

Previsão da evolução dos casos de COVID-19 e da ocupação hospitalar no município do Rio de Janeiro para o período de 30/março a 18/abril

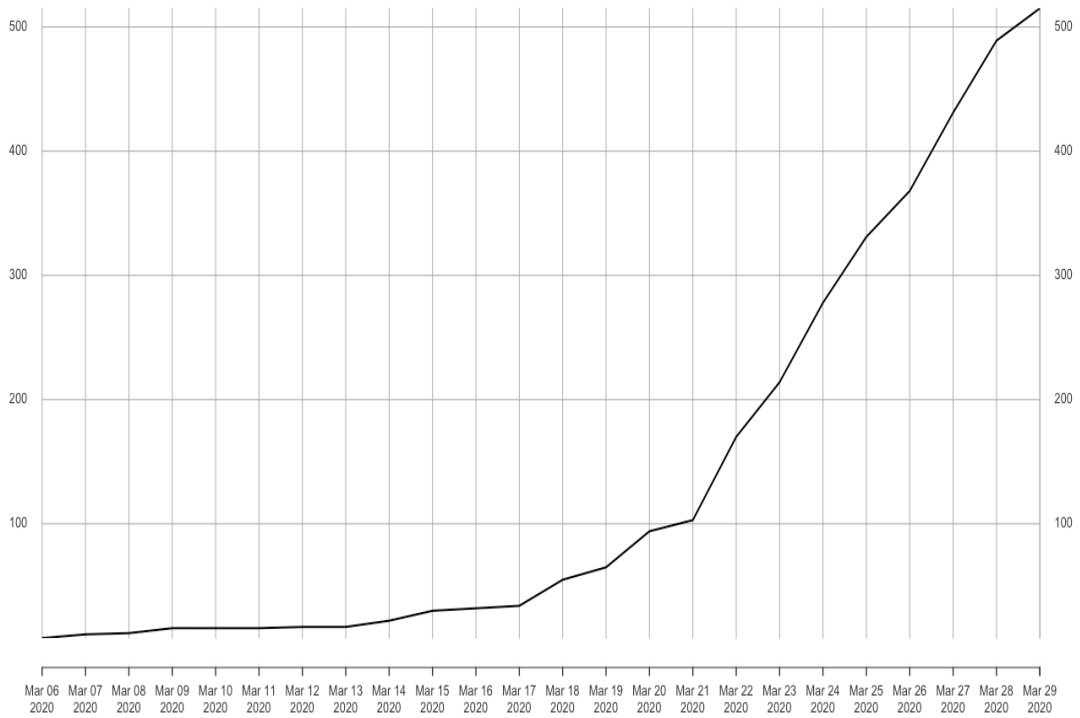
O LEGOS trata o problema de prever a evolução do total de casos confirmados de COVID-19 no município do Rio de Janeiro. Para chegar aos resultados que serão apresentados a seguir utilizamos a série histórica do referido município que está disponível no Painel Rio COVID SMS | IPP | COR¹. Esta série histórica é apresentada na tabela e figuras abaixo.

Data	Casos confirmados	Data	Casos confirmados
06/03/2020	4	18/03/2020	63
07/03/2020	9	19/03/2020	63
08/03/2020	12	20/03/2020	94
09/03/2020	13	21/03/2020	103
10/03/2020	21	22/03/2020	170
11/03/2020	25	23/03/2020	214
12/03/2020	30	24/03/2020	278
13/03/2020	38	25/03/2020	331
14/03/2020	42	26/03/2020	366
15/03/2020	48	27/03/2020	431
16/03/2020	51	28/03/2020	489
17/03/2020	60	29/03/2020	515

¹ Link: <https://experience.arcgis.com/experience/38efc69787a346959c931568bd9e2cc4>

