

***Lockdown* como medida de intervenção para mitigar a propagação da COVID-19:  
um estudo de modelagem**

**Lockdown as an intervention measure to mitigate the spread of COVID-19: a  
modeling study**

**Aédson Nascimento Góis<sup>1,2</sup>**; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9118-6247>,  
aedson.gois@gmail.com

**Estêvão Esmi Laureano<sup>1</sup>**; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6719-678X>,  
eelaureano@gmail.com

**David da Silva Santos<sup>3</sup>**; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7246-3675>,  
david\_enff@hotmail.com

**Luiz Fernando Souza Santos<sup>3</sup>**; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2435-1246>,  
luizfernando\_490@hotmail.com

**Daniel Eduardo Sánchez<sup>1,4</sup>**; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4660-5884>,  
danielsanch@gmail.com

**Rita de Cássia Almeida Vieira<sup>5</sup>**; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9210-4445>,  
ritinhacav@yahoo.com.br

**Jussiely Cunha Oliveira<sup>6</sup>**; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6782-8994>,  
jussiely@hotmail.com

**Eduesley Santana-Santos<sup>6</sup>**; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8545-5677>,  
eduesley.santos@gmail.com

1. Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica. Universidade de  
Campinas, São Paulo, BRA.

2. Instituto Federal de Alagoas. Campus Piranhas, Alagoas, BRA.

3. Departamento de Enfermagem. Universidade Tiradentes, Sergipe, BRA.
4. Centro de Docencia de Ciencias Básicas para Ingeniería. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
5. Escola de Enfermagem. Universidade de São Paulo. São Paulo, BRA.
6. Programa de Pós-Graduação em Enfermagem. Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, BRA.

### **COLABORAÇÕES INDIVIDUAIS**

Aédson Nascimento Góis – concepção, planejamento, análise, interpretação e redação do trabalho; Estêvão Esmi Laureano – análise, interpretação e redação do trabalho; David da Silva Santos – concepção, planejamento e redação do trabalho; Luiz Fernando Souza Santos – interpretação e redação do trabalho; Daniel Eduardo Sánchez – planejamento, análise, interpretação e redação do trabalho; Rita de Cássia Almeida Vieira – análise, interpretação e redação do trabalho, Jussuely Cunha Oliveira – análise, interpretação e redação do trabalho; Eduesley Santana-Santos – concepção, planejamento, análise, interpretação e redação do trabalho.

### **RESUMO**

**Introdução:** Este trabalho visa desenvolver um modelo biomatemático de transmissão da COVID-19, no estado de Sergipe, Brasil, a fim de estimar a distribuição dos casos ao longo do tempo e projetar o impacto na propagação do surto epidêmico devido às intervenções e medidas de controle sobre a população local. **Métodos:** Estudo de modelagem matemática epidemiológica, realizado para analisar a dinâmica dos casos acumulados de COVID-19, que utilizou um modelo de crescimento logístico que adiciona um termo de retirada de indivíduos como medida de controle. Foram simulados três possíveis cenários de propagação da COVID-19 baseados em três diferentes taxas de retirada de indivíduos. Cada uma das taxas é ajustada com dados reais sobre número de infectados e as medidas de controle sobre a população. **Resultados:** A medida extrema de isolamento total, ou lockdown, seria o melhor cenário, apresentando menor incidência de

infectados, quando comparado às demais medidas. O número de infectados cresceria vagarosamente ao longo dos meses e o número de indivíduos sintomáticos nesse cenário seria de 40.265 casos. Percebeu-se que o Estado de Sergipe ainda encontra-se na fase inicial da doença, em quaisquer dos cenários. Foi possível observar que o pico dos casos e o equilíbrio, no cenário atual de isolamento social, se darão quando atingir a nova capacidade suporte, ao final de agosto em aproximadamente 1.171.353 indivíduos infectados. **Conclusão:** Percebeu-se que o lockdown é a intervenção com maior capacidade de mitigação da propagação do vírus pela população.

**Palavras-Chave:** COVID-19, Infecção por Coronavírus, Isolamento Social, Epidemiologia.

## **ABSTRACT**

**Introduction:** This work aims to develop a biomathematical model of transmission of COVID-19, in the State of Sergipe, Brazil, to estimate the distribution of cases over time and to project the impact on the spread of the epidemic outbreak due to interventions and control measures on the local population. **Methods:** Epidemiological mathematical modeling study, carried out to analyze the dynamics of accumulated cases of COVID-19, which used a logistic growth model that adds a term of withdrawal of individuals as a control measure. Three possible scenarios of COVID-19 propagation based on three different withdrawal rates of individuals were simulated. Each of the rates is adjusted with actual data on the number of infected and control measures on the population.

