



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

Nota técnica nº 21 sobre COVID-19 no Brasil e no estado de Sergipe

Elaboração: Daniel Francisco Neyra Castañeda

Sumário

Introdução2

Resultados Brasil2

Modelagem para o Brasil6

Letalidade11

Incidência12

Resultados Sergipe13

Modelagem15

Letalidade18

Conclusões19

Bibliografia20

Anexos.20

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 24 de setembro 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 15.5 menor que a da semana passada que atingiu 17.16 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 84 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 303 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

começa a perder protagonismo mundial, se afasta do pico da curva de crescimento, diminuindo e atingindo abaixo de 20% de contribuição no mundo.

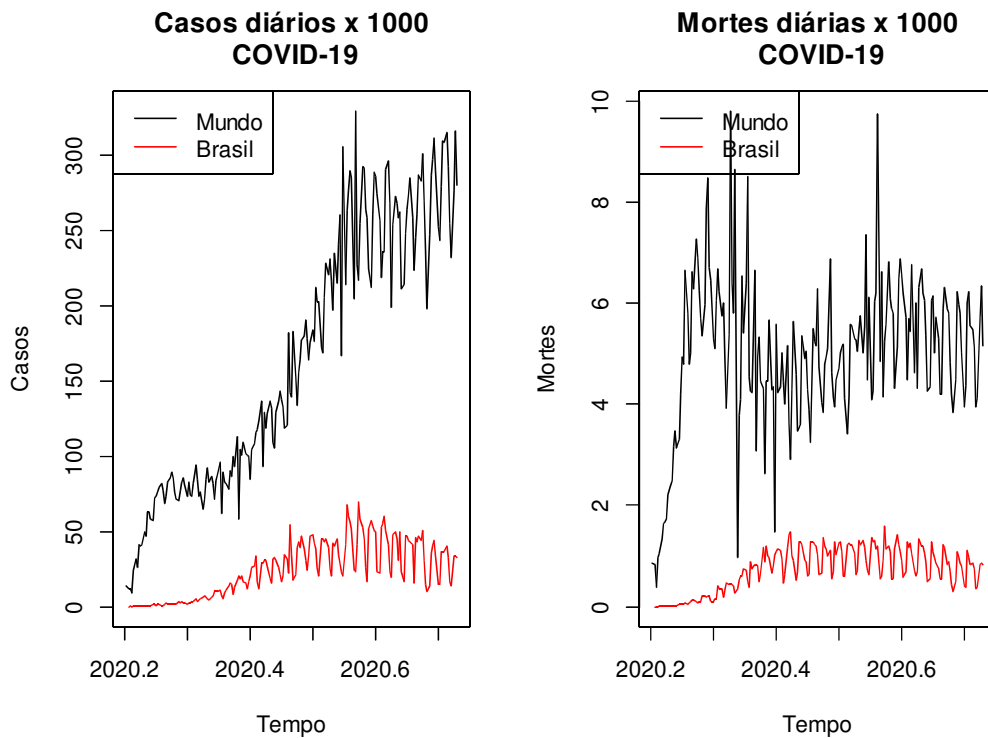


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

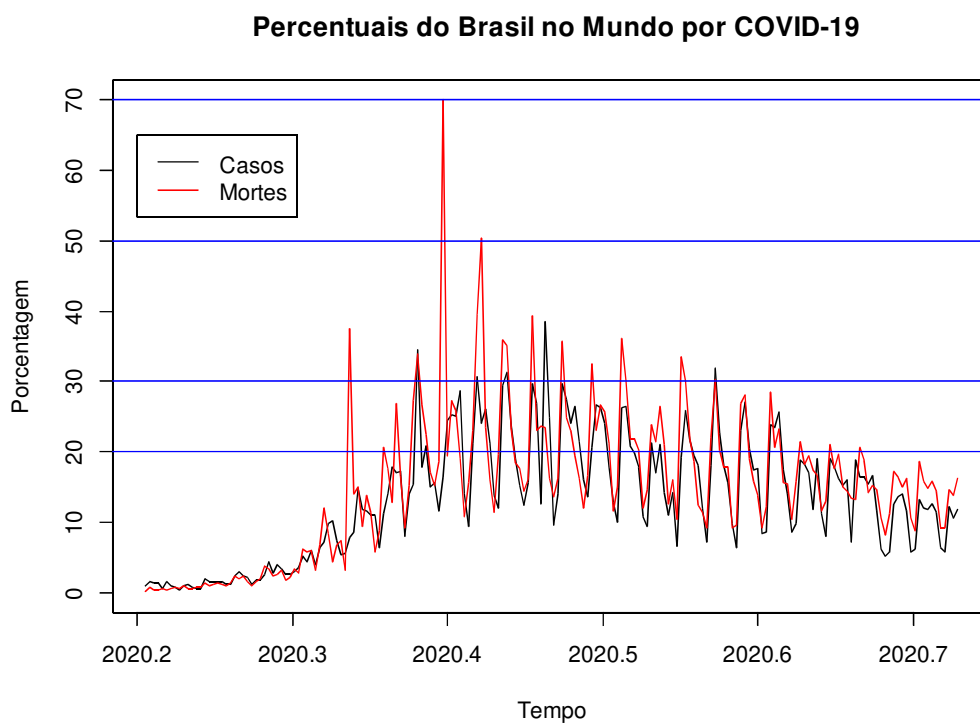


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

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: 3,3,5,5,6,8,9,12,11,13,19,27,45. Em números absolutos acumulados o país é terceiro em número de casos e segundo em número de mortes atrás apenas dos Estados Unidos. Ontem 23 de setembro o Brasil teve 33 281 casos e 869 óbitos de um total de 281 517 casos e 5 402 mortes no mundo, representando 11% dos casos e 16% das mortes, onde semana passada foram 13,2% e 17.4% respectivamente, indicando uma queda nos percentuais se comparado com as semanas previas. Uma visualização no Gráfico 03 aponta um crescimento potencial para ambos os casos e mortes acumuladas, contudo há presença de desaceleração nesta semana, e que até a data do dia 24 de setembro, foram de 4 657 702 casos confirmados e 139 808 mortes, aumentando em uma semana mais de 202 316 casos e mais de 4 873 mortes, comparando o saldo entre semanas há uma diminuição de 14 624 casos e 540 mortes.

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

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
18/09/2020	4495183	135793	3789139	570251
19/09/2020	4528240	136532	3820095	571613
20/09/2020	4544629	136895	3851227	556507
21/09/2020	4558068	137272	3887199	533597
22/09/2020	4591604	138108	3945627	507869
23/09/2020	4624885	138977	3992886	493022
24/09/2020	4657702	139808	4023789	494105

