



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

## Nota técnica n<sup>o</sup> 15 sobre COVID-19 no Brasil e no estado de Sergipe

**Elaboração: Daniel Francisco Neyra Castañeda**

### Sumário

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| Introdução.....               | 2  |
| Resultados Brasil.....        | 2  |
| Modelagem para o Brasil ..... | 6  |
| Letalidade.....               | 10 |
| Incidência.....               | 11 |
| Resultados Sergipe.....       | 12 |
| Modelagem.....                | 14 |
| Letalidade.....               | 16 |
| Conclusões .....              | 17 |
| Bibliografia .....            | 18 |
| Anexos.....                   | 18 |

### Contato

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

São Cristóvão, 13 de Agosto de 2020

## **Introdução**

Esta nota técnica é a sequência das notas publicadas nas semanas prévias. O trabalho segue os mesmos dados de estudo, e foi incluída a informação desta última semana. Também ressaltamos que esta, como outras publicadas na UFS são complementares. Cada uma apresenta um olhar particular, aqui se resalta a previsões futuras de casos e mortes confirmadas por COVID-19. O intuito é informar cientificamente os acontecimentos por esta pandemia.

As projeções realizadas neste trabalho não têm como objetivo acertar as estatísticas futuras e sim dar a direção deste fenômeno de pandemia. Modelos de regressão para ajustar a tendência foram aplicados aos casos acumulados e mortes acumuladas por COVID-19. Para os casos novos e mortes novas (dia a dia), os modelos de tendência, sazonalidade e ciclos foram abordados como Holt Winters e modelagem da família ARIMA (autorregressivos de médias moveis integrados), caso particular são os modelos SARIMA.

Na nota técnica anterior recriamos cenários de letalidades com 1%, 2%, 2.5% e a real, nesta nota técnica as atualizamos, pois entendemos que embora estas simulações não permitam alcançar os casos reais de contágio, os quais necessariamente são muito maiores, pelo menos tentamos dar uma ideia de quantos casos podem estar escondidos por causa da subnotificação. Também a taxa de prevalência em torno de 28.41 maior que a da semana passada que atingiu 25.12 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 62 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 204 testes por 1000 habitantes. Para avaliar em termos relativos o avanço desta pandemia, utilizamos os percentuais, relacionando o país com o Mundo, onde os percentuais são calculados usando a simples divisão de novos casos e mortes no Brasil com os novos casos e mortes no Mundo multiplicado por 100, como visualizado no Gráfico 02, aqui podemos observar que o Brasil ultrapassou em seis oportunidades 30% dos novos casos no Mundo, já para as mortes; em 13 oportunidades ultrapassou 30%; em duas ultrapassou 50% e em uma oportunidade atingiu 70% das mortes mundiais (1 039 mortes no Brasil

e 1 485 no Mundo no dia 26 de maio), estes dois eventos colocam ao Brasil junto com os Estados Unidos como centro da pandemia mundial.

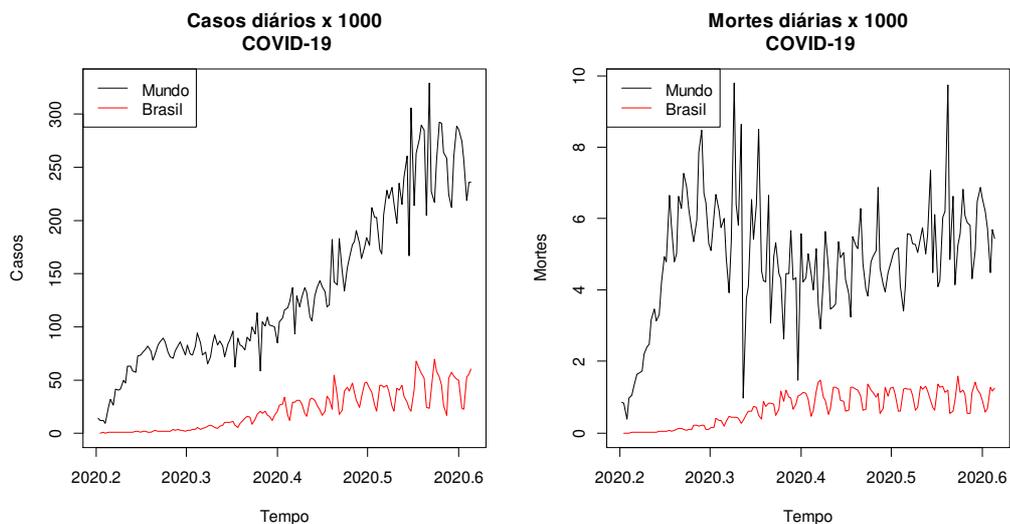


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

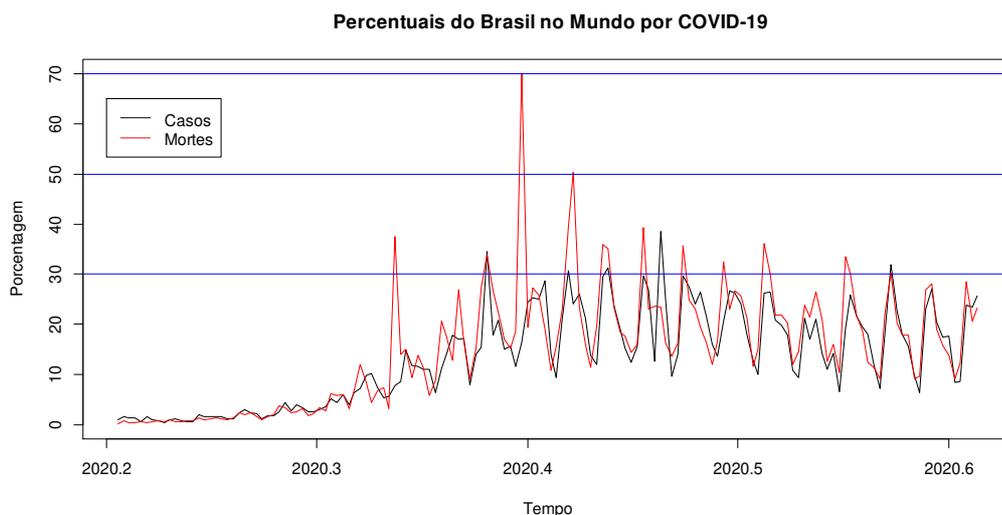


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana, do dia 07 ao 13 de Agosto. Pode-se observar que, independente das subnotificações, (seja por ausência de realização do teste, por falta de teste ou pela demora no resultado no teste) há um aumento aritmético de casos e mortes, cuja duplicação em dias está na relação 2,2,3,3,4,5,10,8,11,14,23,44; para as mortes. Já para os casos a relação de duplicação é: 3,3,5,5,6,8,9,12,11,13,19,27. Este fato indica protagonismo do Brasil no âmbito internacional, onde ganhou rapidamente posições no ranking tanto de casos quanto de mortes. Em números absolutos acumulados o país é segundo em número de casos e mortes atrás apenas dos Estados Unidos, para novos casos e novas mortes. Ontem 12 de Agosto o Brasil teve 55 155

casos e 1 175 óbitos de um total de 235 196 casos e 5 696 mortes no mundo, representando 23.4 % dos casos e 20.6 % das mortes, indicando uma queda nos percentuais se comparado com a semana passada. Uma visualização no Gráfico 03 aponta um crescimento potencial para ambos os casos e mortes acumuladas, contudo há presença de desaceleração nesta semana, também apresenta um platô á semanas mostrando uma estabilização na parte mais alta das frequências de casos e mortes, e que até a data do dia 13 de agosto, foram de 322 4876 casos confirmados e 105 463 mortes, aumentando em uma semana mais de 312 664 casos e mais de 6 970 mortes, comparando o saldo entre semanas há aumento de 10 554 casos e uma diminuição de aumento de 260 mortes.