**Results:** The extreme measure of total isolation, or lockdown, would be the best scenario, presenting a lower incidence of infected, when compared to the other measures. The number of infected would grow slowly over the months and the number of symptomatic individuals in this scenario would be 40,265 cases. It was noticed that the State of Sergipe is still in the initial phase of the disease, in any of the scenarios. It was possible to observe that the peak of cases and balance, in the current scenario of social isolation, will take place when the new support capacity is reached, at the end of August in approximately 1,171,353 infected individuals. **Conclusion:** It was noticed that lockdown is the intervention with greater capacity to mitigate the spread of the virus by the population.

**Keywords:** COVID-19, Coronavirus Infection, Social Isolation, Epidemiology.

## INTRODUÇÃO

A família coronavírus é responsável por causar infecções respiratórias de origem viral zoonótica. São constituídos por uma tira de RNA, com seu genoma cercado por uma membrana contendo proteínas de pico, que forma um anel ao redor do topo do vírus, com a aparência de uma coroa, em latim, 'corona'. O primeiro caso identificado nos seres humanos foi na década de 60, apresentando quadros leves<sup>1</sup>. Entretanto, no ano de 2002, surgiu uma nova doença derivada de outro coronavírus, denominada de síndrome respiratória aguda grave (SARS-CoV) e em 2012, a Síndrome Respiratória Aguda do Oriente Médio (MERS-CoV), ambos com alto poder de transmissibilidade e mortalidade<sup>2,3</sup>.

No final de dezembro de 2019, foi reportado o primeiro relato de casos de pneumonia de etiologia desconhecida em trabalhadores do mercado atacadista de frutos do mar de Huanan, na cidade de Wuhan, localizada na província de Hubei, China. O agente determinante dessa pneumonia foi proposto como um novo coronavírus (2019-nCoV). Posteriormente, foi notificado às autoridades locais que outras pessoas provenientes desse mesmo mercado apresentaram sintomas similares<sup>4,5</sup>.

No início de janeiro de 2020, o surto começou a se intensificar rapidamente com centenas de casos confirmados<sup>6-9</sup>. Já no final do mesmo mês, a incidência acumulada na China era de 830 casos, sendo que 549 dos casos foram diagnosticados em Hubei, 26 em Pequim, 20 em Xangai e 53 em Guangdong. Além disso, 26 mortes foram ligadas ao surto, ao mesmo tempo em que treze casos foram exportados para o Japão, Cingapura, Coreia do Sul, Taiwan, Tailândia, Vietnã e Estados Unidos<sup>10,11</sup>.

Em 11 de fevereiro de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) denominou o vírus como SARS-CoV-2, responsável por causar a doença COVID-19. Esse vírus não

demorou a chegar ao Brasil. O primeiro caso foi datado em 26 de fevereiro, em São Paulo. Somente em 15 de março o primeiro caso foi confirmado em Aracaju, capital do estado de Sergipe. Três dias antes, a OMS já havia caracterizado essa doença como uma pandemia<sup>12</sup>.

De acordo com dados divulgados pela OMS, até 02 de junho de 2020, foram registrados 6.194.301 casos no mundo, com 374.404 óbitos, apresentando uma letalidade global de 6,1%<sup>13</sup>. No Brasil, 584.016 pacientes infectados. Dos casos citados, 32.548 evoluíram para o óbito, determinando uma taxa de 5,6% de letalidade. Em Sergipe, o número de infectados e de óbitos, nesta data, era de 7.989 e 180 respectivamente<sup>14</sup>.

Até o momento, sabe-se que o principal meio de transmissão são as gotículas provenientes das vias aéreas, podendo ainda ser transmitido por contato indireto, por meio das superfícies em que os infectados entram em contato. Quando infectados, podem apresentar sinais e sintomas característicos semelhantes a uma síndrome gripal: febre, cansaço, tosse, congestão nasal, corrimento nasal e/ou dor de garganta<sup>15</sup>. Casos mais graves evoluem para síndrome de desconforto respiratório<sup>16</sup>. Nos casos em que os indivíduos estão infectados e sintomáticos, estudo revela que aproximadamente 20% necessitará de internações hospitalares, visando à melhoria do seu quadro clínico, sendo que para 5% desses, devido a sua instabilidade hemodinâmica, há necessidade de tratamento em unidade de terapia intensiva (UTI)<sup>17</sup>. Para esses pacientes, o pior prognóstico está diretamente relacionado à presença de comorbidades, tais como: idade avançada, imunossupressão, diabetes mellitus, doenças respiratórias e cardíacas<sup>18</sup>.

