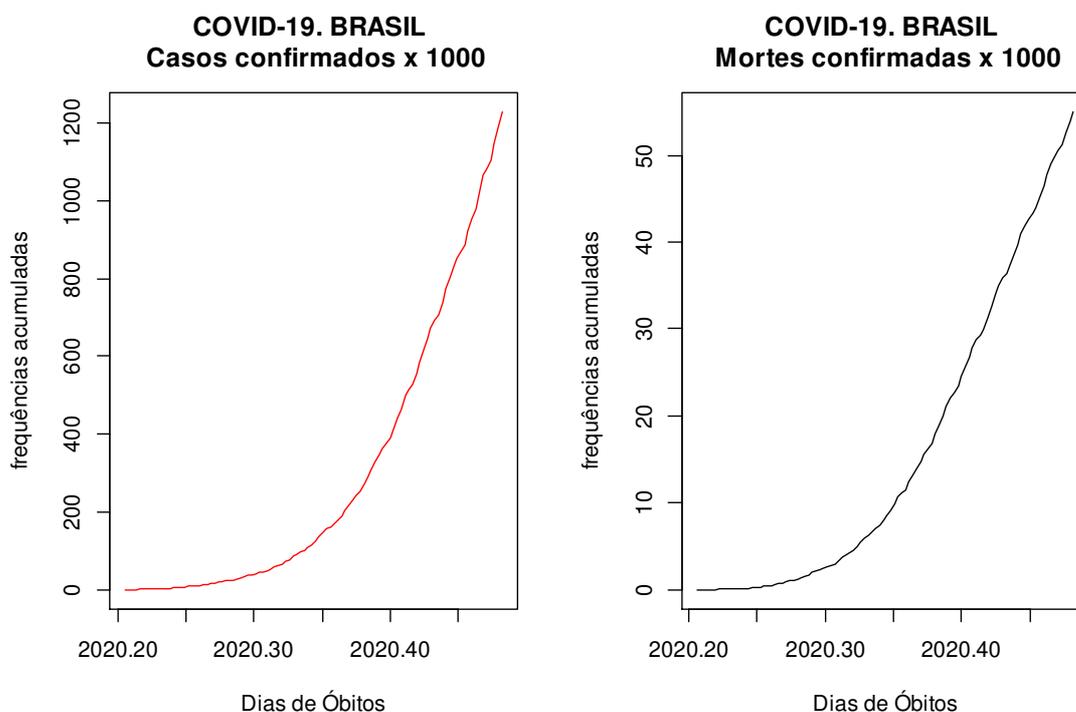


Gráfico 03: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 9 347 novos casos e 284 novas mortes, e os seguem os estados de Rio de Janeiro, Ceara, Pará, Maranhão, Amazonas, Pernambuco como se mostra na Tabela 02 a seguir:

Tabela 02: Casos confirmados e mortes por COVID-19 nos primeiros sete estados do Brasil (25/06/2020).

Estado	Casos		Mortes	
	Novos	Acumulados	Novos	Acumulados
SP	9347	248587	284	13759
RJ	2624	105897	142	9450
CE	2050	102126	98	5875
PA	3072	94036	54	4748
MA	1293	74925	39	1871
AM	1691	67267	24	2731
PE	1191	55136	86	4488

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 25 de junho de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 39483 casos neste dia, sendo um dos maior até hoje, e as novas mortes alcançaram 1141 óbitos, sendo um dos maiores até hoje em um único dia, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

