



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

## Nota técnica n<sup>o</sup> 23 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 .....	8
Letalidade.....	12
Incidência.....	12
Resultados Sergipe.....	13
Modelagem.....	15
Letalidade.....	18
Conclusões .....	19
Bibliografia .....	19
Anexos.....	20

### Contato

E-mail: [danielneyra@hotmail.com](mailto:danielneyra@hotmail.com)

São Cristóvão, 08 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 13.12 menor que a da semana passada que atingiu 17.1 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 344 testes por 1000 habitantes. Para avaliar em termos relativos o avanço desta pandemia, utilizamos os percentuais, relacionando o país com o Mundo, onde os percentuais são calculados usando a simples divisão de novos casos e mortes no Brasil com os novos casos e mortes no Mundo multiplicado por 100, como visualizado no Gráfico 02, aqui podemos observar que o Brasil ultrapassou em seis oportunidades 30% dos novos casos no Mundo, já para as mortes; em 13 oportunidades ultrapassou 30%; em duas ultrapassou 50% e em uma oportunidade atingiu 70% das mortes mundiais (1 039 mortes no Brasil e 1 485 no Mundo no dia 26 de maio), estes dois eventos colocam ao Brasil junto com a Índia e os Estados Unidos como centro da pandemia mundial no momento, porém dentre os três o Brasil começa a perder protagonismo mundial, descendo da curva de

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

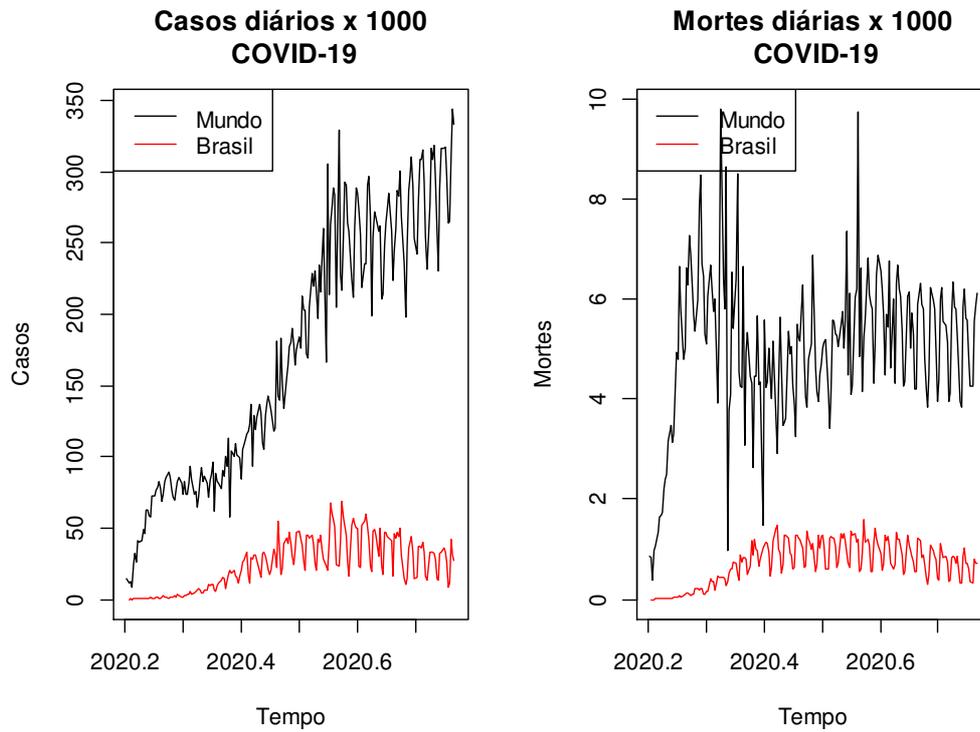


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

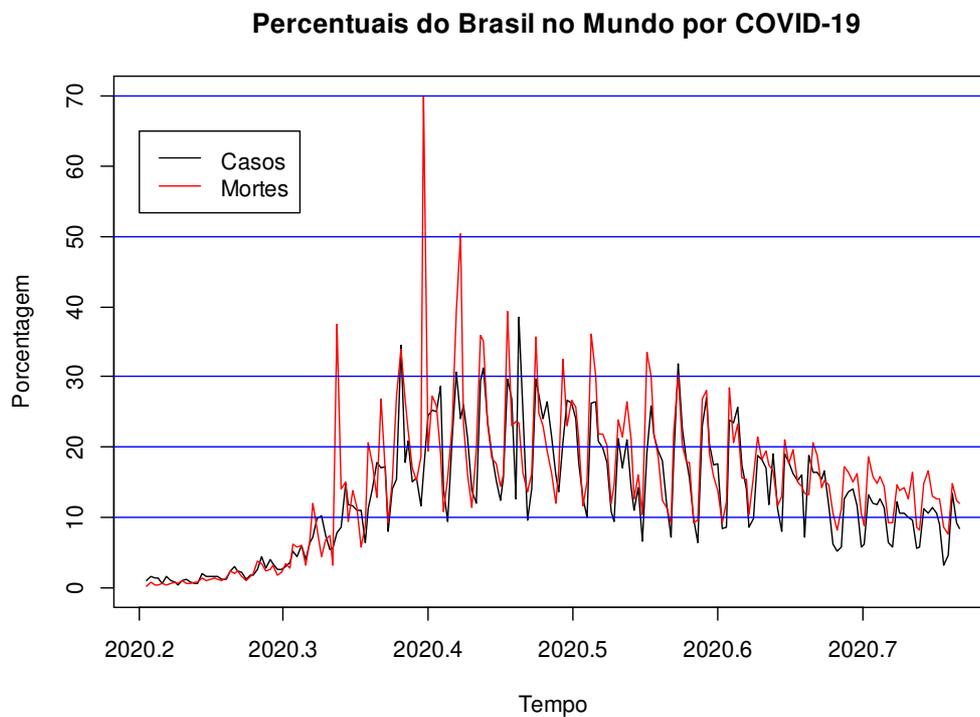


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana. Pode-se observar que, independente das subnotificações, (seja por ausência de realização do teste, por falta de teste ou pela demora no resultado no teste) há um aumento aritmético de casos e mortes, cuja duplicação em dias está na relação 2,2,3,3,4,5,10,8,11,14,23,44; para as mortes. Já para os casos a relação de duplicação é: 3,3,5,5,6,8,9,12,11,13,19,27,45. Este fato indica que o alongamento na duplicação nestas últimas semanas fez a Índia ultrapassar ao Brasil, tirando o protagonismo do Brasil no âmbito internacional. Em números absolutos acumulados o país é terceiro em número de casos e mortes atrás da Índia e dos Estados Unidos. Ontem 07 de outubro o Brasil teve 31 553 casos e 734 óbitos de um total de 343 793 casos e 5 901 mortes no mundo, representando 9.2% dos casos e 12.4% das mortes, indicando quedas consecutivas nas últimas semanas. Estes percentuais comparados com a semana passada foram 10.5% e 16.6% 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 08 de outubro, foram de 5028 444 casos confirmados e 148 957 mortes, aumentando em uma semana mais de 181 352 casos e mais e de 4 277 mortes, comparando o saldo entre semanas há uma diminuição de 8.038 casos e 595 mortes.