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

| Data       | Casos   | Mortes | Recuperados | Acompanhados |
|------------|---------|--------|-------------|--------------|
| 07/08/2020 | 2962442 | 99572  | 2068394     | 794476       |
| 08/08/2020 | 3012412 | 100477 | 2094293     | 817642       |
| 09/08/2020 | 3035422 | 101049 | 2118460     | 815913       |
| 10/08/2020 | 3057470 | 101752 | 2163812     | 791906       |
| 11/08/2020 | 3109630 | 103026 | 2243124     | 763480       |
| 12/08/2020 | 3164785 | 104201 | 2309477     | 751107       |
| 13/08/2020 | 3224876 | 105463 | 2356640     | 762773       |

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

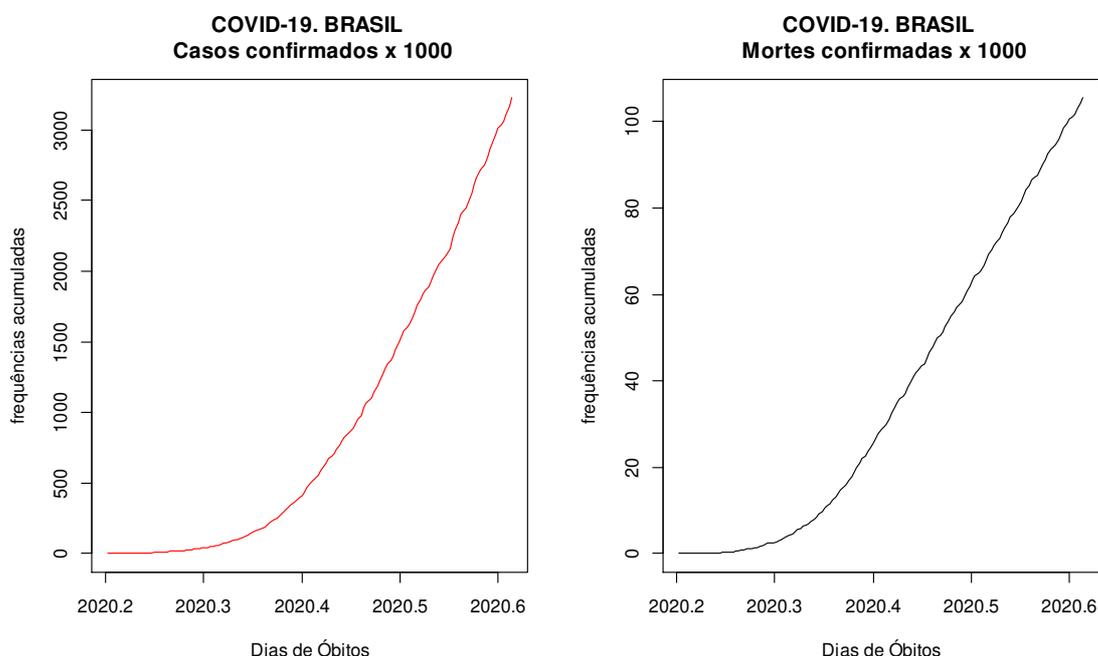


Gráfico 03: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 15 619 novos casos e 298 novas mortes, e os seguem os estados de Bahia, Ceará, Rio de Janeiro, Pará, Minas Gerais, Maranhão, 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     | 15619 | 674455     | 298    | 26324      |
| BA     | 4253  | 206955     | 68     | 4202       |
| CE     | 1872  | 194081     | 41     | 8088       |
| RJ     | 3047  | 188085     | 83     | 14412      |
| PA     | 2265  | 173625     | 8      | 5917       |
| MG     | 3934  | 164915     | 170    | 3846       |
| MA     | 1205  | 134193     | 11     | 3228       |

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 13 de agosto de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 60 091 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 1 262 óbitos, sendo um dos maiores até hoje em um único dia, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