COVID-19. BRASIL. Número de casos diários

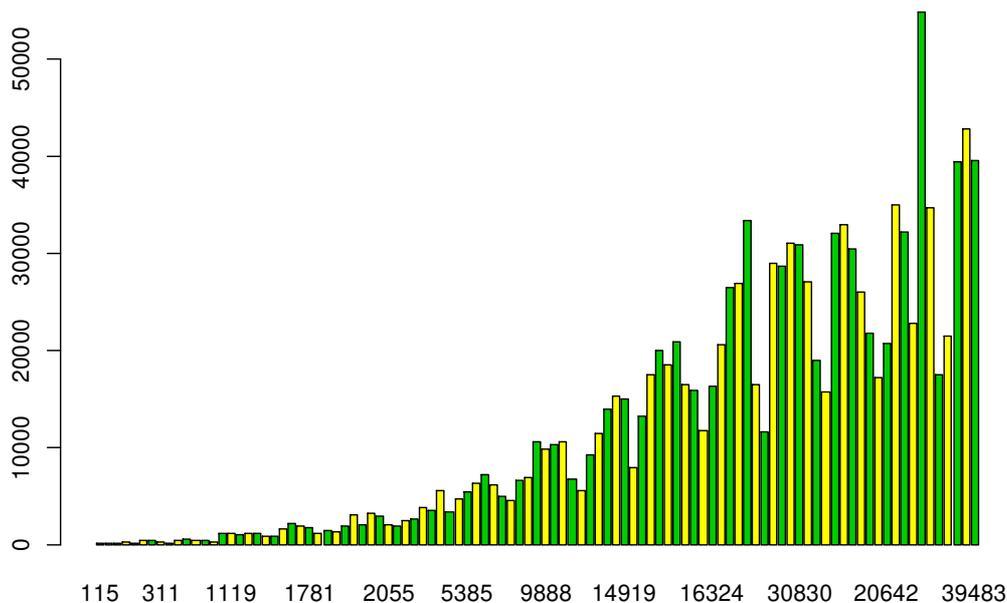


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

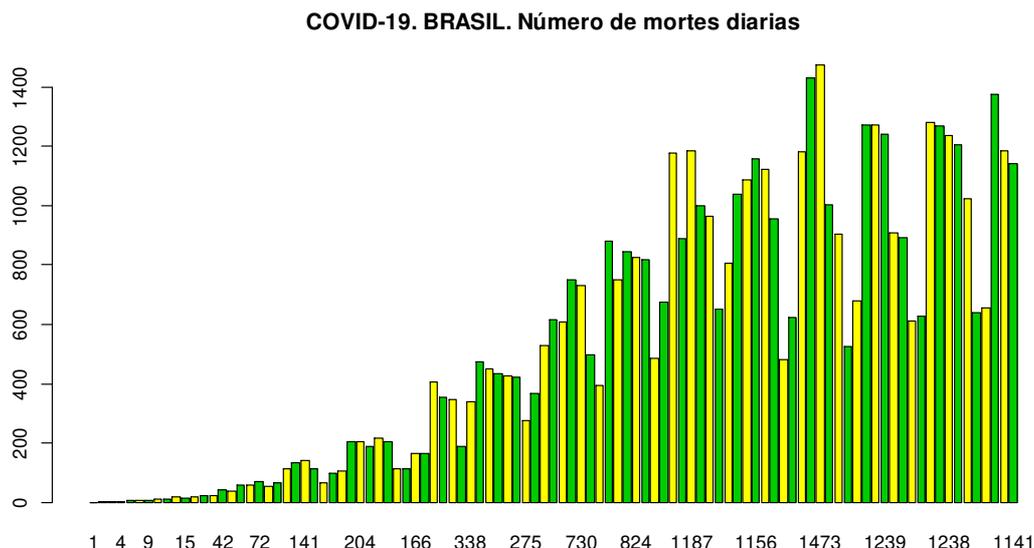


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 0,75%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0,75% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0,55%. As projeções de casos e mortes serão para o dia 26 de junho com 1 264 388 casos e 55 973 mortes, e para o dia 27 de junho serão 1304645 casos e 56 994 mortes, conforme 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
26/06/2020	1264388	55973	1243324 - 1285452	55597 – 56650
27/06/2020	1304645	56994	1274854 - 1334436	55966 – 58021

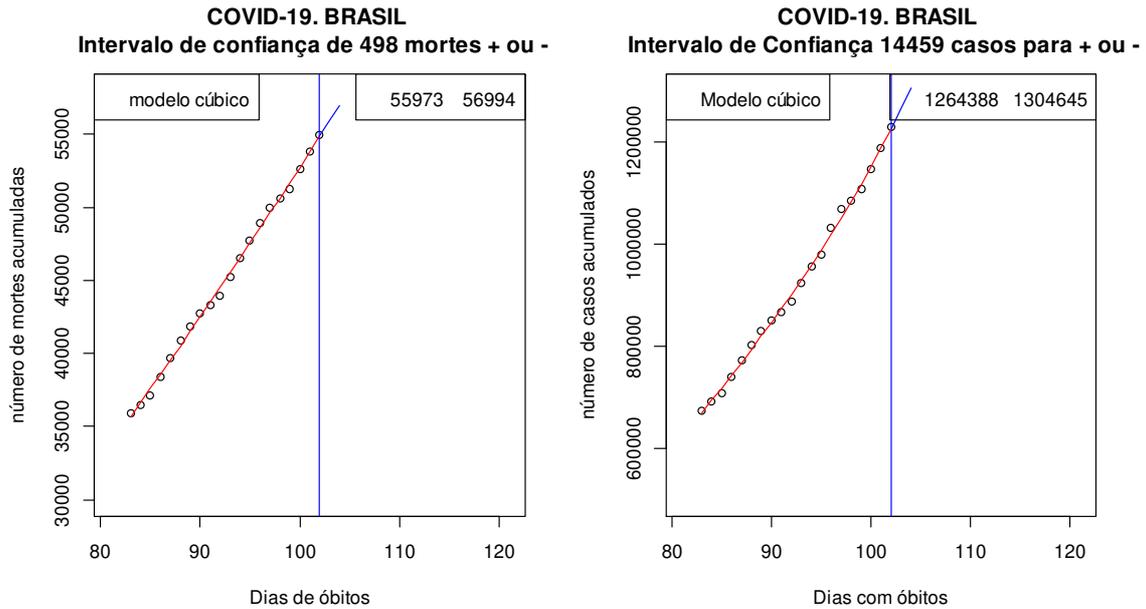


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os dias 26 e 27 de junho.

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 que cada semana apresenta, 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 as maiores médias semanais, indicando crescimento aumentos como segue:

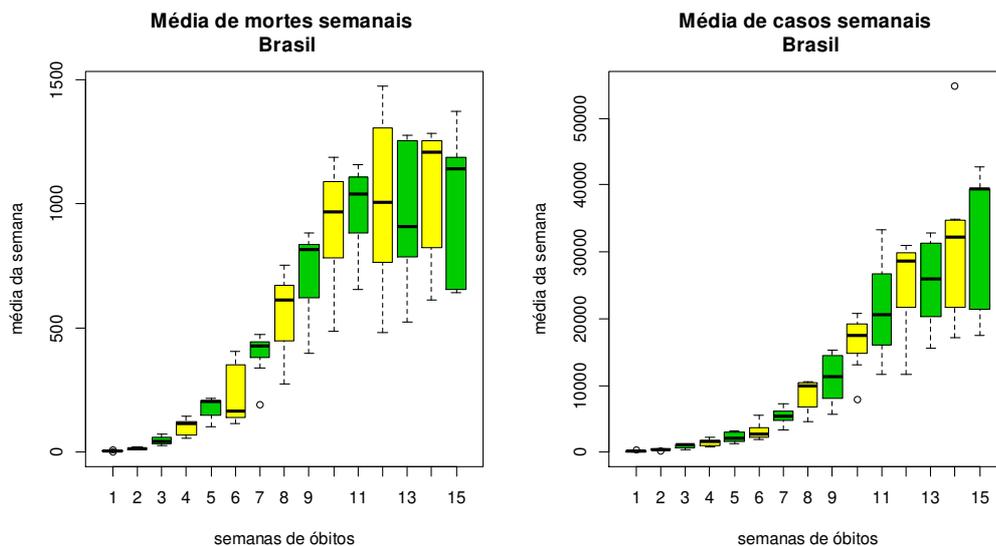


Gráfico 07. Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

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 manteremos em torno de 35 000 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 4 300 casos para mais e para menos e 990 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 155 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vêm podemos atingir aproximadamente 260 000 casos e 6 900 mortes. Semana passada se projetou 218 000 casos e o valor real foi 249972, para as mortes projetou-se 6 800 e o valor real foi 7223. Também podemos observar que estes modelos conseguem extrair o efeito sazonal por causa das subnotificação no final de semana, ver a Tabela 04 e Gráfico 08.

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

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
26/06/2020	42964	1075	47390	1116
27/06/2020	34501	946	36840	924
28/06/2020	24651	597	25803	560
29/06/2020	26422	627	28084	597
30/06/2020	43437	1337	43653	1309
01/07/2020	42931	1194	44678	1180
02/07/2020	36575	1156	40956	1187

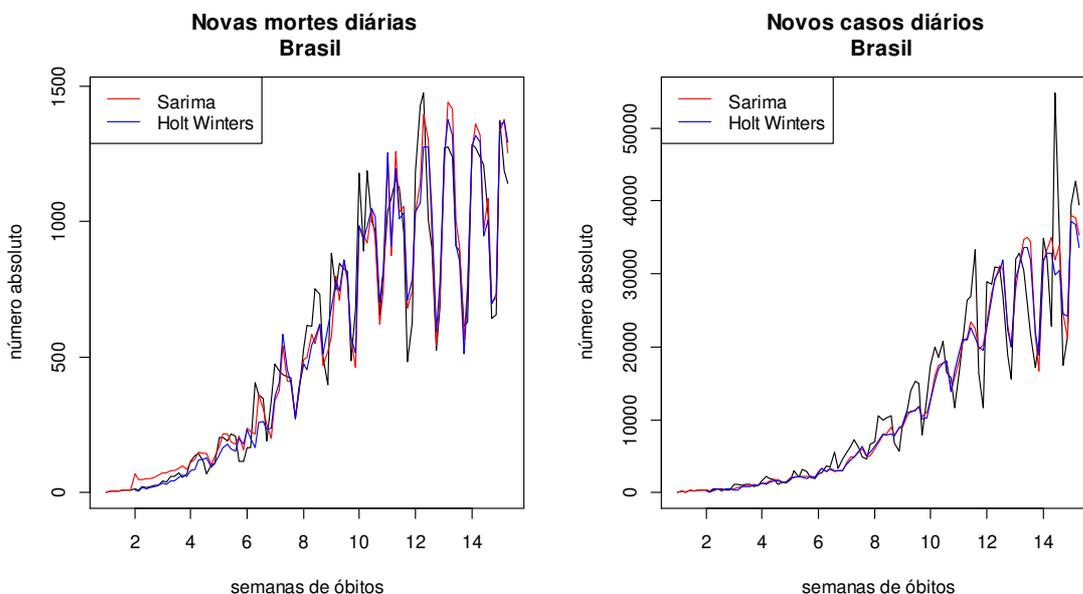


Gráfico 08. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

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 19 dias, e para as mortes, a cada 23 dias.

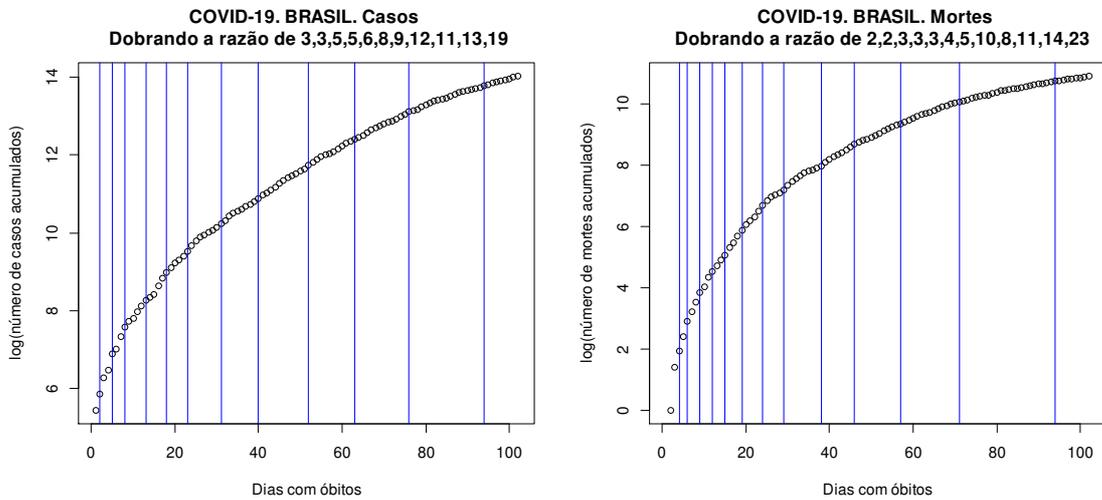


Gráfico 09: Espaçoamento entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

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 110 dias de aumentos até a curva descer e é comparada com a projeção da semana passada para 100 dias. A justificativa de estender os dias de crescimento é a interiorização no Brasil da pandemia, esta semana no limíte os casos podem atingir os valores de 1 692 609 casos, num ambiente mais favorável podem atingir os valores de 1 460 481. Já as mortes num ambiente menos favorável pode atingir 66 944 mortes e num ambiente mas favorável seriam 58 802 mortes.