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

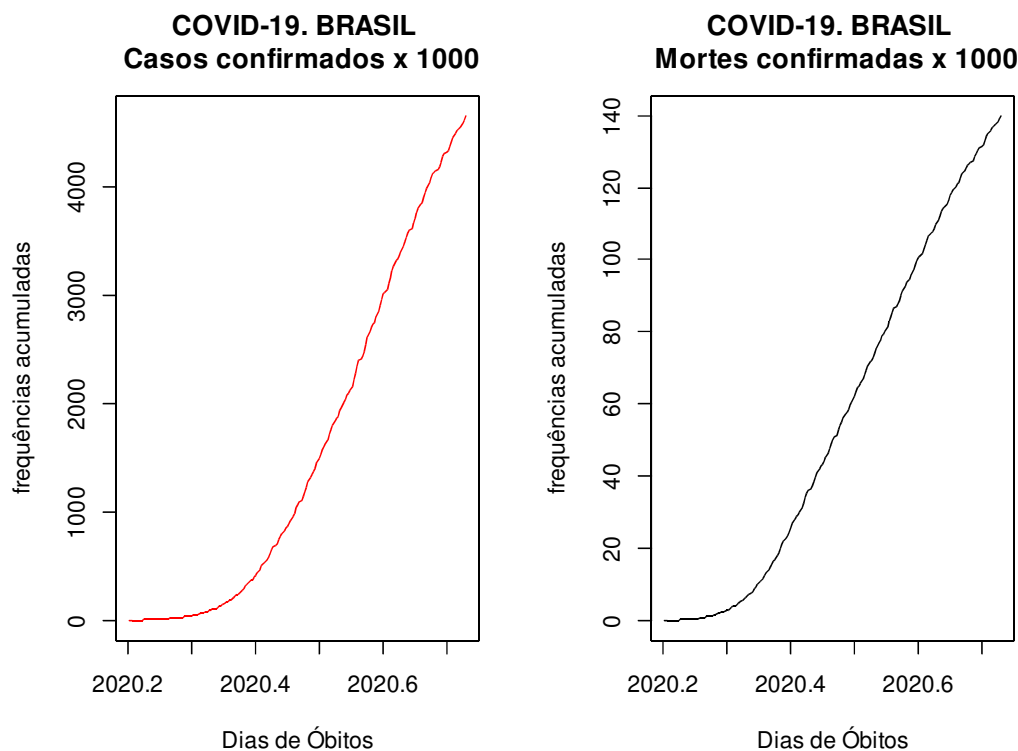


Gráfico 03: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 6 551 novos casos e 226 novas mortes, e os seguem os estados de Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Ceará, Pará, Santa Catarina, 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	6551	958240	226	34677
BA	1610	301248	49	6455
MG	3081	278901	133	6983
RJ	1129	257985	113	18037
CE	878	237108	11	8882
PA	1382	224302	12	6502
SC	1208	210048	15	2704

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 24 de setembro de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 32 817 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 831 óbitos, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

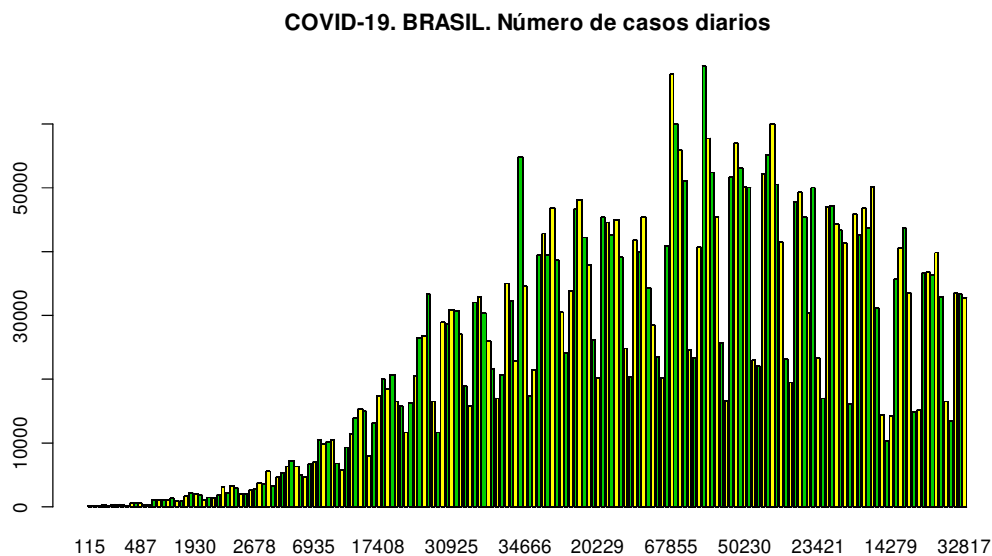


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

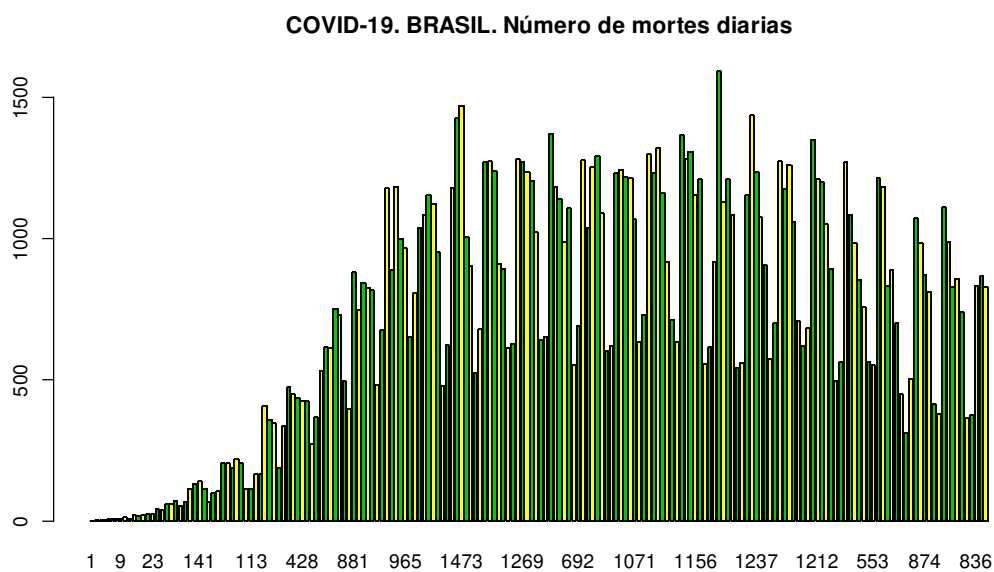


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 0.16%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.16% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.21%. 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
25/09/2020	4668595	140069	4641086 - 4696103	139427 - 140710
26/09/2020	4686640	140545	4647734 - 4725546	139637 - 141453

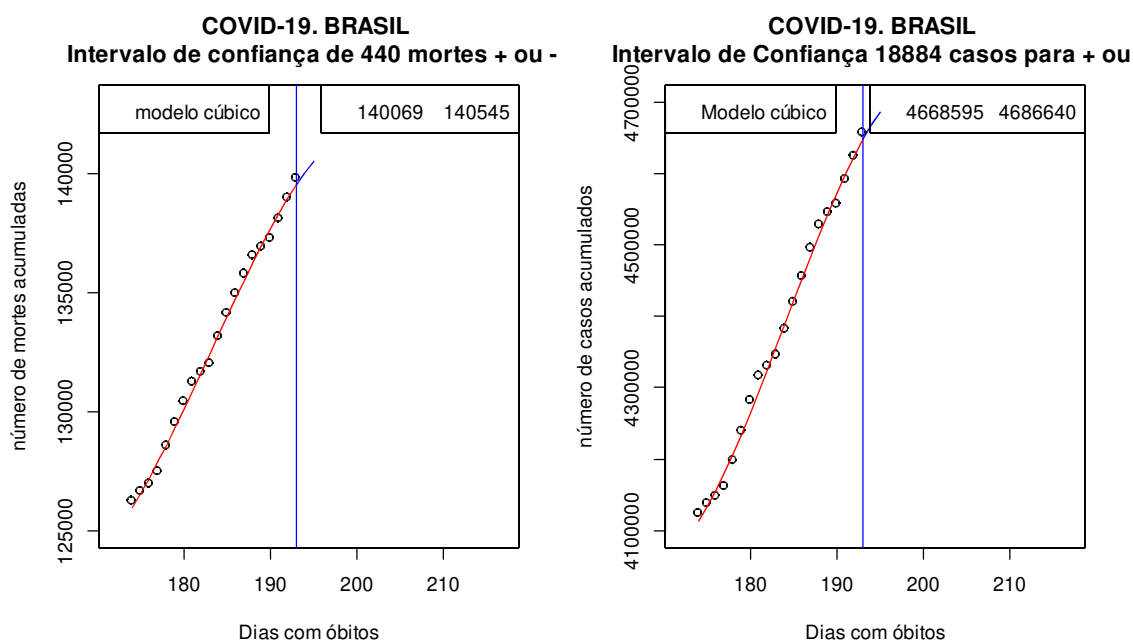


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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. Os efeitos sazonais semanais presentes 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 esta última semana 28 é estatisticamente igual à semana 7 tanto para casos e mortes ($p > 0,05$). Isto indica uma queda estatisticamente

