

Atualização da projeção de óbitos e internações por Covid-19 em Sergipe

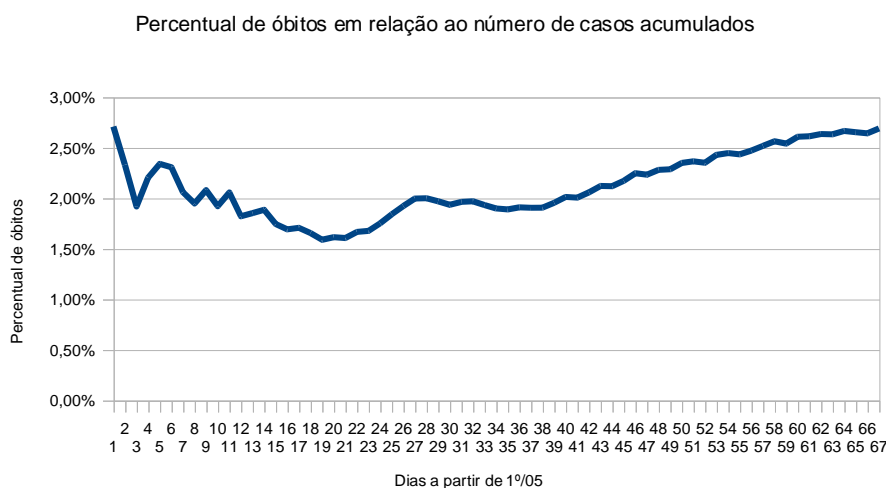
Prof. Dr. Anderson Alves Ribeiro

andersonribeiro@uffs.edu.br

Universidade Federal da Fronteira Sul

O estado de Sergipe registra, no dia 06/07/2020, 30718 casos confirmados da covid-19, destes 19552 estão recuperados, 725 estão em atendimento hospitalar, sendo 276 em Unidades de Tratamento intensivo. Foram também confirmados 826 óbitos¹.

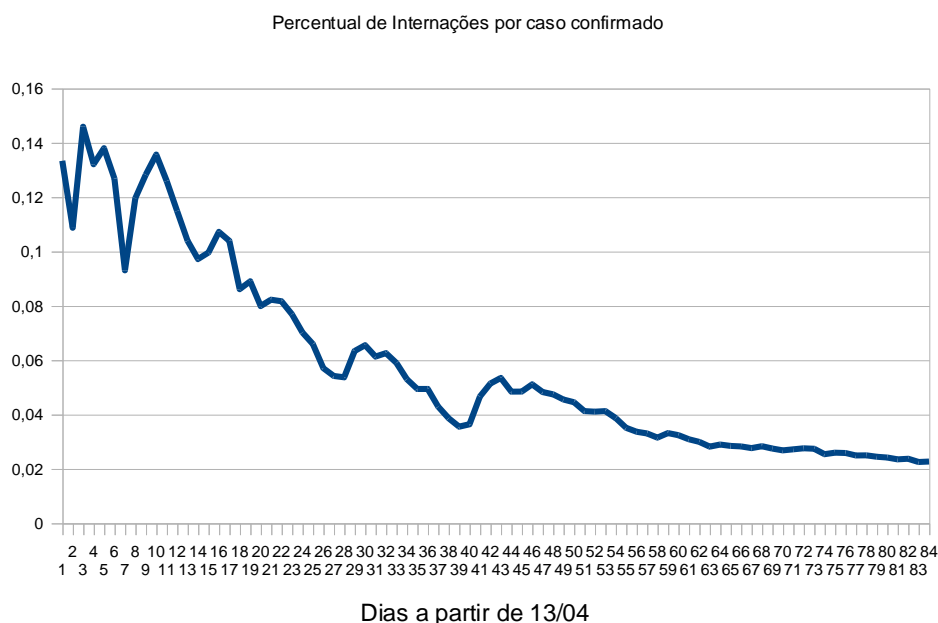
De forma muito simples pode-se dizer que razão de óbitos em relação ao número de casos confirmados entre 1,59% e 2,71%, desde 1º/05/2020, sendo que na última



semana teve uma média de 2,65% e um máximo de 2,69%.