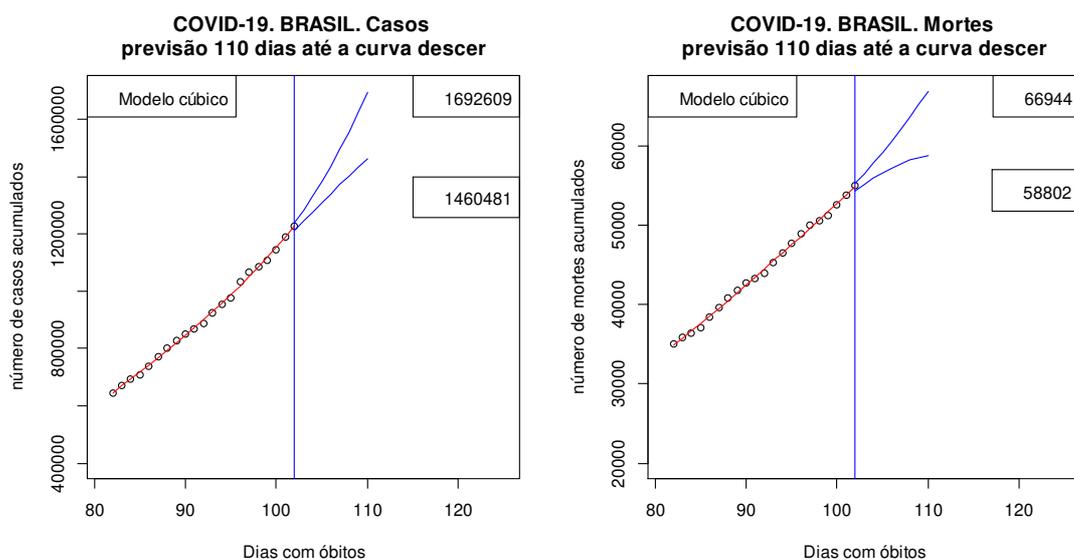


Gráfico 10. Projeção de potencia a partir dos últimos 20 dias.

Tabela 04. Projeção para 100 dias (23 de junho) e 110 dias (03 de julho) após o primeiro óbito até a curva descer usando um modelo cúbico. Onde o valor real ao 23 de junho foi de 1 145 906 casos e 52 645 mortes, encontrando-se dentro do intervalo de confiança proposto.

Variável	100 dias		110 dias	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Casos	859089	1189003	1460481	1692609
Mortes	43504	60220	58802	66944

Letalidade

Assumimos 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 é os poucos testes realizados no Brasil, que até o dia 10 de junho por cada 1 000 habitantes foram 4,7 testes, sendo um dos países com menos testes per capita aplicados a sua população. As letalidades propostas são: 1%, 2%, 4% e a real, fornecendo os 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 5 497 100 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

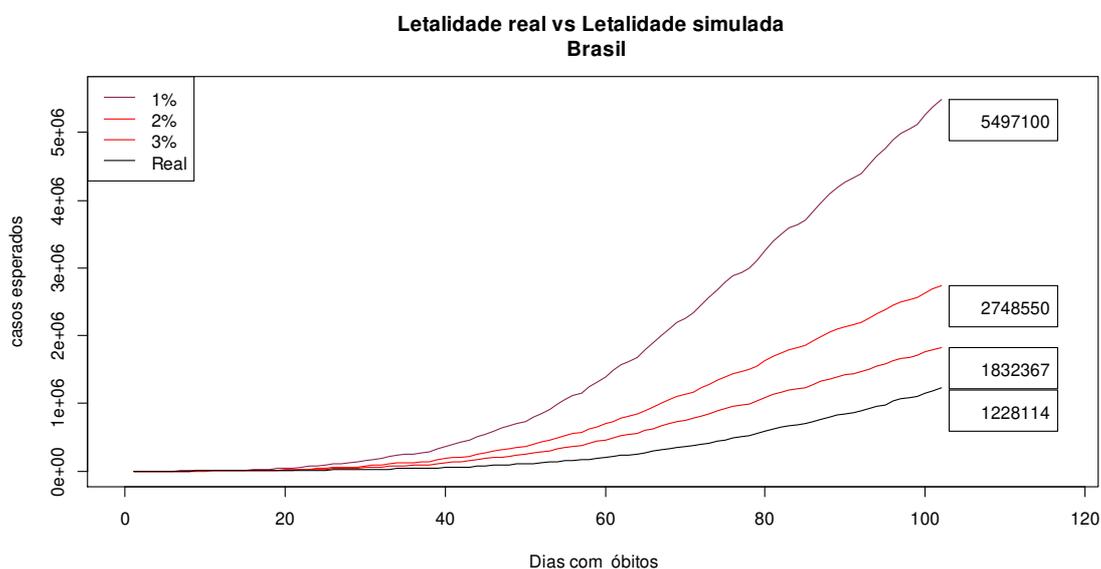


Gráfico 11. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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 $I = \left(\frac{\text{casos}}{211489034} \right) * 100000$. Mostra-se a partir do Gráfico 12, que a incidência é também crescente, saindo de 14,63 da semana passada para 14,38 nesta semana mantendo constante a aceleração do contágio.