Evolução RJ COVID-19

2020-03-06 / 2020-03-29



RJ COVID-19 por dia

2020-03-06 / 2020-03-29



LABORATÓRIO DE ENGENHARIA E GESTÃO EM SAÚDE

www.legos.uerj.br | Contato: legos@eng.uerj.br

Acompanhe o LEGOS também no

Instagram @legos.uerj | Facebook @legosaude | LinkedIn legos-uerj

Observando as figuras acima podemos perceber que no município do Rio de Janeiro segue comportamento não linear. Entretanto, se separarmos este gráfico em 3 momentos diferentes podemos observar que:

1. Dia 07/03 ao 16/03 segue um “comportamento linear”;
2. Dia 17/03 ao 21/03 houve um incremento da inclinação em relação ao “comportamento linear” apresentado no intervalo anterior.
3. Dia 22/03 até o momento em que tivemos informação disponível (boletim de 29/03/2020 18:00) segue um “comportamento linear” novamente, mas decrescente.

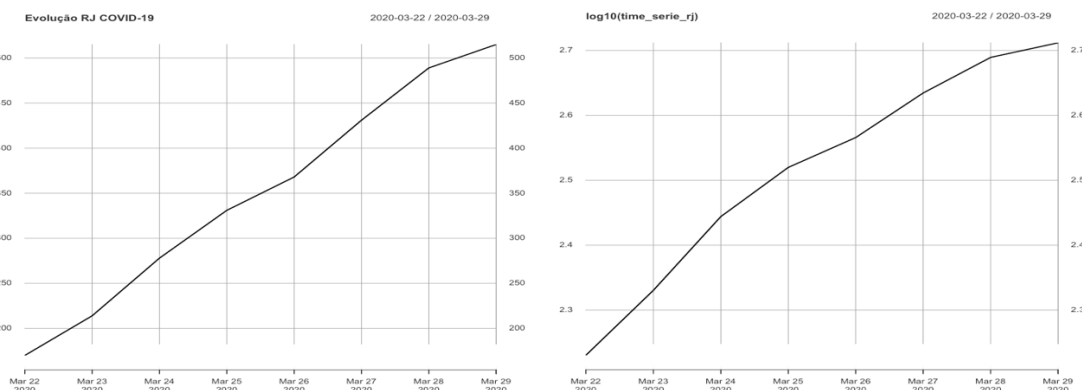
Assim, para reproduzirmos o comportamento esperado para a próxima semana consideraremos que a base histórica útil à nossa série se inicia no dia 22/03 (quando o total de casos confirmados de pacientes com COVID-19 ultrapassa 150) e perdura até o momento. A alteração do “ponto de corte” da série em relação às notas técnicas anteriores levará a um resultado diferente por conta dos menores resultados de erro encontrados serem nos modelos lineares.

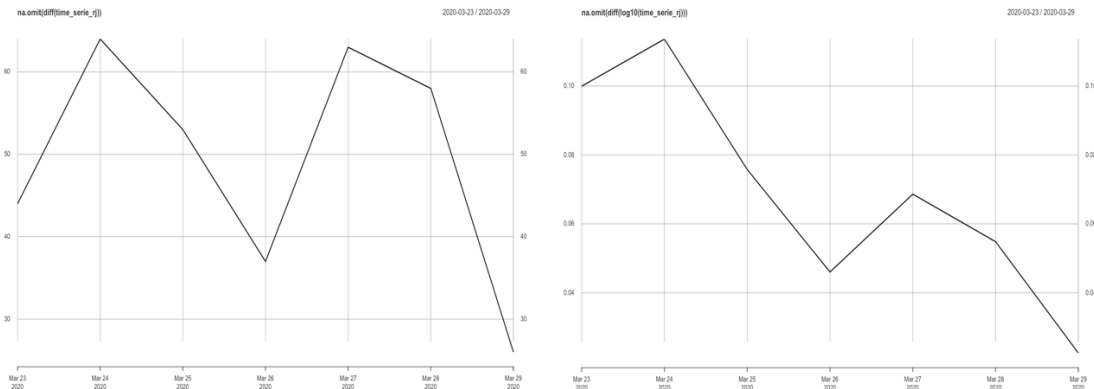
Modelos de previsão

Para estimarmos o total de casos de pacientes com COVID-19 confirmados no horizonte de 20 dias a frente (até 18/04) utilizamos modelos univariados consagrados da literatura e regressões apresentados abaixo:

- 1) Modelos de suavização exponencial (ETS);
- 2) Modelos auto regressivos integrados de média móvel (ARIMA);
- 3) Regressão Linear (RL);

Nenhum dos 3 modelos apresentados acima foi concebido para tratar de séries temporais de comportamento explosivo (como é o nosso caso). Entretanto, podemos realizar algumas transformações na série original apresentada para que a série transformada atenda às condições de “contorno” das técnicas apresentadas acima. Neste sentido, as principais formas comumente utilizadas em séries temporais são: diferenciação e transformação logarítmica (elas também podem ser combinadas). Nas figuras abaixo são apresentadas a série original e cada série transformada (logarítmica, diferenciada e logarítmica-diferenciada) de casos confirmados no Município do Rio de Janeiro.





Como o objetivo de trabalhar sobre a série mais estacionária possível (ainda que com tendência) trabalharemos sobre as duas séries que melhor apresentam este comportamento. A partir deste ponto chamaremos as séries escolhidas para prever o total de casos confirmados de série original (SO) e a série “logaritimizada” (SL) e apresentaremos abaixo características observadas de cada modelos e cada série.

- 1) ETS na série original (ETS SO): capturou o padrão de crescimento linear;
- 2) ETS na série logaritimizada (ETS SL): não capturou o padrão de crescimento e se manteve constante ao longo do tempo;
- 3) ARIMA na série original (ARIMA SO): capturou o padrão de crescimento linear;
- 4) ARIMA na série logaritimizada (ARIMA SL): capturou o padrão de crescimento explosivo;
- 5) Regressão linear na série logaritimizada (RL SO): capturou o padrão de crescimento linear;
- 6) Regressão linear na série logaritimizada (RL SL): capturou o padrão de crescimento explosivo;

As previsões otimista, esperada e pessimista de acordo com cada modelo são apresentados nas tabelas abaixo. O intervalo de confiança escolhido para a geração dos cenários otimista e pessimista foi de 95%, ou seja, a probabilidade de observarmos um valor fora desta faixa de valores é de 5% caso o “comportamento linear” da série se mantiver.

Cenário otimista	ETS SO	ARIMA SO	RL SO	ETS SL	ARIMA SL	RL SL
28/03/2020	321	439	433	252	408	419
29/03/2020	276	470	481	202	453	514
30/03/2020	241	506	528	171	516	627
31/03/2020	212	543	574	148	596	763
01/04/2020	186	582	621	130	695	927
02/04/2020	163	621	667	116	815	1124
03/04/2020	141	662	713	105	960	1361

Cenário esperado	ETS SO	ARIMA SO	RL SO	ETS SL	ARIMA SL	RL SL
28/03/2020	431	479	475	431	536	613
29/03/2020	431	527	526	431	666	771
30/03/2020	431	575	576	431	828	971
31/03/2020	431	624	626	431	1029	1221
01/04/2020	431	672	677	431	1279	1536
02/04/2020	431	720	727	431	1590	1933
03/04/2020	431	768	777	431	1976	2432

Cenário pessimista	ETS SO	ARIMA SO	RL SO	ETS SL	ARIMA SL	RL SL
28/03/2020	541	519	517	736	704	897
29/03/2020	586	584	571	919	979	1159
30/03/2020	621	645	624	1089	1328	1503
31/03/2020	650	704	678	1257	1776	1955
01/04/2020	676	762	733	1427	2354	2547
02/04/2020	699	818	787	1599	3102	3324
03/04/2020	721	874	842	1776	4067	4344

Conforme comentado anteriormente, podemos descartar a priori o modelo ETS SL porque não foram capazes de capturar o crescimento que devemos prever. Assim, analisaremos apenas os resultados dos modelos ETS SO, ARIMA SO, ETS SL, ARIMA SL e RL SL. Para selecionarmos qual modelo deveríamos usar para estimar a quantidade total de casos esperados para os próximos 7 dias utilizamos os seguintes critérios:

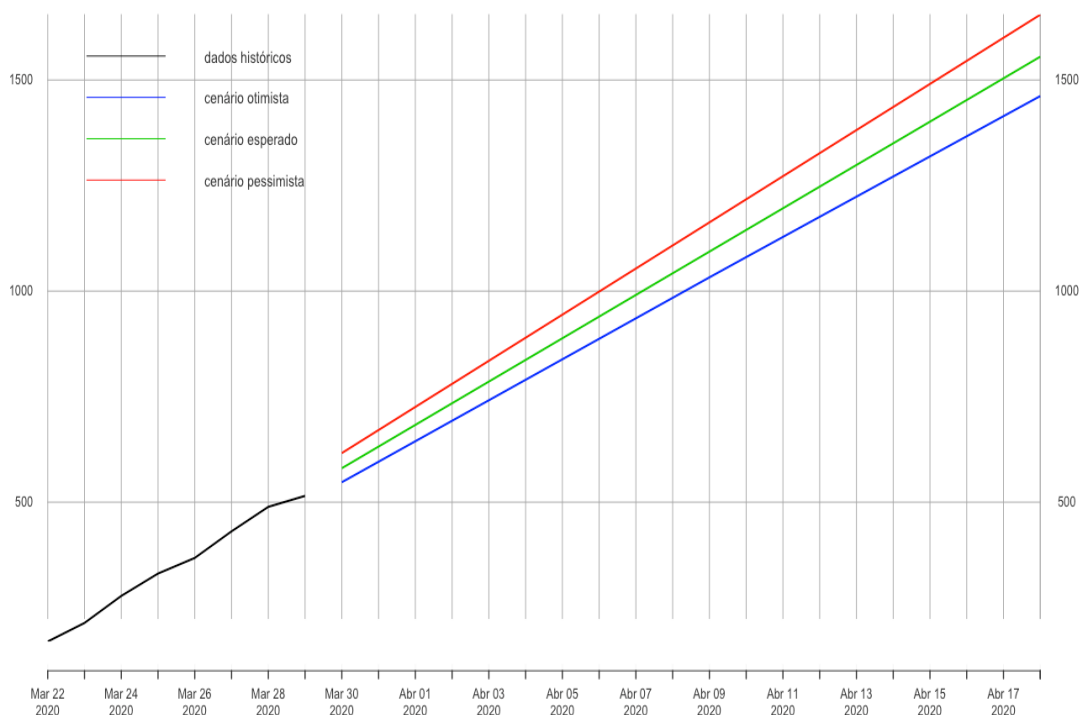
- 1) Teste de normalidade dos resíduos.
 - a. ETS SO: p-valor = 0,05695. Não podemos rejeitar a hipótese nula de normalidade.
 - b. ARIMA SO: p-valor = 0,6496. Não podemos rejeitar a hipótese nula de normalidade.
 - c. RL SO: p-valor = 0,9506. Não podemos rejeitar a hipótese nula de normalidade.
 - d. ARIMA SL: p-valor = 0,6759. Não podemos rejeitar a hipótese nula de normalidade.
 - e. RL SL: p-valor = 0,3218. Não podemos rejeitar a hipótese nula de normalidade.
- 2) Teste de autocorreção dos resíduos (ACF). Nenhum dos resíduos das séries supracitadas apresentaram auto correlação.
- 3) Menor média percentual absoluta do erro (MAPE) e menor erro quadrático médio (RMSE) dentre os modelos aprovados pelos critérios anteriores.

Modelos	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE
ETS SO	0,16	8,23	7,19	-0,01	1,98
ARIMA SO	-0,02	12,33	10,23	-0,24	2,73
RL SO	0,00	8,11	7,24	0,10	2,02
ETS SL	-44,43	47,87	44,43	-16,06	16,06
ARIMA SL	10,29	22,30	18,01	2,14	4,33
RL SL	0,46	25,21	19,79	-0,23	5,87

Na tabela acima observa-se que o modelo ETS SO atende ao critério de menor MAPE, RL SO atende ao critério menor RMSE. Entretanto, com o objetivo de prover apenas uma previsão, combinamos os modelos RL SO e ETS SO considerando: o menor valor entre estas séries, a cada dia, para estimar a previsão otimista, o valor médio entre ambas para estimar o valor esperado por dia e o maior valor, a cada dia, entre elas para estimar a previsão pessimista. Assim, os próximos valores esperados de quantidade de casos confirmados de COVID-19 no Município do Rio de Janeiro em cada cenário são apresentados na figura e tabela abaixo.