¹ Dados da Secretaria de Estado da Saúde de Sergipe. Disponível em <https://todoscontraocorona.net.br>. Acessado em 06/07/2020.

Em relação ao número de internações, observamos um percentual decrescente



em relação ao número de casos confirmados, como mostrado na figura abaixo.

Observa-se uma certa estabilização na razão de internações que tem média de 2,37% na última semana, com máximo de 2,49% dos casos, destes 39,1% em média demandam o tratamento intensivo de UTIs, com máximo de 40,5%.

A projeção de casos para o estado foi realizada utilizando o modelo de crescimento de Richards (Richards 1959, Wang 2012 e Vasconcelos 2020), que é uma variação do modelo logístico padrão largamente utilizado para estudo de crescimento populacional. O modelo é descrito pela equação diferencial de primeira ordem:

$$\frac{dC}{dt} = rC \left\{ 1 - \left(\frac{C}{K} \right)^a \right\} \quad (1)$$

onde C é uma função do tempo que pode ser interpretada como o número de casos acumulados até o tempo t , r é a taxa de crescimento, a é um parâmetro relacionado a assimetria da curva em relação ao modelo logístico padrão (retomado para $a = 1$) e K é o número final de casos da pandemia.

A solução analítica da equação (1) é dada por:

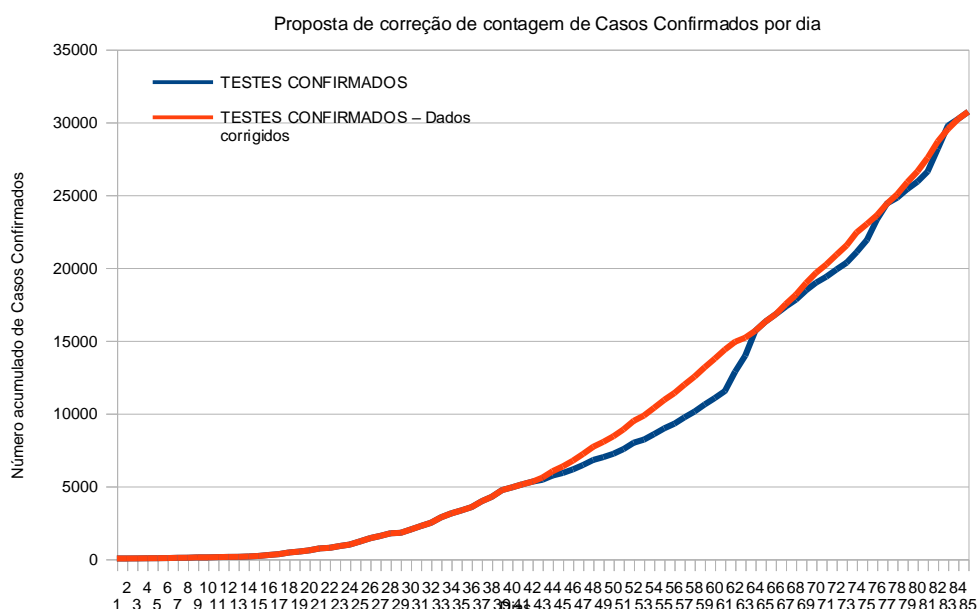
$$C(t) = \frac{K}{\left[1 + a e^{(-ar(t-t_c))} \right]^{1/a}} \quad (2)$$

onde t_c é ponto de inflexão da curva $C(t)$, marcando o pico de novos casos (e matematicamente o ponto onde $C''(t) = 0$).

