

DASHBOARD COVID19

ALAGOAS

RELATÓRIO COVID-19 NÚMERO 2

10 de Abril de 2020

Estimativas numéricas e simulações computacionais para o surto de COVID-19 no estado de Alagoas com base no relatório:

The Global Impact of COVID-19 and Strategies for Mitigation and Suppression, Imperial College COVID-19 Response Team, 26 de março de 2020

Execução:

Prof. Dr. Adriano Barbosa - FACET/UFGD

Prof. Dr. Bruno Pimentel - IC/UFAL

Prof. Dr. Fernanda S. Matias - IF/UFAL

Prof. Dr. Francisco Moura - IF/UFAL

Prof. Dr. Krerley Oliveira - IM/UFAL

Prof. Dr. Marcelo Lyra – IF/UFAL

Prof. Dr. Rafael Lucena - IM/UFAL

Prof. Dr. Sérgio Lira - IF/UFAL

Prof. Dr. Thales Vieira - IC/UFAL

Profa. Dra. Xu Yang - IC/UFAL

Sumário

Apresentação	2
Resumo	3
Introdução	4
Estratégia sem mitigação	5
Estratégia de mitigação	5
Estratégia de supressão	6
Metodologia	8
Modelo SEIR	8
Estimativas de hospitalização	9
Estimativas de infectados	10
Resultados	12
Cenário 1: Sem mitigação	13
Cenário 2: Com mitigação	14
Cenário 3: Com supressão	15
Conclusões	18
Referências	20
Apêndice	21
Principais resultados numéricos das simulações	21

Apresentação

Neste boletim tratamos de aspectos matemáticos e computacionais da evolução da epidemia do COVID-19 em Alagoas causada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2), considerando os modelos que julgamos os mais adequados e os melhores dados disponíveis sobre esta doença. Somos um grupo de professores e pesquisadores dedicados à Computação, Física e Matemática, conforme pode ser acessado em nossos currículos individuais na Plataforma Lattes. Apesar de não sermos epidemiologistas, considerando nossas habilidades de modelagem matemática e computacional, e o estado de emergência provocado pela COVID-19 no Brasil, buscamos dar uma efetiva contribuição à sociedade nesse momento estudando o assunto de maneira sistemática. Nosso objetivo é utilizar os principais modelos matemáticos epidemiológicos existentes na literatura científica para entender as implicações da epidemia na realidade alagoana. Estes modelos vêm sendo implementados por institutos acadêmicos mundialmente reconhecidos, balizando as ações governamentais em diversos países como EUA e Reino Unido.

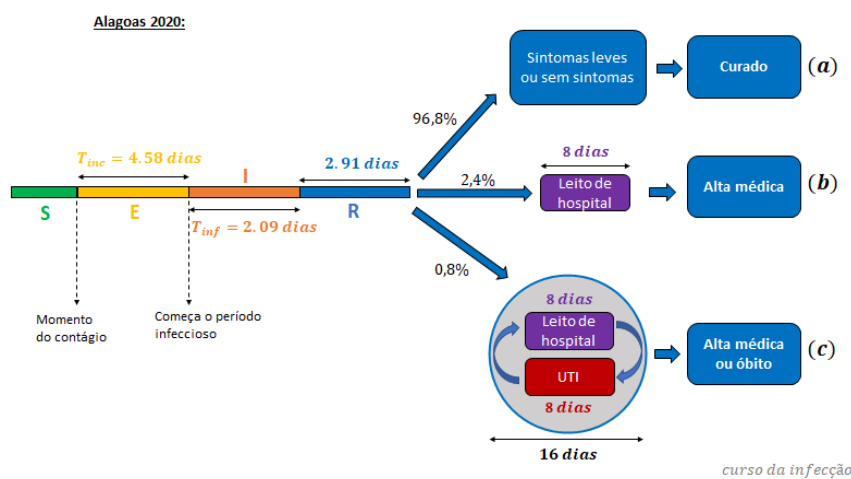
Nossa expectativa é de subsidiar os gestores públicos com informações relevantes para o planejamento e a administração desse estado emergencial. Fazemos isso por iniciativa própria e com afinco, buscando dar o que temos de melhor à população, como muitos outros profissionais estão fazendo neste momento difícil. Apesar da linguagem e dos modelos serem de difícil entendimento para quem não é familiarizado com as ferramentas matemáticas necessárias, buscamos apresentá-los da maneira mais didática possível, na expectativa de que a transparência e a informação embasada possam nos preparar para evitar danos maiores. Corremos contra o tempo e temos certeza que juntos como sociedade iremos superar esse desafio.

O primeiro boletim que nosso grupo elaborou tinha como objetivo apenas levantar um conjunto de modelos e técnicas computacionais que poderíamos utilizar nas próximas semanas para prever a epidemia de COVID-19 em Alagoas e em Maceió. Neste segundo boletim, aprimoramos o trabalho anterior levando em conta aspectos como distribuição etária da população de Alagoas, aspectos da evolução da doença e modelos reportados pelo time de resposta à COVID-19 do Imperial College em Londres, conforme descrito no relatório *The Global Impact of COVID-19 and Strategies for Mitigation and Suppression, Imperial College COVID-19 Response Team de 26 de março de 2020* [1]. Nosso foco é discutir projeções de demanda de leitos normais e de leitos de UTI ao longo da epidemia no nosso estado. Baseados em estimativas iniciais de infectados e expostos, tais projeções podem ajudar a preparar a estrutura adequada para a resposta ao surto e minimizar o grande impacto sanitário e social causado pela doença. **Enfatizamos aos gestores públicos e aos profissionais de comunicação que as opiniões e conclusões manifestadas neste documento são de seus respectivos autores e da Dashboard COVID19 Alagoas, e não necessariamente representam as opiniões das instituições a que pertencem os seus membros.**

