



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

Nota técnica n^o 22 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.....	11
Incidência.....	11
Resultados Sergipe.....	12
Modelagem.....	14
Letalidade.....	17
Conclusões	18
Bibliografia	18
Anexos.....	19

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 01 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%, 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 17.1 maior que a da semana passada que atingiu 15.5 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 322 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, descendo da curva de crescimento e se afastando dos 20% de contribuição no mundo na semana passada e se aproximando dos 10%.

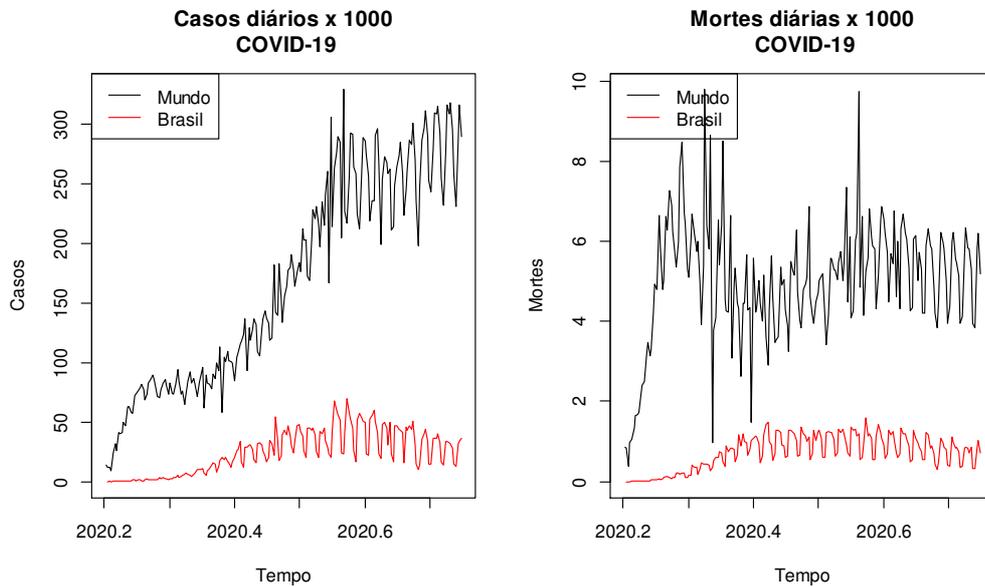


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

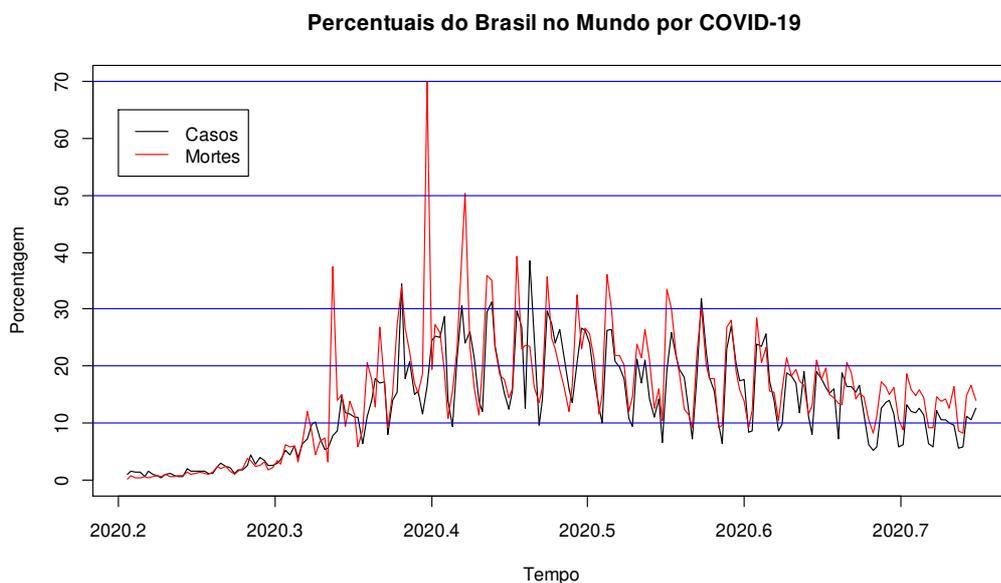


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

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

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 terceiro em número de casos e mortes atrás da Índia e dos Estados Unidos, para novos casos e novas mortes. Ontem 30 de setembro o Brasil teve 433 413 casos e 1 031 óbitos de um total de 316 134 casos e 6 203 mortes no mundo, representando 10.5 % dos casos e 16.6 % das mortes, indicando uma leve queda nos percentuais de casos e leve aumentos nos percentuais de mortes se comparado com a semana passada sendo 11% e 16% 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 01 de outubro, foram de 4 847 092 casos confirmados e 144 680 mortes, aumentando em uma semana mais de 189 390 casos e mais e de 4 872 mortes, comparando o saldo entre semanas há uma diminuição de 12 926 casos e 1 morte.

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

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
25/09/2020	4689613	140537	4040949	508127
26/09/2020	4717991	141406	4050837	525478
27/09/2020	4732309	141741	4060088	530480
28/09/2020	4745464	142058	4084182	519224
29/09/2020	4777522	142921	4135088	499513
30/09/2020	4810935	143952	4180376	486607
01/10/2020	4847092	144680	4212772	489640

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

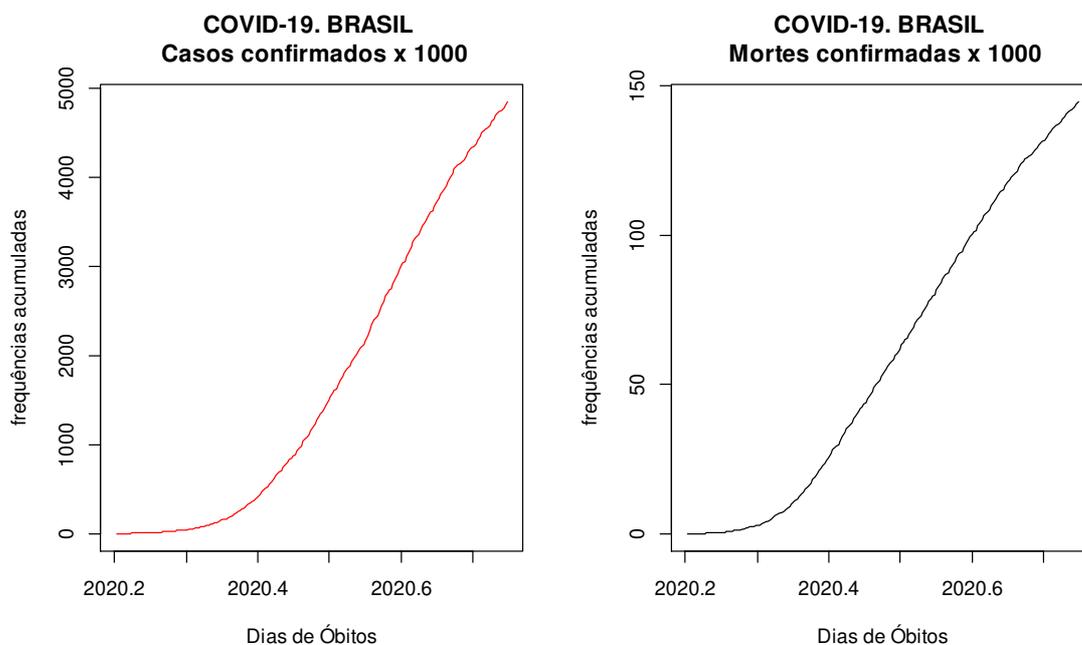


Gráfico 03 (a): Evolução dos casos e mortes no Brasil.