Os dados do estado relativos ao número de casos diários, disponíveis para download na Secretaria de Estado da Saúde, contém a seguinte informação “Entre os dias 13 e 15 de junho, além

dos casos correspondentes a amostras processadas no LACEN, foram acrescentados 3.306 casos que correspondem a exames que foram realizados de 25/05/2020 a 01/06/2020 e que foram processadas pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Em 13 de Junho foram acrescentados 1.332 casos novos sendo que 951 correspondem a exames que foram realizados de 25/05/2020 a 01/06/2020 que foram processadas pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e que os resultados estão sendo divulgados neste período. Em 14 de Junho foram acrescentados 1.103 casos novos sendo que 970 correspondem a exames que foram realizados de 25/05/2020 a 01/06/2020 que foram processadas pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e que os resultados estão sendo divulgados neste período. Em 15 de junho foram acrescentados 1.708 casos novos sendo que 1.385 correspondem a exames que foram realizados de 25/05/2020 a 01/06/2020 que foram processadas pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e que os resultados estão sendo divulgados neste período.”

Foram também acrescentadas recentemente novas informações semelhantes, correspondentes aos períodos de 26/06/2020 à 28/06/2020 e de 03/07/2020 à 05/07/2020. Onde 1857 casos confirmados foram acrescentados no primeiro período porém correspondem a casos de 18/06 à 22/06 e 1653 casos foram acrescentados ao segundo período, correspondendo a casos de 30/06 à 03/07.



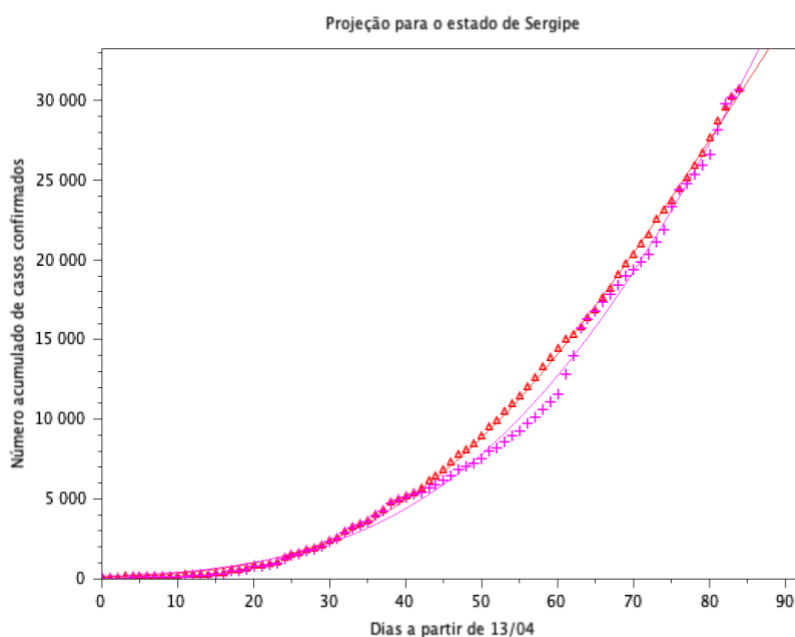
A projeção de casos depende não apenas do valor absoluto de casos em determinado dia, mas da sua distribuição temporal, que muda inclinações e tendências de crescimento. Dessa forma, sabendo oficialmente que os dados a partir de 25/05/2020 apresentam uma desfazem, sabe-se de antemão que a utilização daqueles dados gerará uma projeção distorcida, não compatível com o verdadeiro crescimento do número de casos no estado. Optou-se então por propor uma correção nos dados, não colocando os 3306 casos agrupados nos três dias como informado pela secretaria de saúde, mas distribuídos uniformemente desde o dia 25/05/2020 até o dia 15/06/2020. O mesmo valendo para os casos dos dois períodos subsequentes informados. Tal procedimento é relativamente arbitrário, porém não mais que qualquer outra distribuição desses valores, incluindo a distribuição de todos eles no período informado como de atraso, o que equivaleria dizer que todos os resultados estariam prontos no mesmo dia, o que não é a prática observada. Vale também observar dois pontos: 1) Os dados presentes na planilha obtida via Secretaria do Estado da Saúde apresentam pequenas divergências em relação ao número diário de casos apresentado pelo Ministério da Saúde² sem comprometer o número total no dia observado.