significativa nos casos e nas mortes, ou seja o Brasil sai do platô instalado a mais de 3 meses e começa a descer na curva de crescimento.

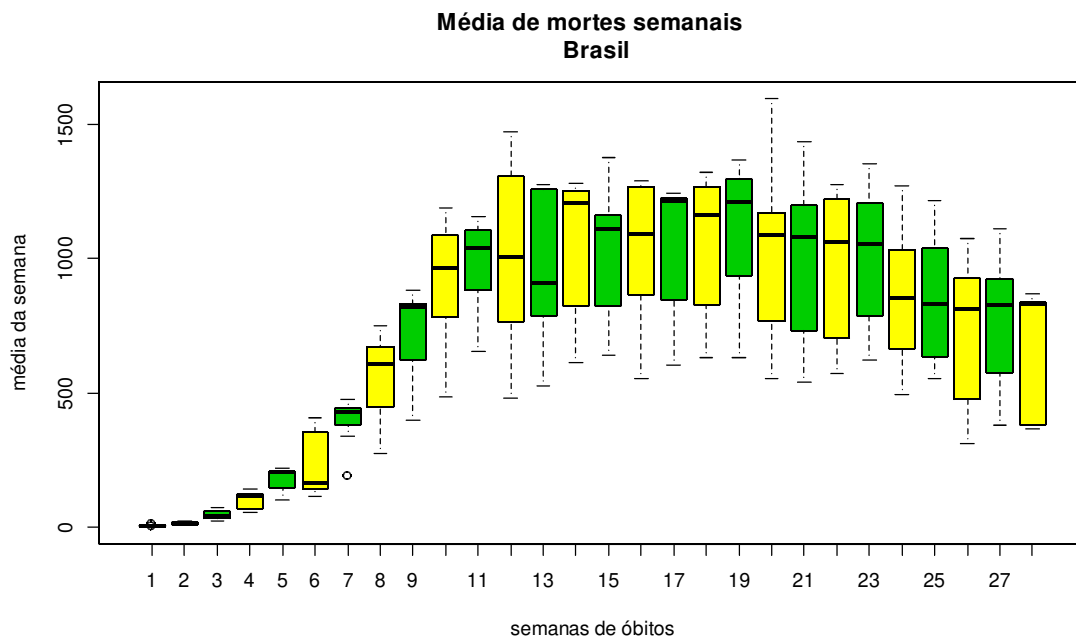


Gráfico 07 (a). Médias semanais de mortes confirmadas por COVID-19

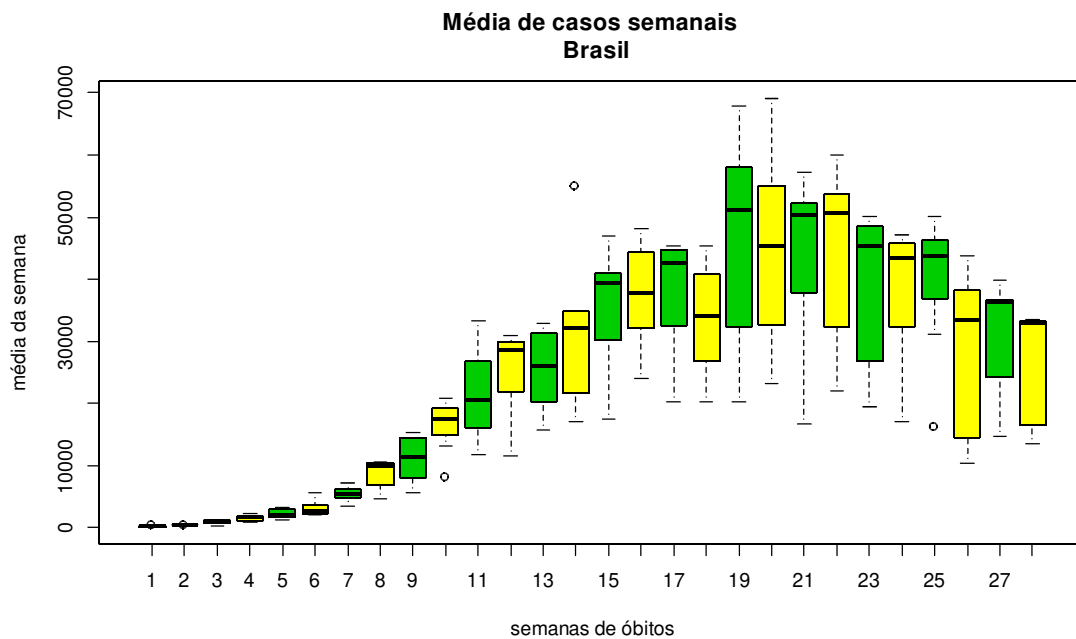


Gráfico 07 (b). Médias semanais de casos confirmados por COVID-19

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 27 827 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 6 612 casos para mais e para menos e 645 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 126 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 194 780 casos e 4 516 mortes. Semana passada se projetou 193 399 casos e o valor real foi 202 316, para as mortes projetou-se 5 288 e o valor real foi 4 873, indicando que ainda se encontra próximo dos valores mais altos na curva de crescimento. Os modelos propostos conseguem extrair o efeito sazonal proporcionando valores diário como mostra a tabela 04.

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

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
25/09/2020	36698	780	808	38569
26/09/2020	30739	660	685	31080
27/09/2020	17169	313	339	12199
28/09/2020	15832	298	329	12588
29/09/2020	31970	821	865	30023
30/09/2020	31892	873	933	34843
01/10/2020	31514	771	844	35478