No cenário atual, enquanto uma vacina para combate da COVID-19 ainda não foi desenvolvida, as autoridades têm estabelecido o distanciamento social, o isolamento social e a quarentena como formas de contenção da COVID-19<sup>19</sup> em virtude da

quantidade de leitos de UTI (0,7% do total no país), necessários para o suporte aos pacientes mais graves. Além disso, fazem-se necessários estudos que contribuam com a análise de estimativas quanto à distribuição dos casos nos estados assim como possíveis impactos da epidemia frente às medidas de controle adotadas.

O objetivo deste estudo foi desenvolver um modelo biomatemático de transmissão da COVID-19, no estado de Sergipe, Brasil, utilizando ferramentas computacionais de simulação numérica, para estimar a distribuição dos casos ao longo do tempo e avaliar o impacto das intervenções (medidas de controle sobre o isolamento e/ou distanciamento social) sobre o tamanho e velocidade de crescimento do surto epidêmico.

## MÉTODOS

Trata-se de um estudo de modelagem matemática epidemiológica. Foram utilizados os dados epidemiológicos das pessoas infectados no estado de Sergipe, no Nordeste brasileiro, disponibilizados pelo Ministério da Saúde<sup>14</sup>. Para tanto, fez-se uso de um modelo de crescimento logístico que adiciona um termo de retirada de indivíduos como medida de controle<sup>20</sup>.

O seguinte problema do valor inicial (PVI) modela a contento nosso problema:

$$\begin{cases} \frac{dI(t)}{dt} = rI(t) \left(1 - \frac{I(t)}{K}\right) - pI(t), \\ I(0) = I_0 \end{cases}$$

Onde  $I(t)$  representa o número de indivíduos infectados pelo coronavírus no instante  $t$ , dado em dias,  $r$  diz respeito à taxa de contágio com livre mobilidade entre as

$$\frac{dI(t)}{dt} = (r - p)I(t) \left(1 - \frac{I(t)}{\frac{r-p}{r}K}\right)$$

peessoas,  $K$  é a capacidade de suporte do meio e  $p$ , o percentual de indivíduos (infectados ou não) retirados do convívio social via isolamento. Ainda podemos reescrever a equação diferencial como:

Em que será considerado  $0 \leq p \leq r$  em virtude de que a taxa de retirada  $p = 0$  estabelece nenhuma medida de controle aplicada e  $p = r$  significa máxima capacidade de medida de controle atingida.

Em um modelo logístico clássico, a capacidade de suporte pode ser conceituada como o número máximo de população que um ecossistema pode suportar sustentadamente<sup>20</sup>. Assim, para o nosso modelo,  $K$  refere-se ao número máximo de indivíduos infectados a atingir numa certa região. Em vista da possibilidade de contágio a todos os indivíduos, a menos de intervenções, utilizamos a população do estado de Sergipe,  $K=2.298.696$ , como capacidade de suporte<sup>24</sup>.

Note que  $p$  é estabelecido como o fator responsável pelo controle de  $I$ . Sendo assim, se  $p = 0$ , teremos o caso do modelo logístico clássico em que o crescimento é livre e o equilíbrio ao longo do tempo se dará em  $I = K$ , ou seja, sem nenhuma medida de controle. Outrora, se  $p \neq 0$ , com  $p < r$ , observamos que a nova capacidade de suporte será  $K.(r - p)/r$ . Consequentemente, será para neste novo valor que a função  $I$  alcançará seu equilíbrio. Observe ainda que quanto maior for o valor de  $p$ , menor é o novo equilíbrio.

A partir dos dados disponibilizados pelo Ministério da Saúde desde o dia 15 de março até dia 02 de junho, foi possível ajustar os parâmetros de modo que a curva epidêmica ficasse o mais próximo da curva com os dados reais coletados. Diante disso, para o valor da taxa de contágio foram utilizados os dados até 24 de março, data do decreto governamental N° 40.567, até quando havia circulação livre da população, sendo então

otimizada para  $r=0,1885$ . Este representa o cenário livre circulação de pessoas, em que  $p=0$ .

Em seguida, para o cenário de isolamento social, foram utilizados os dados até 02 de junho. Fez-se a consideração da retirada da parcela da população infectada e também dos grupos considerados de risco (idosos e pessoas com comorbidades). Após os dados otimizados, mantendo o valor de  $r=0,1885$  obteve-se o valor  $p=0,0925$ . Os dados foram gerados a partir de 24 de março, supondo a adesão da sociedade às medidas de isolamento social adotadas.