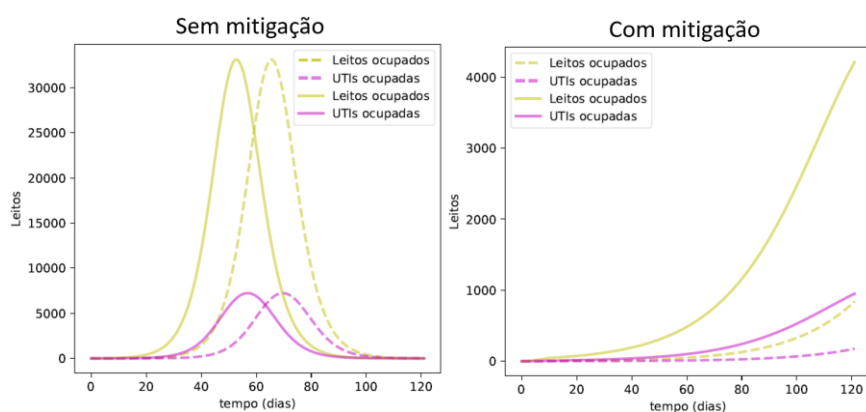
Reiteramos que os resultados que apresentaremos nas próximas páginas não são definitivos. Como é natural em situações como a que vivemos, ao longo das próximas semanas as projeções podem mudar, à medida em que tenhamos novos modelos, mais testes, ações de mitigação ou supressão implementadas, melhor entendimento da dinâmica social em nosso estado ou mais informações sobre a evolução clínica da doença.

Resumo

- Nos baseamos nos estudos do time de combate à COVID-19 do Imperial College de Londres [1,2] para realizar simulações numéricas do tipo SEIR da epidemia para o estado de Alagoas. (**Esquema 1**)
- Nossos resultados sugerem que caso fossem relaxadas completamente as medidas de circulação hoje (10/04/2020), em 36 dias poderia haver uma demanda de mais de 5 mil leitos de hospital e mais de 500 leitos de UTI no estado de Alagoas. Mantendo medidas de isolamento social semelhantes às que já estão implementadas no estado, esta demanda cairia para 151 leitos de hospital e 31 leitos de UTI em 36 dias. (**Esquema 2**)
- As medidas de mitigação (ou isolamento social) em que vivemos hoje no estado de Alagoas são essenciais para ganhar tempo para ações como: equipar profissionais de saúde com EPI, expandir a capacidade de leitos e respiradores, adquirir testes diagnósticos e softwares de monitoramento da epidemia.
- Para combater completamente a epidemia, as medidas de mitigação necessitam ser reforçadas com testes diagnósticos em massa e isolamento da cadeia de contágio.



Esquema 1: curso da enfermidade COVID-19 de acordo com [1,2] e adaptado para a pirâmide etária de Alagoas.



Esquema 2: Demanda do número de leitos no estado em função do tempo para os cenários sem mitigação e com mitigação.

- É insuficiente restringir apenas a circulação de idosos: a comunidade como um todo precisa ser isolada.
- A estratégia de relaxar a circulação de pessoas irrestritamente no estado de Alagoas durante o próximo mês deveria ser descartada. Isso só deveria ocorrer quando estiverem disponíveis testes diagnósticos em grande quantidade e softwares de monitoramento de casos.

Introdução

Neste relatório nossa proposta é reproduzir as estimativas de infectados e leitos ocupados durante a pandemia de COVID-19 realizadas pelo grupo do Imperial College [1,2] e adaptá-las à população alagoana. Os estudos deste distinto grupo de pesquisa epidemiológica foram fundamentais para convencer os governos do Reino Unido (RU) e Estados Unidos (EUA) a tomar as medidas cabíveis para contenção do surto em seus territórios. Esses pesquisadores estão equipados com as melhores técnicas disponíveis para simulação computacional de epidemias no RU e EUA, que são modelos de simulação de indivíduos contaminados incluindo mobilidade e estrutura social [2]. Além disso, os autores afirmam que foram capazes de reproduzir os resultados destas simulações complexas através de um modelo efetivo mais simples, o SEIR, e utilizaram este modelo para prever a dinâmica da epidemia nos demais países do mundo [1].

Na Tabela 1, reproduzimos em taxas percentuais os números de infectados, hospitalizados, internados em casos críticos e mortos que o grupo estimou para a população brasileira (Apêndice 6 da Ref. [1]). Nesta tabela ilustramos o caso em que cada indivíduo infectado contamina em média 3 outras pessoas ($R_0 = 3$), taxa de reprodução básica aproximadamente igual para COVID-19 em todo o mundo. O estudo também ilustra três estratégias distintas para as medidas públicas de contenção do vírus que serão descritas abaixo.

Previsão do Imperial College para o Brasil usando o modelo SEIR [1]				
Estratégia	% de infectados	% de casos hospitalizados	% de casos de UTI	% de mortos
Sem mitigação	85,19	2,77	0,68	0,51
Distanciamento da população em geral de 42%	53,80	1,52	0,36	0,27
Distanciamento social geral de 41% com reforço para os mais idosos	53,16	1,38	0,29	0,22
Supressão ativada com 1,6 mortes por 100.000 pessoas	23,33	0,56	0,13	0,10
Supressão ativada com 0,2 mortes por 100.000 pessoas	5,39	0,12	0,04	0,02

Tabela 1: Previsões para taxa da população total que seria infectada, taxa da população total que seria hospitalizada, parcela da população total que necessitaria de UTI e porcentagem da população total que seria morta pelo surto da COVID-19 no Brasil de acordo com o Imperial College [2].