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

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
02/10/2020	4880523	145388	4232593	502542
03/10/2020	4906833	145987	4248574	512272
04/10/2020	4915289	146352	4263208	505729
05/10/2020	4927235	146675	4295302	485258
06/10/2020	4969141	147494	4352871	468776
07/10/2020	5000694	148228	4391424	461042
08/10/2020	528444	148957	4414564	464923

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

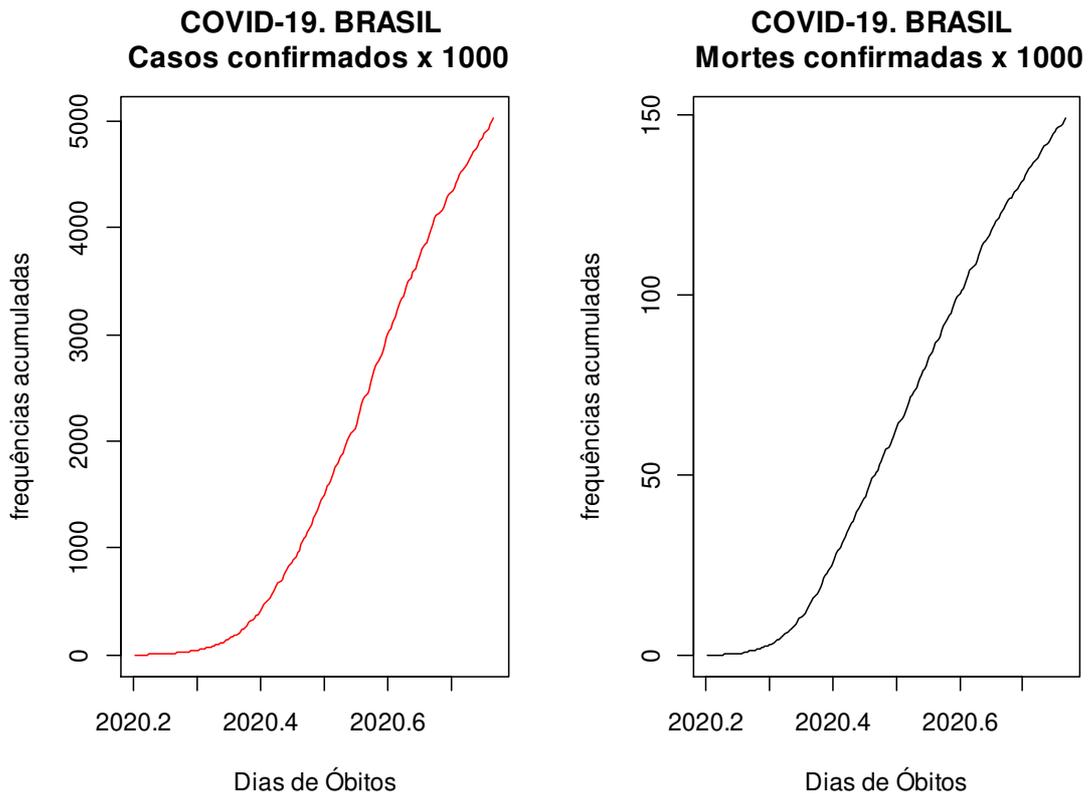


Gráfico 03 (a): Evolução dos casos e mortes no Brasil.

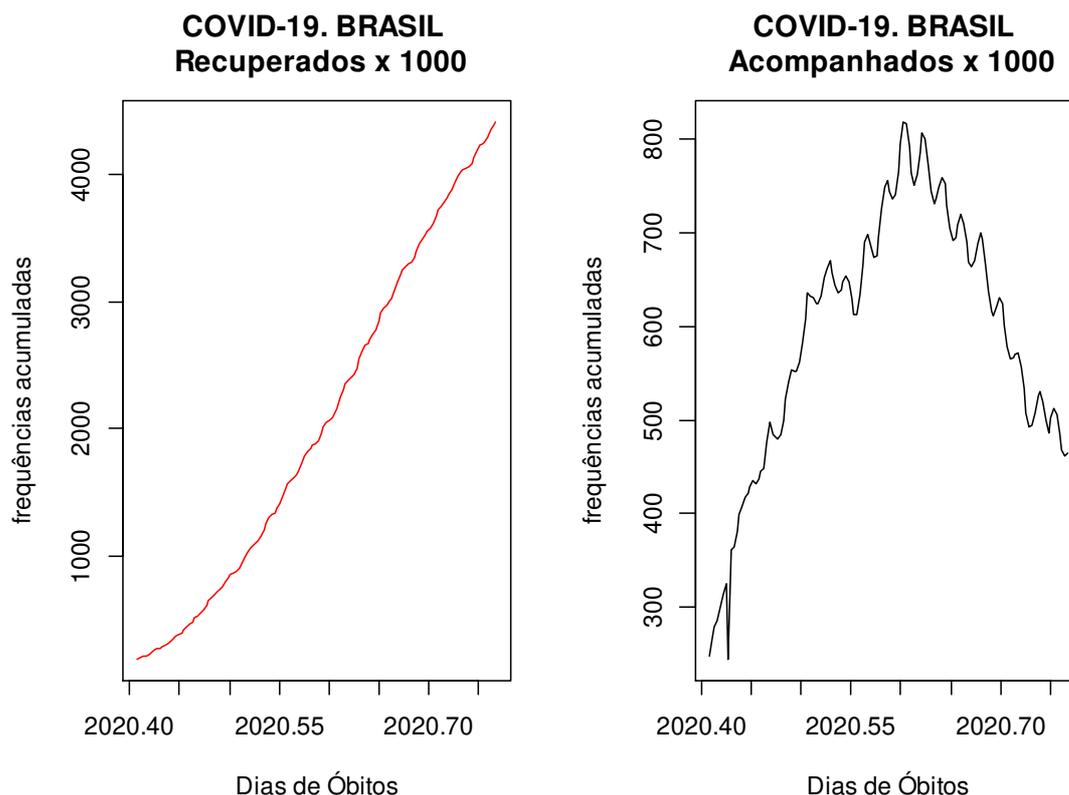


Gráfico 03 (b): Evolução dos recuperados e acompanhados no Brasil.

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

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 5916 novos casos e 179 novas mortes, e os seguem os estados de Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Ceará, Pará, Goiás, como se mostra na Tabela 02 a seguir:

Tabela 02: Casos confirmados e mortes por COVID-19 nos primeiros sete estados do Brasil nesta quinta feira

Estado	Casos		Mortes	
	Novos	Acumulados	Novos	Acumulados
SP	5916	1022404	179	36884
BA	1834	321798	36	7049
MG	2908	315041	107	7897
RG	2024	280144	86	19110
CE	1401	243106	12	9056
PA	1064	236830	9	6629
GO	3040	225978	75	5079

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.