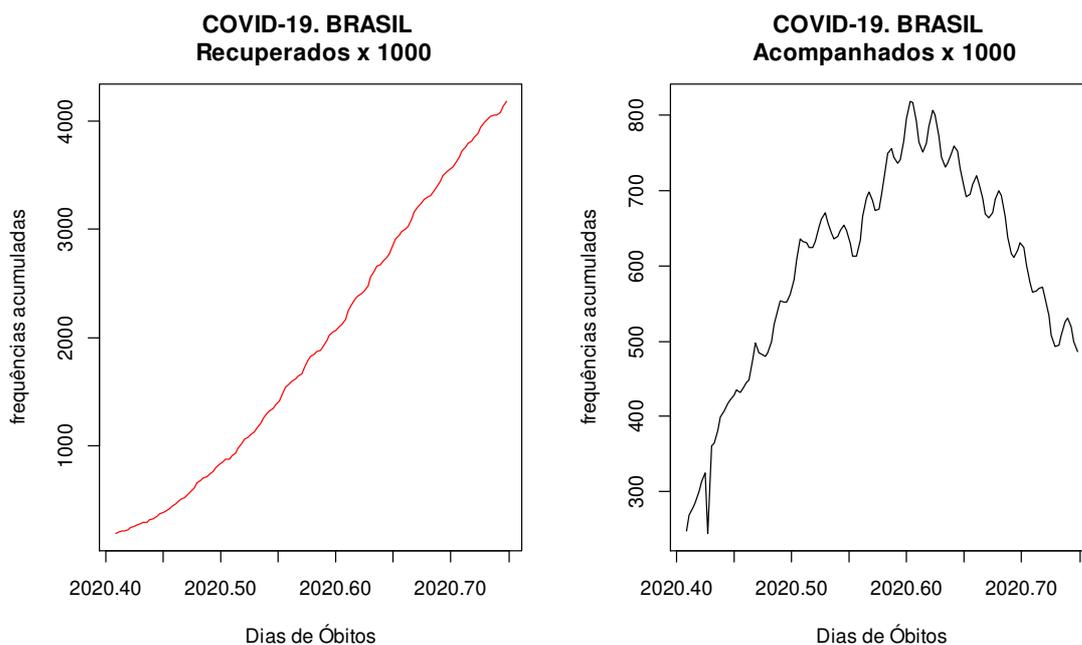


Gráfico 03 (b): Evolução dos recuperados e acompanhados no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 6 109 novos casos e 231 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	6109	991725	231	35804
BA	2274	312050	47	6795
MG	2878	298607	101	7436
RG	1084	266235	99	18567
CE	1662	241684	44	9023
PA	1274	231743	13	6582
SC	1217	216624	11	2821

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 01 de outubro de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 36157 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 728 óbitos, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

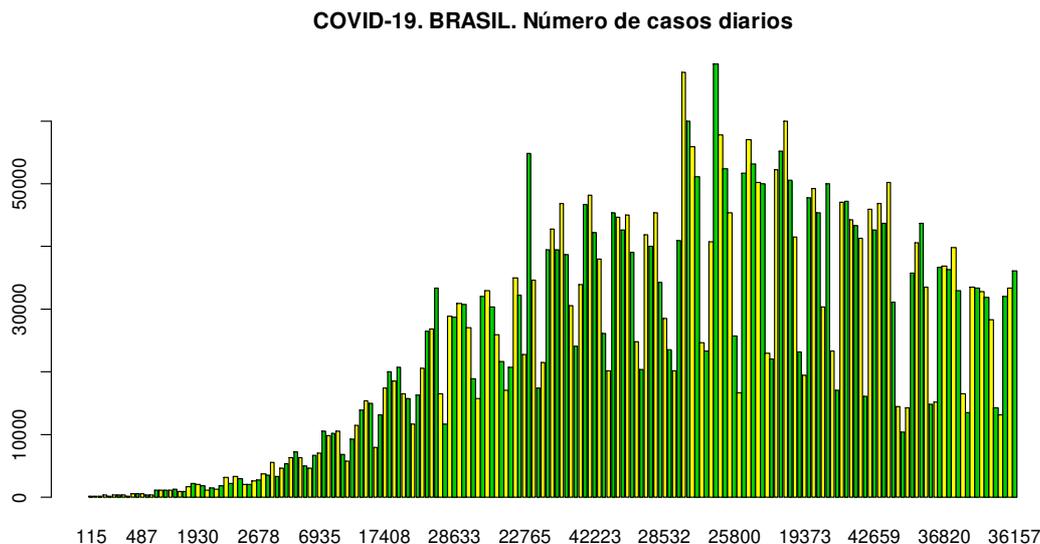


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

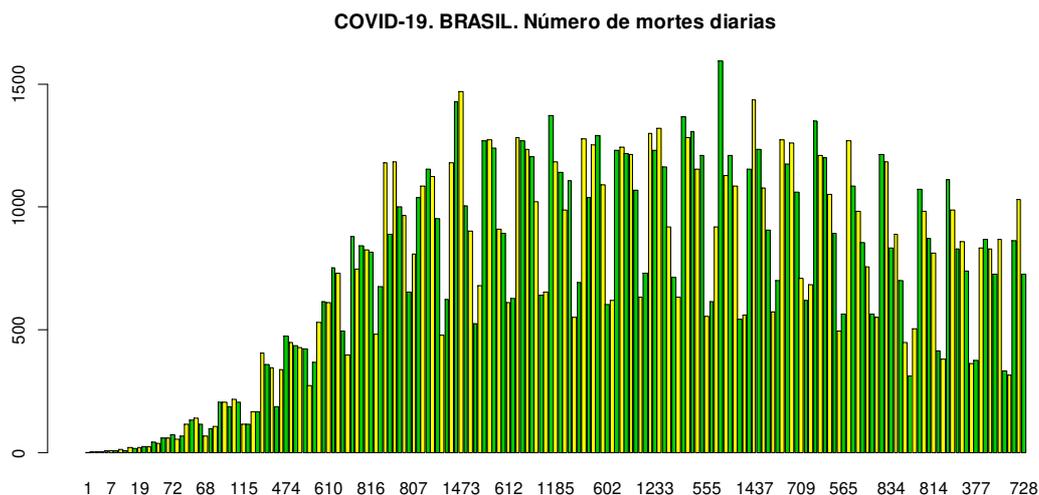


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 0.17%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.17% 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
02/10/2020	4861701	145117	4845235 - 4878167	144704 - 145531
03/10/2020	4886143	145764	4866259 - 4906027	145265 - 146263