Estratégia sem mitigação

Este seria o caso correspondente à ausência de qualquer medida de distanciamento social, e em que a epidemia seguiria seu curso natural. Destacamos que as previsões do grupo inglês sugerem que, neste cenário, cerca de 85% da população total do Brasil poderia ser contaminada, o que poderia levar à morte de 0,51% de todos os brasileiros.

Numa primeira estimativa, aplicamos estas porcentagens para a população total do estado de Alagoas, estimada em 3.351.092¹, e convertê-las em números absolutos (vide Tabela 2). Nesta primeira abordagem assumimos aproximadamente que a população alagoana pode ser descrita pela distribuição etária média brasileira. Claramente, este é um cenário catastrófico, com cerca de 92 mil pessoas necessitando de hospitalização e 17 mil mortes previstas no estado. Isso está sendo evitado graças às medidas públicas de isolamento social que o governo estadual e o ministério da Saúde tomaram.

Estratégia de mitigação

Nesta situação, considera-se que o governo aplica medidas de contenção do surto através de políticas de isolamento social, recomendando que as pessoas não saiam de casa, fechando eventos e estabelecimentos com aglomeração de pessoas e fiscalizando violações destas normas. Como consequência, o estudo projeta uma redução de 42% da circulação de pessoas nas cidades, impedindo que o surto se alastre severamente. **Ressaltamos, no entanto, que os números obtidos pelas previsões do grupo inglês implicam em manter as medidas de contenção por um longo período, de mais de 4 meses, o que é questionável do ponto de vista prático.**

Esta situação é semelhante ao que já vivemos hoje no estado de Alagoas, pois medidas de geolocalização indicam que em 05/04/2020 reduzimos cerca de 49% da circulação normal de pessoas no estado². Além disso, na quinta linha da Tabela 1, o estudo faz uma mitigação reforçada para idosos: além de reduzir em 41% a circulação da população em geral, aumenta para 75% a restrição de circulação para idosos.

Neste caso os índices sofrem redução considerável em comparação com o cenário sem mitigação, mas ainda são considerados altos:

- Na situação em que 42% da circulação geral é reduzida: a fração de infectados cai para 53,8%, mas ainda temos 1,52% da população precisando de hospitais e 0,36% precisando de UTI. Se utilizarmos estas proporções para o estado de Alagoas (Tabela 2), teríamos cerca de 50 mil pessoas necessitando de hospitalização, sendo que cerca de 12 mil necessitariam de UTI. Além disso, mesmo sob razoável restrição de circulação, o número de óbitos no estado poderia chegar a mais de 9 mil. **Portanto, as medidas de mitigação social em que vivemos hoje no estado são essenciais para**

¹ "Projeção da população - IBGE." <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Accessed 11 Apr. 2020.

² "Geolocalização e privacidade: os dados no combate ... - In Loco." <https://www.inloco.com.br/pt/>. Acessado em 7 abr.. 2020.

ganhar tempo de mobilização, mas são insuficientes para combater completamente o surto no longo prazo e necessitam ser reforçadas com testes diagnósticos em massa e isolamento da cadeia de contágio.

- Redução de 41% de circulação geral com reforço para idosos: resulta em números praticamente iguais à situação anterior. **Isso demonstra que não adianta apenas restringir a circulação de idosos: a comunidade como um todo precisa ser isolada.**

Estratégia de supressão

O método mais radical de combate ao surto seria a supressão (ou “lockdown”): fechamento compulsório de todos os serviços não essenciais, proibição de pessoas na rua sem justificativa, quarentena domiciliar para casos confirmados e toda sua família (com fiscalização), fechamento de escolas e universidades. Estas foram medidas semelhantes às tomadas na China e em países da Europa em que o surto saiu do controle. De acordo com a Tabela 1, essa estratégia levaria a uma redução de 75% da circulação de pessoas nas cidades e seria ativada toda vez que o número de mortes atingisse um certo patamar semanal: 1,6 mortes ou 0,2 mortes a cada 100 mil habitantes. Isso significa que haveria o fechamento de cidades sempre que necessário até que o número de mortes semanais caísse para uma fração do gatilho, algo em torno de um mês. **Apesar de esta estratégia ter sido implementada com sucesso na China e Coreia do Sul durante um curto período de tempo, a liberação de uma circulação irrestrita após este período levaria a um rebote do surto, fazendo com que o gatilho fosse disparado diversas vezes ao longo de um ano [1,2,5].**

Em Alagoas, isso significaria implementação de “lockdown” a cada 53 mortes semanais (1,6 mortes a cada 100 mil) ou a cada 7 mortes semanais (0,2 mortes a cada 100 mil), algo que poderia ser instituído por um curto período, mas dificilmente implementável por diversas vezes durante um ano. No entanto, neste cenário a redução no número de hospitalizações e óbitos seria bastante eficaz:

- (a) para ativação de supressão com 53 mortes semanais no estado: 3 mil mortes, 18 mil hospitalizados sendo 4 mil em UTI.
- (b) para ativação de supressão com 7 mortes semanais no estado: 700 mortes, 4 mil hospitalizados sendo 905 em UTI.

Ressaltamos que as previsões da Tabela 1 não foram feitas pelo nosso grupo, elas são previsões aplicadas ao Brasil e realizadas por um dos grupos de epidemiologia do Imperial College, uma das instituições científicas mais renomadas do mundo [1,2]. Nós simplesmente transpusemos as proporções brasileiras para a população alagoana na Tabela 2. Essas simulações também não precisam se basear nos números que possuímos hoje de casos confirmados no estado, basta que o surto venha a se desenvolver de forma comunitária por aqui. Informações sobre a margem de erro destes resultados podem ser encontradas no estudo original.