**COVID-19. BRASIL. Número de casos diários**

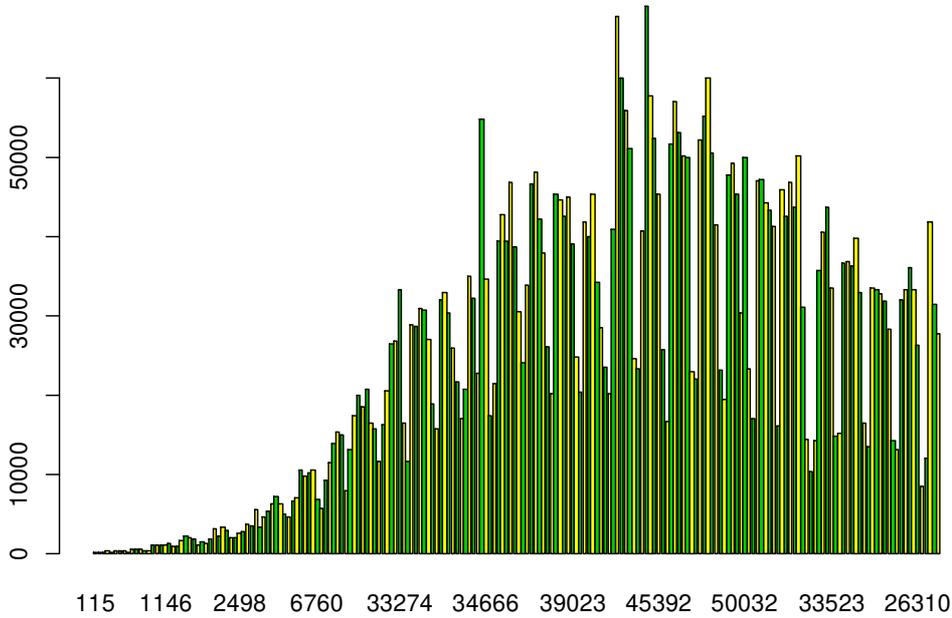


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

**COVID-19. BRASIL. Número de mortes diárias**

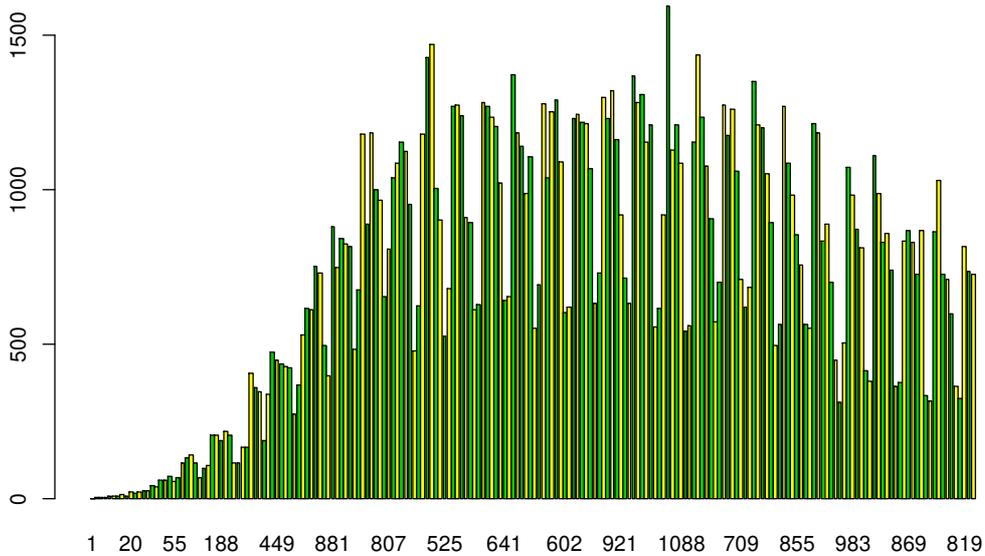


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

## 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 0.12%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.12% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.17%. 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
09/10/2020	5050589	149465	5034690 - 5066487	149088 - 149842
10/10/2020	5076640	150063	5057441 - 5095838	149608 - 150518

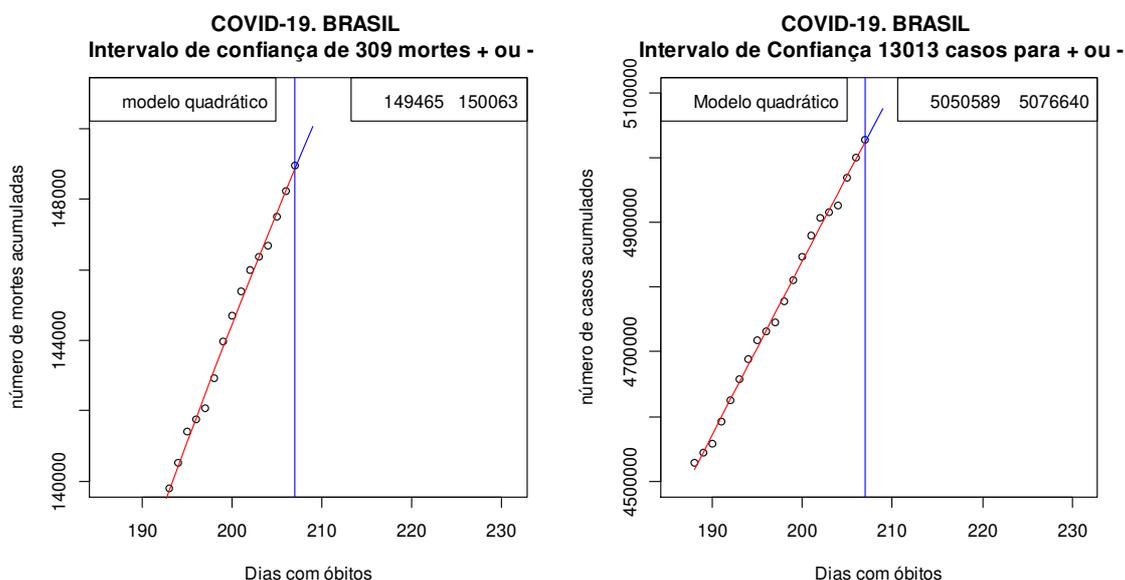


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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 30 a média de casos são estatisticamente iguais as da semana 5 ( $p > 0,05$ ). Já para as mortes a semana 30 é estatisticamente iguais as da semana 4. Isto indica uma queda se comparado com semanas previas, ou seja o país começa a sua descida para ambos indicadores.