O último cenário estudado diz respeito ao isolamento total, também chamada contenção comunitária ou bloqueio (em inglês, *lockdown*). Neste cenário, haver-se-ia uma proibição de circulação das pessoas fora de seus domicílios a menos em casos de extrema necessidade. Por isso, utilizou-se  $p=0,1225$ , isto é, 65% de  $r$ . Mantendo livre do isolamento apenas as pessoas que prestam serviços essenciais.

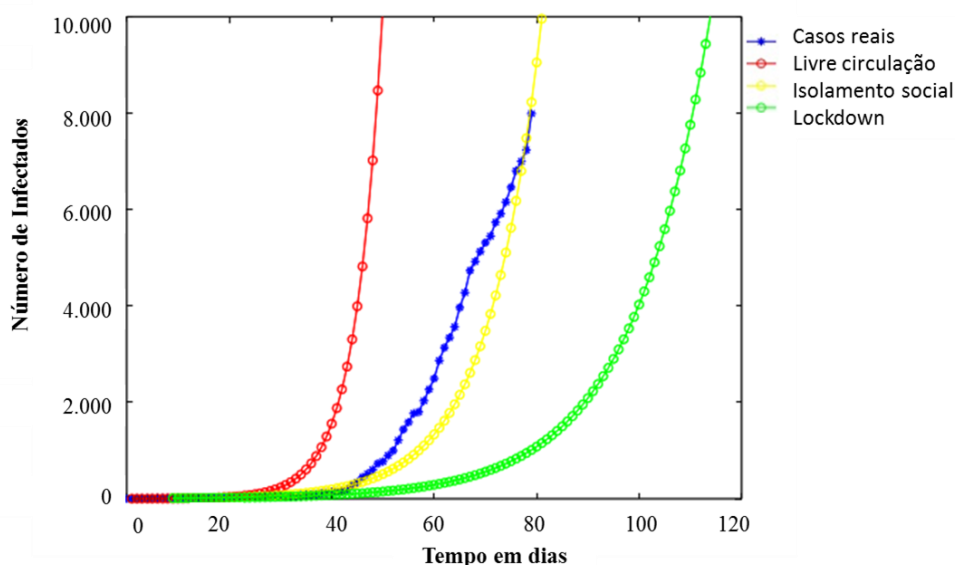
Os gráficos foram plotados usando o GNU Octave. É um software livre, com linguagem computacional que permite resolver equações diferenciais de forma numérica como o nosso modelo.

## RESULTADOS

A figura 1 apresenta o número fidedigno de casos de infecção confirmados até 02 de junho ( $t=79$ ), pela curva azul. Nesta data, o número de infectados era de 7989 indivíduos. Além disso, é possível observar a evolução da infecção dia-a-dia em quatro diferentes cenários: (1) a curva vermelha representa o cenário livre de isolamento; (2) a

curva amarela diz respeito ao crescimento da infecção a partir da medida de isolamento social, instituída em Sergipe; (3) a curva verde estima a situação no Estado caso fosse decretado o lockdown e; (4) a curva azul representa os casos reais.