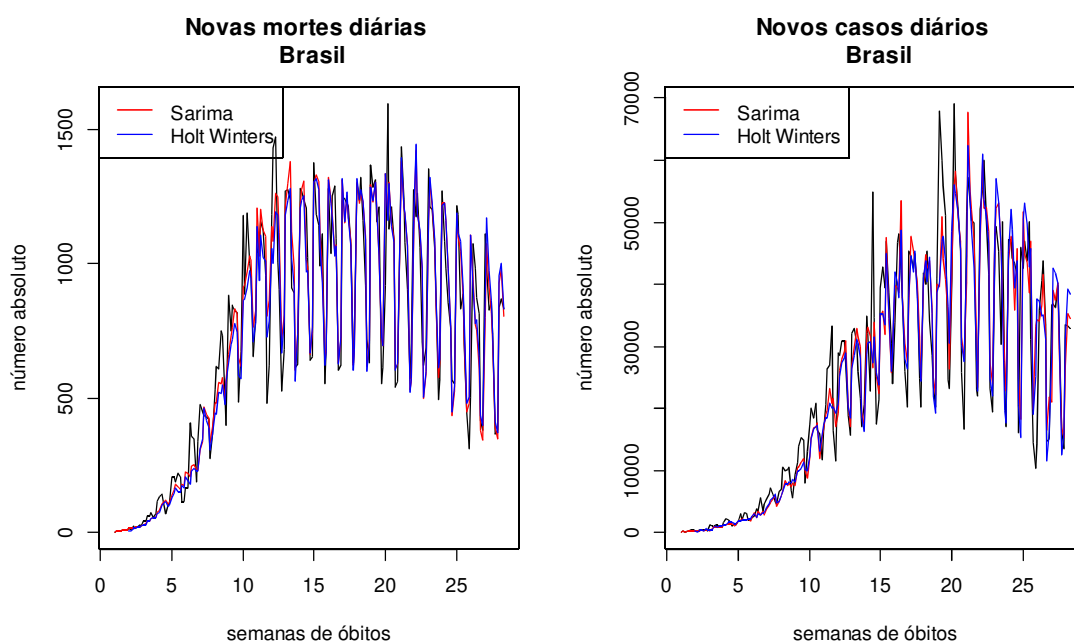
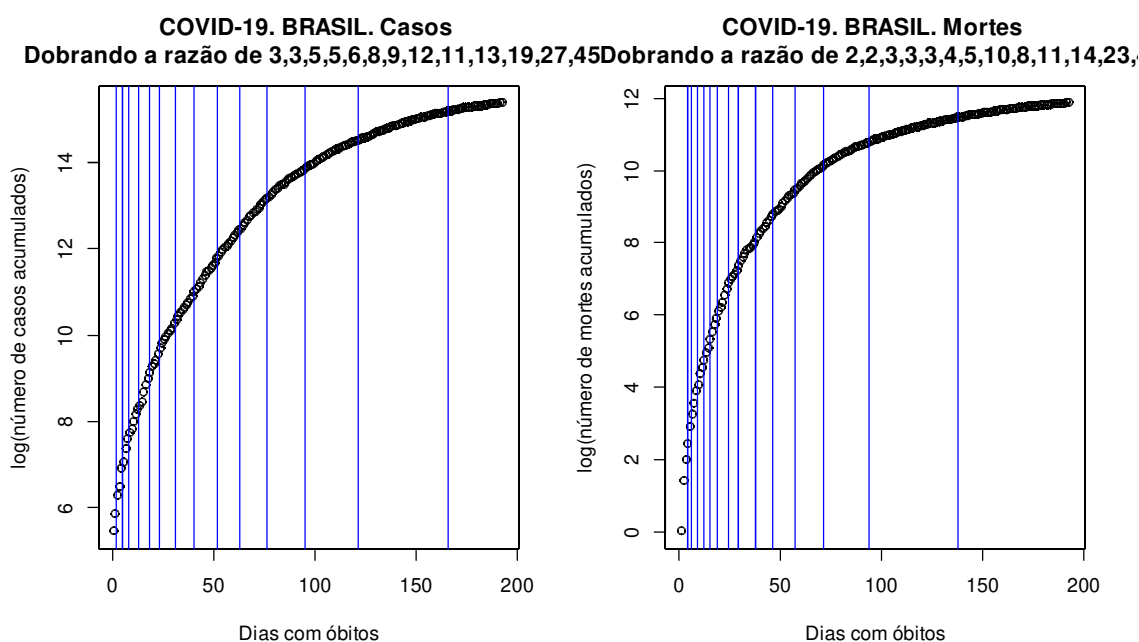


Gráfico 08. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

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

Gráfico 09: Espaçamento 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 200 dias de aumentos até a curva descer e é comparada com a projeção da semana passada para 190 dias. A justificativa é que, embora há uma estabilização nestas últimas semanas, no acumulado ainda há crescimento com menor aceleração da curva. Para o dia 01 de outubro (200 dias de óbitos) no limite os casos confirmados podem atingir os valores de 4 860 083 casos. Já as mortes confirmadas num ambiente menos favorável pode atingir 144 738 mortes.

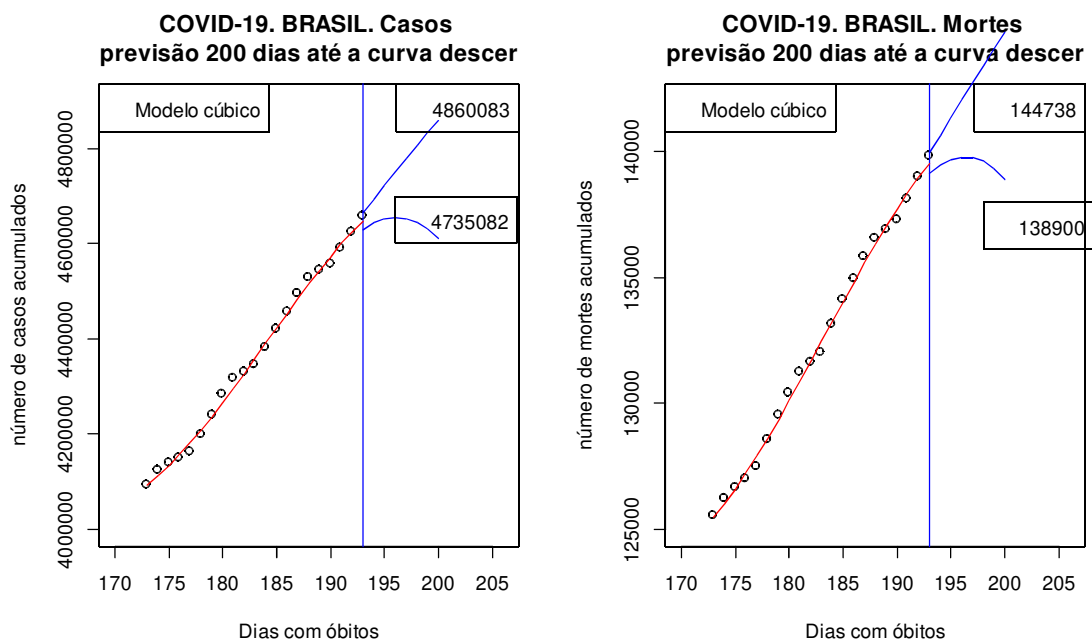


Gráfico 10. Projeção de potência a partir dos últimos 20 dias.

Tabela 04. Projeção para 190 dias (21 de setembro) e 2000 dias (01 de outubro) após o primeiro óbito usando um modelo cúbico.