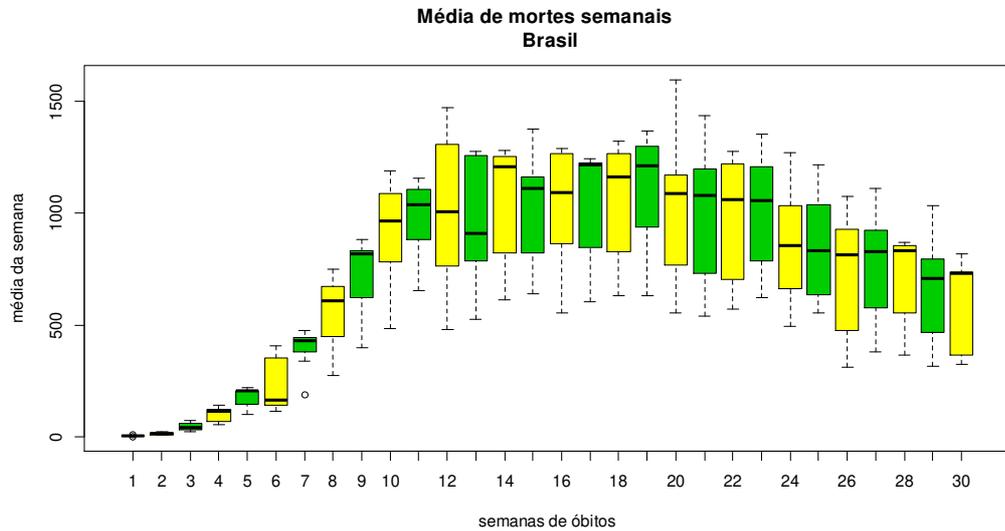


Gráfico 07(a). Médias semanais de mortes confirmadas por COVID-19

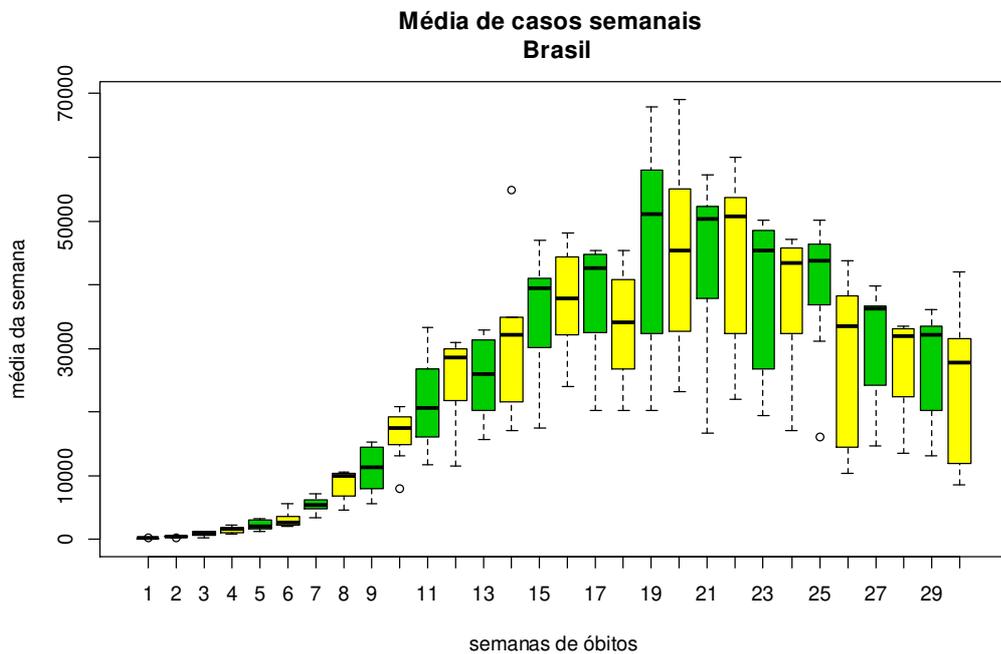


Gráfico 07(b). Médias semanais de casos confirmados por COVID-19

Ainda este efeito sazonal, e a tendência permitem abordar técnicas de séries temporais para realizar previsões futuras para novos casos e novas mortes. Foram usados modelos avançados de séries temporais, como Holt-Winters e Sarima para ajustar a séries de novos casos e novas mortes, por apresentar três componentes

temporais como: tendência, sazonalidade e ciclos, a bondade de ajuste desta modelagem permite realizar previsões, e neste caso em particular realizamos projeção para os próximos sete dias. Para esta semana em média serão em torno de 24739 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 6 425 casos para mais e para menos e 568 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 102 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 173 179 casos e 3 978 mortes. Semana passada se projetou 186 704 casos e o valor real foi 181 352, para as mortes projetou-se 4 757 e o valor real foi 4 277. 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
09/10/2020	29172	662	33830	693
10/10/2020	25284	610	27880	648
11/10/2020	12312	266	10737	303
12/10/2020	13760	239	11891	274
13/10/2020	34440	756	33639	796
14/10/2020	29651	777	31649	833
15/10/2020	28560	668	31593	738

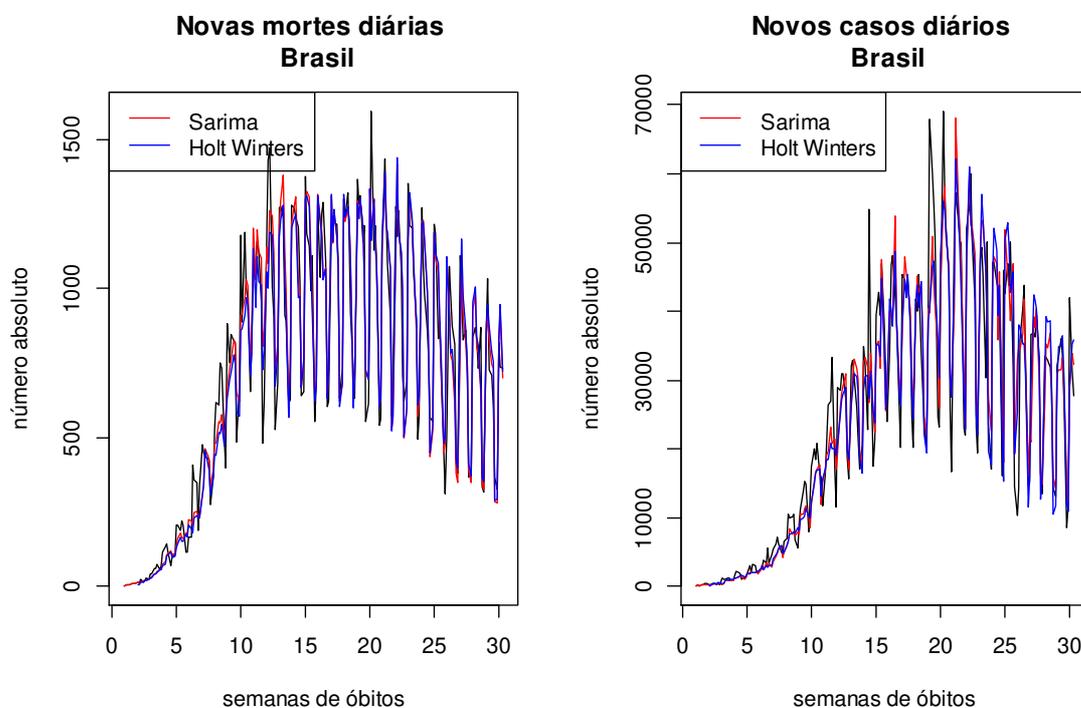


Gráfico 08. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

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.

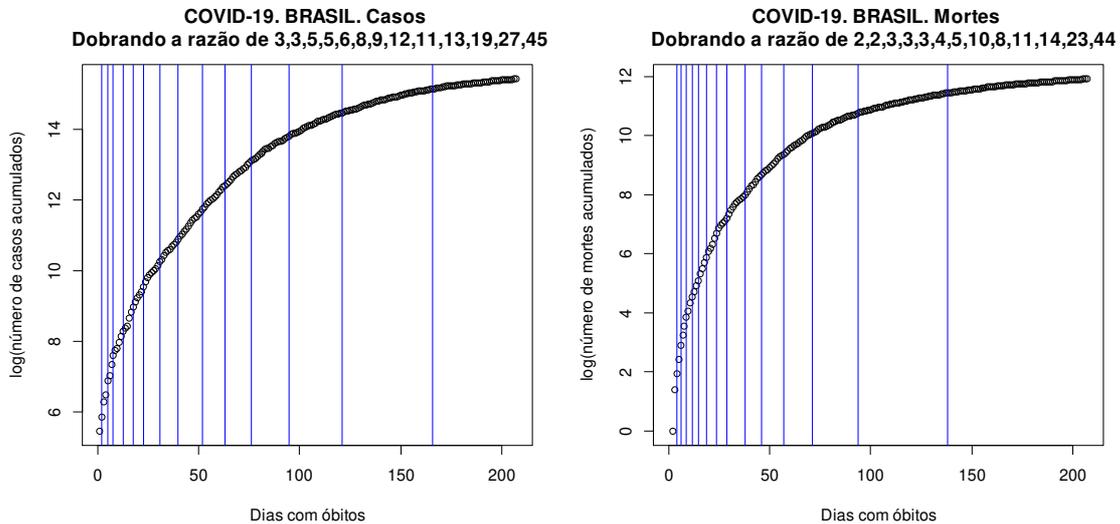


Gráfico 09: Espaçoamento entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

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 mais favorável seriam 149 505 mortes.