**Figura 1-** Evolução da pandemia em Sergipe a partir de 15 de março até 02 de junho

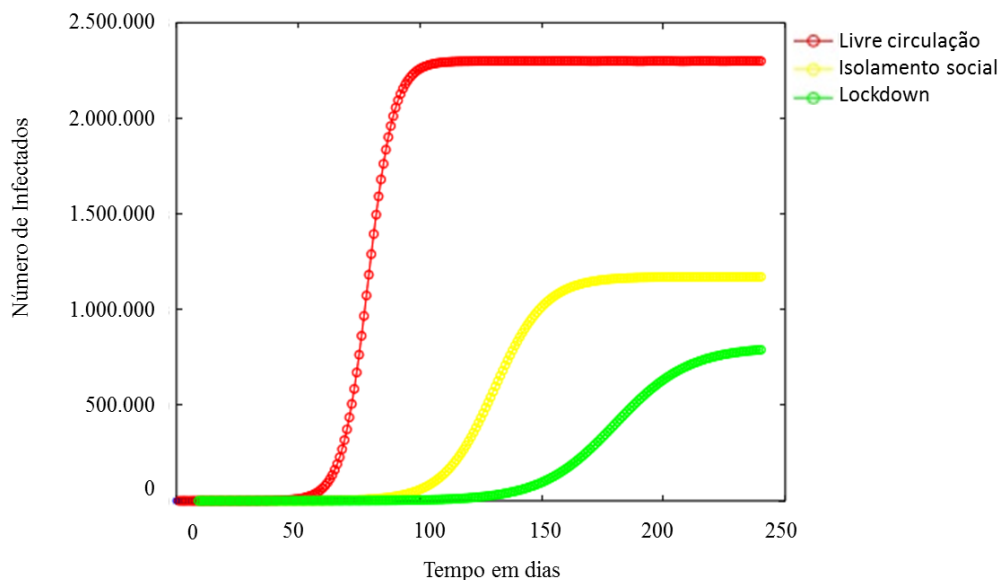


É possível ver o crescimento acelerado do contágio no cenário livre em que, no final de abril, o número de infectados seria de 8000 pessoas. Entretanto, a curva amarela cresce bem mais lentamente registrando esse número apenas no início de junho. Todavia, caso o lockdown tivesse sido implementado desde 24 de março, o número de infectados pela COVID-19 no início de junho seria de apenas 80 casos.

Nessa perspectiva, ainda é possível analisar com mais acurácia a interferência das medidas de isolamento na contenção do contágio da COVID-19 quando se faz a projeção da evolução do número de infectados nos próximos cinco meses. A figura 2 projeta o número de indivíduos infectados até a primeira quinzena de novembro de 2020. Chama-se atenção especialmente para a curva verde, que representa o cenário na hipótese de um

isolamento total (permitindo apenas a mobilidade de profissionais dos serviços essenciais) e fechamento completo do comércio.

**Figura 2** - Projeção da evolução da COVID-19 no Estado de Sergipe até 15 de novembro em três diferentes situações



Observando as curvas epidêmicas, percebe-se que o Estado de Sergipe ainda encontra-se na fase inicial da doença, em quaisquer dos cenários. Sendo assim, o Estado encaminha-se para o momento em que haverá um crescimento drasticamente acelerado caso o isolamento social seja interrompido (curva vermelha). Ainda é possível observar que o pico dos casos e o equilíbrio, no cenário atual de isolamento social (curva amarela), se darão quando atingir a nova capacidade suporte, ao final de agosto esse poderia ser estimado pela fórmula  $K.(r-p)/r$ , em aproximadamente 1.171.353 indivíduos infectados.

A medida extrema de isolamento total, ou lockdown, seria o melhor cenário apresentando menor incidência de infectados, quando comparado às demais medidas. O número de infectados crescerá vagarosamente ao longo dos meses, chegando a aproximadamente 154.250 na primeira quinzena de agosto, como visto na curva verde. Utilizando a mesma fórmula para o cálculo da nova estabilização, seria observado o

máximo de aproximadamente 805.305 casos em novembro. Levando em conta a pequena parcela da população sergipana que está sendo submetida aos testes, estimamos que o número de indivíduos sintomáticos nesse cenário seria de 40.265 casos.

## **DISCUSSÃO**

O principal achado deste estudo foi que o ritmo de contágio modelado pode ser bastante acelerado caso não sejam cumpridas as recomendações governamentais de isolamento, sejam parcial ou total (curva vermelha na Figura 2). Nossos achados sugerem que o controle estadual de surtos é viável com uma combinação das medidas de intervenção propostas que envolvem além das ações de higiene recomendadas pela OMS a adoção do lockdown (curva verde na Figura 2).

O primeiro caso de COVID-19 em Sergipe, confirmado no dia 15 de março de 2020, tratava-se de uma mulher residente na capital Aracaju, com 36 anos de idade e que havia regressado da Espanha. Por decisão pessoal ficou alguns dias isolada em sua residência e quando decidiu se submeter aos testes, teve assim a sua infecção confirmada. Desde a confirmação deste, os governos estadual e municipal têm proposto diversas medidas com o intuito de minimizar a disseminação do vírus na população do Estado.

Em março, o Brasil registrou 2.239 mortes a mais por insuficiência respiratória e pneumonia do que no mesmo mês do ano anterior<sup>21</sup>. O número de brasileiros internados ultrapassou os 40 mil na primeira quinzena de abril com sintomas respiratórios, dos quais apenas 15% apresentaram diagnóstico confirmado para a COVID-19<sup>22</sup>. Na Itália, epicentro da doença na Europa, foram necessários 2500 novos leitos de UTI para o tratamento de pacientes com insuficiência respiratória, decorrentes da COVID-19<sup>23</sup>. Em Sergipe, a média de leitos de UTI por cada 10 mil habitantes é de aproximadamente 0,9,

quase três vezes menor do que recomenda o Ministério da Saúde. Em decorrência da limitação do sistema de saúde para a ampliação considerável do número de leitos de UTI no estado de Sergipe e para minimizar a sobrecarga dos serviços de saúde, medidas de controle são justificadas<sup>24</sup>.