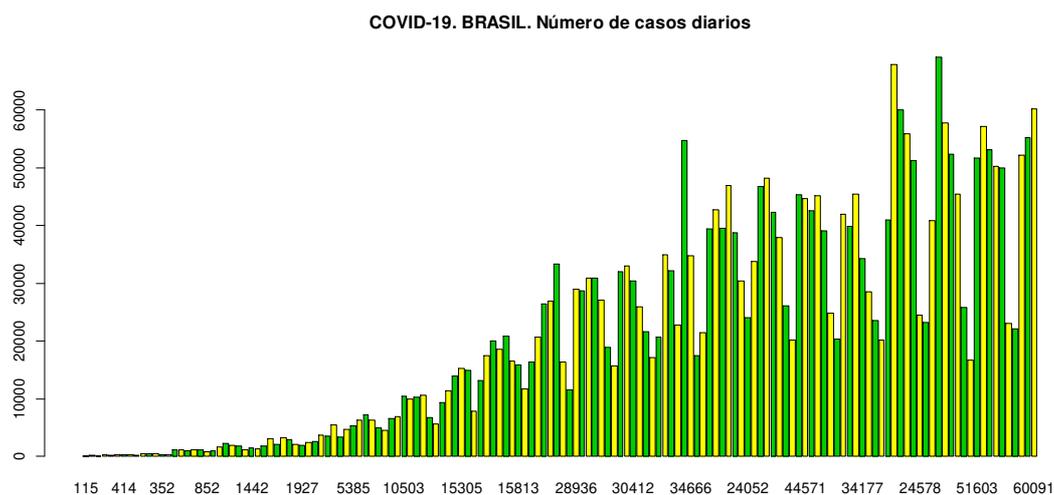


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

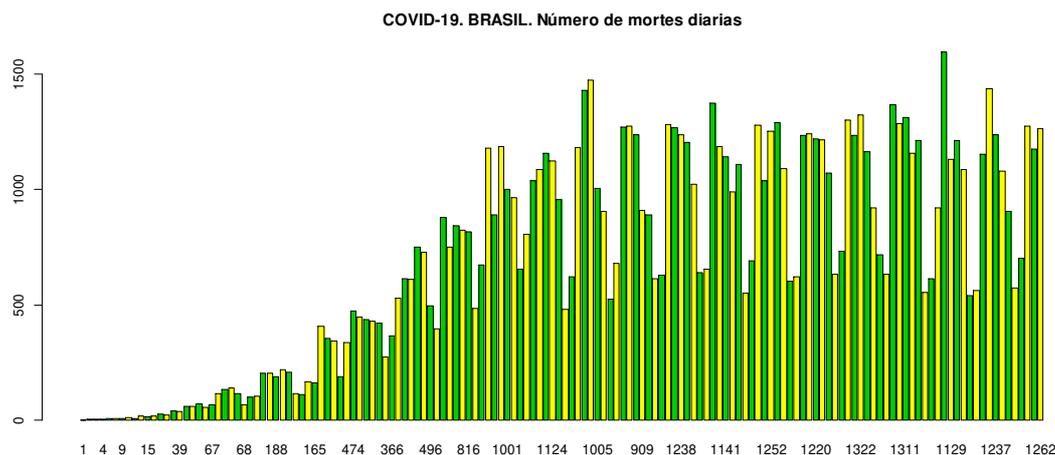


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

## Modelagem para o Brasil

Foram usados modelos de regressão para ajustar a série de casos e mortes acumuladas de COVID-19 no Brasil, estas séries têm apenas o componente de tendência e modelos de potência, exponencial e modelos não lineares foram abordados, porém escolheu-se o modelo com menor erro de ajuste (a curva mais próxima dos dados). Ao longo dos dias, os ajustes foram avaliados e modelos de regressão cúbica têm tido os menores erros de ajuste, todos abaixo de 1%, e para a modelagem ter melhor performance de estimação, foram usados apenas os 20 últimos casos. No ajuste dos casos, foi usado o modelo cúbico por apresentar erro de ajuste de 0.27%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.27% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.44%. 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 |
|----------------|---------|--------|------------------------------|-------------------------------|
| 14/08/2020     | 3262409 | 106331 | 3222584 3302235              | 105530 - 107131               |
| 15/08/2020     | 3312139 | 107420 | 3254880 3369397              | 106269 - 108571               |

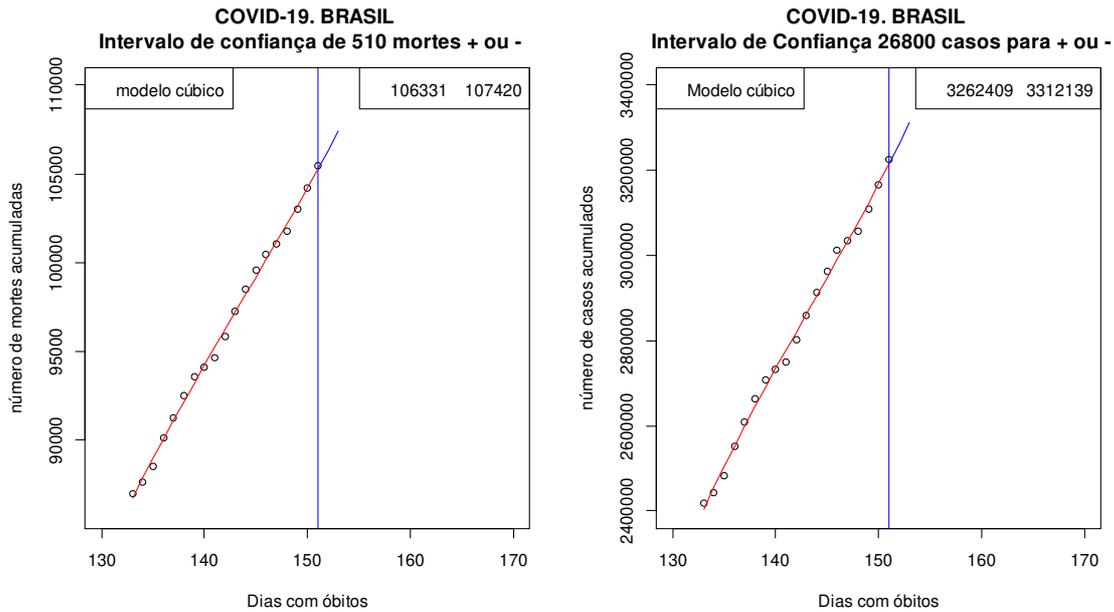


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

Tanto casos e mortes confirmadas por COVID-19 apresentam quedas reais nos finais de semana entre sábado e segunda feira, estas subnotificações sobrecarregam o trabalho logístico para os próximos dias. O efeitos sazonal semanal presente nas séries sugerem apresentar um gráfico de caixas ou de “boxplot” por semana após o primeiro óbito. Observando o Gráfico 07 podemos afirmar que tanto casos e mortes apresentam menores médias que a semana passada. Usando um teste de comparações múltiplas de médias (Teste de Tukey), indica, que as últimas 12 semanas a média de mortes são estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ). Já nos casos as 8 últimas são estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ). Isto indica uma estabilização tanto nos casos como nas mortes, ou seja o platô está presente no país há mais de dois meses para os casos confirmados e a mais de três meses nas mortes confirmadas.

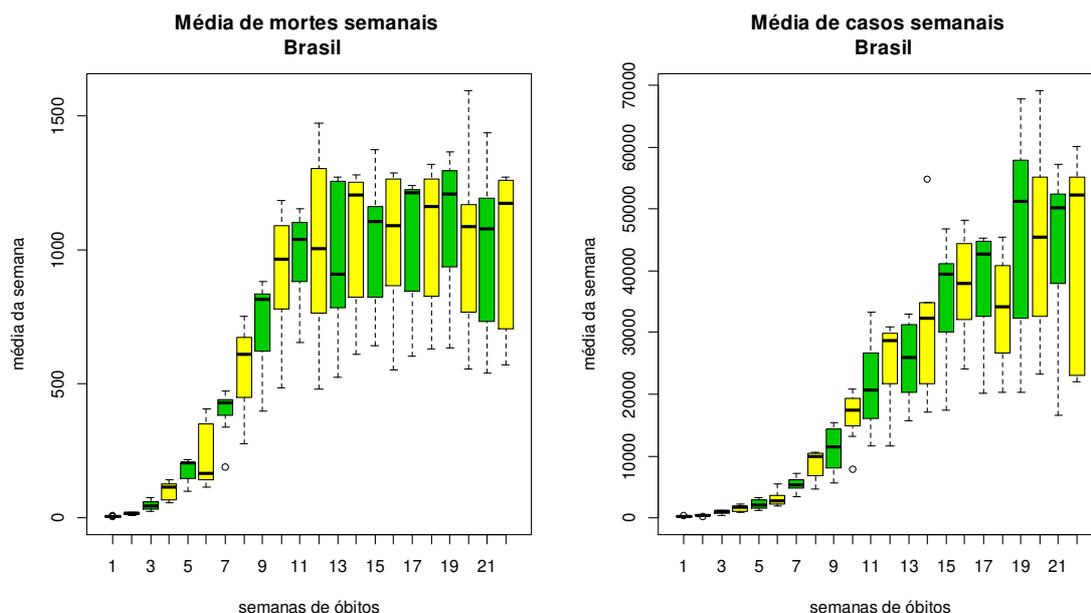


Gráfico 07. Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

Ainda este efeito sazonal, e a tendência permitem abordar técnicas de séries temporais para realizar previsões futuras para novos casos e novas mortes. Foram usados modelos avançados de séries temporais, como Holt-Winters e Sarima para ajustar a séries de novos casos e novas mortes, por apresentar três componentes temporais como: tendência, sazonalidade e ciclos, a bondade de ajuste desta modelagem permite realizar previsões, e neste caso em particular realizamos projeção para os próximos sete dias. Para esta semana em média serão em torno de 45 500 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 5 400 casos para mais e para menos e 979 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 120 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 317 833 casos e 6 851 mortes. Semana passada se projetou 304 709 casos e o valor real foi 312 664, para as mortes projetou-se 6 965 e o valor real foi 6 970. 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 |
| 14/08/2020 | 52061  | 1106   | 52535        | 1091   |
| 15/08/2020 | 48535  | 970    | 48754        | 963    |
| 16/08/2020 | 26207  | 547    | 26835        | 536    |
| 17/08/2020 | 22666  | 629    | 24103        | 612    |
| 18/08/2020 | 50699  | 1184   | 52237        | 1168   |
| 19/08/2020 | 59192  | 1272   | 60940        | 1272   |
| 20/08/2020 | 58473  | 1219   | 60153        | 1209   |