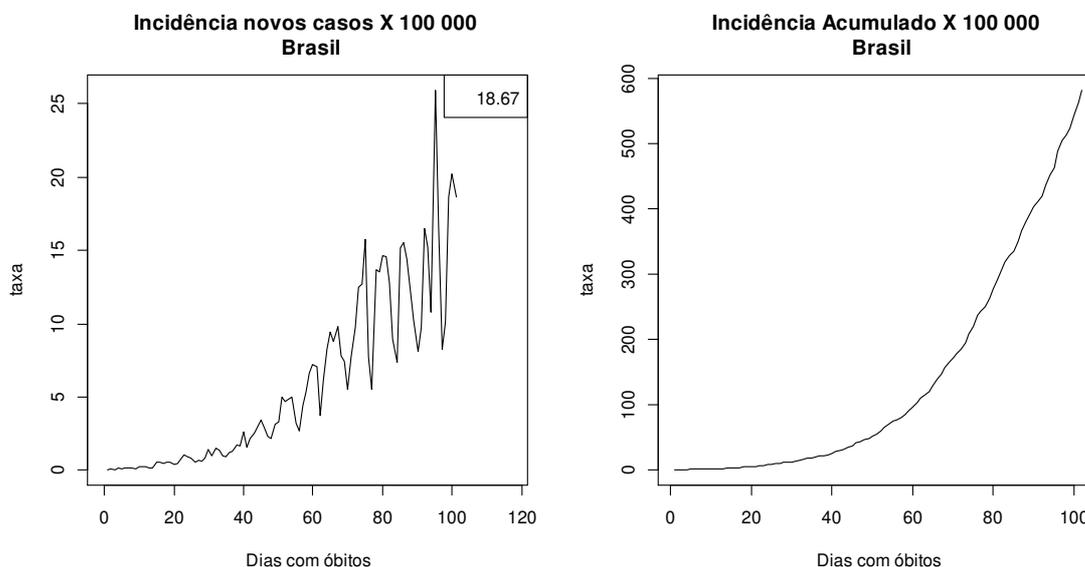


Gráfico 12. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 25 de junho, 21081 casos confirmados e 554 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 3744 casos e 154 mortes a mais, 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	19/06/2020	471	17808	26	426
SE	20/06/2020	641	18449	22	448
SE	21/06/2020	536	18985	14	462
SE	22/06/2020	399	19384	29	491
SE	23/06/2020	499	19883	20	511
SE	24/06/2020	470	20353	13	524
SE	25/06/2020	728	21081	30	554

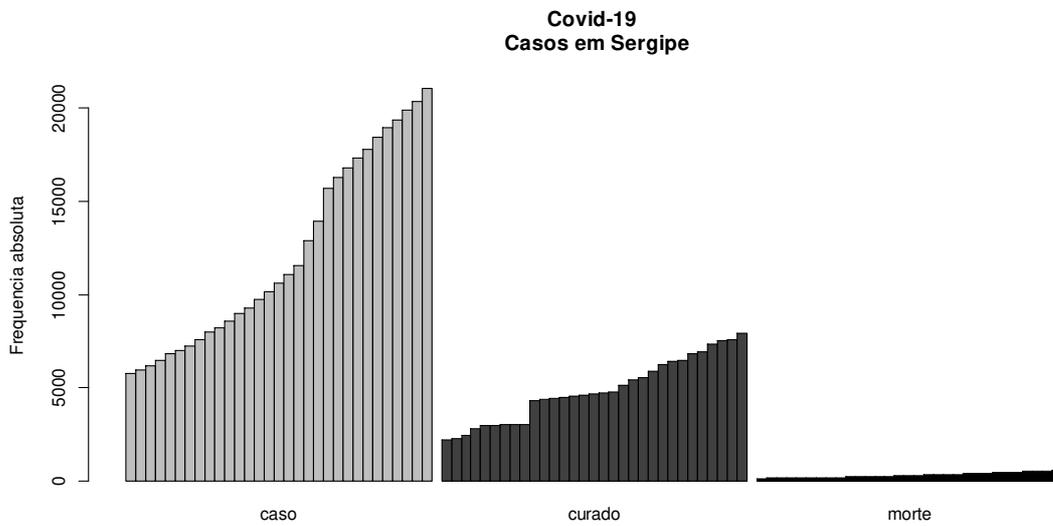


Gráfico 13. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Para visualizar os novos casos e as novas mortes no estado, podemos visualizar os gráficos 14 e 15, onde o dia 25 de junho atingiu 728 casos e 30 mortes.