As autoridades têm sido desafiadas a adotar medidas de saúde pública eficazes no combate da COVID-19. Enquanto não houver vacinas e procedimentos terapêuticos específicos, bem como maiores informações acerca dos meios de transmissão e o perfil dos assintomáticos, o objetivo momentâneo visa conter a expansão do vírus a fim de não haver superlotação nas unidades de saúde. Para tanto, foi proposto o distanciamento social buscando a redução da interação, quiçá transmissão, entre pessoas da comunidade uma vez que pode haver infectados assintomáticos transmitindo o vírus<sup>25</sup>. Por esses dados, justificam-se as medidas de distanciamento social, que inicialmente incluíram o fechamento de escolas, academias, clubes e bares, fechamento de parte do comércio (julgado não essencial) e proibição de festas e eventos, tencionando evitar aglomerações.

Conforme os resultados obtidos neste estudo, em relação à evolução da pandemia em Sergipe, o número de infecções pelo coronavírus cresceu rapidamente ao longo do tempo. Percebe-se ainda, que a adoção de medidas de isolamento poderia ser capaz de desacelerar o crescimento dos casos no Estado. Estima-se que a pandemia poderia ser contida ainda no segundo semestre, chegando a um número menos da metade de infecções caso não haja mais isolamento social (cenário esse em que todos os indivíduos seriam infectados cedo ou tarde).

Com base na experiência prévia no manejo de infecções por SARS-CoV e pelo MERs-CoV, a OMS tem recomendado algumas intervenções de controle para reduzir o risco de transmissão de infecções respiratórias agudas e estas incluem evitar contato

próximo entre pessoas com infecções respiratórias agudas e a lavagem das mãos frequentemente com água e sabão ou higienização com álcool 70%. Além disso, pessoas com sintomas de infecção respiratória aguda devem praticar o que se denomina de etiqueta da tosse, mantendo distância e cobrindo o nariz e a boca ao tossir ou espirrar com o antebraço, lavar as mãos, e dentro das unidades de saúde são recomendadas práticas de prevenção e controle de infecções padrão, especialmente nos serviços de emergência<sup>26</sup>.

Em um estudo de modelagem matemática, desenvolvido por Koo e colaboradores<sup>27</sup>, foi avaliado o impacto de intervenções precoces na disseminação da COVID-19 na população de Cingapura. Dentre as intervenções propostas estavam (1) o isolamento e quarentena de indivíduos infectados e de seus familiares; (2) quarentena e fechamento imediato das escolas por duas semanas; (3) quarentena e distanciamento social dos trabalhadores, sendo que 50% da força de trabalho era incentivada a manter as atividades laborais em casa por duas semanas; e (4) uma combinação de quarentena, com fechamento imediato das escolas e distanciamento do local de trabalho. Os pesquisadores mostraram que a estratégia combinada de medidas de distanciamento social aumentou a redução de infecção pela COVID-19 em 78,2% (IQR 59,0 – 94,4).

Neste estudo, é possível observar o impacto significativo das medidas de isolamento social uma vez que com essas medidas a nova capacidade suporte é diminuída. Percebe-se que o número máximo previsto de infectados seria de 1.171.353 casos, com previsão para o final do agosto de 2020. Como cerca de 80% destes são assintomáticos, teríamos um número de 234.271 infectados sintomáticos no estado. Destes, 11.713 necessitaria de assistência em unidade de terapia intensiva, o que representa 5% dos infectados<sup>17</sup>.

Por outro lado, caso o isolamento seja negligenciado poderia haver uma infecção de todos os indivíduos no Estado, isto é, cerca de 2,3 milhões de casos. Dessa forma seriam oportunizadas novas transmissões, especialmente na parcela mais vulnerável da população<sup>25</sup>. Estes são os esperados a estar entre os aproximadamente 5% dos infectados que necessitariam de tratamento em UTI<sup>17</sup>. Todavia, o número de leitos desse tipo em Sergipe é de 177. Medidas de controle mais rígidas, como o lockdown, são assim justificadas para se evitar o colapso do sistema de saúde local<sup>24</sup>. Sabendo-se que o número máximo de indivíduos infectados que necessitarão de internação hospitalar é cerca de 40.265, previstos para o novembro, haveria tempo para a adequação quantitativa do sistema de saúde em relação à ampliação dos leitos, além do dimensionamento adequado dos profissionais de saúde.