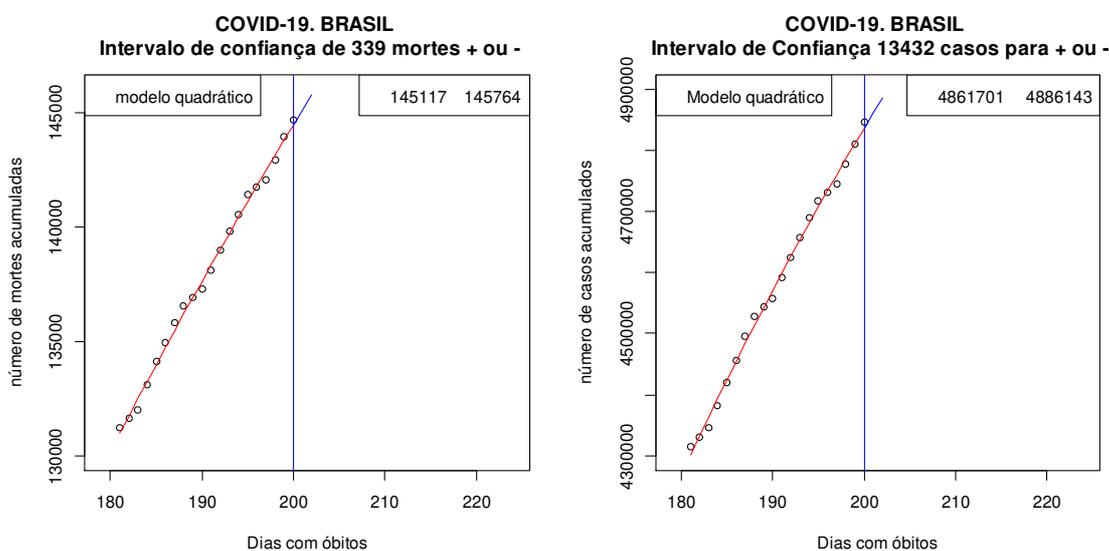


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

Tanto casos e mortes confirmadas por COVID-19 apresentam quedas reais nos finais de semana entre sábado e segunda-feira, estas subnotificações sobrecarregam o trabalho logístico para os próximos dias. O efeito sazonal semanal presente nas séries sugerem apresentar um gráfico de caixas ou de “boxplot” por semana após o primeiro óbito. Observando o Gráfico 07 podemos afirmar que tanto casos e mortes apresentam menores médias que a semana passada. Usando um teste de comparações múltiplas de médias (Teste de Tukey), indica, que a última semana 29 a média de mortes são estatisticamente iguais as da semana 7 tanto para casos e mortes ($p > 0,05$). Isto indica uma queda se comparado com semanas prévias, ou seja o país sai do platô que estava presente por 16 semanas no país.

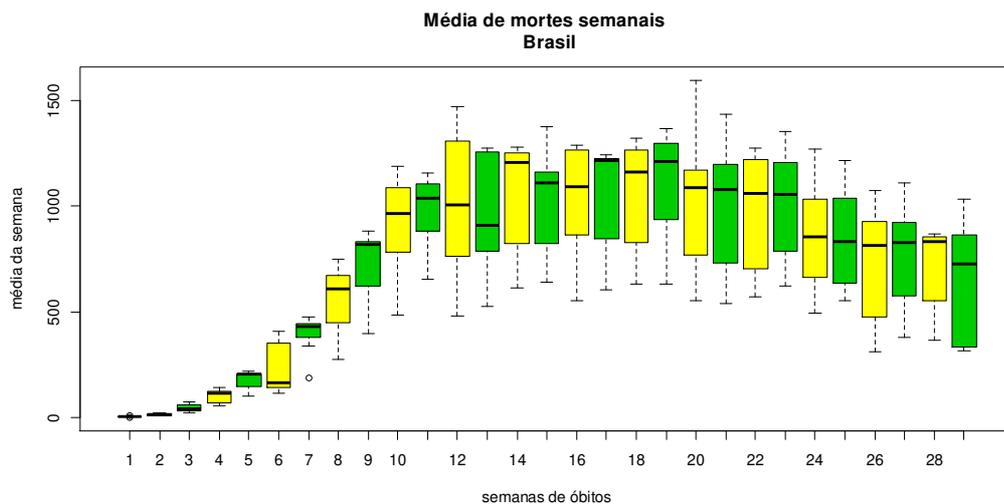


Gráfico 07(a). Médias semanais de mortes confirmadas por COVID-19

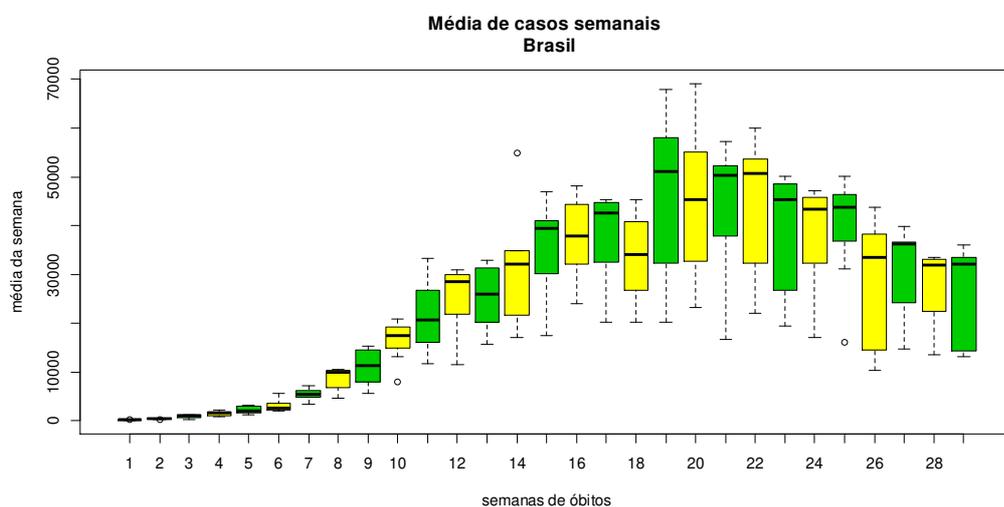


Gráfico 07(b). Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

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 26672 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 6 201 casos para mais e para menos e 680 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 117 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 186 704 casos e 4757 mortes. Semana passada se projetou 194 780 casos e o valor real foi 189 390, para as mortes projetou-se 4 516 e o valor real foi 4 872. 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
02/10/2020	33180	698	36440	787
03/10/2020	28597	824	30740	774
04/10/2020	16569	383	13504	337
05/10/2020	15085	367	13116	327
06/10/2020	30281	819	30926	869
07/10/2020	30879	958	34458	977
08/10/2020	32113	708	35877	797