	190 dias		200 dias	
Variável	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Casos	136995	140432	4610081	4860083
Mortes	4519453	4687468	138900	144738

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 23 de setembro por cada 1 000 habitantes foram 84 testes, cuja posição é 81 do ranking 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 13 980 800 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

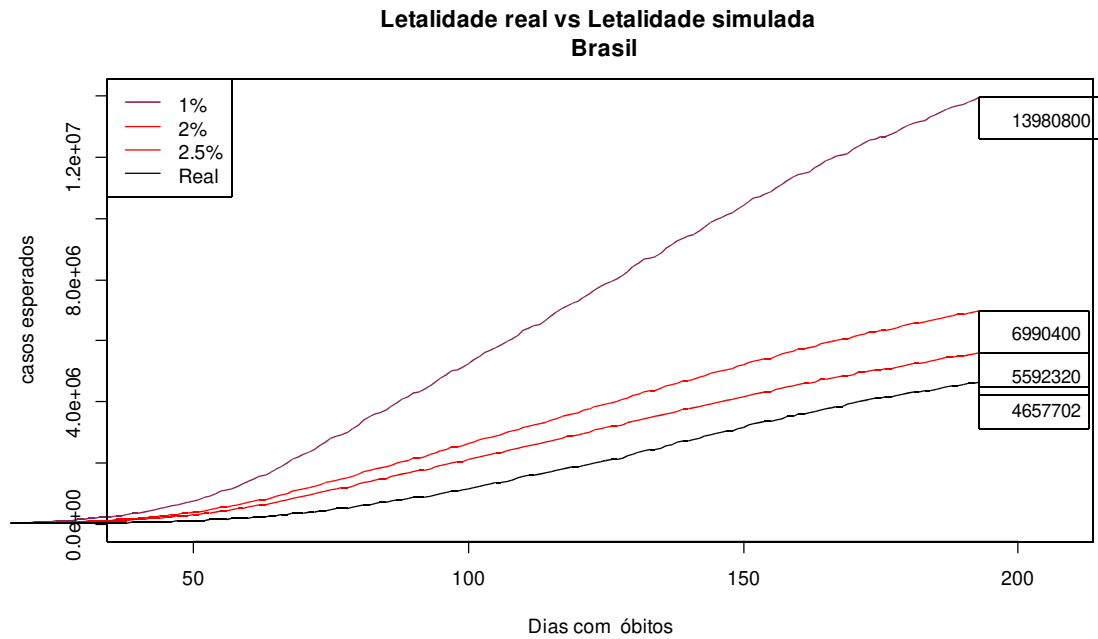


Grafico 11. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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 $I = \left(\frac{\text{casos}}{211489034} \right) * 100000$. Mostra-se a partir do Gráfico 12, que a incidência é também crescente, saindo de 20.7 da semana passada para 19.2 nesta semana apresentando leve desaceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 2004 casos por cada 100 000 habitantes.

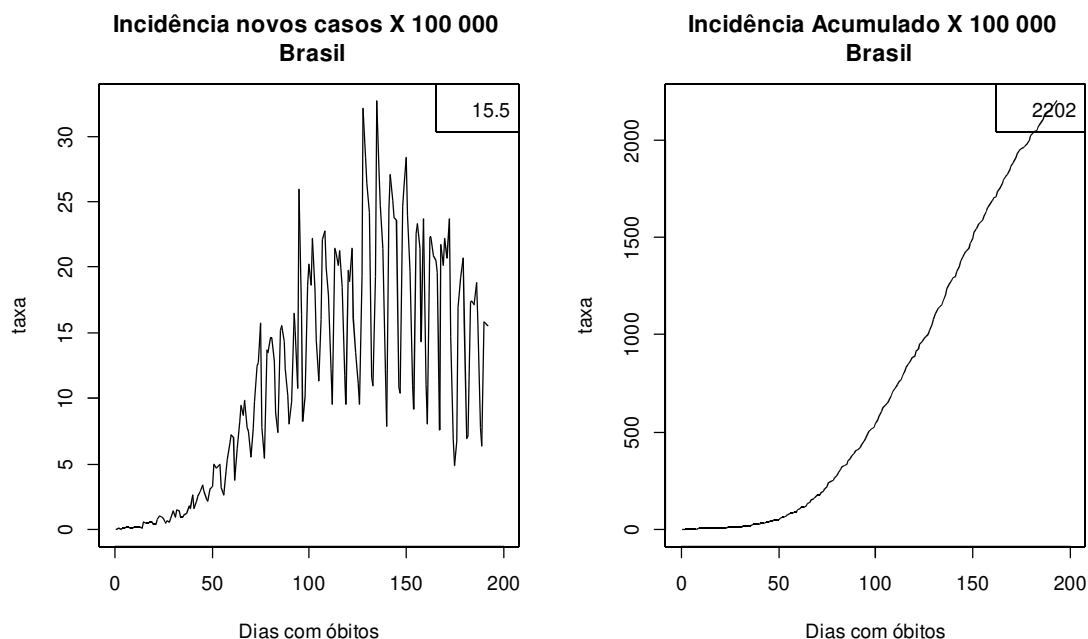


Gráfico 12. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 24 de setembro, 76 603 casos confirmados e 2 004 mortos, indicando que em uma semana houve 1 043 casos e 36 mortes. Comparando as duas últimas semanas houve 131 casos a menos e 1 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	18/09/2020	104	75664	4	1971
SE	19/09/2020	108	75772	5	1976
SE	20/09/2020	101	75873	5	1981
SE	21/09/2020	200	76073	6	1987
SE	22/09/2020	120	76193	6	1993
SE	23/09/2020	160	76353	6	1999
SE	24/09/2020	250	76603	5	2004

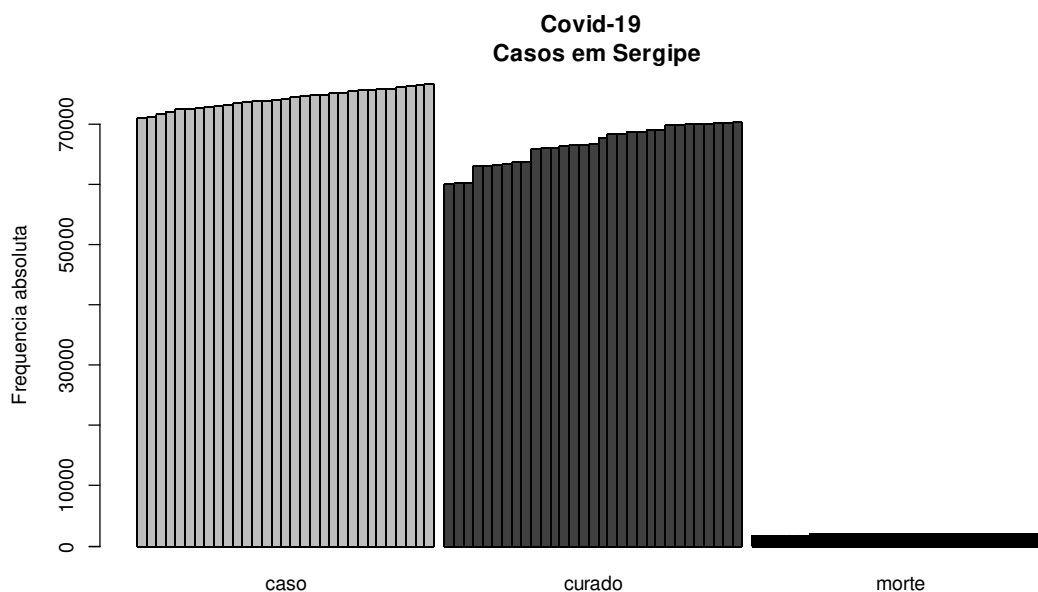


Gráfico 13. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Para acompanhar os novos casos e as novas mortes no estado, podemos visualizar os Gráficos 14 e 15, onde até o dia 24 de setembro atingiu 250 novos casos e 5 novas mortes.