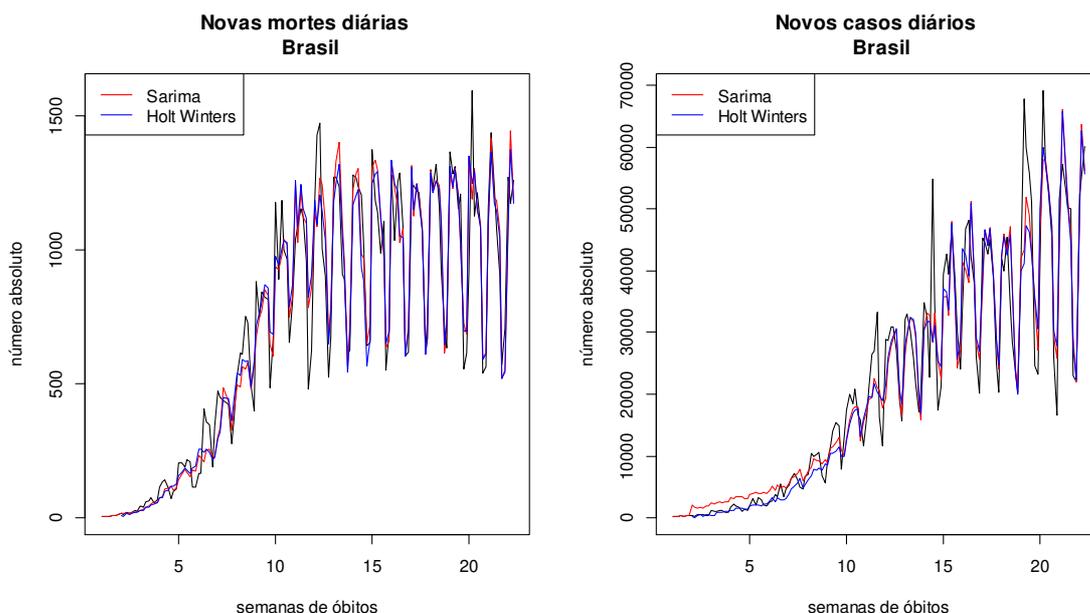


Gráfico 08. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

Para acompanhar quando os casos e mortes dobram no tempo, realizou-se o Gráfico 09, no qual se visualiza os dias em relação aos *log* de casos e mortes, cada linha separa quando os casos e as mortes dobram e elas têm que se alinhar numa reta. Atualmente, dobram-se os casos a cada 27 dias, e para as mortes, a cada 44 dias.

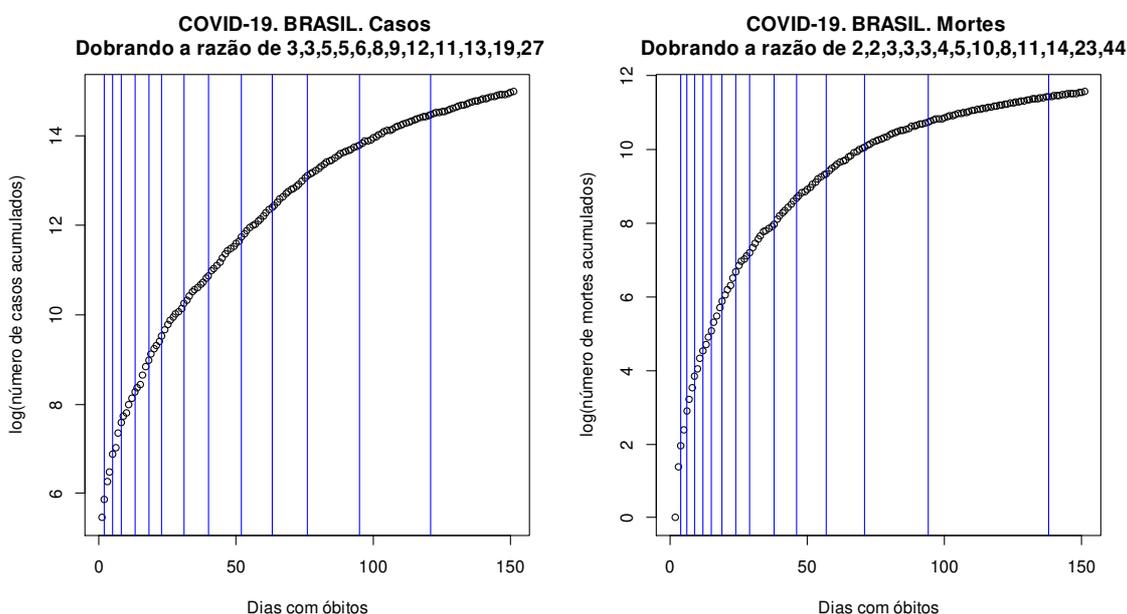


Gráfico 09: Espaçamento entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

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 160 dias de aumentos até a curva descer e é comparada com a projeção da semana passada para 150 dias. A justificativa é que, embora há uma estabilização nestas últimas semanas, no acumulado

ainda há crescimento expressivo com menor aceleração da curva. Para o dia 22 de Agosto (160 dias de óbitos) no limite os casos confirmados podem atingir os valores de 3 840 042 casos, num ambiente mais favorável podem atingir os valores de 3 298 774. Já as mortes confirmadas num ambiente menos favorável pode atingir 118 510 mortes e num ambiente mas favorável seriam 107 642 mortes.