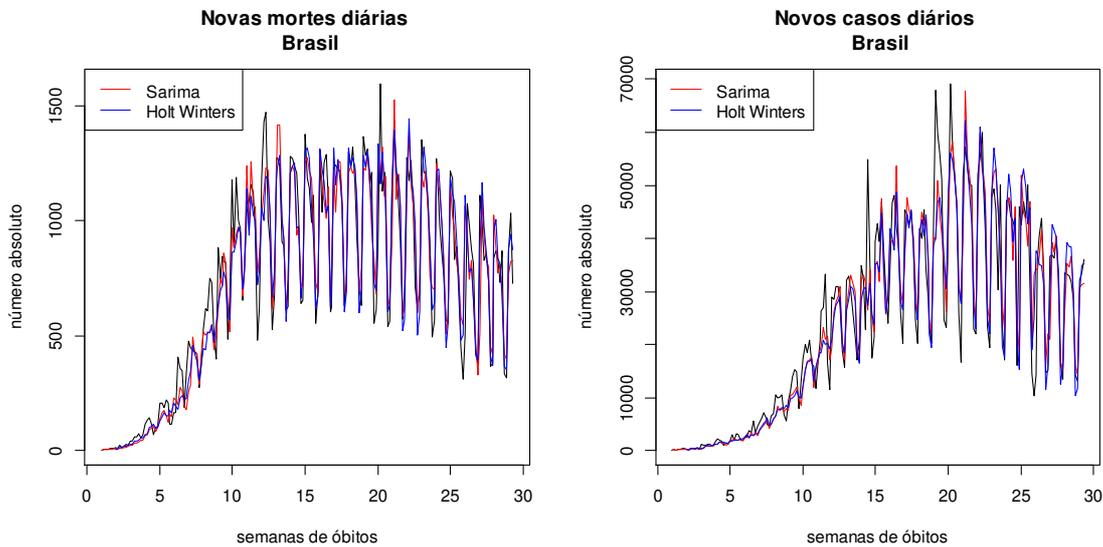


Gráfico 08. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

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.

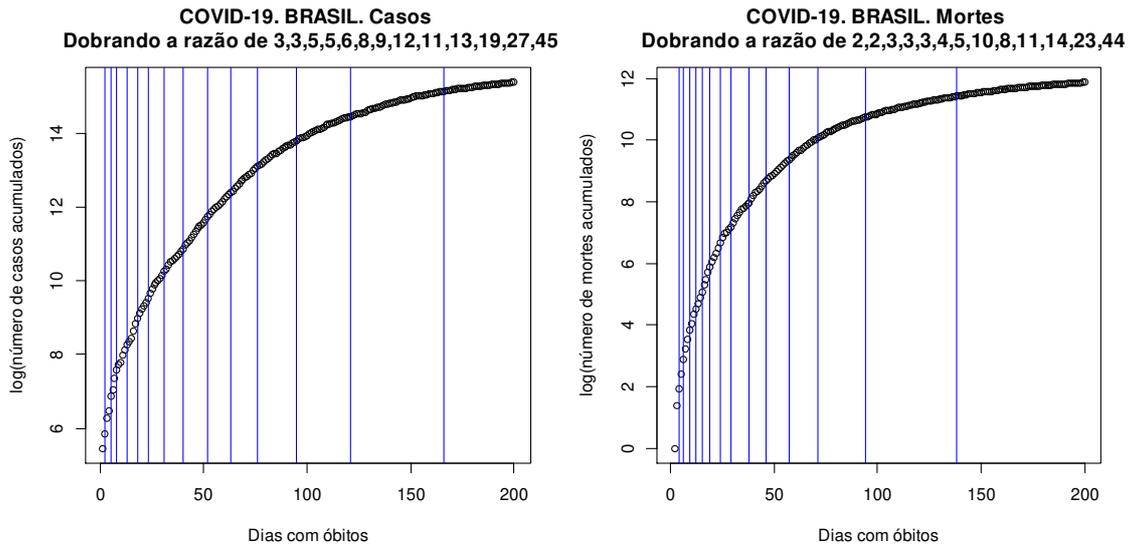


Gráfico 09: Espaçamento entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

Uma projeção a partir dos últimos 20 dias de óbitos no Brasil, usando os acumulados de casos e mortes confirmadas de COVID-19 no Brasil, num cenário para 210 dias é comparada com a projeção da semana passada para 200 dias. Para o dia 11 de outubro (210 dias de óbitos) no limite os casos confirmados podem atingir os valores de 5 136 286 casos, num ambiente mais favorável podem atingir os valores de 5 024 139. Já as mortes confirmadas num ambiente menos favorável pode atingir 152 263 mortes e num ambiente mas favorável seriam 149 505 mortes.

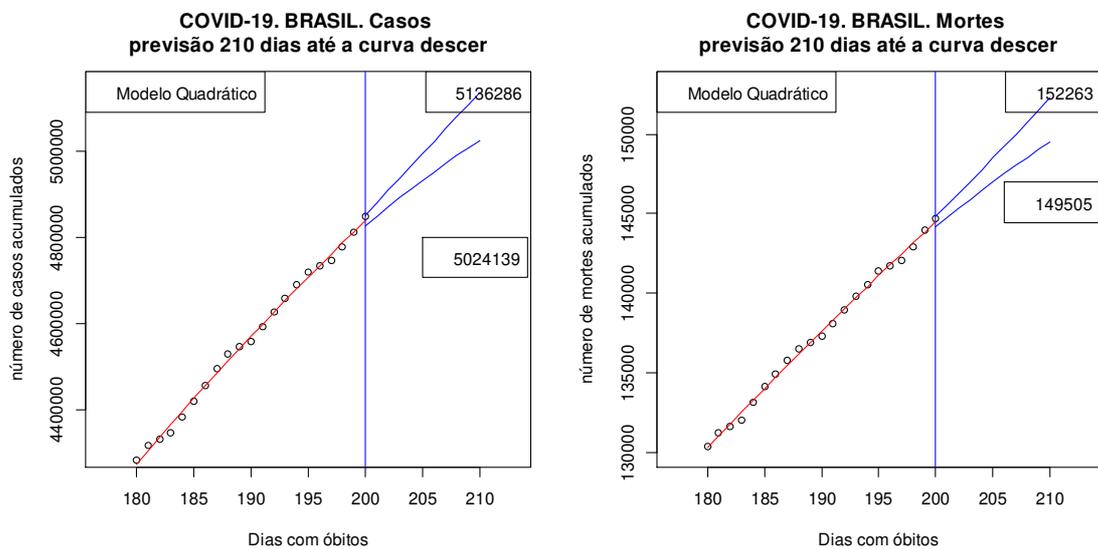


Gráfico 10. Projeção de potência a partir dos últimos 20 dias.