COVID-19. Sergipe. Número de casos diários

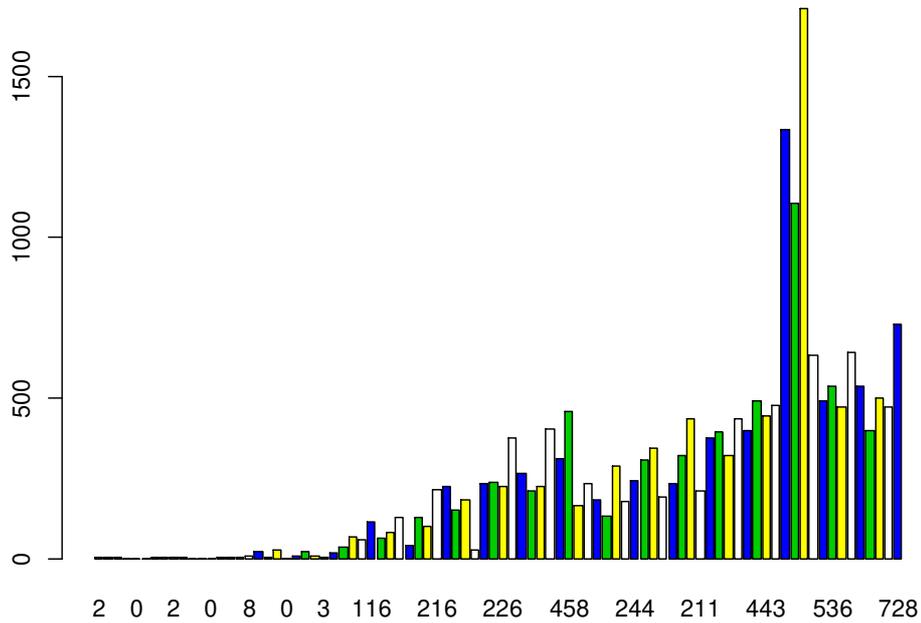


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

COVID-19. Sergipe. Número de mortes diárias

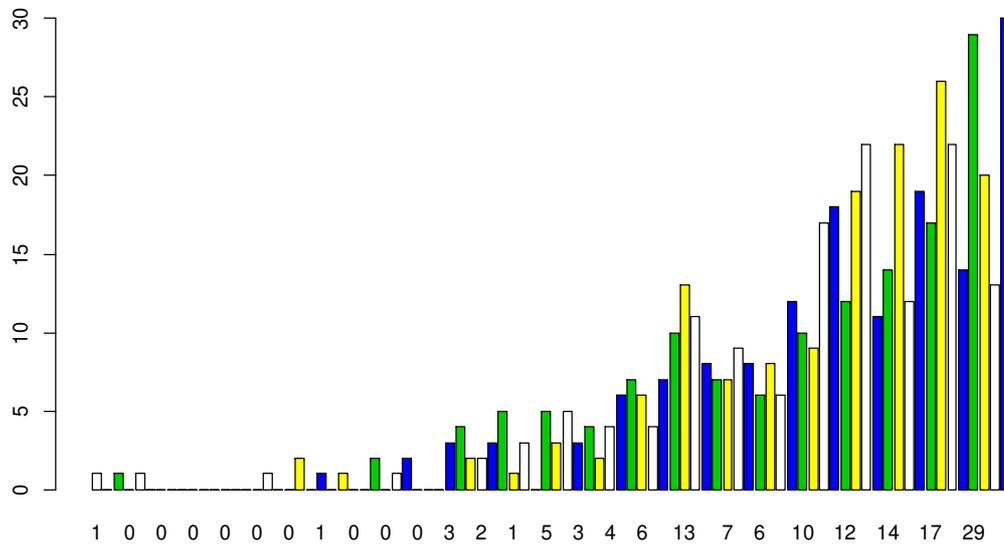


Gráfico 15. Mortes diárias testados no estado de Sergipe.

Letalidade para Sergipe

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2,63% sendo a semana passada de 2,55%, indicador abaixo da média nacional a qual está próxima de 4,5% para observação disponibilizamos o Gráfico 16.