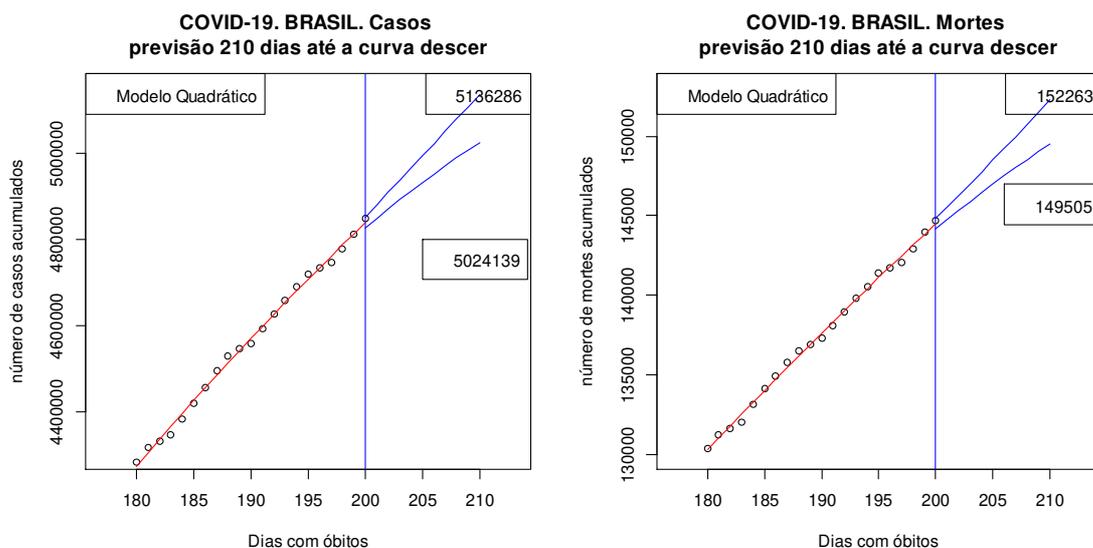


Gráfico 10. Projeção de potência a partir dos últimos 20 dias.

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 14 895 700 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

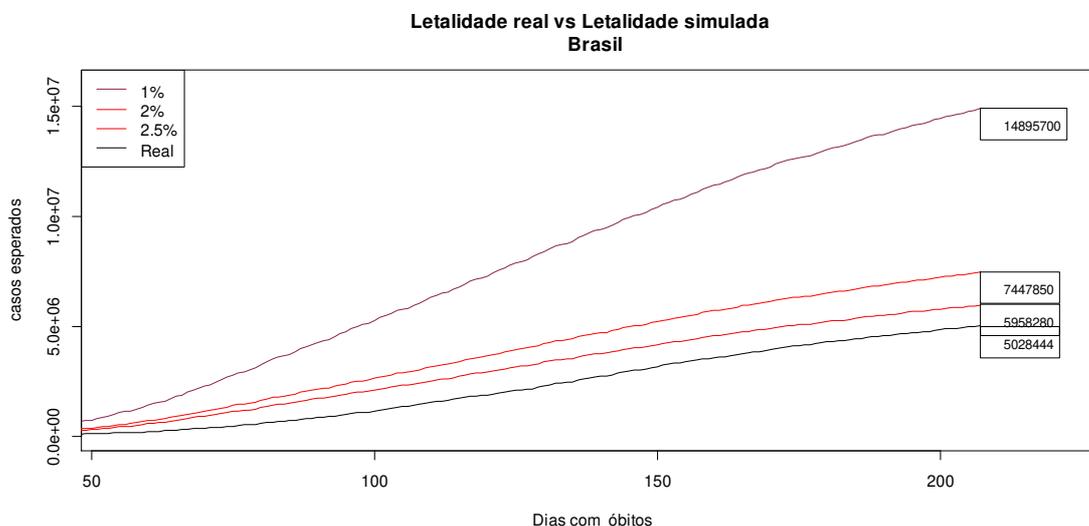


Gráfico 11. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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

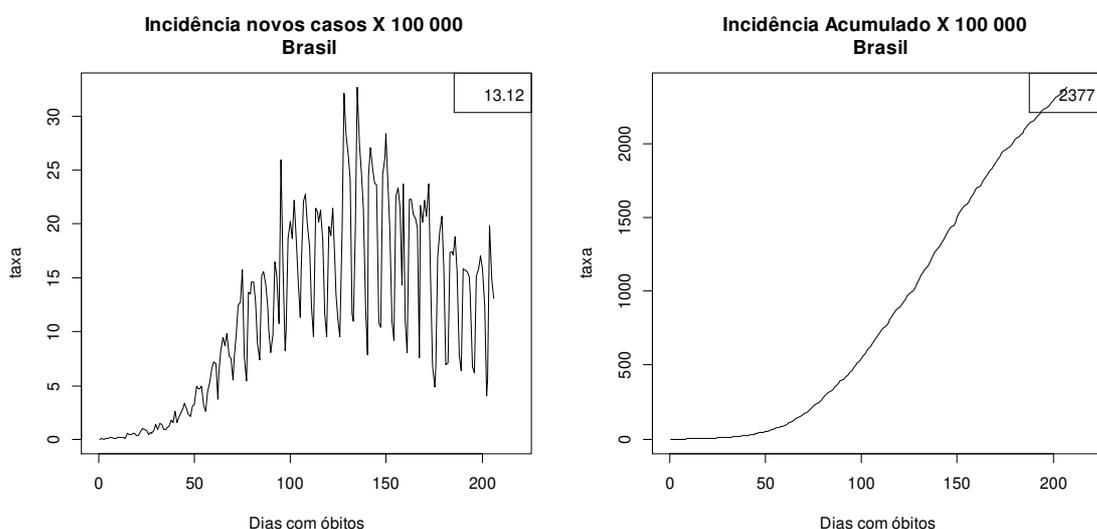


Gráfico 12. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

## Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 08 de outubro, 78 957 casos confirmados e 2078 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 1322 casos e 38 mortes. Comparando as duas últimas semanas houve 290 casos a mais e 2 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	02/10/2020	144	77779	5	2045
SE	03/10/2020	223	78002	6	2051
SE	04/10/2020	193	78195	4	2055
SE	05/10/2020	185	78380	6	2061
SE	06/10/2020	145	78525	6	2067
SE	07/10/2020	167	78692	5	2072
SE	08/10/2020	265	78957	6	2078