Tabela 04. Projeção para 200 dias (01 de outubro) e 210 dias (11 de outubro) após o primeiro óbito usando um modelo cúbico.

Variável	200 dias		210 dias	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Casos	4610081	4860083	5024139	5136286
Mortes	138900	144738	149505	152263

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 14 468 000 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

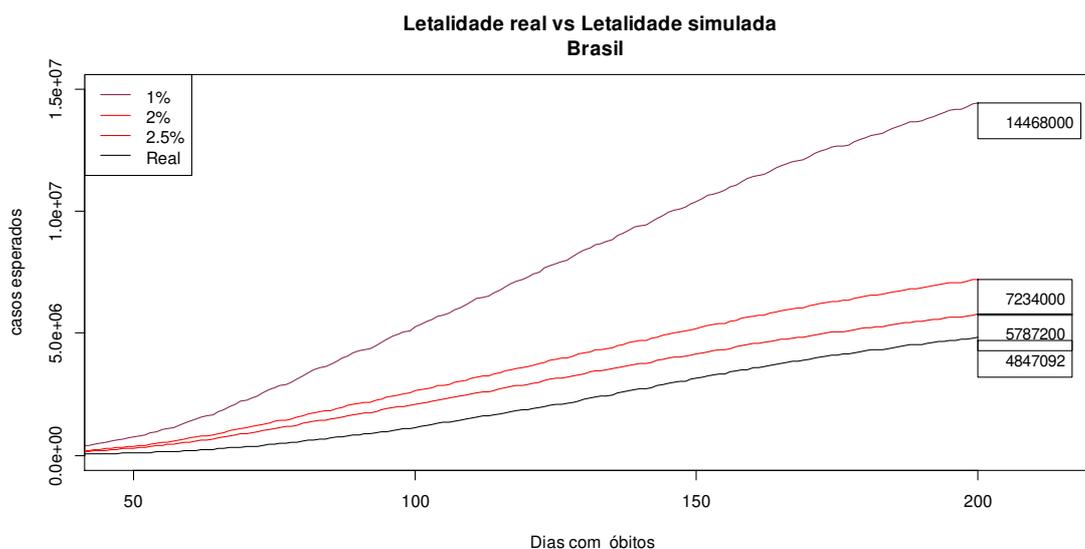


Gráfico 11. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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 $I = \left(\frac{\text{casos}}{211489034} \right) * 100\ 000$. Mostra-se a partir do Gráfico 12, que a incidência é também crescente, saindo de 15.5 da semana passada para 17.1 nesta semana apresentando leve desaceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 2292 casos por cada 100 000 habitantes.

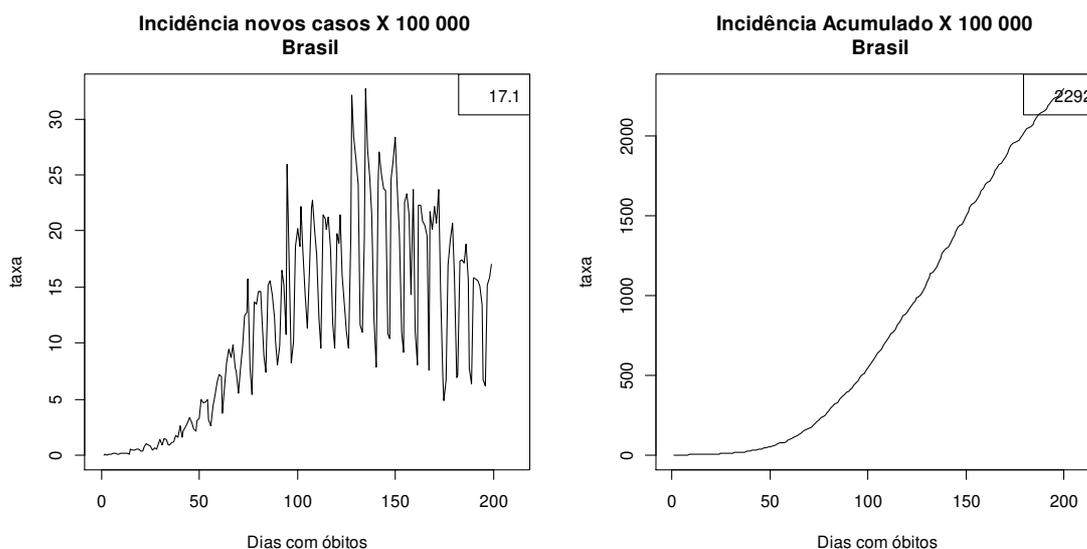


Gráfico 12. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 01 de outubro, 77 635 casos confirmados e 2 040 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 1 032 casos e 36 mortes. Comparando as duas últimas semanas houve 11 casos a menos e o mesmo número de mortes, 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	25/09/2020	124	76727	6	2010
SE	26/09/2020	190	76917	5	2015
SE	27/09/2020	166	77083	4	2019
SE	28/09/2020	89	77172	6	2025
SE	29/09/2020	108	77280	6	2031
SE	30/09/2020	160	77440	5	2036
SE	01/10/2020	195	77635	4	2040

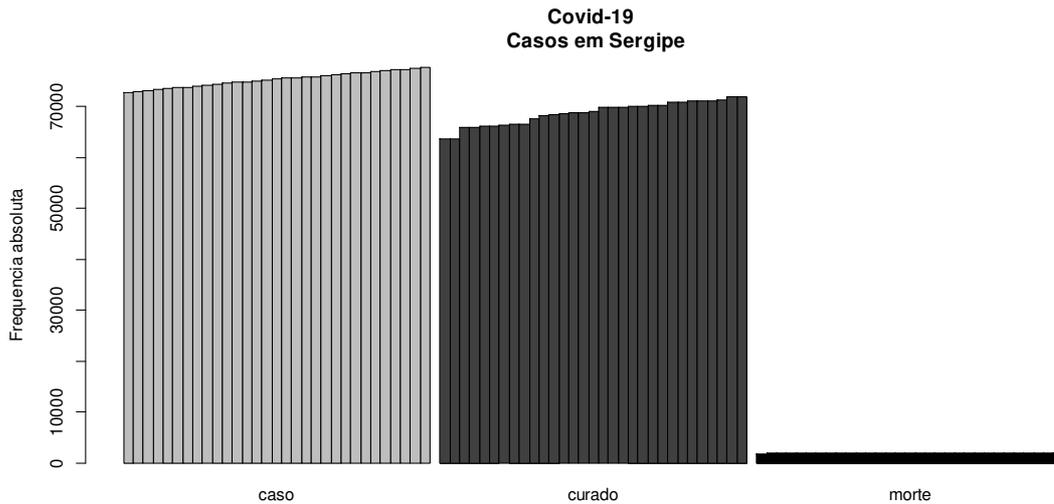


Gráfico 13. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Para acompanhar os novos casos e as novas mortes no estado, podemos visualizar os Gráficos 14 e 15, onde até o dia 01 de outubro atingiu 195 novos casos e 4 novas mortes.