A estratégia ideal para o surto dentro da realidade alagoana deveria provavelmente ser uma combinação das estratégias de mitigação e supressão, aliadas a um grande uso de testes diagnósticos, quarentena de casos confirmados e seus familiares, além de forte monitoramento baseados em softwares para garantir que quarentenas e

medidas de isolamento social estão sendo cumpridas. Caso não haja disponibilidade de testes laboratoriais para confirmação, deve-se considerar o grupo de suspeitos baseados no quadro clínico e histórico de viagem e de contato com pessoas que tiveram a doença.

Transposição dos valores da Tabela 1 para a população de Alagoas (3.351.092 hab.)				
Estratégia	Número de infectados	Número de casos hospitalizados	Número de casos de UTI	Número de mortos
Sem mitigação	2.854.874	92.879	22.751	17.162
Distanciamento da população em geral de 42%	1.802.749	50.806	12.046	9.083
Distanciamento social geral de 41% com reforço para os mais velhos	1.781.319	46.127	9.859	7.437
Supressão ativada com 1,6 mortes por 100.000 pessoas	781.950	18.642	4.303	3.249
Supressão ativada com 0,2 mortes por 100.000 pessoas	180.628	3.944	905	697

Tabela 2: Aplicação direta das porcentagens da tabela 1 na população total de Alagoas.

Nas próximas seções, efetuamos simulações numéricas completamente baseadas nos parâmetros do estudo inglês para projetar números de infectados e hospitalizados em função do tempo no estado de Alagoas. A única distinção em nossas simulações é que utilizaremos a pirâmide etária da população alagoana para estimar as taxas de hospitalização com base nos dados de ataque de COVID-19 por faixa etária (Tabela 3). Isso levará a números mais otimistas de hospitalizações e mortes, tendo em vista que a população alagoana é mais jovem que a média nacional.

Metodologia

Modelo SEIR

Baseados na referência [1], utilizamos uma modelagem do tipo SEIR para realizar previsões numéricas do surto de COVID-19 (Figura 1). Esta modelagem é bem estabelecida na literatura e prevê valores acurados para a taxa de infectados em escalas de tempo curtas (da ordem de uma semana). Para tempos muito superiores, os erros numéricos se acumulam e os valores previstos tornam-se menos acurados, no entanto sua dinâmica e ordem de grandeza permanece válida.

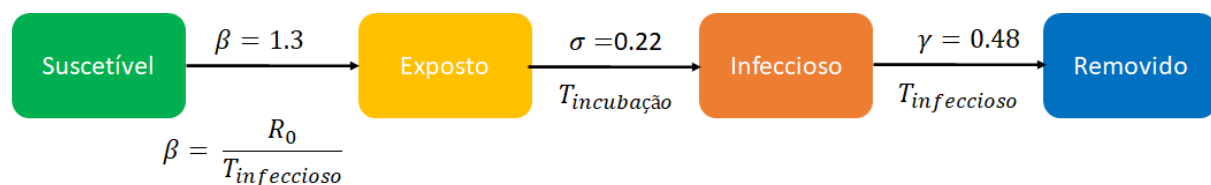


Figura 1: Ilustração do esquema SEIR para modelagem epidemiológica do surto da COVID-19.

Neste modelo, a população de uma região é dividida nas seguintes categorias de indivíduos: Suscetíveis (ainda não foram contaminados nem possuem resistência ao vírus); Expostos (foram contaminados mas estão em período de incubação e ainda não são contagiosos); Infeciosos (fase em que o indivíduo torna-se contagioso e em que há aparecimento dos primeiros sintomas nos indivíduos sintomáticos); Removidos (indivíduos curados, isolados, hospitalizados ou mortos). Destacamos que nessa modelagem os indivíduos infectados são dados pela soma dos indivíduos Expostos e indivíduos Infeciosos, e que os indivíduos doravante chamados de infeciosos representam os indivíduos que se encontram no período infecioso da COVID-19 e são os transmissores do vírus. As equações dinâmicas que descrevem a evolução temporal da epidemia são [3]:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\frac{\beta SI}{N} \\ \frac{dE}{dt} &= \frac{\beta SI}{N} - \sigma E \\ \frac{dI}{dt} &= \sigma E - \gamma I \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I\end{aligned}$$

onde $S(t)$, $E(t)$, $I(t)$ e $R(t)$ representam o número de indivíduos suscetíveis, expostos, infeciosos e removidos respectivamente no instante t . N representa o número de indivíduos total da população, de modo que $N=S+I+E+R$ para todo o tempo t . Todos os parâmetros do modelo foram extraídos dos estudos do Imperial College [1,2] e são explicitados na Figura 1. O parâmetro R_0 na figura 1 representa o número médio de contágios provocados por um indivíduo contagioso e, segundo estudos anteriores, é estimado entre 2,4 e 3,0 [1, 2, 3]. Este é um

importante parâmetro epidemiológico chamado de número de reprodução de base. Quando $R_0 > 1$ a doença infecciosa se espalha exponencialmente pela população; quando $R_0 = 1$ a infecção torna-se endêmica; já quando $R_0 < 1$ a doença não tem potencial para se propagar na população. O parâmetro R_0 deve ser monitorado ao longo da epidemia e reflete o impacto da estrutura social e políticas públicas no espalhamento da doença.