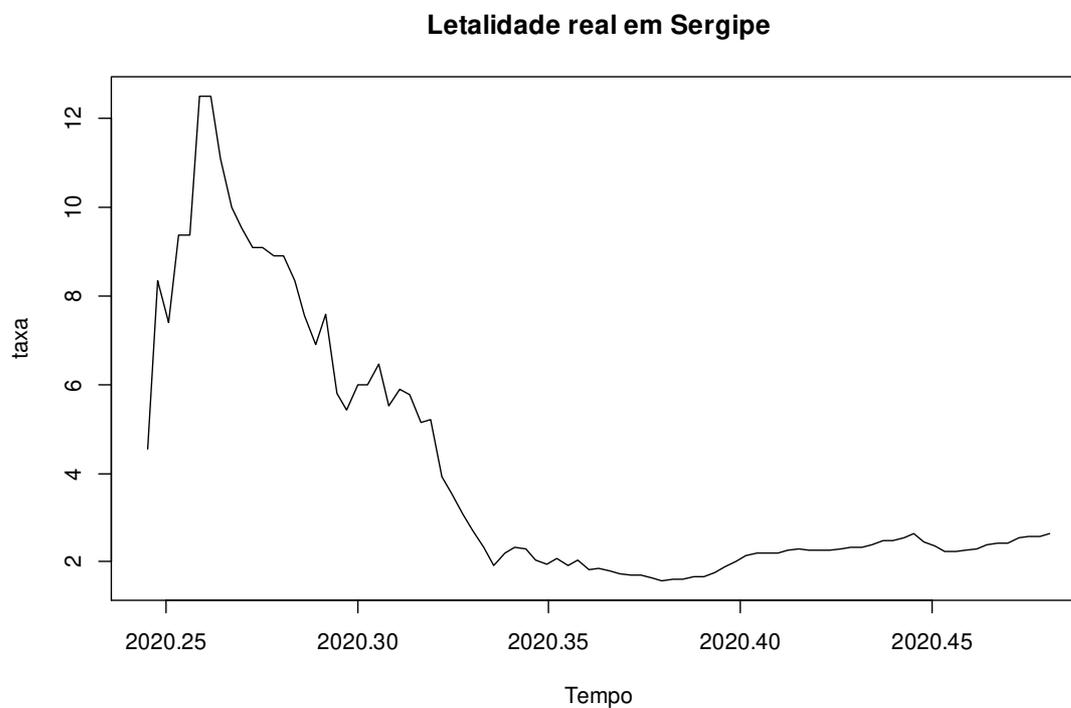


Gráfico 16. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

Modelagem para Sergipe

Usam-se modelos de regressão para ajustar a série de casos e mortes acumuladas de COVID-19 no estado de Sergipe, então escolheu-se o modelo que tem menor erro de ajuste (a curva mais próxima dos dados). Ao longo dos dias, os ajustes foram avaliados e modelos de regressão cúbica têm tido os menores erros de ajuste; para os casos atingiu 1,38% e as mortes com 3,13%, foram usados apenas os 20 últimos casos. As projeções atingirão ao 12 de junho 11 564 casos e 290 mortes, e para o dia 13 de junho, serão 12 095 casos e 302 mortes projetadas, conforme visualizado na Tabela 06. Uma saída é mostrada no Gráfico 17.

Tabela 06: Projeção a partir de casos e mortes acumuladas para os próximos 2 dias.

Data projetada	Casos	Intervalo de Confiança Casos	Mortes	Intervalo de Confiança mortes
26/06/2020	21755	20891 – 22619	576	569 – 583
27/06/2020	22220	21132 – 23309	600	591 – 609

COVID-19. SERGIPE **COVID-19. SERGIPE**
Intervalo de confiança de 6 mortes para + c Intervalo de confiança de 678 casos para +

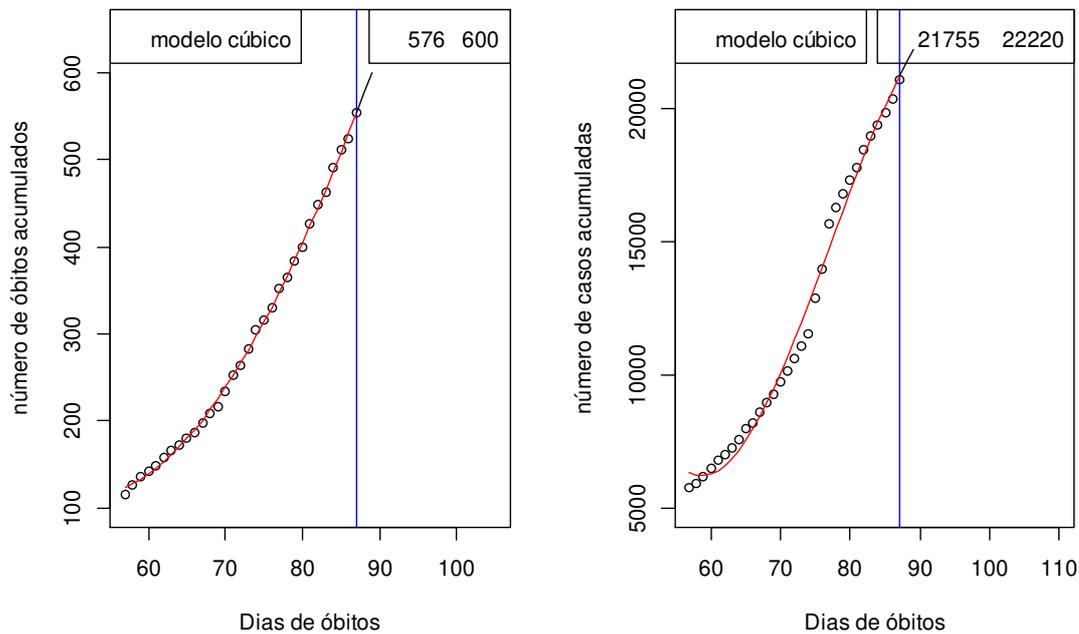


Gráfico 17: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

Para visualizar as médias de casos e mortes por semana, indicando um crescente aumento se comparado semana passada, visualizado no Gráfico a seguir

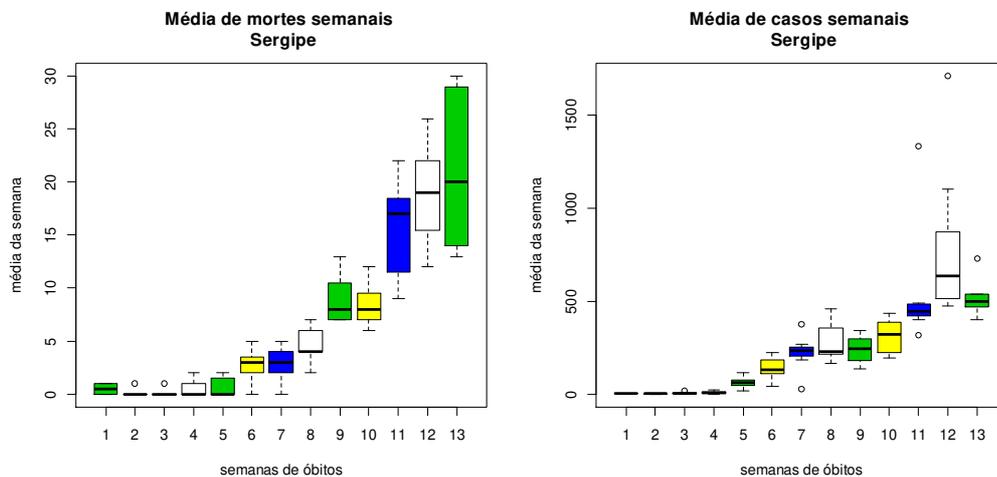


Gráfico 18. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

Foram usados modelos avançados de séries temporais, como Holtwinters e Sarima para ajustar a séries apenas para novos casos, por apresentar três componentes temporais como, tendência, sazonalidade e ciclos. A bondade de ajuste desta modelagem permite realizar previsões futuras, e neste caso em particular realizamos projeção para os próximos sete dias, em média ocorreram 670 casos e 22 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 4 700 casos e 160 mortes. Semana