Embora seja robusta a base científica para as intervenções do ponto de vista da saúde, existem outras considerações do ponto de vista ético e econômico envolvidas. De igual importância, os líderes políticos precisam manter as políticas de quarentena e de distanciamento social sem que haja qualquer tipo de viés em relação a qualquer grupo populacional<sup>28</sup>. Essas intervenções podem representar riscos de redução da renda e até mesmo perda de emprego para muitas famílias, afetando desproporcionalmente as populações mais vulneráveis, sendo assim, políticas para diminuir esses riscos devem ser implementadas urgentemente<sup>29</sup>.

A pandemia em decorrência da COVID-19 tornou-se uma ameaça para a população em geral e em especial para os trabalhadores da saúde em todo o mundo e apesar disso, o conhecimento sobre o novo vírus permanece limitado. Por outro lado, as opções efetivas de tratamento, bem como o desenvolvimento de uma vacina ainda estão em estudo<sup>30-32</sup>. Diante disso, é imprescindível a implementação agressiva de medidas de

controle da infecção para se evitar a propagação do vírus por meio da transmissão humano-humano.

É provável que haja influência de múltiplos efeitos indiretos das intervenções e das modificações do comportamento humano, que são difíceis de quantificar. Com este modelo, não foi possível inferir os tempos mais apropriados para implementar cada intervenção, nem como por quanto tempo estas devem ser executadas para o alcance adequado do controle epidêmico a longo prazo devem ser explorados. Também, os dados fornecidos poderiam estar desatualizados pela demora de entrega por parte das secretarias de saúde, ou pelos resultados falso-negativo, além da reduzida disponibilidade de testes que está sendo aplicado, em geral, exclusivamente aos sintomáticos, que correspondem a uma parcela bem menor do número real de infectados.

Diante dos dados apresentados até aqui, acredita-se que os resultados deste estudo possam auxiliar as autoridades na tomada de decisões e implementação de políticas públicas a curto e médio prazo para mitigação do vírus na população do Estado, bem como no planejamento para criação de novos leitos para o tratamento dos infectados, quando for necessário.

Com o modelo biomatemático de transmissão da COVID-19, utilizado no estado de Sergipe, Brasil, foi possível projetar o seu crescimento epidêmico ao longo do segundo semestre de 2020. A partir das estimativas feitas, pode-se contemplar, em diferentes cenários, a dimensão do impacto das intervenções sobre o tamanho do surto epidêmico. Especificamente, a utilização do lockdown é a intervenção de controle com maior capacidade de mitigação da propagação do vírus diminuindo drasticamente o número de casos, quiçá de mortes, na população.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Harisson S. Ask the Know-It-Alls: What Is The Coronavirus? Science; 03/03/2020.  
Available from: <https://www.wired.com/story/what-is-a-coronavirus/>
2. Sabir JS, Lam TT, Ahmed MM, et al. Co-circulation of three camel coronavirus species and recombination of MERS-CoVs in Saudi Arabia. Science. 2016; 351: 81-84. doi: 10.1126/science.aac8608
3. Yin Y, Wunderink RG. MERS, SARS and other coronaviruses as causes of pneumonia. Respirology. 2018; 23(2): 130-7. Available from: <https://doi.org/10.1111/resp.13196>
4. Cui J, Li F, Shi, ZL. Origin and evolution of pathogenic coronaviruses. Nat Rev Microbiol. 2019; 17: 181–192. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0118-9>
5. Hui DS, I Azhar E, Madani TA, Ntoumi F, Kock R, Dar O, Ippolito G, et al. The continuing 2019-nCoV epidemic threat of novel coronaviruses to global health—The latest 2019 novel coronavirus outbreak in Wuhan, China. Int J Infect Dis. 2020; Feb 91: 264–266. doi: [10.1016/j.ijid.2020.01.009](https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.01.009)
6. World Health Organization. Novel Coronavirus—Japan (ex-China). 2020. Available from: <https://www.who.int/csr/don/17-january-2020-novel-coronavirus-japan-ex-china/en/>
7. World Health Organization. Novel Coronavirus—Republic of Korea (ex-China). 2020. Available from: <https://www.who.int/csr/don/21-january-2020-novel-coronavirus-republic-of-korea-ex-china/en/>