Estimativa do Município do Rio de Janeiro para casos confirmados de COVID-19

2020-03-22 / 2020-04-18



LABORATÓRIO DE ENGENHARIA E GESTÃO EM SAÚDE

www.legos.uerj.br | Contato: legos@eng.uerj.br

Acompanhe o LEGOS também no

Instagram @legos.uerj | Facebook @legosaude | LinkedIn legos-uerj

Dias	Cenário otimista	Cenário esperado	Cenário pessimista
30/03/2020	547	580	616
31/03/2020	596	632	671
01/04/2020	644	683	726
02/04/2020	693	734	780
03/04/2020	741	786	835
04/04/2020	790	837	890
05/04/2020	838	888	944
06/04/2020	887	940	999
07/04/2020	936	991	1053
08/04/2020	984	1042	1108
09/04/2020	1033	1094	1163
10/04/2020	1080	1145	1217
11/04/2020	1128	1196	1272
12/04/2020	1176	1247	1327
13/04/2020	1224	1299	1381
14/04/2020	1271	1350	1436
15/04/2020	1319	1401	1491
16/04/2020	1367	1453	1545
17/04/2020	1414	1504	1600
18/04/2020	1462	1555	1655

O objetivo dos modelos utilizados foi estimar com a maior precisão possível o total de casos de pacientes com COVID-19 em um horizonte de tempo de 20 dias e, com base no novo critério de corte dos dados históricos e novas observações, concluímos que a combinação dos modelos lineares se mostrou mais adequada.

Não é possível, no entanto, extrapolar este método para um período maior de tempo e nem mesmo concluir, a partir de seus resultados, em que estágio o município está na curva esperada de uma epidemia. Estudos com estes objetivos necessitam de abordagens mais complexas e também são conduzidas dentro do LEGOS.

Ressaltamos que não há garantias de que os tempos de internação utilizados na seção abaixo seja condizente com a realidade municipal ou nacional. Infelizmente, não foi possível ter acesso a estes tipos de dados em nenhuma fonte pública.

Previsão de ocupação hospitalar

Com base na previsão anterior para cada cenário o objetivo desta etapa é estimar a quantidade de leitos que deverão ser ocupados caso a previsão acima se confirme.

Como a nossa previsão se deu sobre o total de casos tivemos de fazer a diferença do valor acumulado do dia contra o valor do dia anterior, em outras palavras, contabilizamos apenas os novos casos e multiplicamos este número pela proporção de pacientes hospitalizados com caso de COVID-19 confirmados de acordo com o Painel Rio COVID-19. Esta proporção observada para o Município do Rio de Janeiro foi de 11,024% (38 pacientes internados, 17 altas e 1 óbito dividido pelo total de casos confirmados de 515 pacientes).

LABORATÓRIO DE ENGENHARIA E GESTÃO EM SAÚDE

www.legos.uerj.br | Contato: legos@eng.uerj.br

Acompanhe o LEGOS também no

Instagram @legos.uerj | Facebook @legosaude | LinkedIn legos-uerj

Assim, os casos previstos para os próximos 20 dias seguindo esta proporção (supomos que ela se manterá constante) é apresentada na tabela abaixo.