Estimativas de hospitalização

Na Figura 2 esquematizamos os dias gastos, em média em cada período da infecção de acordo com o mesmo estudo [1]. As três trajetórias mostradas na Figura 2 correspondem às possíveis situações de um indivíduo infectado: (a) casos leves ou assintomáticos que não necessitarão de hospitalização, (b) casos graves que exigirão hospitalização em leito comum, e (c) casos críticos que precisarão de internação em UTI. Os indivíduos com casos graves necessitarão ocupar um leito hospitalar por uma média de 8 dias. Já os indivíduos críticos necessitarão em média de 8 dias em UTI e 8 dias em leito de hospital.

Em geral após a contaminação, o indivíduo passa um tempo de incubação de 4,58 dias na fase exposta; começa a apresentar os primeiros sintomas (nos casos sintomáticos) e continua a circular normalmente por 2,09 dias no período infeccioso; cerca de 5 dias após a contaminação o indivíduo procura o hospital caso necessário. Ressaltamos que estes valores correspondem às médias dos tempos estimados, mas que podem variar em casos individuais. Em nosso estudo ainda não consideramos as flutuações nesses valores médios, mas destacamos que isso já foi feito na referência [1].

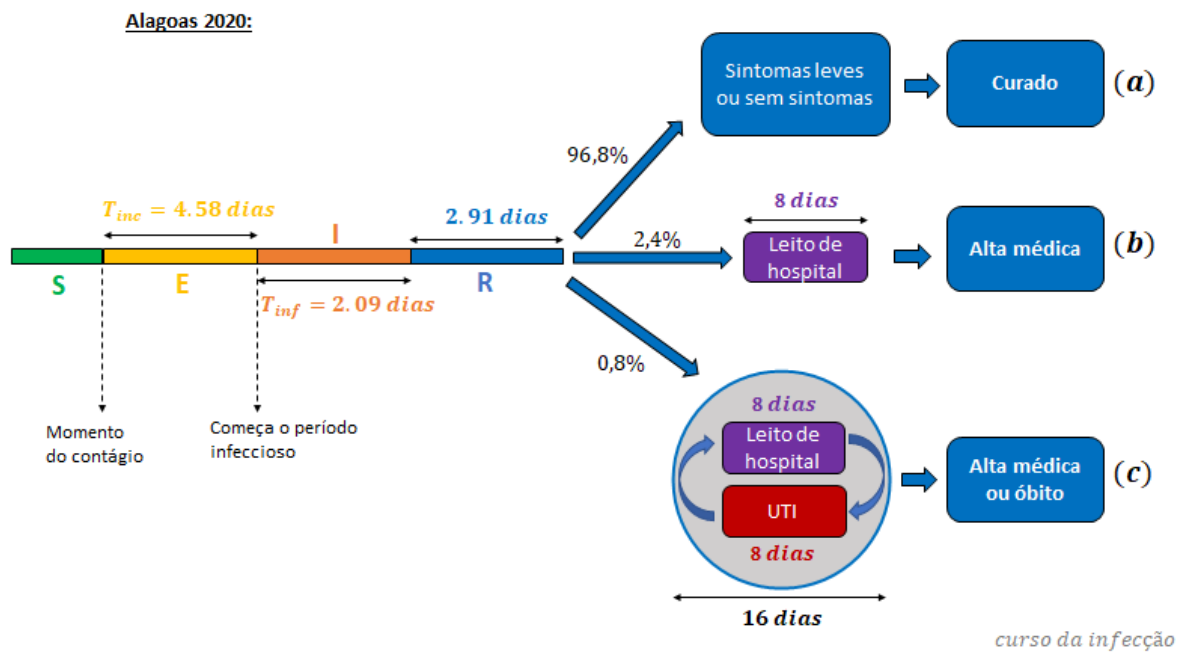


Figura 2: Resultados para as proporções de infectados nos três possíveis cursos da infecção por COVID-19 de acordo com [1,2] e adequado à pirâmide etária de Alagoas³.

Utilizamos a pirâmide etária do estado de Alagoas determinada pela projeção para 2020³ do IBGE como base para cruzar com os dados de hospitalização, internação intensiva e mortes de COVID-19 na China (Tabela 3). De acordo com esses dados, derivamos os seguintes

3 "Projeção da população - IBGE." <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Accessed 11 Apr. 2020.

percentuais para infectados em Alagoas: 96,8% apresentarão casos leves; 2,4% serão casos graves; e 0,8% serão casos críticos.

Isso nos mostra que a taxa de hospitalizados, pacientes em UTI e número de mortos é significativamente menor em Alagoas do que a média britânica [1]. Isso se dá devido à nossa pirâmide etária ter uma distribuição bem menor de idosos: enquanto no Reino Unido cerca de 37% da população tem mais de 50 anos, em Alagoas temos apenas cerca de 21% de acordo com as estimativas do IBGE.

Incidência de hospitalização e fatalidades de COVID-19 por faixa etária			
Faixa etária (anos)	% de casos sintomáticos que requerem hospitalização	% de casos hospitalizados que requerem UTI	Índice de fatalidade no total de infectados
0 a 9	0.1%	5.0%	0.002%
10 a 19	0.3%	5.0%	0.006%
20 a 29	1.2%	5.0%	0.03%
30 a 39	3.2%	5.0%	0.08%
40 a 49	4.9%	6.3%	0.15%
50 a 59	10.2%	12.2%	0.60%
60 a 69	16.6%	27.4%	2.2%
70 a 79	24.3%	43.2%	5.1%
80+	27.3%	70.9%	9.3%

Tabela 3: Proporções de casos hospitalizados, internados em UTI e fatalidades distribuídos por faixa etária obtido a partir de dados de COVID-19 na China [1].