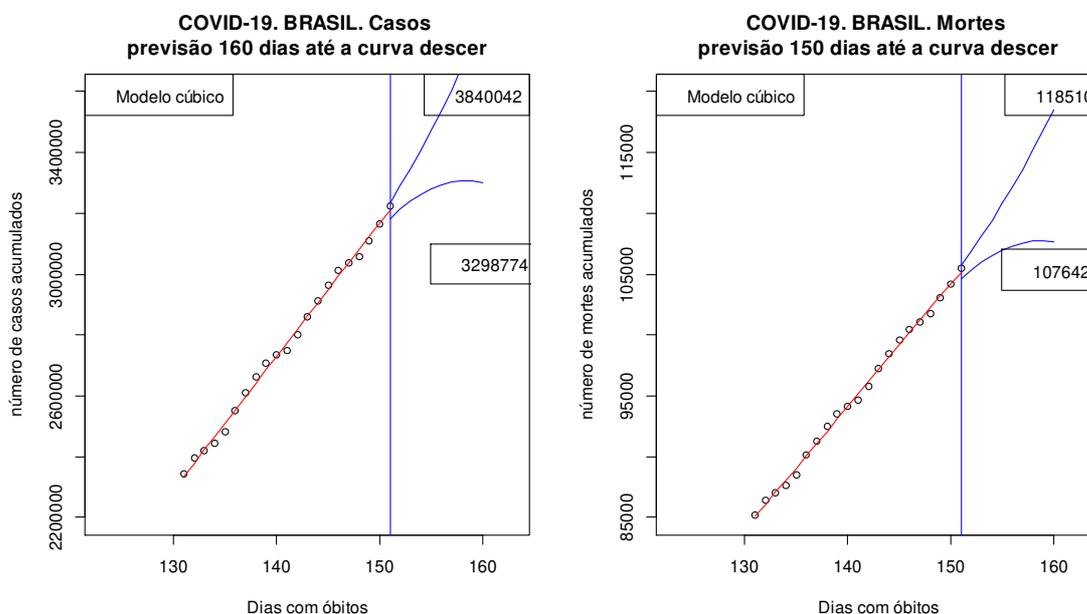


Gráfico 10. Projeção de potência a partir dos últimos 20 dias.

Tabela 04. Projeção para 150 dias (12 de Agosto) e 160 dias (22 de Agosto) após o primeiro óbito usando um modelo cúbico.

| Variável | 150 dias |         | 160 dias |         |
|----------|----------|---------|----------|---------|
|          | Mínimo   | Máximo  | Mínimo   | Máximo  |
| Casos    | 2887431  | 3223101 | 3298774  | 3840042 |
| Mortes   | 100691   | 107060  | 107642   | 118510  |

## 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 10 546 300 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

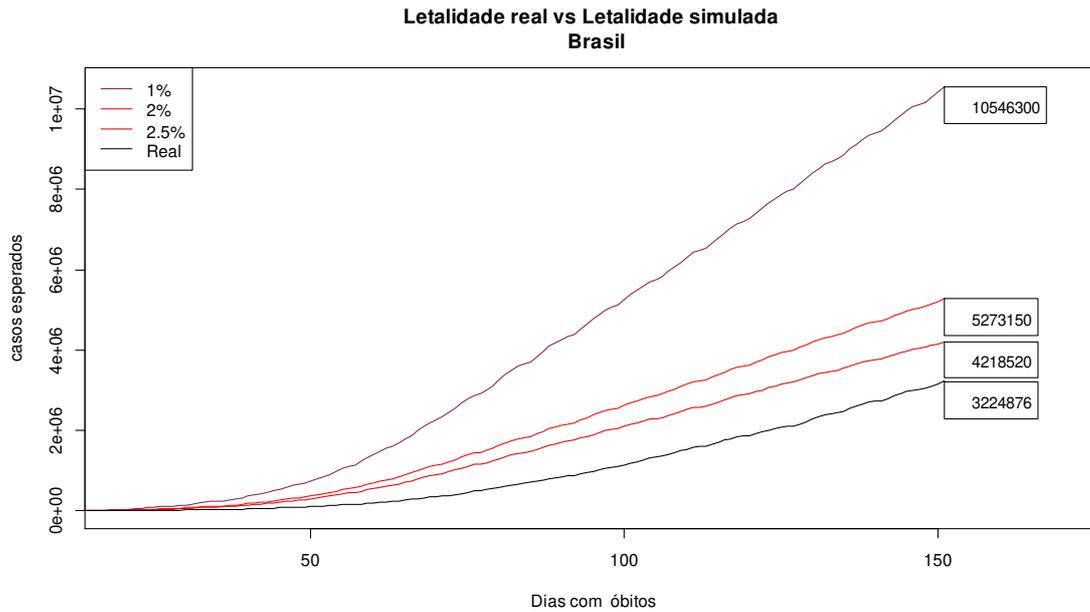


Grafico 11. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

### Incidência

Este indicador mede a proporção da população que já tem a doença. A taxa de incidência é o número de novos casos de uma doença, dividido pelo número de pessoas em risco, considerando toda a população brasileira em risco, e que sua população estimada é de 211 489 034 habitantes, a conta é dada por  $I = \left( \frac{\text{casos}}{211489034} \right) * 100\ 000$ . Mostra-se a partir do Gráfico 12, que a incidência é também crescente, saindo de 25.12 da semana passada para 28.41 nesta semana apresentando leve desaceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 1524 casos por cada 100 000 habitantes.

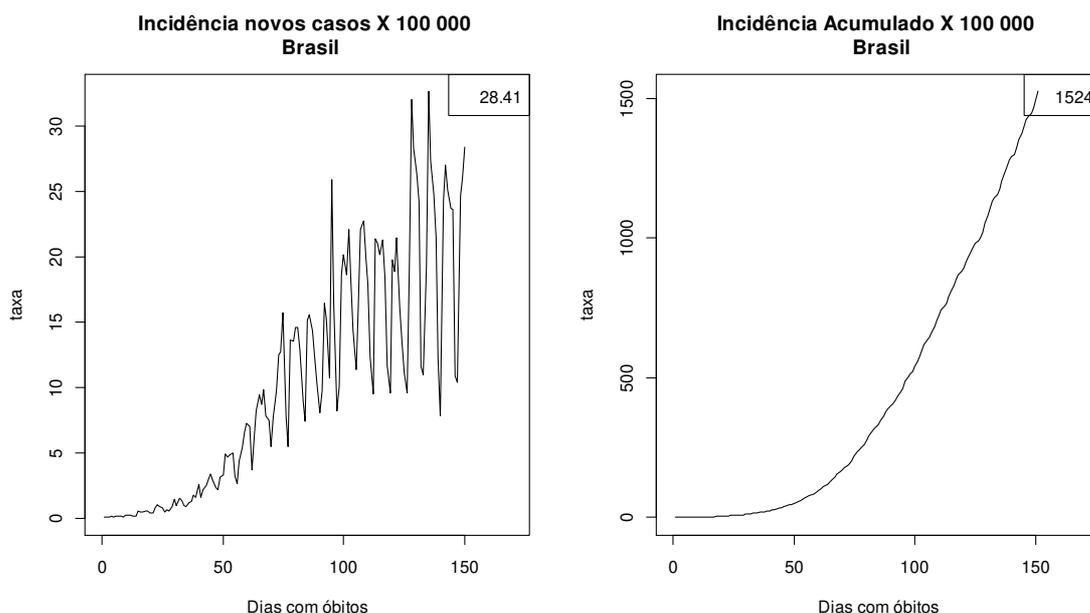


Gráfico 12. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

## Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 13 de agosto, 66810 casos confirmados e 1670 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 3 966 casos e 133 mortes a mais. Comparando as duas últimas semanas houve 1 194 casos a menos e 4 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     | 07/08/2020 | 884   | 63728      | 21     | 1558       |
| SE     | 08/08/2020 | 543   | 64271      | 19     | 1577       |
| SE     | 09/08/2020 | 422   | 64693      | 12     | 1589       |
| SE     | 10/08/2020 | 289   | 64974      | 25     | 1614       |
| SE     | 11/08/2020 | 481   | 65455      | 19     | 1633       |
| SE     | 12/08/2020 | 410   | 65865      | 20     | 1653       |
| SE     | 13/08/2020 | 945   | 66810      | 17     | 1670       |