Dias	Cenário otimista	Cenário esperado	Cenário pessimista
30/03/2020	3	7	11
31/03/2020	6	6	6
01/04/2020	5	5	6
02/04/2020	5	6	6
03/04/2020	6	6	6
04/04/2020	5	5	6
05/04/2020	5	6	6
06/04/2020	6	6	6
07/04/2020	5	5	6
08/04/2020	5	6	6
09/04/2020	6	6	6
10/04/2020	5	5	6
11/04/2020	5	6	6
12/04/2020	6	6	6
13/04/2020	5	5	6
14/04/2020	5	6	6
15/04/2020	5	5	6
16/04/2020	6	6	6
17/04/2020	5	6	6
18/04/2020	5	5	6

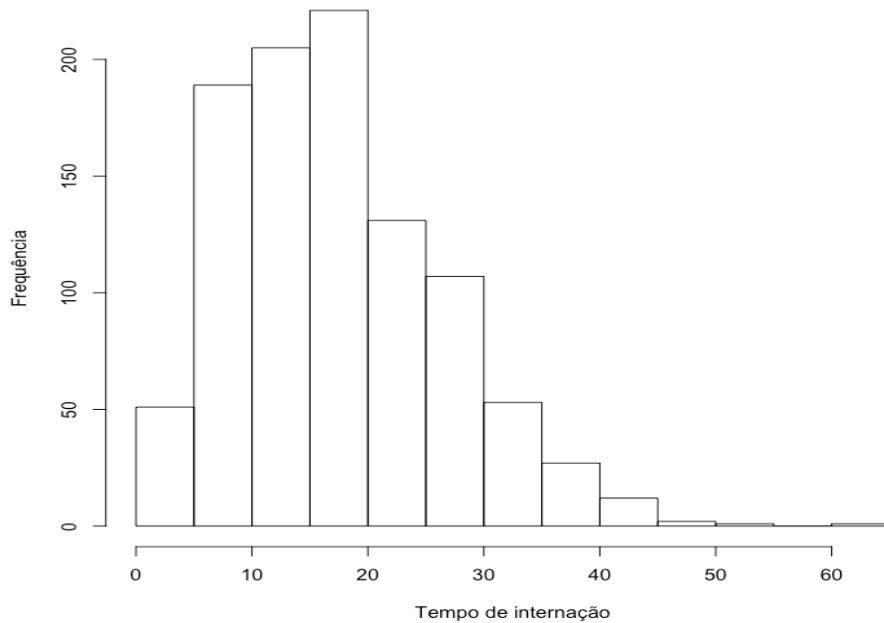
Devido à falta de dados relacionadas ao tempo de internação dos pacientes hospitalizados com COVID-19, utilizamos a distribuição de Weibull para estimar o tempo de internação destes pacientes como foi proposto pela pesquisa de Jombart et al.² (2020) ao analisar os tempos de internação registrados de pacientes com COVID-19 na China.

Nesta pesquisa, os autores definiram que um alto tempo de internação poderia ser regido por uma distribuição de probabilidade de Weibull com os parâmetros *shape* = 2 e *scale* = 10 para internações de curta duração e *shape* = 2 e *scale* = 13 para internações de longa duração. Esta assunção faz com que na prática os tempos de internação variem de 7 a 14 dias com valor mais provável de 11 dias nos casos de internação longa e variem de 4 a 12 dias com valor mais provável de 8 dias nos casos de internação curta.

De acordo com especialistas brasileiros, atualmente os pacientes infectados por COVID-19 ficam internadas entre 10 e 30 dias com valor mais provável de 20 dias. Assim utilizamos a mesma distribuição de probabilidade proposta pelo estudo de Jombart et al. (2020) com parâmetros de *shape* = 2 e *scale* = 20. O formato desta curva que neste relatório será usado para estimar os tempos de internação de cada paciente é apresentado abaixo. Foram escolhidos parâmetros bem conservadores frente aos valores relatados com tempo médio de internação de 17,63 dias e desvio padrão de 9,21.