Estimativa de infectados

De acordo com o informe epidemiológico do Governo do Estado emitido no dia 10/04/2020, Alagoas conta com os seguintes números oficiais de COVID-19⁴: no período entre 26/02 e 10/4/2020 foram notificados 934 casos suspeitos, desses 611 foram descartados, 45 confirmados por critério laboratorial e entre os confirmados 3 (três) tiveram como desfecho final óbito, sendo 1 (um) residente de SP. A taxa de letalidade dentre os casos confirmados ficou em 8,11%.

Tendo em vista a subnotificação de casos devido à falta de testes disponíveis, precisamos utilizar os dados oficiais para estimar aproximadamente o número total de infectados na população do estado, tanto Infeciosos como Expostos (indivíduos em período de incubação e, portanto, sem sintomas). Para tanto, nos parece razoável fazer as seguintes suposições: (a) o número registrados de doentes foram todos de casos evoluídos da doença e, portanto infeciosos; (b) estimamos um número mínimo de infeciosos sendo da mesma ordem

⁴ "Boletim 10/04/2020: Alagoas tem 45 casos confirmados da ..." 10 abr.. 2020, <http://www.saude.al.gov.br/2020/04/10/boletim-10-04-2020-alagoas-tem-45-casos-confirmados-da-covid-19/>. Acessado em 11 abr.. 2020.

de grandeza do número de casos registrados de 45 indivíduos; (c) estimamos um número máximo de infecciosos como sendo da mesma ordem de grandeza do número de casos suspeitos de 278 indivíduos; (d) como em média cada infeccioso pode contagiar $R_0 = 2,7$ indivíduos suscetíveis e os transforma em expostos, estimamos que o número aproximado de indivíduos expostos no tempo $t=0$ (na data de 10/04/2020) é dado por $E(t = 0) = R_0 \cdot I(t = 0)$.

Essas estimativas nos levaram a escolher, para nossas simulações da epidemia em Alagoas, dois valores para o número de infecciosos iniciais: $I(t = 0) = 30$ (valor mínimo) e $I(t = 0) = 300$ (valor máximo), permitindo-nos realizar previsões através de uma ordem de grandeza no número inicial de indivíduos contagiosos. Mostraremos em nossos resultados como os números de infectados e hospitalizados ao longo do tempo variam com este valor inicial, mas destacamos que as tendências dinâmicas de crescimento e decréscimo dos contágios se mantêm. Em todos os casos utilizamos $E(t = 0) = R_0 \cdot I(t = 0)$.

Resultados

Considerando o modelo SEIR descrito na sessão anterior e as taxas de casos que exigem hospitalização em leito normal e leitos de UTI descritos na Figura 2, para o valor do número de reprodução básica da epidemia R_0 igual a 2,7, estimamos as quantidades totais mostradas na Tabela 4.

NÚMEROS MÁXIMO DE LEITOS NORMAIS PARA A RETAGUARDA DO COVID-19 E UTIS RESPIRATÓRIAS

$$R_0 = 2,7, \text{ tempo máximo de 120 dias}$$

Consideramos $t=0$ como o dia 10/04/2020

	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2		CENÁRIO 3	
	$I(0)=30$	$I(0)=300$	$I(0)=30$	$I(0)=300$	$I(0)=30$	$I(0)=300$
N.º de leitos normais necessários no dia de pico	33155	33141	842	4211	3	36
Tempo até pico de leitos normais	65 dias	52 dias	120 dias*	120 dias*	10 dias	10 dias
N.º de leitos de UTIs necessários no dia de pico	7235	7232	174	951	1	8
Tempo até pico de leitos de UTI	69 dias	56 dias	120 dias*	120 dias*	18 dias	18 dias

Tabela 4: Resultados numéricos obtidos para nossas simulações do surto de COVID-19 em Alagoas em três cenários distintos: sem mitigação (cenário 1), com mitigação (cenário 2) e supressão (cenário 3). Em todos estes cenários fixamos $R_0 = 2,7$ e utilizamos dois possíveis valores iniciais de infecciosos: $I(t=0)=30$ e $I(t=0)=300$. Vide Apêndice para mais resultados numéricos das simulações. *No cenário 2 as curvas epidêmicas ainda não atingiram seu pico real em $t=120$ dias (isso ocorreria apenas em $t=185$ dias, com demanda de 4.732 leitos normais e 1.145 UTIs para $I(0)=30$, e $t=135$ dias, com demanda de 4.761 leitos normais e 1.152 UTIs para $I(0)=300$).

A seguir mostramos os resultados de simulação numérica do modelo SEIR obtidos para o número de indivíduos infectados (Expostos e Infecciosos) e o número de leitos ocupados (leitos hospitalares normais e leito em UTI) em função do tempo para o estado de Alagoas nos próximos 120 dias. Consideraremos que $t=0$ representa o dia 10/04/2020 e abordaremos as três possíveis estratégias públicas de contenção do surto: sem mitigação, com mitigação e supressão. Além disso, de acordo com a explanação da seção anterior, para o número inicial de infecciosos usaremos duas estimativas: (a) que o número de infecciosos é aproximadamente igual ao número de casos registrados oficialmente $I(t=0)=30$; (b) que o número de infecciosos é aproximadamente igual ao número de casos suspeitos oficiais, $I(t=0)=300$. Além disso, tendo em vista que cada infeccioso contamina em média $R_0=2,7$ suscetíveis, consideramos para o número de expostos a estimativa de $E(t=0) = R_0 \cdot I(t=0)$.

Cenário 1: Sem mitigação

Neste cenário, simulamos a evolução que a epidemia desenvolveria caso todas as medidas de isolamento social fossem suspensas em $t=0$ (10/04/2020) e permanecessem suspensas pelos próximos 120 dias. Utilizamos o valor médio de $R_0=2,7$, mas estimamos a margem de erro das nossas previsões estipulando um valor mínimo para R_0 de 2,4 e um valor máximo de 3,0 (esse procedimento também é feito em [1]). Os principais resultados numéricos destas simulações estão no Apêndice deste relatório.