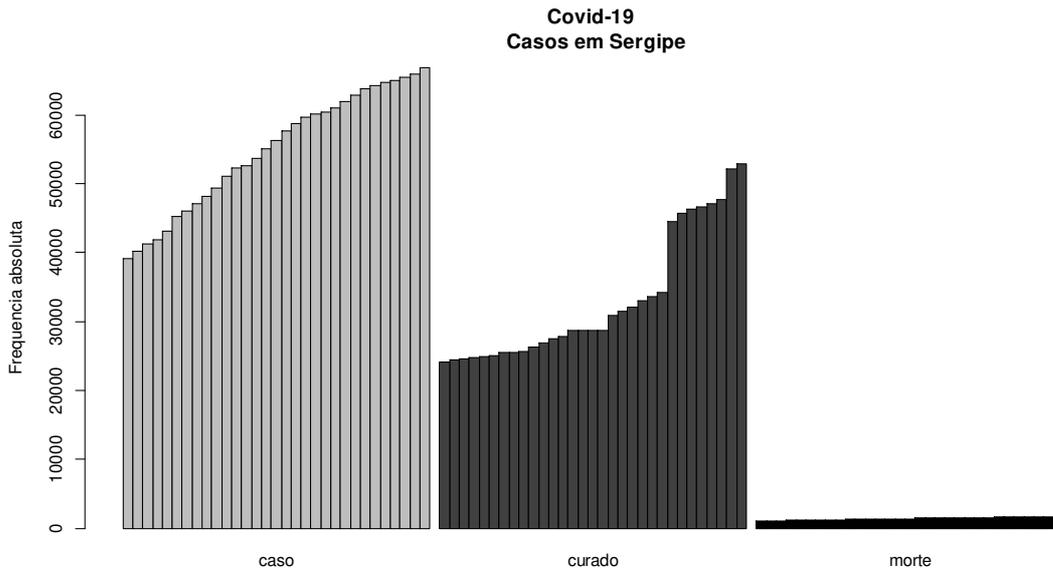


Gráfico 13. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Para acompanhar os novos casos e as novas mortes no estado, podemos visualizar os Gráficos 14 e 15, onde até o dia 06 de agosto atingiu 858 novos casos e 12 novas mortes.

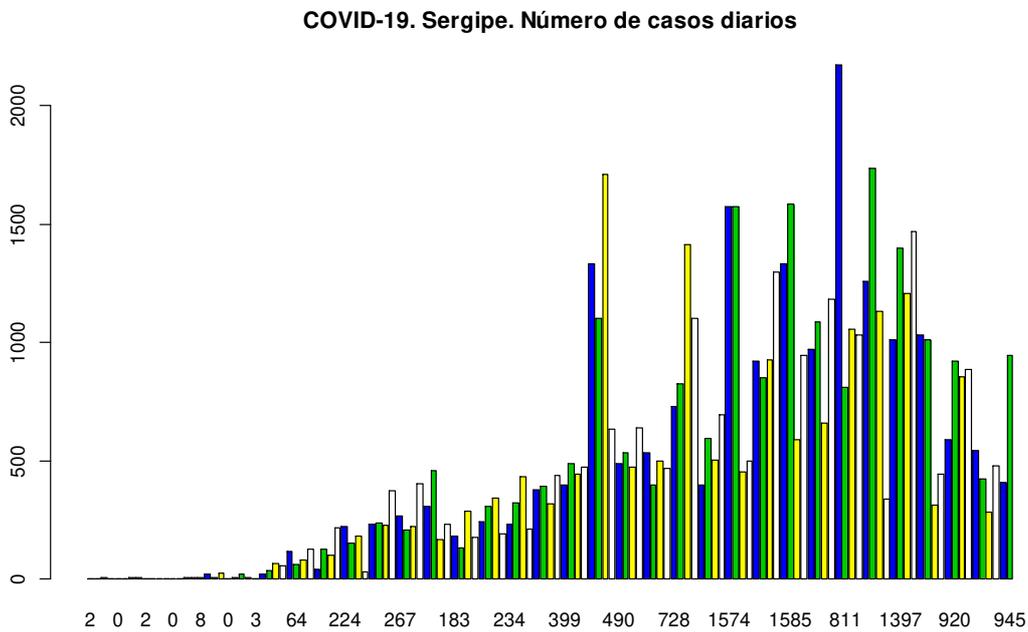


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

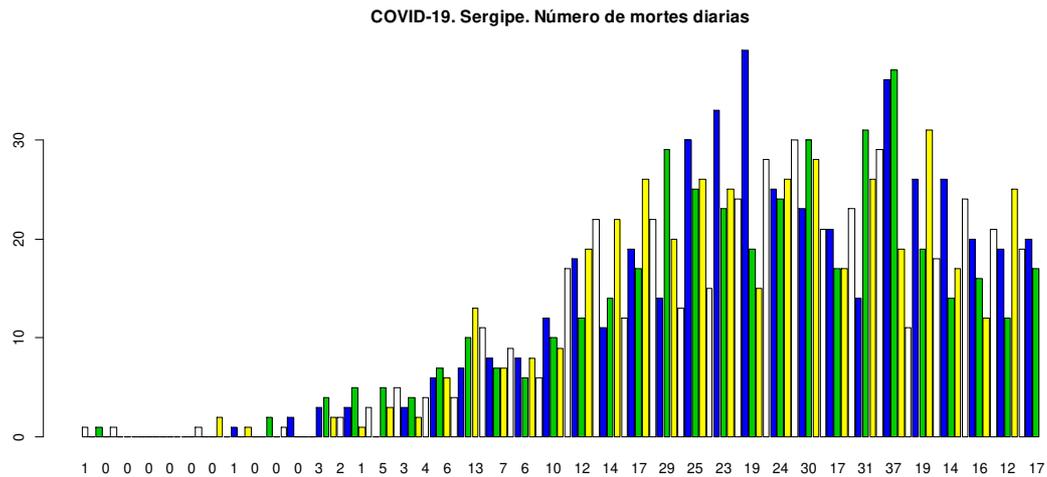


Gráfico 15. Mortes diárias testados no estado de Sergipe.