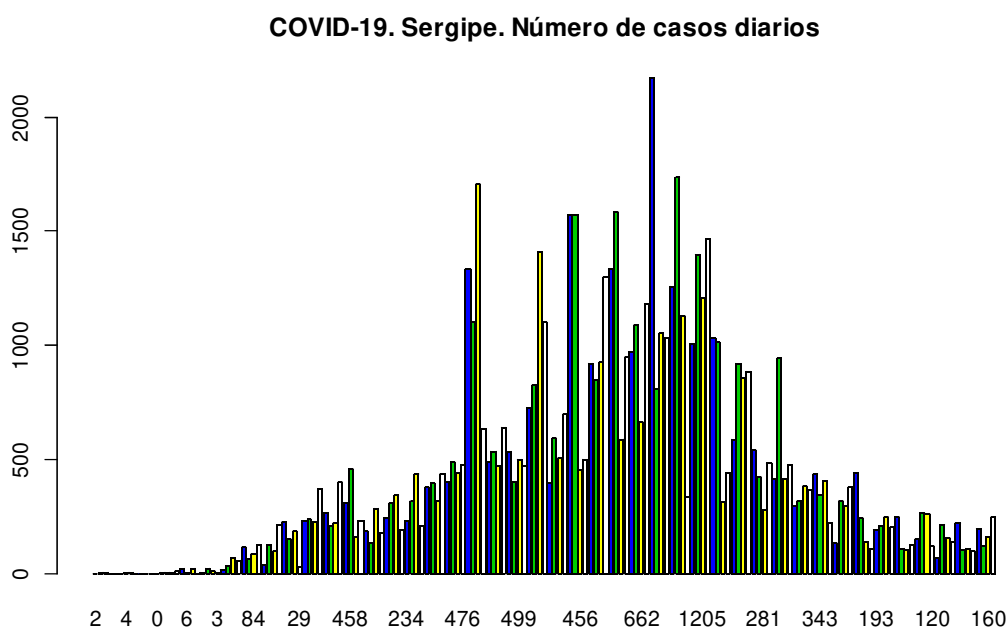


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

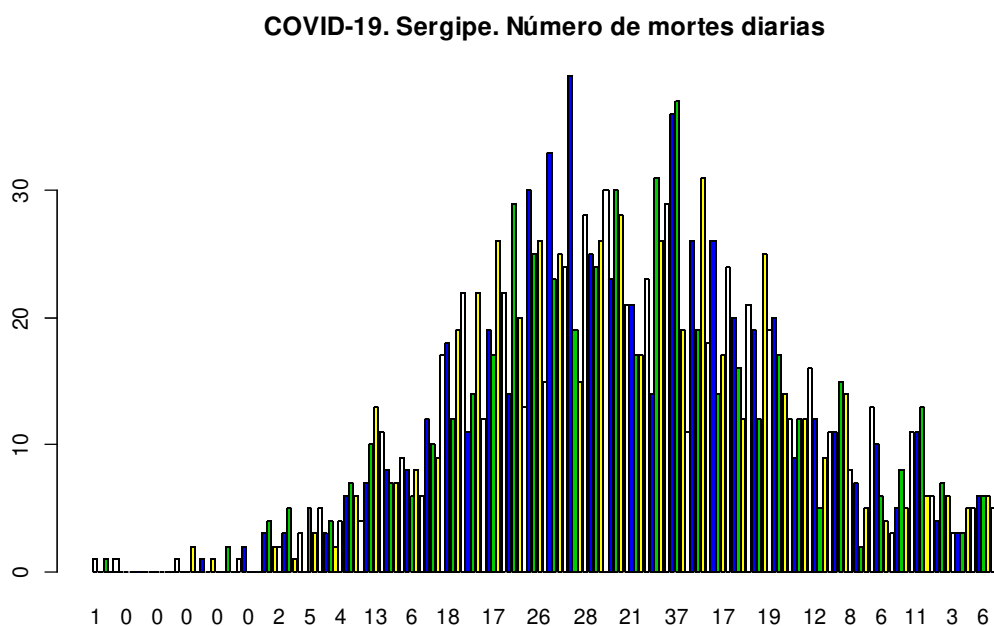


Gráfico 15. Mortes diárias testados no estado de Sergipe.

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 0.25 % e as mortes com 0.19 %, 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
25/09/2020	76747	76612 - 76882	2009	2003 - 2014
26/09/2020	76928	76758 - 77098	2013	2007 - 2019

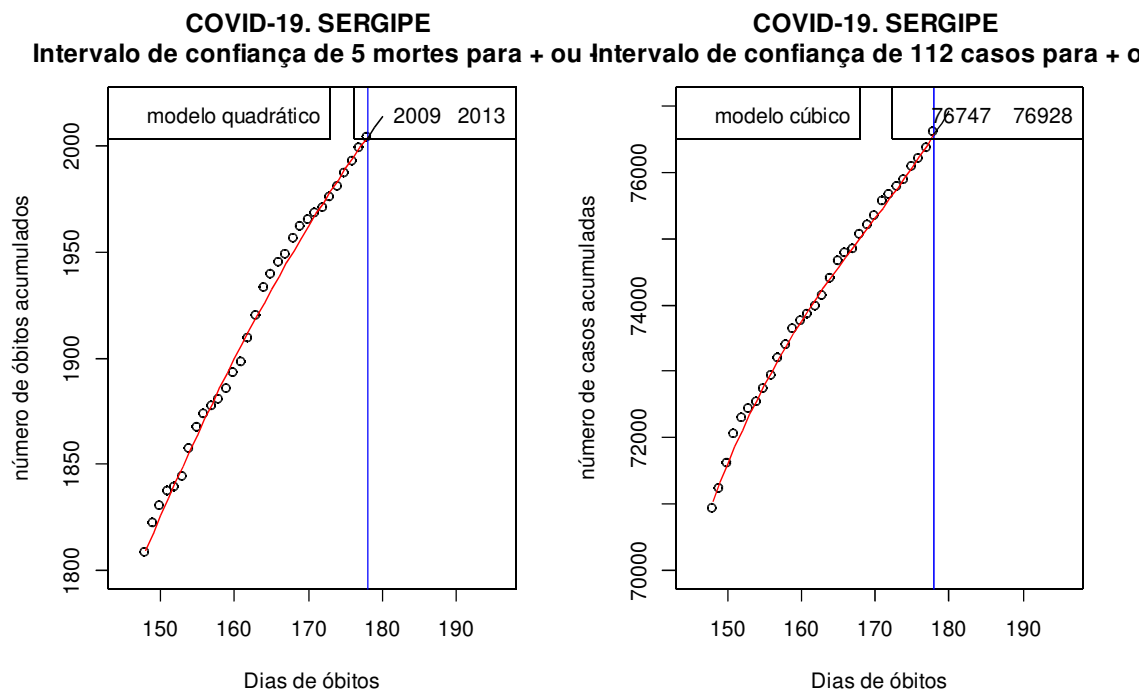


Gráfico 16: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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 das primeiras semanas de iniciada a proliferação do vírus no estado. O mesmo acontece com as mortes, onde podemos afirmar que há uma queda se comparado com as últimas 12 semanas e apresentam igualdade estatística com as primeiras semanas, indicando a presença de diminuição significativa tanto de casos e mortes. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