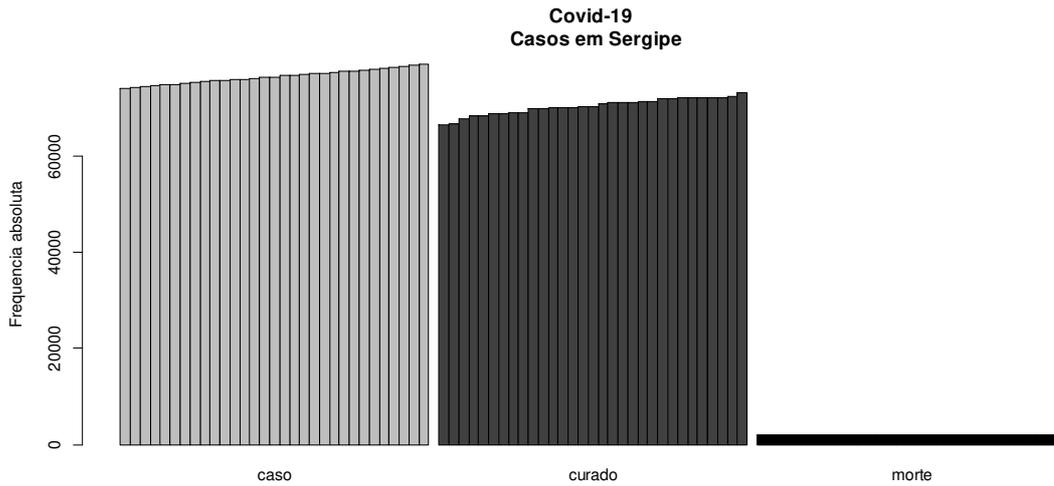


Gráfico 13. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

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.

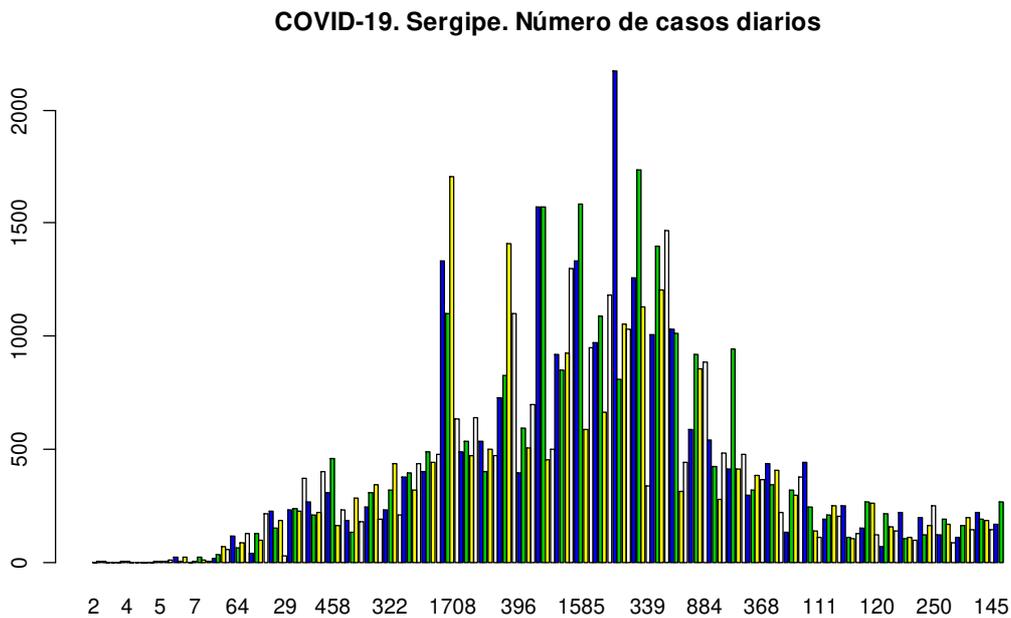


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

**COVID-19. Sergipe. Número de mortes diárias**

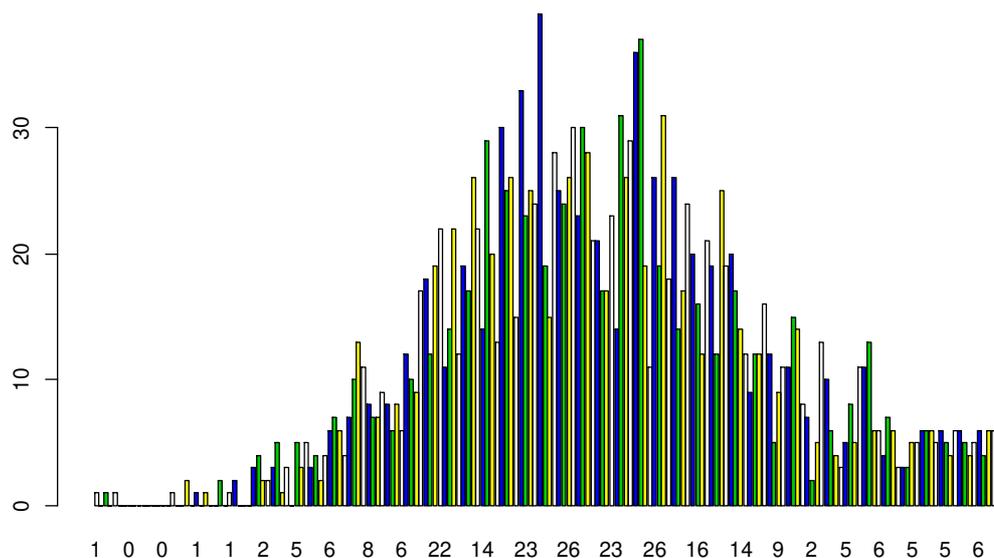


Gráfico 15. Mortes diárias testados no estado de Sergipe.

### 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
09/10/2020	79018	78943 – 79093	2081	2077 - 2084
10/10/2020	79187	79102 – 79272	2086	2081 - 2089