### Modelagem

Usam-se modelos de regressão para ajustar a série de casos e mortes acumuladas de COVID-19 no estado de Sergipe, então escolheu-se o modelo que tem menor erro de ajuste (a curva mais próxima dos dados). Ao longo dos dias, os ajustes foram avaliados e modelos de regressão cúbica têm tido os menores erros de ajuste; para os casos atingiu 0.64 % e as mortes com 0.58 %, 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 |
|----------------|-------|------------------------------|--------|-------------------------------|
| 14/08/2020     | 67233 | 66704 - 67762                | 1678   | 1668 - 1689                   |
| 15/08/2020     | 67651 | 67052 - 68251                | 1688   | 1677 - 1699                   |

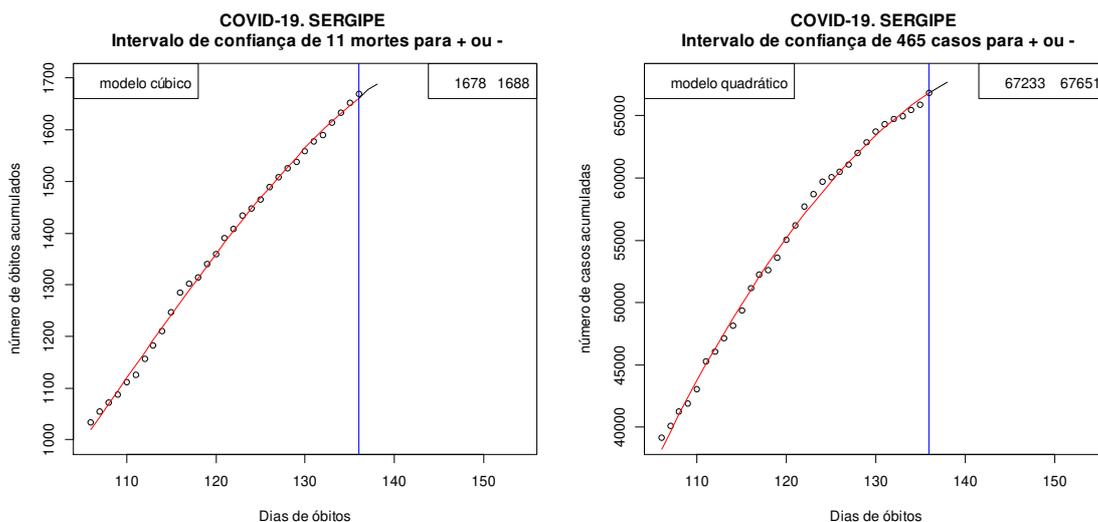


Gráfico 16: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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 há igualdade nas 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. Já para as mortes podemos afirmar que as últimas 10 semanas apresentam igualdade estatística com esta semana, indicando a presença de uma queda tanto de casos e mortes. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

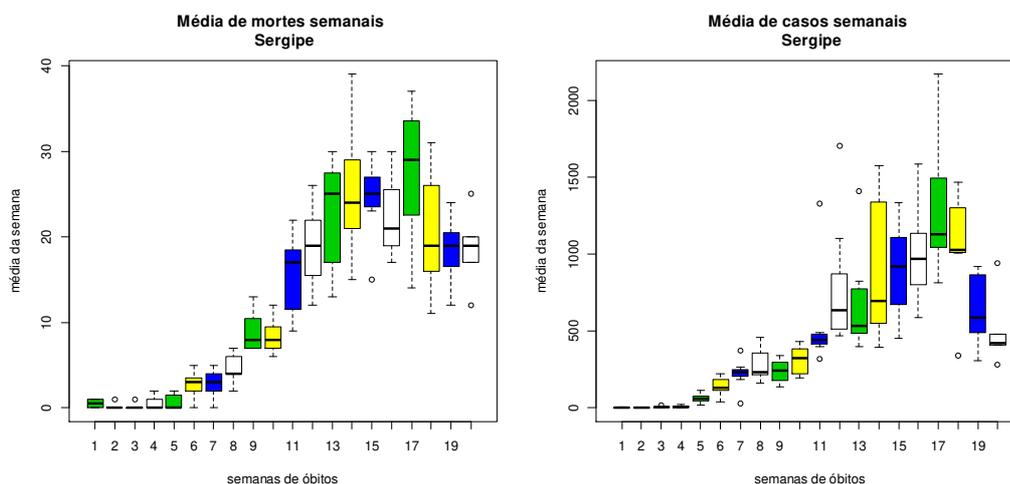


Gráfico 17. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

Foram usados modelos avançados de séries temporais, como Holtwinters e Sarima para ajustar a séries apenas para novos casos, por apresentar três componentes temporais como: tendência, sazonalidade e ciclos. A bondade de ajuste desta modelagem permite realizar previsões futuras, e neste caso em particular realizamos

projeção para os próximos sete dias, em média serão 600 casos e 16 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 3 941 casos e 113 mortes. Semana passada projetamos 5 420 casos e 109 mortes, sendo os valores reais de 3 966 casos e 133 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 |
| 14/08/2020 | 876    | 20     | 659          | 21     |
| 15/08/2020 | 871    | 14     | 679          | 14     |
| 16/08/2020 | 681    | 12     | 496          | 11     |
| 17/08/2020 | 543    | 19     | 371          | 21     |
| 18/08/2020 | 662    | 16     | 540          | 16     |
| 19/08/2020 | 632    | 18     | 521          | 16     |
| 20/08/2020 | 818    | 14     | 675          | 15     |

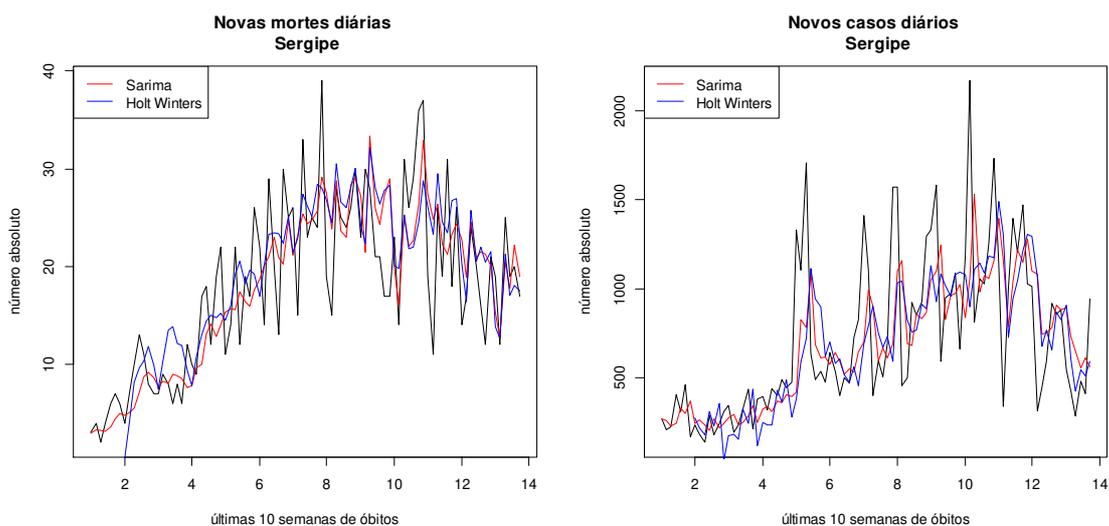


Gráfico 18. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

### Letalidade

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.5 % sendo a semana passada de 2.44 %, indicador que embora esteja abaixo da média nacional a qual é 3,3%, ela esta se aproximando da média nacional pois há mais de um mês vem crescendo, para observação disponibilizamos o Gráfico 19.