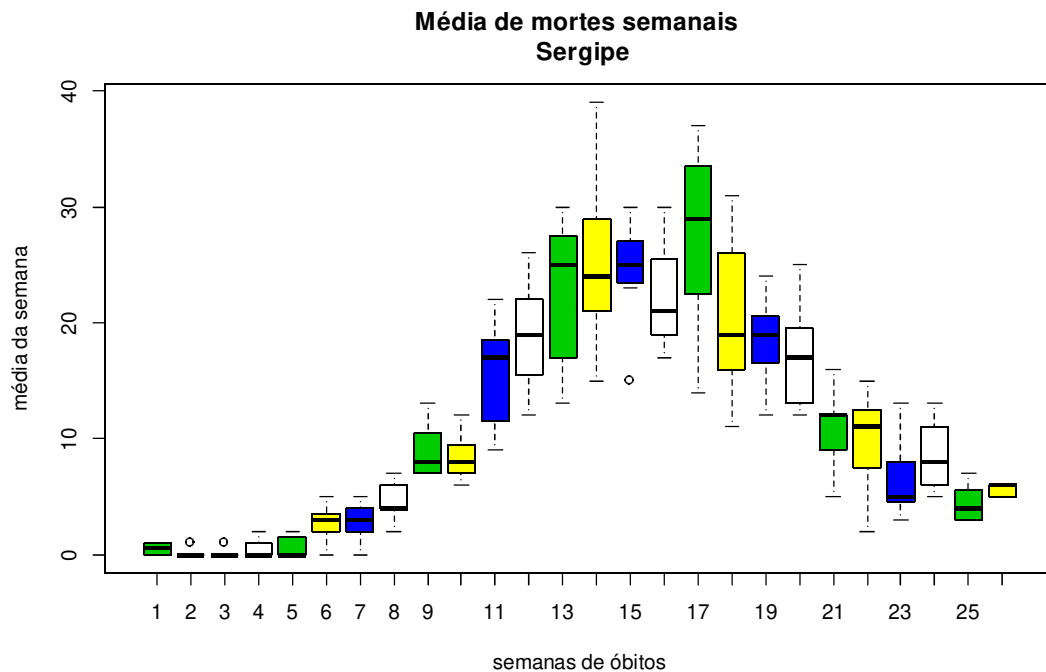


Gráfico 17 (a). Box Plot, para mortes semanais em Sergipe.

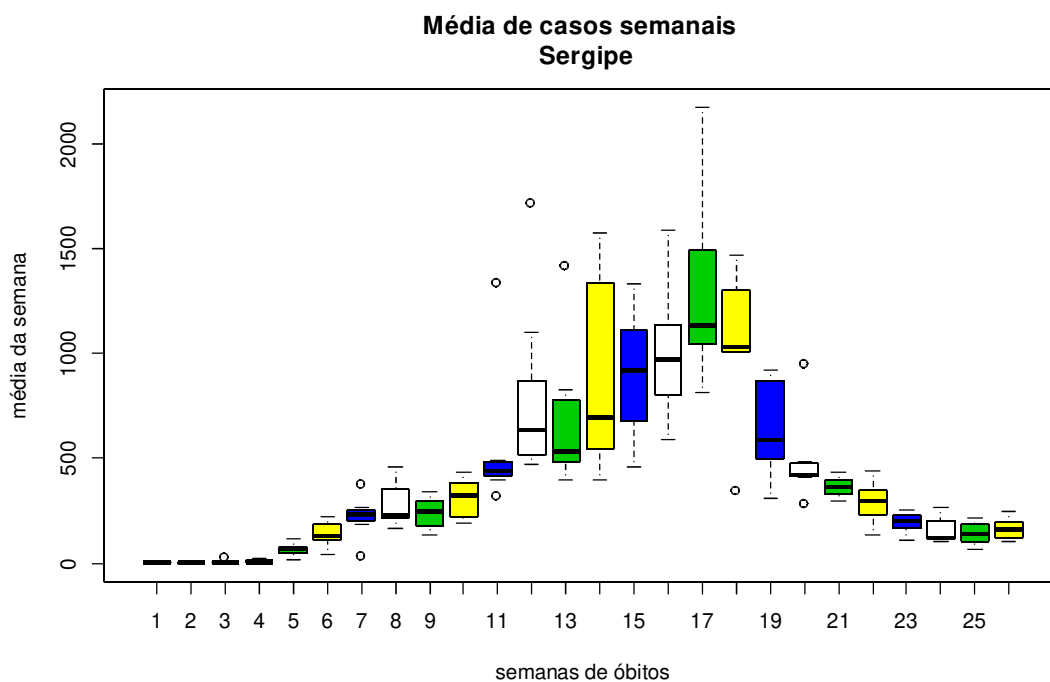


Gráfico 17 (b). Box Plot, para casos semanais em Sergipe.

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 115 casos e 4 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 808 casos e 27 mortes. Semana

passada projetamos 907 casos e 25 mortes, sendo os valores reais de 1 043 casos e 36 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
25/09/2020	179	3	181	4
26/09/2020	169	3	185	2
27/09/2020	165	4	50	2
28/09/2020	116	4	49	6
29/09/2020	104	5	80	5
30/09/2020	171	4	73	5
01/10/2020	185	4	190	4

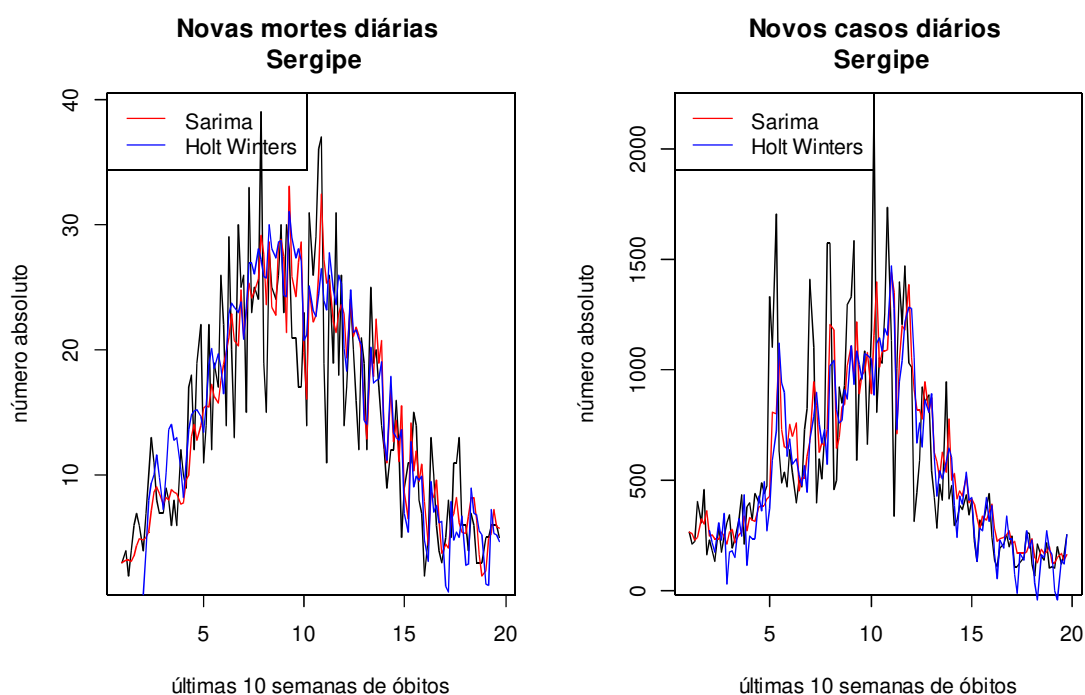


Gráfico 18. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

Letalidade

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.61 % sendo a mesma da semana passada, indicador que embora esteja abaixo da média nacional a qual é 3%, ela esta se aproximando desta média, para observação disponibilizamos o Gráfico 19.