A função descrita pela equação (2) calculada para $t = 0$ representa o número de casos no dia

² Dados disponíveis no site <https://covid.saude.gov.br> baixados no dia 06/07/2020.

inicial da modelagem. Dessa forma, os parâmetros da equação (r , a , t_c e K) não são todos independentes, podendo um deles ser calculado em função dos demais. Escolhemos eliminar K (a ser calculado) e determinar pelo ajuste dos dados os demais parâmetros. Também foi deixado o número $C(t = 0) = C_0$ como parâmetro a ser determinado numericamente.

A figura abaixo apresenta o ajuste realizado a solução do modelo de Richards (2) com os dados corrigidos mostrados no gráfico (3), pontos em vermelho. O ajuste foi realizado utilizando a função **datafit** do software livre SciLab. O dia 1 utilizado foi o dia 13/04, correspondendo ao primeiro dia que os dados fornecidos pela Secretaria de Estado da Saúde de Sergipe disponibilizou os dados de forma contínua. As duas curvas apresentadas, uma em vermelho e a outra em magenta, representam a tendência atual a partir dos dados corrigidos e a tendência considerando os dados não corrigidos disponíveis no Ministério da Saúde, respectivamente.



Como resultado temos a projeção de um total de cerca de 83 mil casos totais no estado, com um máximo 149 mil casos. Os parâmetros obtidos para as curvas são: $C_0 = 86.346$; $r = 0.7457$; $a = 0.0318$ e $t_c = 86.06$ para a curva de casos acumulados e $C_0 = 141.74$; $r = 0.4153$; $a = 0.04515$ e $t_c = 112.72$ para a curva de máximo. Correspondendo a indicação que o pico de novos casos (t_c) ocorrerá entre 86 e 112 dias após o dia 13/04, ou seja, entre os dias 07/07/2020 e 02/08/2020.

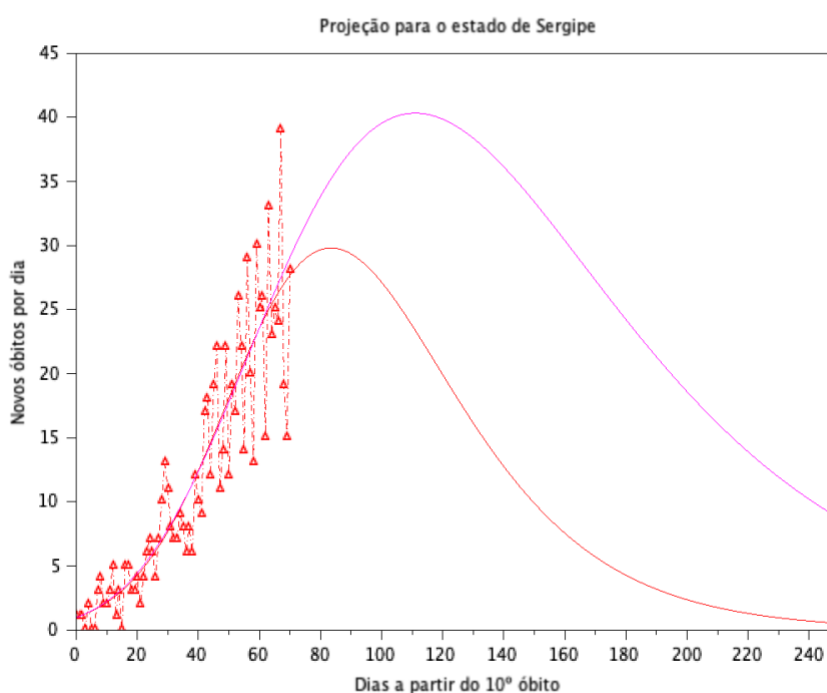
Com as projeções de número de casos acumulados para os próximos dias podemos então estimar a demanda de internação hospitalar e de leitos de UTI nas próximas semanas.