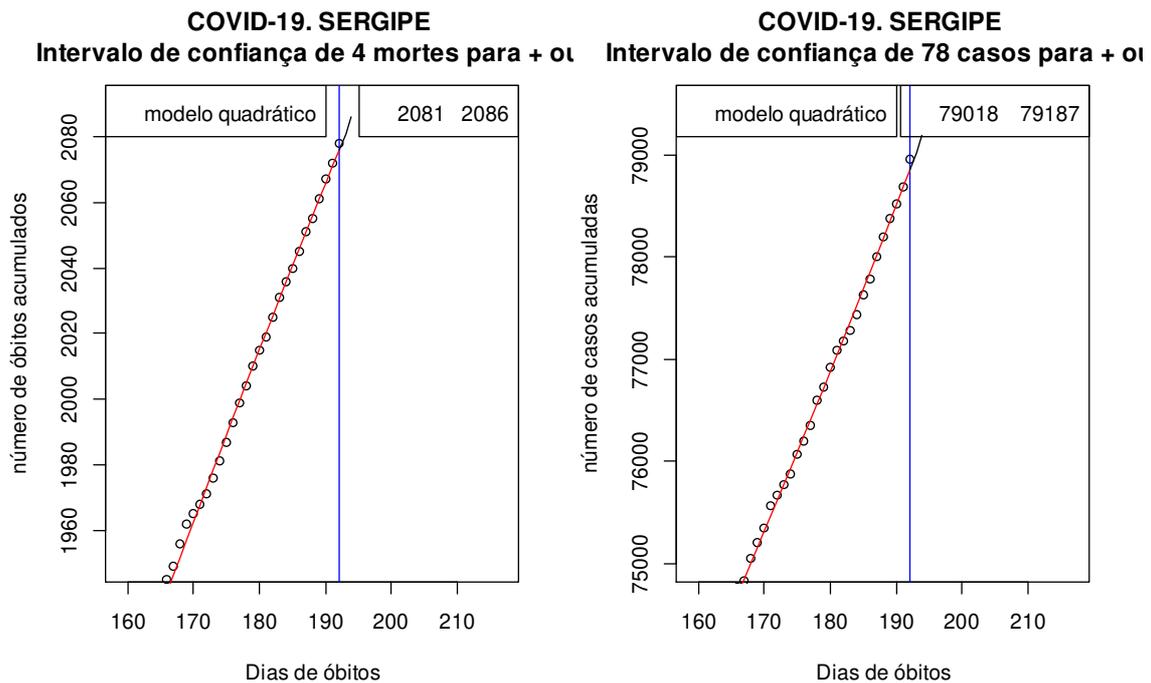


Gráfico 16: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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 esta semana 28 são estatisticamente igual as médias de casos da primeira semanas de iniciada a proliferação do vírus no estado. O mesmo acontece com as mortes e que há uma queda se comparado com as últimas 12 semanas. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

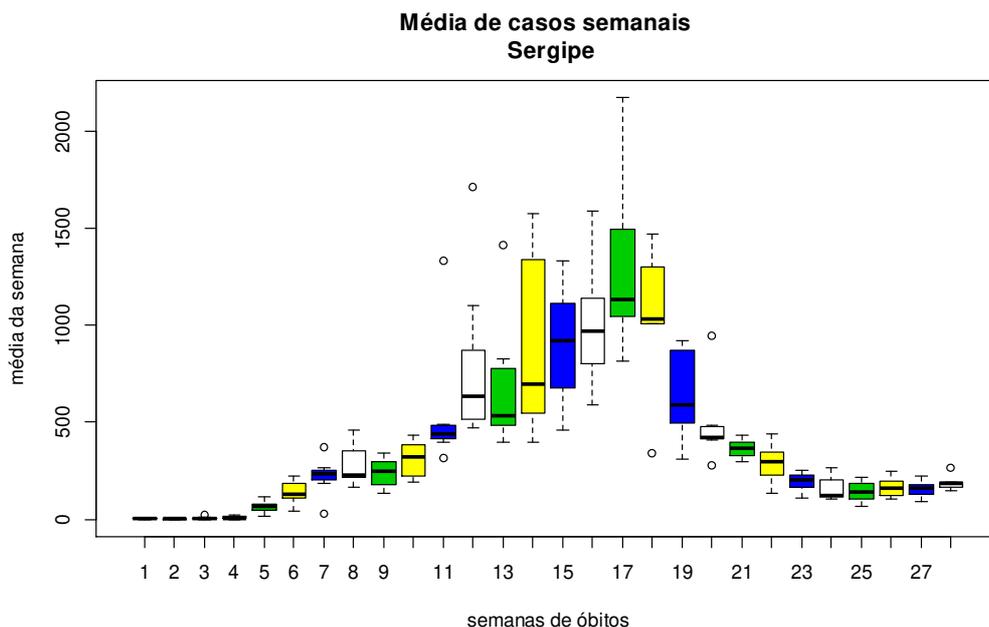


Gráfico 17 (a). Box Plot, para mortes semanais em Sergipe.

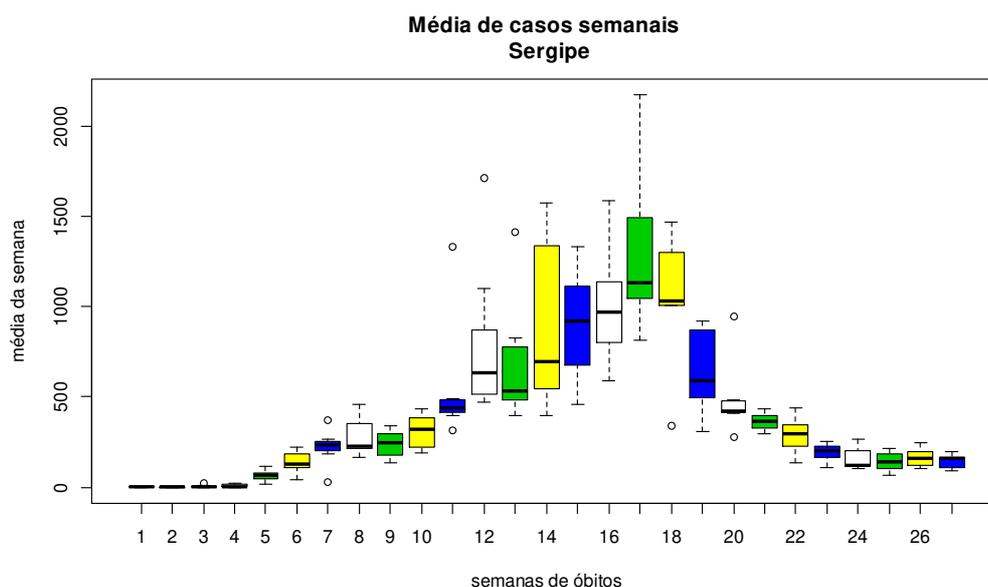


Gráfico 17 (b). Box Plot, para casos semanais em Sergipe.

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 165 casos e 5 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 1 158 casos e 35 mortes. Semana passada projetamos 1087 casos e 30 mortes, sendo os valores reais de 1322 casos e 38 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
09/10/2020	219	5	217	5
10/10/2020	192	5	247	4
11/10/2020	185	4	118	3
12/10/2020	189	6	73	6
13/10/2020	196	6	130	6
14/10/2020	202	5	156	6
15/10/2020	204	5	217	5