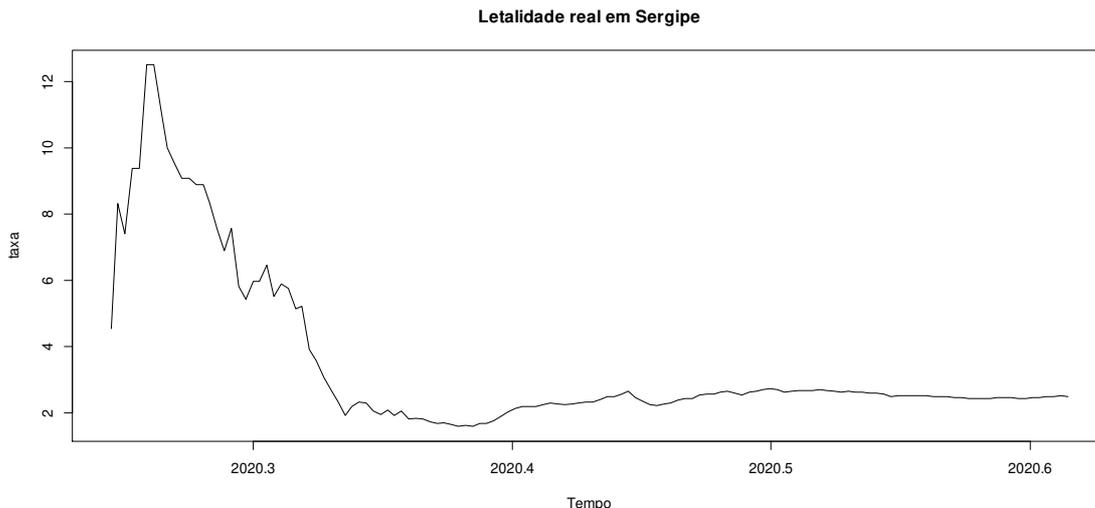


Gráfico 19. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

## Conclusões

1. As conclusões das primeiras notas estão mantidas no avanço do COVID-19 no Brasil e Sergipe.
2. No âmbito mundial o Brasil está na segunda posição em casos e mortes acumuladas, também na comparação de poder de testes por mil habitantes o Brasil ocupava a posição 64 semana passada e esta semana está na posição 68 de um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. A letalidade em torno de 3.3 %, é considerado alto a nível mundial, contudo semana passada era 3.4 %, indicando um fornecimento maior de testes a sua população.
4. A presença por enquanto estável de casos novos e mortes novas indicam a presença de um platô ou meseta gerada há mais de dois meses, contudo esta prolongação está no pico mais alto da curva. A média móvel está estável, embora não significativa sempre há um leve aumento de casos semanais.
5. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 317 833 casos e 6 851 mortes.
6. A projeção para casos e mortes acumuladas para 160 dias até a curva descer, ou talvez se manter, indicam uma desaceleração no seu crescimento potencial, contudo, o Brasil já é um dos países que mais demora em descer na curva de crescimento.
7. No âmbito regional, Sergipe têm um decréscimo significativo tanto para casos e mortes, onde semana passada tinha uma média diária de 567 casos e 19 mortes, esta semana serão em média 600 casos e 16 mortes por dia.
8. A Letalidade no estado de Sergipe teve aumento diário nesta últimas semanas, aproximando-se da média nacional.
9. Comparando as projeções futuras e seus correspondentes valores reais de novos casos e novas mortes durante a semana, com erros de ajuste abaixo de 1% para o

Brasil e o estado de Sergipe, permitem adotar logisticas de combate ao COVID-19, e dar um suporte aos órgãos correspondentes principalmente ao setor saúde no Brasil e no estado de Sergipe.

## Bibliografia

1. Universidade de medicina, Jhons Hopkins. <https://jhu.edu/map.html>  
Worldometers dados on line. <https://www.worldometers.info/coronavirus/>
2. Ministerio da saúde do Brasil. Painel Coronavirus. <https://covid.saude.gov.br>
3. <https://saude.estadao.com.br/noticias/geral,primeiro-caso-da-Covid-19-no-brasil-e-do-fim-de-janeiro-diz-ministerio-da-saude>.
4. Ehlers,Ricardo.(2007): Análise de séries Temporais.Universidade Federal do Paraná.
5. Morettin, A. P., Clélia, M. C.(2006) Análise de séries temporais}. Editora Egard Blucher, 2<sup>a</sup> edição.
6. Quijano, F. Morales, A, Waldman, E. Traslating transmissibility measures into recomendations 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.

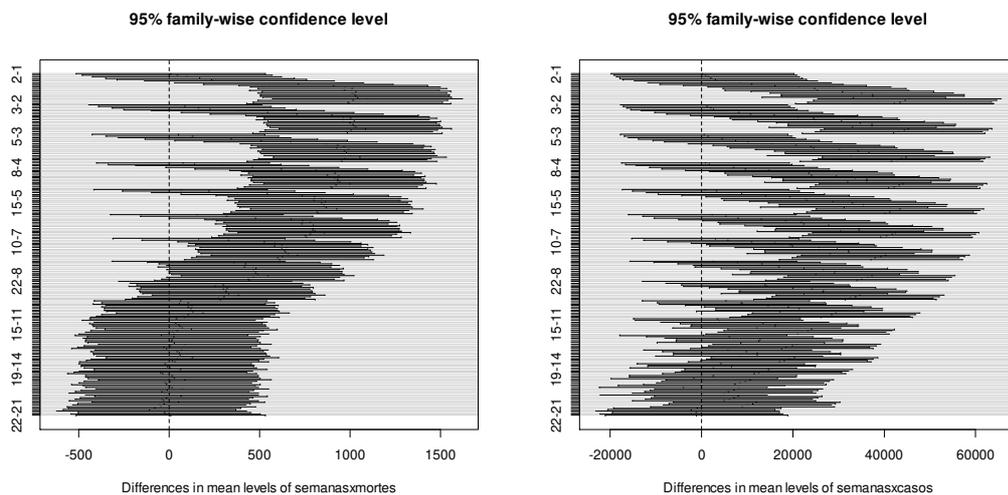


Gráfico 20. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

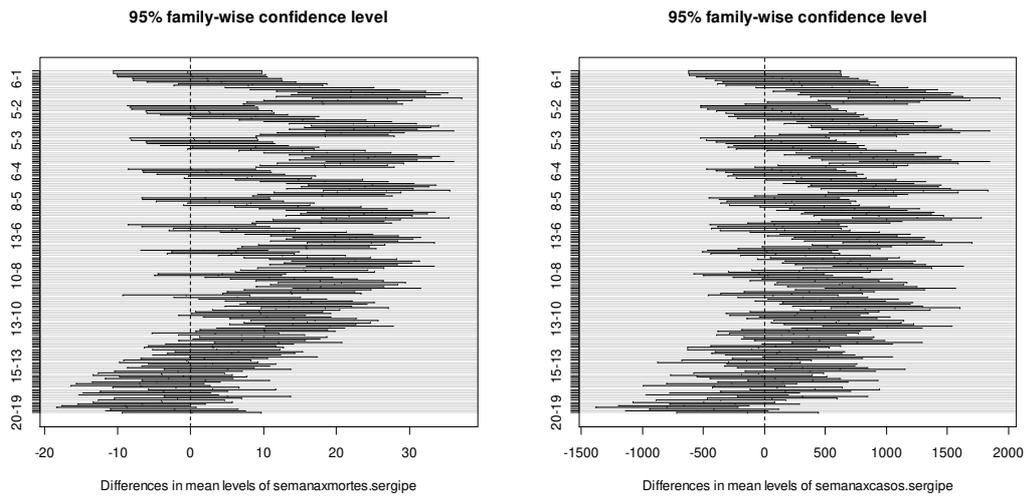


Gráfico 21. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.