passada projetamos 3 100 casos e 110 mortes, sendo os valores reais de 3744 casos e 154 mortes. As projeções para esta semana estão na Tabela 07 e uma saída é visualizado 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
26/06/2020	630	25	679	25
27/06/2020	697	20	777	23
28/06/2020	653	14	687	21
29/06/2020	658	27	704	28
30/06/2020	656	18	646	26
01/07/2020	657	13	657	20
02/07/2020	690	28	750	28

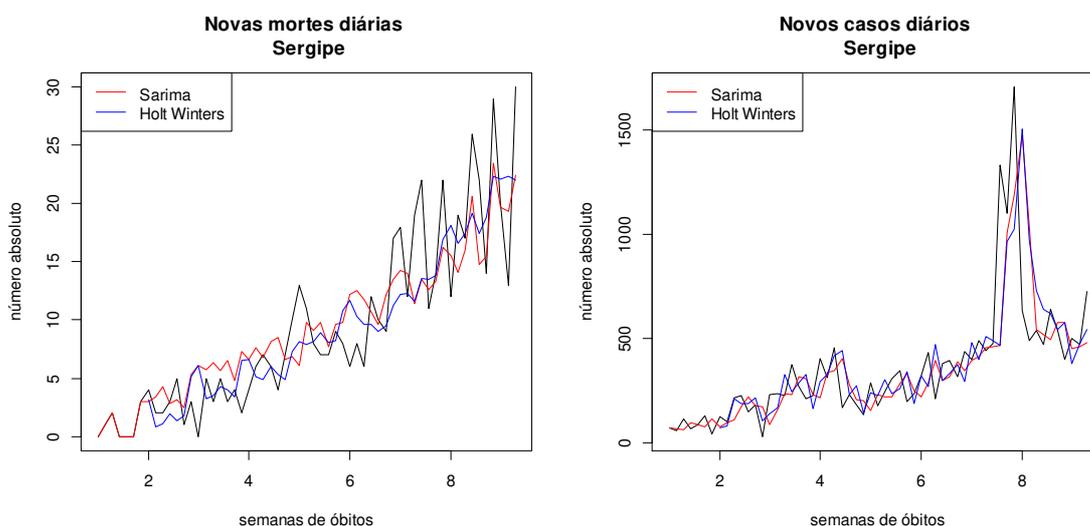


Gráfico 17. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

Conclusões

1. As conclusões das primeiras notas estão mantidas no avanço do COVID-19 no Brasil e Sergipe.
2. No âmbito mundial o Brasil está na segunda posição em casos e mortes acumuladas, também na comparação de poder de testes por mil habitantes o Brasil ocupava a posição 114 semana passada e esta semana está na posição 108 de um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. A letalidade em torno de 4,5%, é considerado alto a nível mundial, contudo semana passada era 5%, indicando um fornecimento maior de testes a sua população.

4. A presença crescente de casos novos indicam que o Brasil ainda mantém seu crescimento potencial, onde semana que vêm atingirá mais de 260 000 casos e 6 900 mortos.
5. A projeção para 110 dias até a curva descer, ou talvez se manter, indicam que o Brasil já é um dos países que mais demorará em se estabilizar e descer na curva de crescimento.
6. No âmbito regional, Sergipe novamente retomou seu crescimento potencial em casos e mortes, onde semana passada tinha uma média 530 casos e 22 mortes, esta semana serão em média 670 casos e 22 mortes.
7. A Letalidade no estado de Sergipe teve aumento diário nesta três ultimas semanas.

Bibliografia

1. Universidade de medicina, Jhons Hopkins. <https://jhu.edu/map.html>
2. Worldometers dados on line. <https://www.worldometers.info/coronavirus/>
3. Ministerio da saúde do Brasil. Painel Coronavirus. <https://covid.saude.gov.br>
4. <https://saude.estadao.com.br/noticias/geral,primeiro-caso-da-Covid-19-no-brasil-e-do-fim-de-janeiro-diz-ministerio-da-saude>.
5. Ehlers,Ricardo.(2007): Análise de séries Temporais.Universidade Federal do Paraná.
6. Morettin, A. P., Clélia, M. C.(2006) Análise de séries temporais}. Editora Egard Blucher, 2^a edição.
7. Quijano, F. Morales, A, Waldman, E. Traslating transmissibility measures into recomendations for coronavirus prevention. Revista de Saúde Pública. 25 março de 2020.
8. Ehlers, Ricardo.(2007). Análise de séries Temporais. Universidade Federal do Paraná.
9. Venables WN, Ripley BD (2002). Modern Applied Statistics with S. 4th edição. Springer-Verlag, New York.

Errata da nota técnica 07.

Pag 2. Onde se lê prevalencia deve ser “prevalência”, ainda onde se lê premissa, deve ser “premissa”