Período	Projeção	Mínimo ¹	Máximo ²
15 dias (20/07/2020)	Casos Acumulados	41344	45804
	Internações	979	1142
	Demanda UTI	383	463

	Óbitos*	1094	1231
30 dias (04/08/2020)	Casos Acumulados	51314	61935
	Internações	1215	1545
	Demanda UTI	475	626
	Óbitos*	1358	1665

Tabela 1: Projeções baseadas no crescimento do número de casos confirmados, considerando a manutenção das razões de internações, ocupação de UTIs e óbitos. ¹ Os valores mínimos foram calculados com a média móvel e valores médios de percentuais. ² Os valores máximos foram calculados com a projeção de casos e as variações percentuais máximas da última semana. *Os óbitos não contabilizam possíveis ocorrências devidas a falta de leitos e/ou atendimento.

O mesmo modelo de crescimento pode ser usado, como em Vasconcelos *et. al* 2020, para modelar a curva de óbitos, independente da projeção de casos. Foram então utilizados os dados relativos aos óbitos, disponibilizados nas páginas oficiais já citadas, contados a partir do 10º óbito confirmado para o ajuste da equação (2), cujo ajuste é mostrado abaixo.



O gráfico representa a projeção de número de novos óbitos por dia. Os triângulos em vermelho representam os dados oficiais, a linha vermelha apresenta a curva de tendências atual e a curva magenta a curva de tendência máxima³. Os parâmetros de ajuste obtidos foram $C_0 = 11.32$; $r = 0.1105$; $a = 0.2821$ e $t_c = 83.44$ para a curva de tendência atual e $C_0 = 9.01$; $r = 0.6797$; $a = 0.0260$ e $t_c = 110.99$ para a curva de tendência máxima.

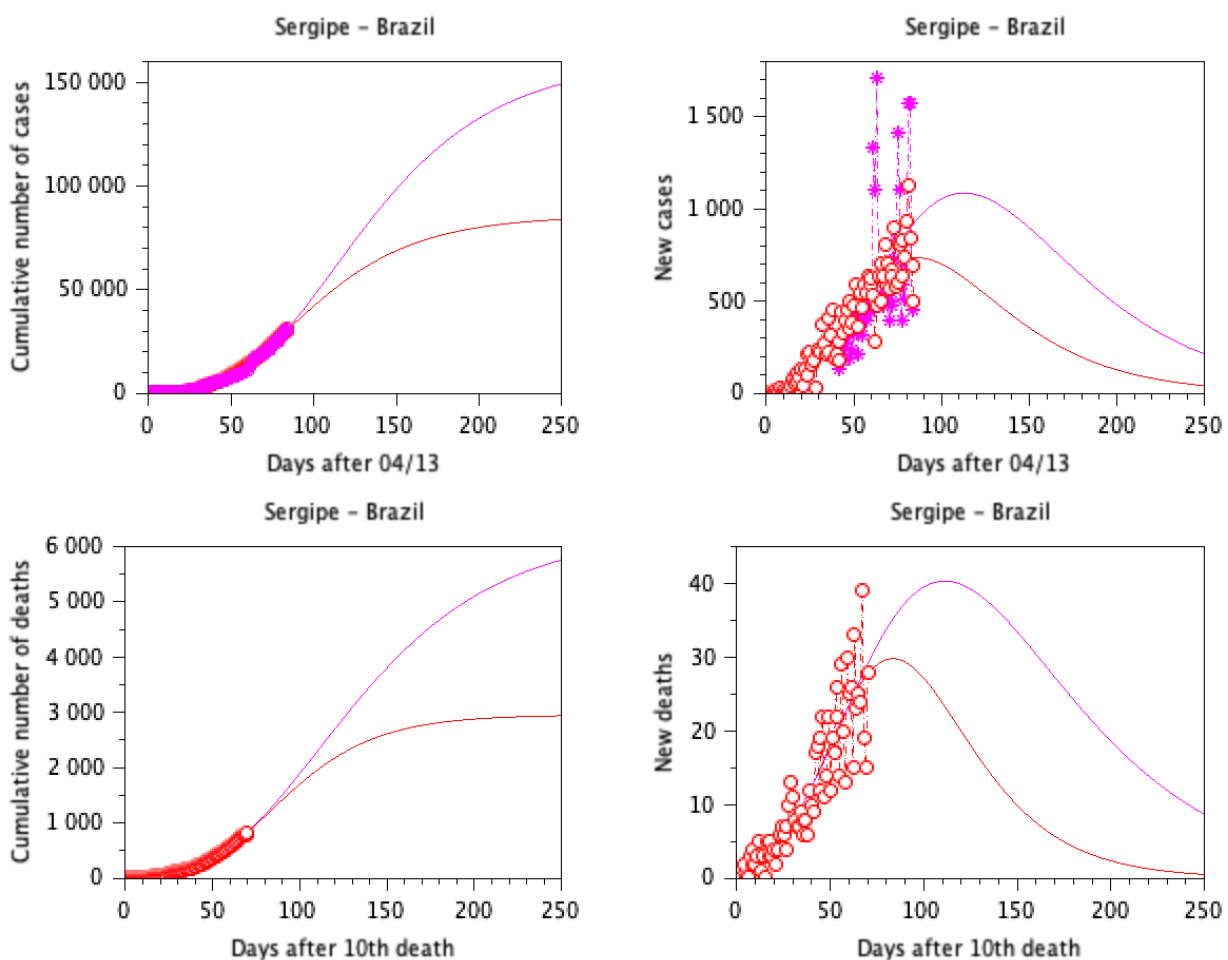
Com esses resultados, podemos projetar o número de óbitos nos períodos da Tabela 1. Em 15 dias (20/07/2020): entre 1271 e 1327 óbitos; em 30 dias (04/08/2020): entre 1702 e 1896 óbitos. Os resultados assim obtidos são superiores aos encontrados pela taxas atuais, podendo estar refletindo o aumento já identificado no percentual de óbitos em relação ao número de casos, conforme mostrado