No Gráfico 1, as curvas tracejadas apresentam os resultados para $R_0=2,7$ e $I(t=0)=30$, enquanto as curvas contínuas mostram os resultados para $R_0=2,7$ e $I(t=0)=300$. No Graf. 1 (a) ilustramos a evolução do número de indivíduos expostos e infecciosos em função do tempo em dias. Já no Graf. 1(b) mostramos a demanda de leitos normais de hospital e de leitos de UTI.

No Graf. 1 (a), para $I(t=0)=30$, a curva tracejada vermelha nos mostra que o pico de infecciosos ocorre no dia $t=58$ com 287.137 casos simultâneos. Em Graf. 1 (b), o pico de demanda de leitos normais é de 33.155 e ocorre em $t=65$, pouco após o pico de infecção (curva amarela tracejada), e o pico de demanda de leitos de UTI é de 7235 no dia $t=69$ (curva rosa tracejada). O número total de infectados ao final de 120 dias é de 3.101.376 pessoas e de hospitalizados é de 97001.

No Graf. 1 (a), para $I(t=0)=300$, a curva contínua vermelha nos mostra que o pico de infecciosos ocorre no dia $t=46$ com 287.682 casos simultâneos. Em Graf. 1 (b), o pico de demanda de leitos normais é de 33.143 e ocorre em $t=52$ (curva amarela contínua), pouco após o pico de infecção; e o pico de demanda de leitos de UTI é de 7232 no dia $t=56$ (curva rosa contínua). O número total de infectados ao final de 121 dias é de 3.101.282 pessoas (mais de 92% da população alagoana) e o de hospitalizados é de 97013 pessoas (assumindo que todos os indivíduos que necessitam de hospitalização são atendidos).

Notamos que no cenário sem mitigação, os números de infectados e hospitalizados são vertiginosos, e variam pouco com o número inicial de infectados. No entanto os valores dos picos de infecção e demanda hospitalar podem ser antecipados em mais de 10 dias quando comparamos os casos de 30 versus 300 infecciosos iniciais.

Esses resultados nos mostram que **deveríamos considerar completamente descartada a hipótese de relaxar a circulação de pessoas irrestritamente durante as próximas semanas**. Além disso, os resultados também nos alertam para o grande perigo da subnotificação de casos, que pode nos deixar sem uma previsão precisa para quando o pico de infecções deveria ocorrer.

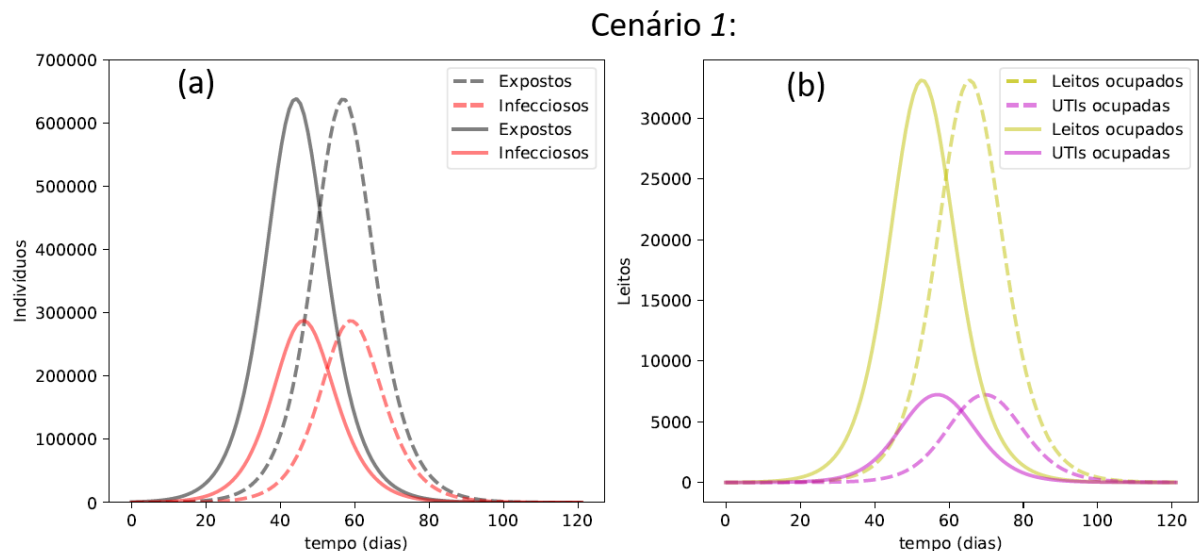


Gráfico 1: Cenário 1: sem mitigação com $R_0=2,7$, $I(t=0)=30$ nas curvas tracejadas e $I(t=0)=300$ nas curvas contínuas. Em (a) ilustramos o número de indivíduos contaminados em função do tempo, isto é, os expostos e os infecciosos. Em (b) mostramos no número de leitos de hospital e de UTI ocupados.

Cenário 2: Com mitigação

Agora simulamos a evolução que a epidemia desenvolveria caso mantivéssemos as medidas de restrição de circulação já implementadas no dia 10/04/2020 no estado de Alagoas durante os próximos 120 dias. Note que aqui não estamos recomendando que isso de fato seja realizado, apenas ilustrando as previsões deste cenário. Neste caso, consideramos que haveria uma redução de aproximadamente 50% da circulação das pessoas nas cidades, baseada nas recentes medidas de geolocalização para Alagoas⁵. Consideramos um valor basal de $R_0=2,7$, mas ressaltamos que as medidas de restrição de circulação fazem com que o surto evolua com um valor de R_0 efetivo dado por $R_0^{ef} = 0,5.R_0$. Além disso, também consideramos uma margem de erro das nossas previsões estipulando um valor mínimo para R_0 de 2,4 e um valor máximo de 3,0. Os principais resultados numéricos destas simulações estão no Apêndice deste relatório.