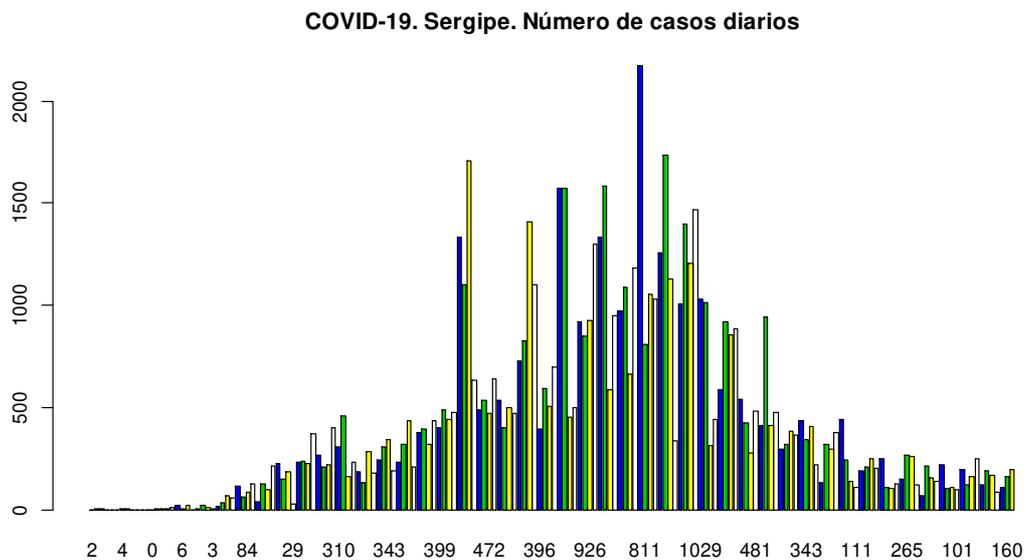


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

COVID-19. Sergipe. Número de mortes diárias

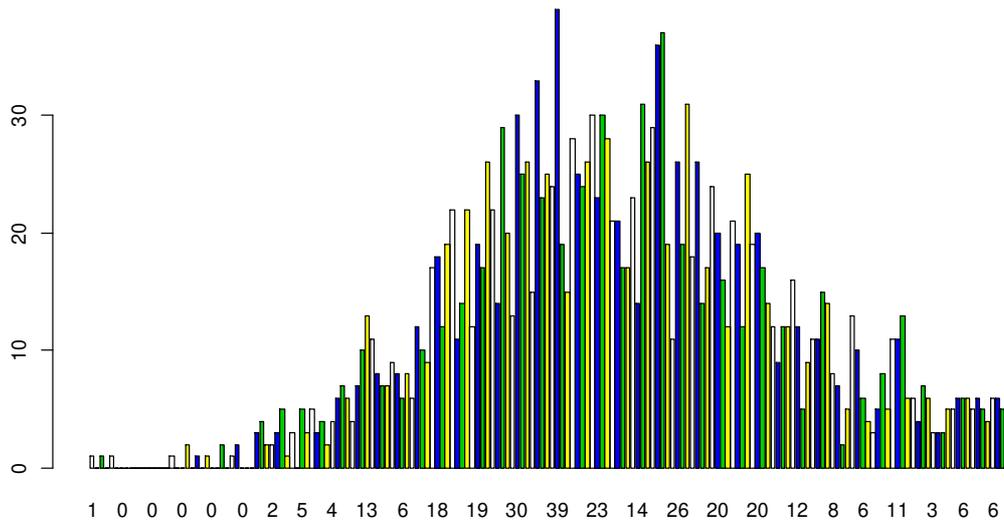


Gráfico 15. Mortes diárias testados no estado de Sergipe.

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 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
02/10/2020	77729	77658 - 77798	2043	2037 – 2045
03/10/2020	77867	77788 - 77946	2046	2040 – 2051

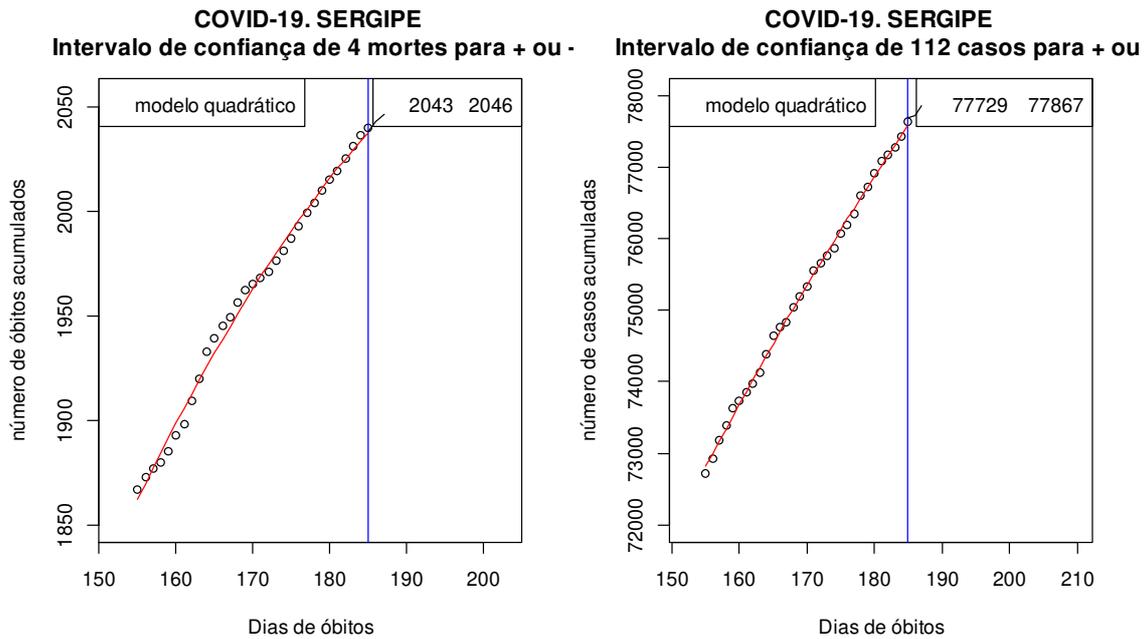


Gráfico 16: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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 e que há uma queda se comparado com as últimas 12 semanas. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