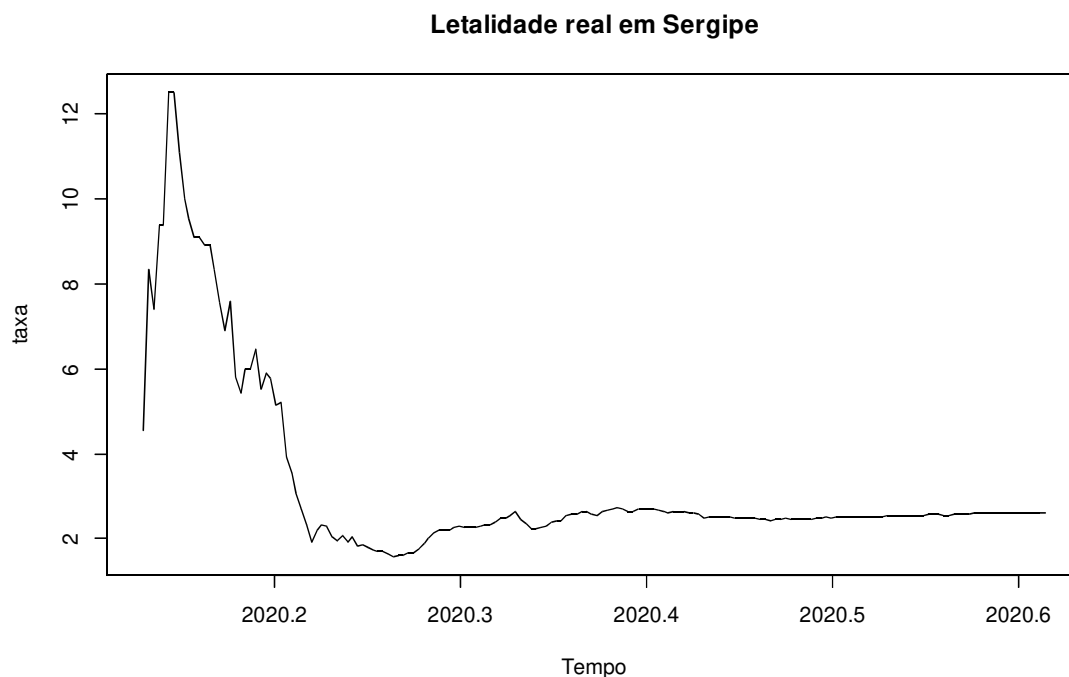


Gráfico 19. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 terceira posição em casos e mortes acumuladas, também na comparação de poder de testes por mil habitantes o Brasil ocupa a posição 81 desde semana passada de um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. A letalidade de de 3 % é considerado alto a nível mundial, indicando limitação no fornecimento de testes a sua população.
4. Esta semana 28 se comparam com as estadísticas da semana 7 no caso de mortes e com a semana 10 nos casos, a presença de relativo aumento de casos e mortes nesta semana, embora não significativa, permitem projetar aumentos para esta nova semana.
5. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 194 780 casos e 4 516 mortes.
6. A projeção para casos e mortes acumuladas para 200 dias de óbitos no Brasil, usando o modelo cúbico ainda é o melhor modelo para estimação contudo indicam uma mudança estrutural no seu crescimento potencial.
7. No âmbito regional, Sergipe têm um decrescimento significativo tanto para casos e mortes, onde semana passada tinha uma média diária de 149 casos e 5 mortes, esta semana projetamos uma queda onde serão em média 115 casos e 4 mortes por dia.

8. A Letalidade no estado de Sergipe se manteve em 2.61% e aproxima-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.

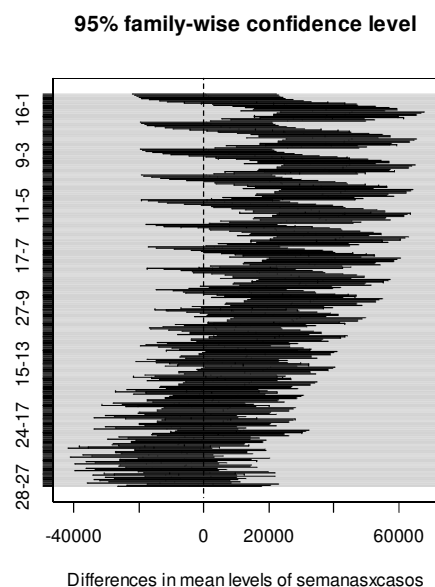
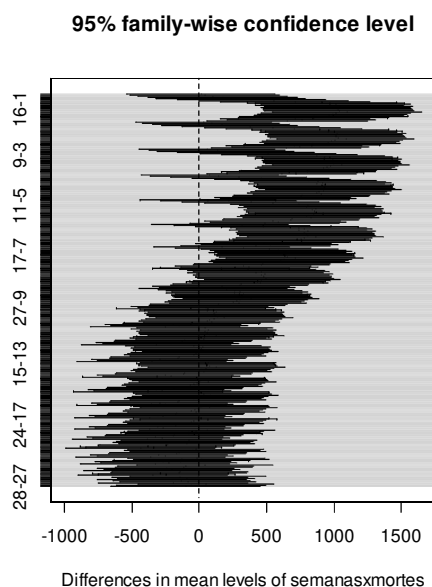


Gráfico
o
20.
Teste
te
Tu
key
de
co
mp
ara
ção

de médias para casos e mortes no Brasil.

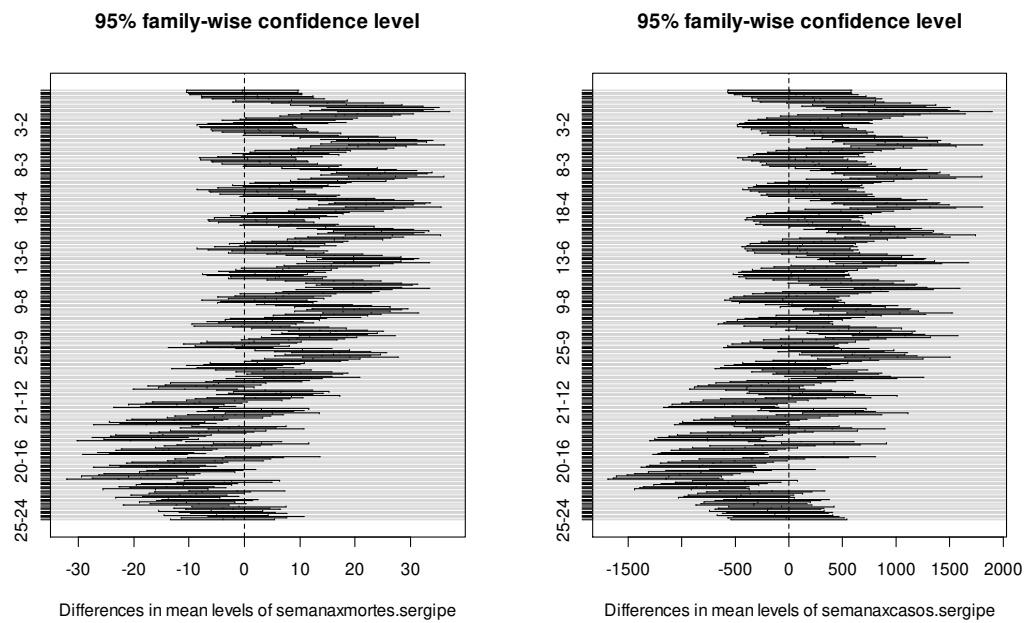


Gráfico 21. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.