³ Entendida como aquela com o maior t_c compatível com os dados.

no gráfico (1).

Essa abordagem nos permite estimar o pico de novas mortes entre 18/07/2020 e 15/08/2020, quando serão registradas entre 30 e 40 novos óbitos por dia. Tal resultado indica que o pico de novas mortes ocorre cerca de 11 dias após o pico de novos casos, no caso da tendência atual, e 13 dia após o pico de novos casos, no caso da tendência máxima, o que é compatível com a literatura em relação ao período entre contágio e falecimento (veja, por exemplo Linton et. al. 2020). Pode-se também projetar o número total de fatalidades, mantidas as tendências atuais, como sendo entre 2850 e 5750.

Apresento abaixo um síntese gráfica das informações aqui apresentadas e discutidas. Em particular é interessante observar no segundo gráfico do quadro os pontos magentas desviantes da tendência, correspondendo aos dias que foram informados um grande conjunto de casos confirmados correspondentes a períodos anteriores.



Destaco por fim que as projeções aqui apresentadas dependem da manutenção e mesmo aprofundamento das medidas de prevenção e de distanciamento social, que podem manter os gráficos nas tendências apresentadas. A mudança nessas medidas terão certamente impactos nas projeções apresentadas, tanto para a redução, no caso do aumento das medidas adotadas, quanto do aumento, no caso do afrouxamento e relaxamento dessas.

Referências

Natalie M. Linton et. al. Incubation Period and Other Epidemiological Characteristics of 2019 Novel

Coronavirus Infections with Right Truncation: A Statistical Analysis of Publicly Available Case Data. *J. Clin. Med.* 2020, 9, 538; doi:10.3390/jcm9020538

Richards, F.J., 1959. A flexible growth function for empirical use. *J. Exp. Bot.* 10, 290–300.

Xiang-Sheng Wang et. Al Richards model revisited: Validation by and application to infection dynamics. *Journal of Theoretical Biology* 313 (2012) 12–19.

Giovani L. Vasconcelos et. al. Modelling fatality curves of COVID-19 and the effectiveness of intervention strategies. Pre-print:
<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.02.20051557v3.full.pdf>