² Disponível no link: <https://cmmid.github.io/topics/covid19/current-patterns-transmission/ICU-projections.html>

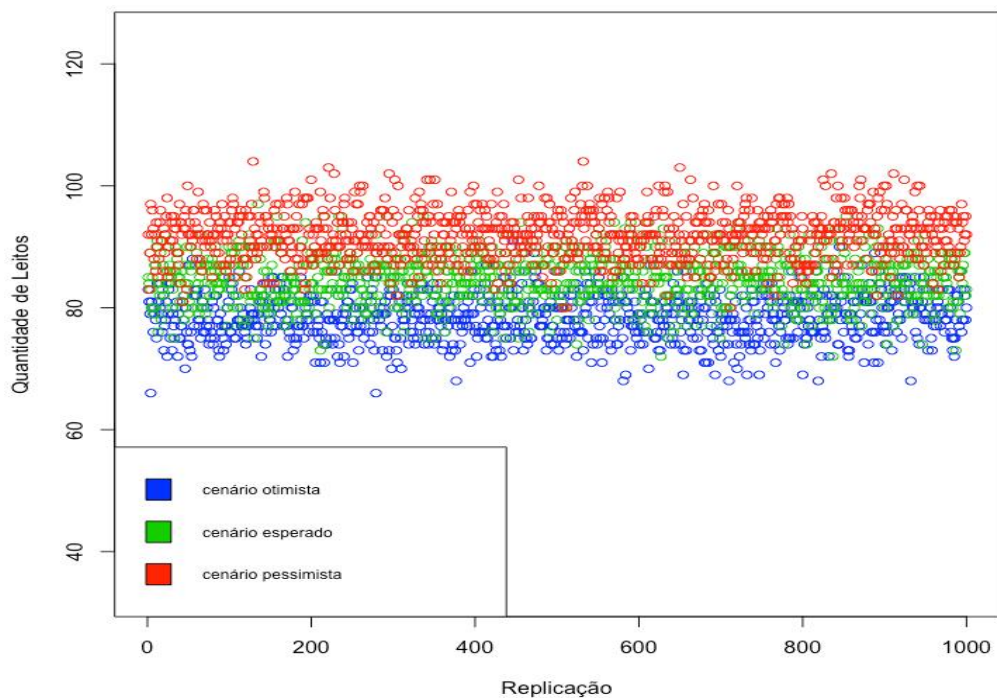
Distribuição de Weibull utilizada



Assim, executando 1000 replicações sobre os valores de cada cenário apresentado na tabela acima chegamos aos resultados apresentados na figura abaixo onde nos interessam:

1. O menor valor previsto no cenário otimista: 66 leitos;
2. O valor médio previsto no cenário esperado: 85 leitos;
3. O maior valor previsto no cenário pessimista: 104 leitos;

Quantidade de leitos previstos por replicação



LABORATÓRIO DE ENGENHARIA E GESTÃO EM SAÚDE

www.legos.uerj.br | Contato: legos@eng.uerj.br

Acompanhe o LEGOS também no

Instagram @legos.uerj | Facebook @legosaude | LinkedIn legos-uerj

Uma vez estimada a quantidade de leitos podemos calcular o número mínimo de médicos, enfermeiros e técnicos de enfermagem que são regidos por instrumentos normativos como, por exemplo, a RDC nº 07/2010 ou por outras “regras” estabelecidas por órgãos internacionais.

A título de exemplo, seguindo a proporção do Painel Rio COVID-19, dos 38 pacientes internados em hospitais municipais 23 (60,53%) estão em UTI's. Logo, para o município do Rio de Janeiro devem ser ocupados entre 41 e 62 leitos com valor mais provável de 51 leitos. A partir desta estimativa de leitos seguindo a RDC nº 07/2010 na seção 3 que trata de recursos humanos deve-se garantir a disponibilidade de profissionais de terapia intensiva apresentadas na tabela abaixo.

Profissional de saúde	Cenário otimista	Cenário esperado	Cenário pessimista
Médico diarista	5	6	7
Médico plantonista	5	6	7
Enfermeiro	6	7	8
Técnico de enfermagem	21 + 1 (apoio)	26 + 1 (apoio)	6 + 1 (apoio)

Autor

Daniel Assad

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0258423859812498>

Coordenação do LEGOS|UERJ

Profa Tháís Spiegel, DSc. | thais@eng.uerj.br

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8880192361495671>

Nota técnica divulgada em 30 de março de 2020.