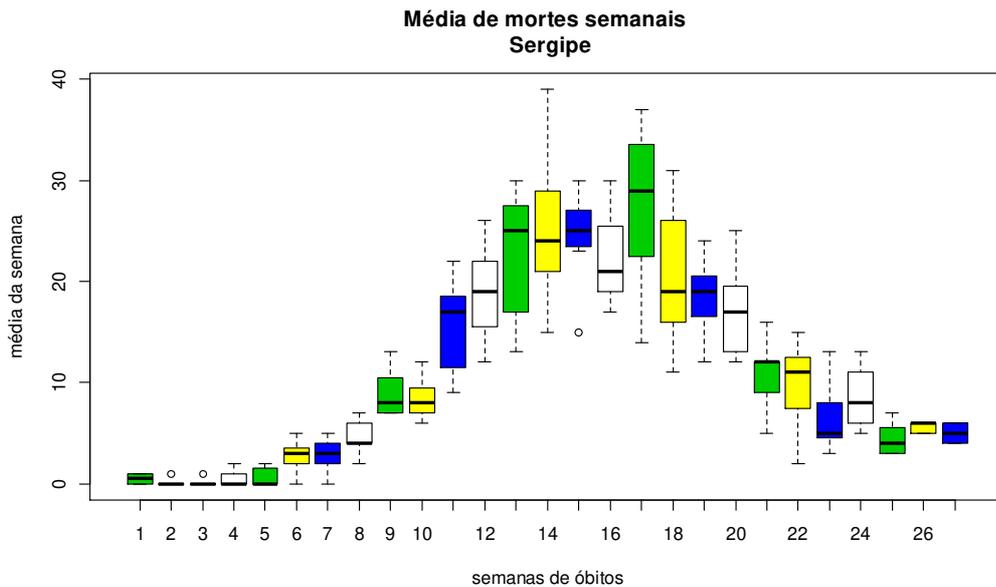


Gráfico 17 (a). Box Plot, para mortes semanais em Sergipe.

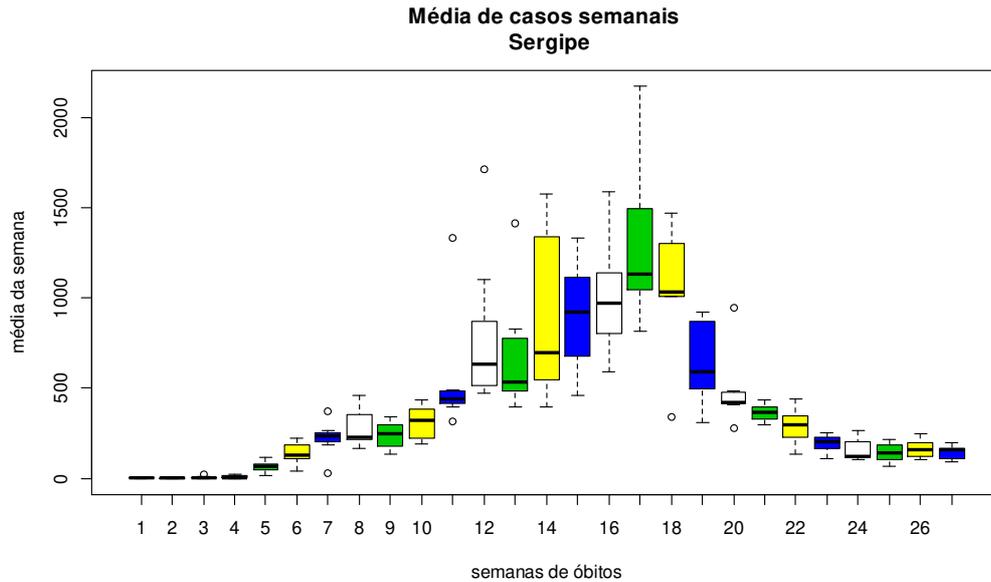


Gráfico 17 (b). Box Plot, para casos semanais em Sergipe.

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 155 casos e 4 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 1 087 casos e 30 mortes. Semana passada projetamos 808 casos e 27 mortes, sendo os valores reais de 1032 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
02/10/2020	159	4	156	5
03/10/2020	160	4	167	2
04/10/2020	160	4	91	2
05/10/2020	143	5	57	6
06/10/2020	149	5	60	5
07/10/2020	156	4	58	5
08/10/2020	160	4	168	4

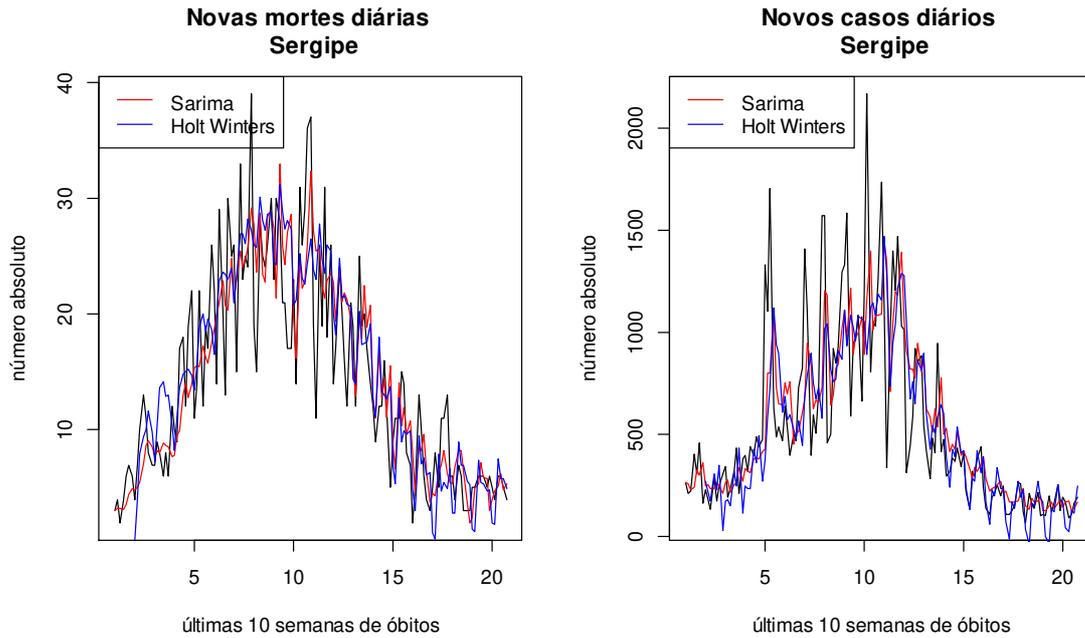


Gráfico 18. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

Letalidade

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.62 % sendo a semana passada de 2.61 %, indicador que embora esteja abaixo da média nacional a qual é 3%, ela esta se aproximando da média nacional pois há mais de dois meses vem crescendo lentamente, para observação disponibilizamos o Gráfico 19.