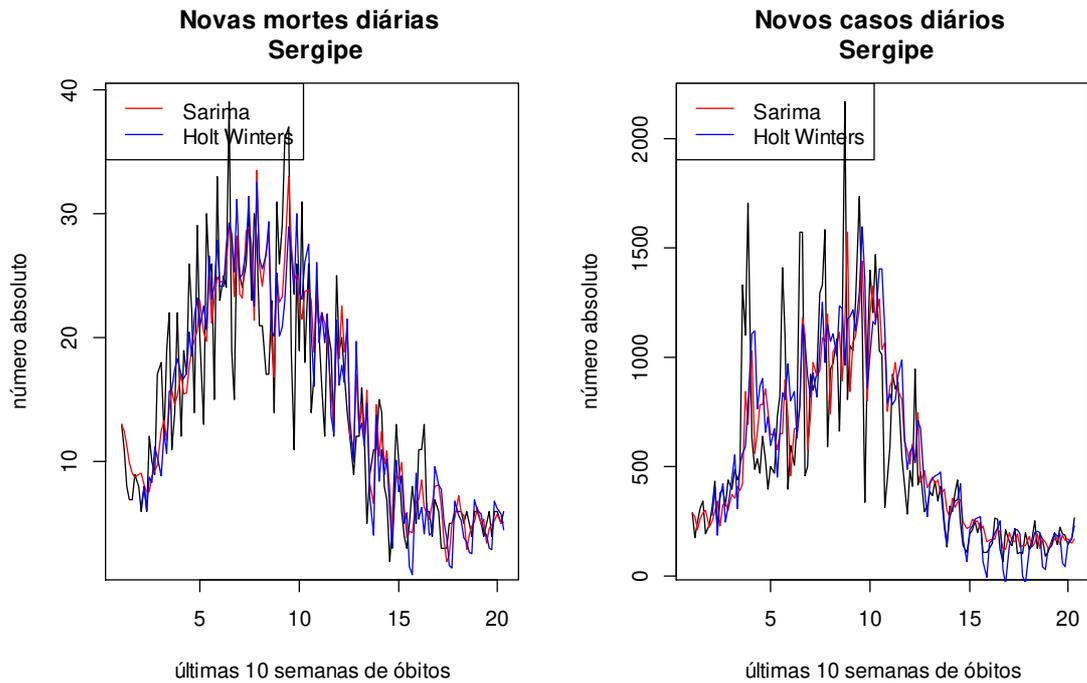


Gráfico 18. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

### Letalidade

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.63 % sendo a semana passada de 2.62 %, 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 84 semana passada e esta semana está na posição 90 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 30 já se compara com as estatísticas da semana 5. E para semana que vem se projeta uma quantidade menor de casos e mortes.
5. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 173 179 casos e 3972 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 nesta semana.
7. No âmbito regional, Sergipe têm um decréscimo significativo tanto para casos e mortes, onde semana passada tinha uma média diária de 155 casos e 5 mortes, esta semana serão em média 165 casos e 5 mortes por dia.
8. Esta semana 28, os casos e mortes no estado de Sergipe já se compara com as estatísticas da semana 1.
9. A Letalidade no estado de Sergipe teve aumento diário nesta últimas semanas, aproximando-se da média nacional.
10. Comparando as projeções futuras e seus correspondentes valores reais de novos casos e novas mortes durante a semana, com erros de ajuste abaixo de 1% para o Brasil e o estado de Sergipe, permitem adotar 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<sup>a</sup> 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.**

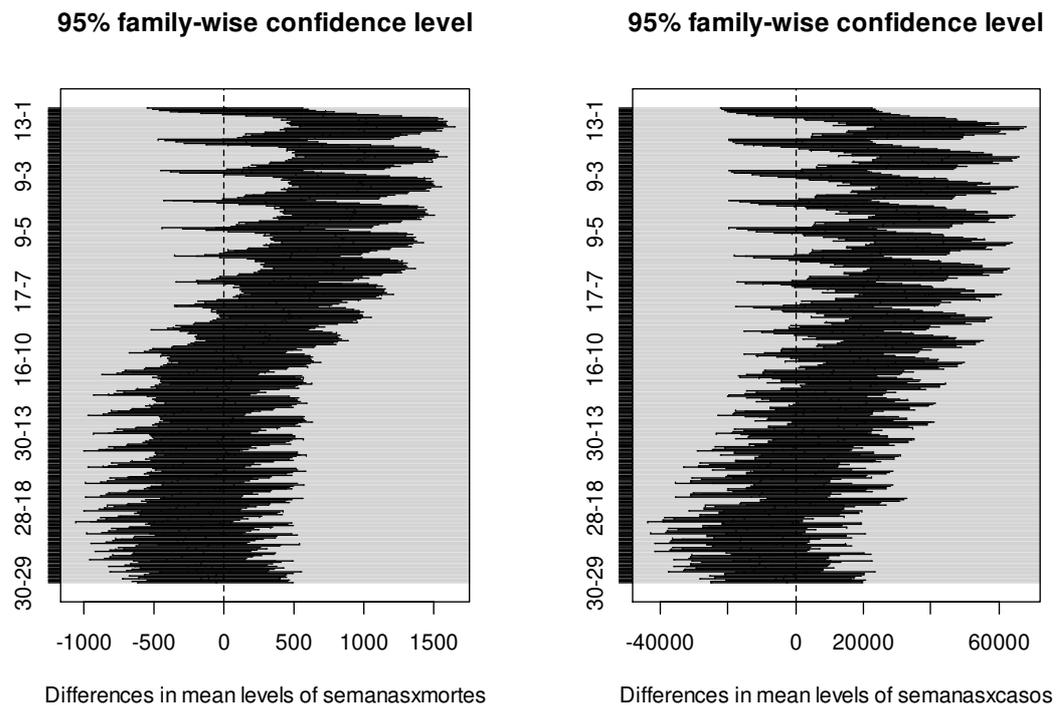


Gráfico 20. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

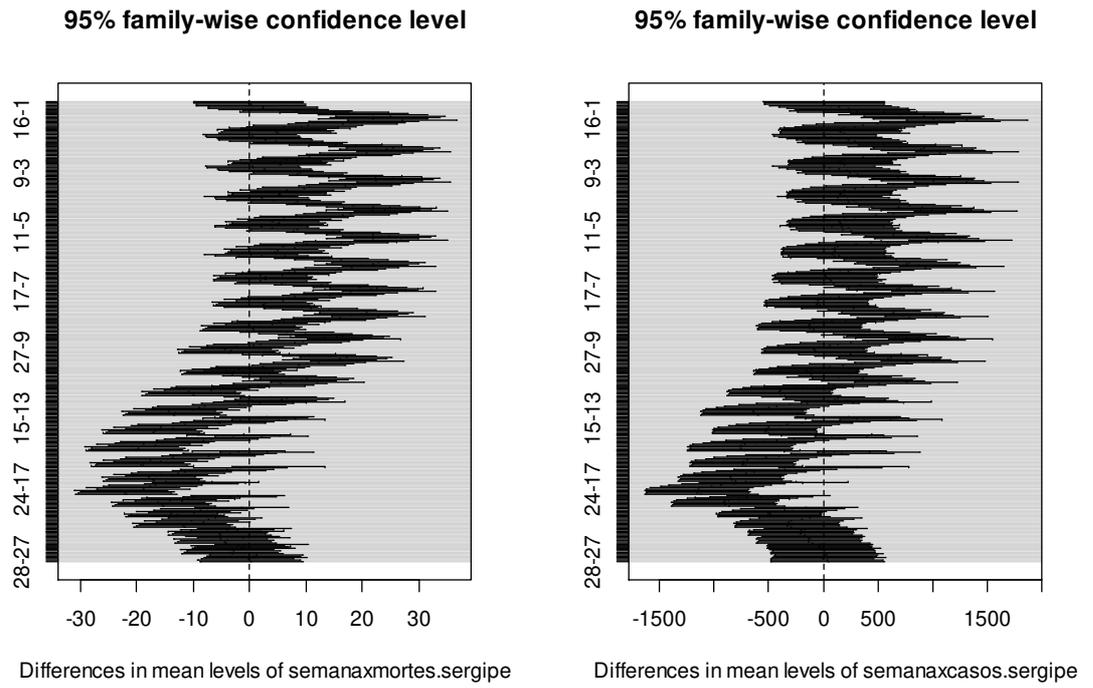


Gráfico 21. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.