8. World Health Organization. Novel Coronavirus (2019-nCoV) Situation Report—1. 2020. Available from: <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200121-sitrep-1-2019-ncov.pdf>
9. Centers for Disease Control and Prevention. 2019 Novel Coronavirus, Wuhan, China. 2020. Available from: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/index.html>
10. World Health Organization. Novel Coronavirus (2019-nCoV) Situation Report—1. 2020. Available from: <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200121-sitrep-1-2019-ncov.pdf>
11. CNN-World. Wuhan Coronavirus Death Toll Rises to Nine with 453 Infected Says China, Sparking Fears of Wider Spread. 2020. Available from: <https://edition.cnn.com/2020/01/22/asia/china-wuhan-coronavirusdeadly-intl-hnk/index.html>
12. Organização Pan-Americana de Saúde. Últimas Notícias. 2020. Disponível em: <https://www.paho.org/bra/>
13. World Health Organization. Coronavirus (COVID-19). Suíça, 2020. Available from: <https://covid19.who.int/>
14. Ministério Da Saúde (BR). Painel Coronavirus. 2020. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>
15. Araújo, LFSC. Aspectos clínicos e terapêuticos da infecção da COVID-19. Rede Covid: Ciência, Informação e Solidariedade. Salvador, Bahia; 2020.
16. Silva, AF Jr, Sousa AA, Monteiro JRS, Silva MCF. CONHECENDO O COVID-19: Cidadão Esclarecido, Cidade Segura! Altamira, Pará; 2020.
17. Associação Médica Brasileira. Diretrizes AMB: COVID-19. São Paulo; 2020. 37 p.

18. Gallasch, CH, et al. Prevenção relacionada à exposição ocupacional do profissional de saúde no cenário de COVID-19. Rev enferm UERJ, Rio de Janeiro, Abril, 2020. doi:<https://doi.org/10.12957/reuerj.2020.49596>
19. Holanda, VN. Pandemia de COVID-19 e os esforços da ciência para combater o novo coronavírus. Rev Interfaces, Editorial, v.8, n.1; 2020.
20. Edelstein-Keshet L. Mathematical Models in Biology. New York: Random House; 1988. 631 p.
21. Cambricoli F, Felix P. Em um mês, Brasil tem alta de 2,239 mortes por problemas respiratórios. O Estadão, 17 Apr 2020. Disponível em: <https://saude.estadao.com.br/noticias/geral,em-um-mes-brasil-tem-alta-de-2239-mortes-por-problemas-respiratorios,70003268759>
22. Dyer O. Covid-19: Brazil's president rallies supporters against social distancing. BMJ 2020; 369: m1589 doi: 10.1136/bmj.m1589
23. Remuzzi A, Remuzzi G. COVID-19 and Italy: what next? Lancet 2020; 395: 1225–28.
24. Associação de Medicina Intensiva Brasileira. CENSO AMIB. Available from: [https://www.amib.org.br/fileadmin/user\\_upload/amib/2018/abril/23/CensoAMIB2010.pdf](https://www.amib.org.br/fileadmin/user_upload/amib/2018/abril/23/CensoAMIB2010.pdf)
25. Aquino E, Silveira IH, Pescarini J, Aquino R, Souza Filho JA. Medidas de distanciamento social no controle da pandemia de COVID-19: Potenciais impactos e desafios no Brasil. Ciência e Saúde Coletiva.
26. World Health Organization (WHO). Novel coronavirus (2019-nCoV). Situation report. Available from: <https://www.who.int/docs/default->

[source/coronaviruse/situation-reports/20200207-sitrep-18-ncov.pdf?sfvrsn=fa644293\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200207-sitrep-18-ncov.pdf?sfvrsn=fa644293_2)

27. Koo JR, Cook AR, Park M, Sun Y, Sun H, Lim JT, et al. Interventions to mitigate early spread of SARS-CoV-2 in Singapore: a modelling study. *The Lancet Infectious Diseases*. 2020. doi: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30162-6](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30162-6)
28. Kass NE. An ethics framework for public health. *Am J Pub Heal* 2001; 91: 1776–82.
29. Gonsalves GS, Kapczynski A, Ko AI, et al. Achieving a fair and effective COVID-19 response: an open letter to Vice-President Mike Pence, and other federal, state, and local leaders from public health and legal experts in the United States. Available from: <https://docs.google.com/document/d/1NVOSECOEp8deYnmJfO0uKtRHcNcbmNrk7dW752dzMeE/> edit (accessed March 5, 2020)
30. Chen N, Zhou M, Dong X, Qu J, Gong F, Han Y. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet*. 2020; 395: 507–513. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30211-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30211-7)
31. Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*. 2020; 395: 497–506. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5)
32. Wang D, Hu B, Hu C, Zhu F, Liu X, Zhang J. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*. 2020 Feb 7. [Epub ahead of print]