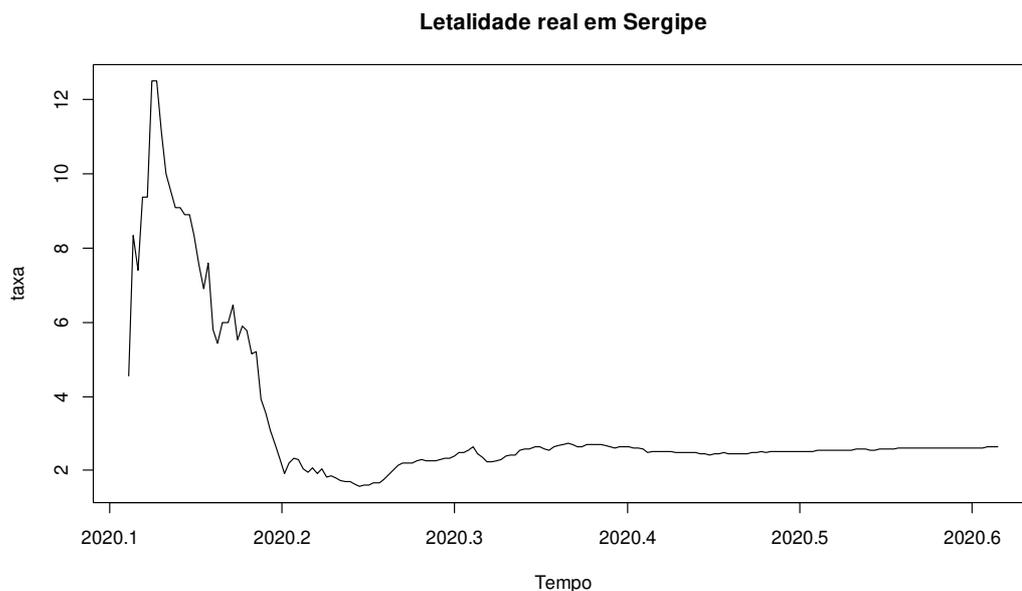


Gráfico 19. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 ocupava a posição 81 semana passada e esta semana está na posição 84 de um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. A letalidade de de 3 % igual ao da semana passada, é considerado alto a nível mundial, indicando limitação no fornecimento de testes a sua população.
4. Esta semana 29 já se compara com as estatísticas da semana 7. E para semana que vem se projeta uma quantidade menor de casos e mortes.
5. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 186 704 casos e 4 757 mortes.
6. A projeção para casos e mortes acumuladas para 210 dias de óbitos, indicam que o Brasil ultrapassara os 5 milhões de contagiados e 150 000 mortes.
7. No âmbito regional, Sergipe têm um decréscimo significativo tanto para casos e mortes, onde semana passada tinha uma média diária de 150 casos e 5 mortes, esta semana serão em média 155 casos e 4 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, Johns 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 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.

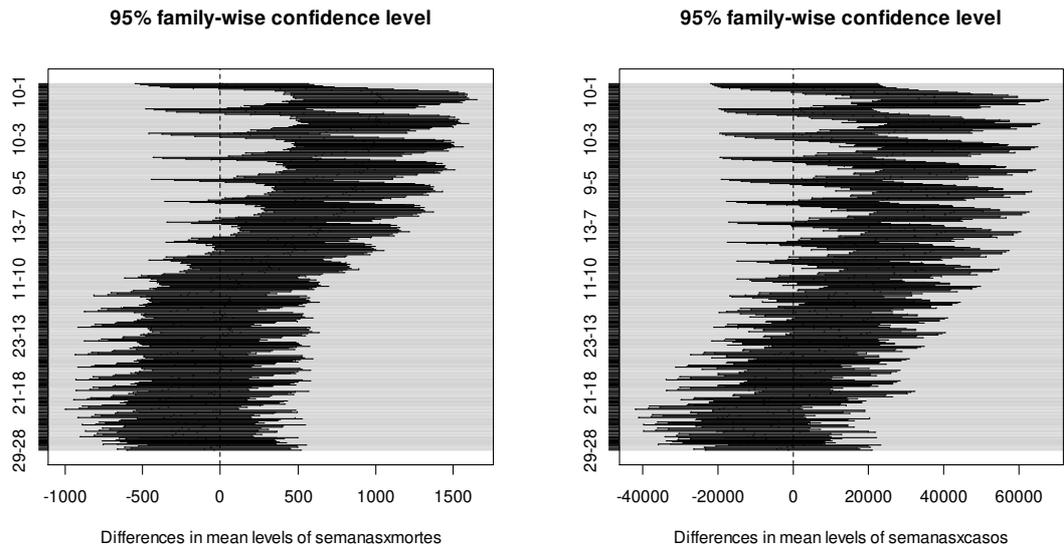


Gráfico 20. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

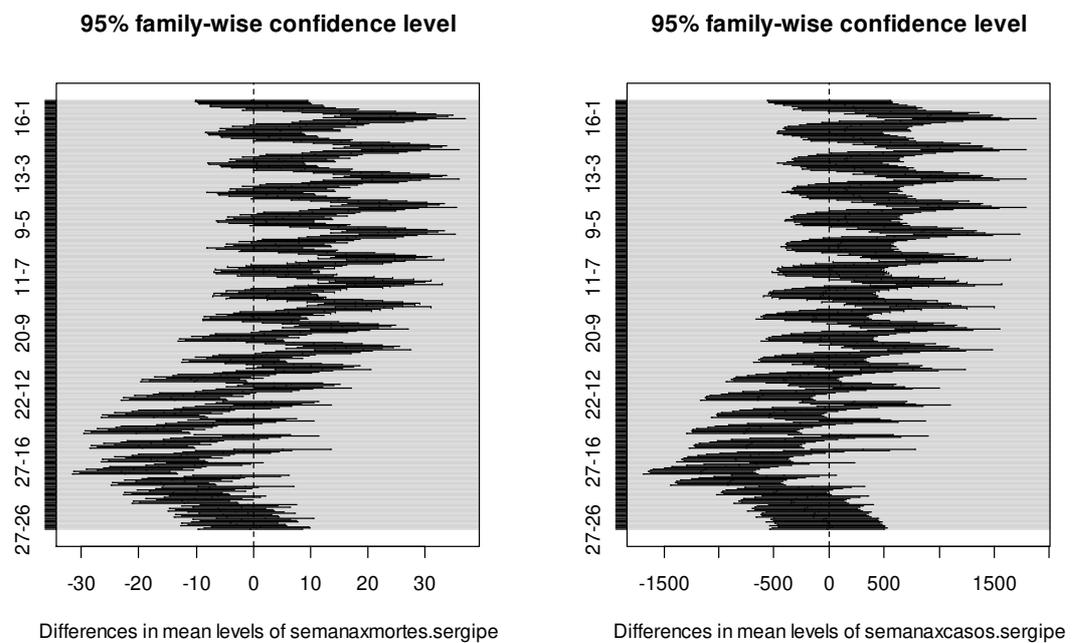


Gráfico 21. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.