Notamos nas figuras do Gráfico 2 que no caso da mitigação o número de indivíduos infectados num dado tempo é muito menor que o cenário sem mitigação (Graf. 1): para $I(t=0)=30$ e depois de 120 dias o número total de infectados seria de 105 mil versus os 3 milhões do caso sem mitigação.

Adicionalmente, a curva epidemiológica é achatada de tal forma que os picos de infecção e demanda hospitalar sequer foram atingidos em $t=120$ dias. Notamos também que, ao variar o número de infecciosos inicial de $I(t=0)=30$ a $I(0)=300$, ao final de 120 dias há um aumento de **seis vezes** no número de infecciosos e de **sete vezes** no número de hospitalizados. Isso mostra a relevância de se investigar métodos mais robustos para coletar dados (por

⁵ "Geolocalização e privacidade: os dados no combate ... - In Loco." <https://www.inloco.com.br/pt/>. Acessado em 8 abr.. 2020.

testagem para diagnóstico e avaliação clínica, por exemplo), e para estimar a quantidade real de indivíduos infecciosos.

Esses resultados nos mostram que **as medidas de mitigação reduzem bastante o número de infectados e hospitalizados nos próximos meses**, quando comparadas com o caso não mitigado. Além disso, ao achatar a curva epidemiológica e adiar bastante o pico de infecção, a estratégia de mitigação nos dá tempo para agir e reforçar o sistema de saúde público e privado antes que ele seja sobrecarregado. Contudo, **é importante ressaltar que a mitigação estende bastante o período total do surto epidêmico, de modo que teria que ser prolongada por um período acima de 4 meses, e poderia asfixiar a economia e a capacidade produtiva do estado.**

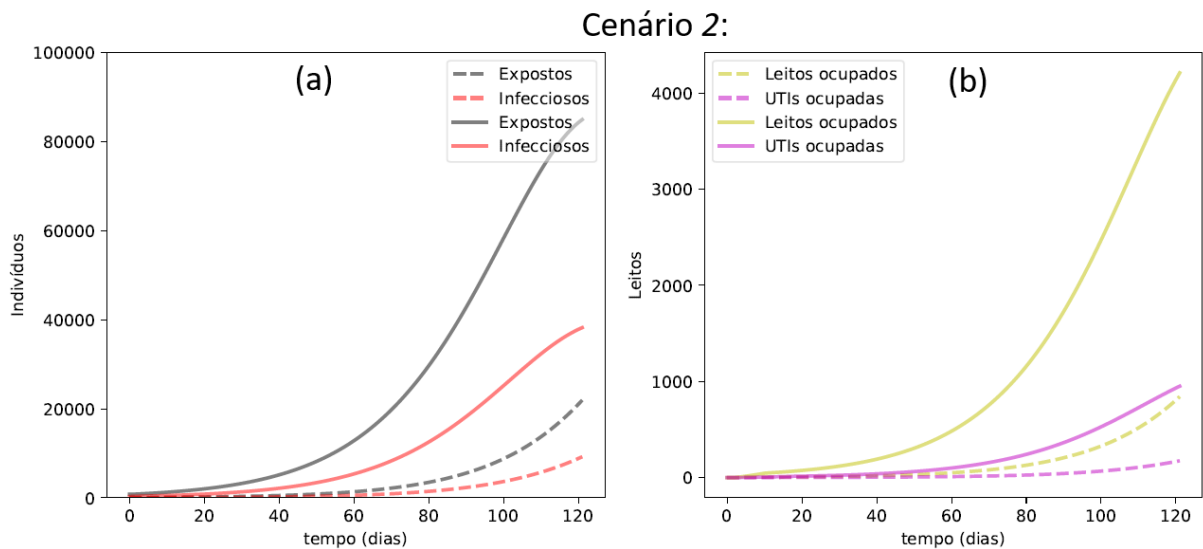


Gráfico 2: Cenário 2: mitigação de 50% com $R_0 = 2.7$, $I(t=0)=30$ nas curvas tracejadas e $I(t=0)=300$ nas curvas contínuas. Em (a) ilustramos o número de indivíduos contaminados em função do tempo, isto é, os expostos e os infecciosos. Em (b) mostramos o número de leitos de hospital e de UTI ocupados. Em ambas condições iniciais o pico de infecção ainda não foi atingido mesmo após 120 dias. A demanda máxima de 4761 leitos normais só é atingida no dia $t=135$ e a demanda máxima de 1152 leitos de UTI no dia $t=4139$.

Cenário 3: Com supressão

Consideramos agora o cenário em que medidas de supressão (ou “lockdown”) são implementadas no estado de Alagoas. Baseado nos estudos do Imperial College [1,2], estima-se que nesse caso haveria uma redução geral de 75% na circulação de pessoas. Neste caso, o número médio de pessoas contagiadas por cada infeccioso cai para $R_0^{ef} = 0,25 R_0 = 0,675$, sendo, portanto, menor que 1. Isto significa que durante a supressão o número de pessoas infectadas decai e o surto é rapidamente inibido. Apesar de muito eficaz na redução do número de infectados e hospitalizados, a estratégia da supressão é muito difícil de ser implementada, pois demanda forte organização e fiscalização por parte da sociedade, e paralisa completamente serviços não essenciais. Portanto, esta medida deve ser reservada para implementação apenas em momentos precisos e bem calculados da epidemia.

Cenário 3:

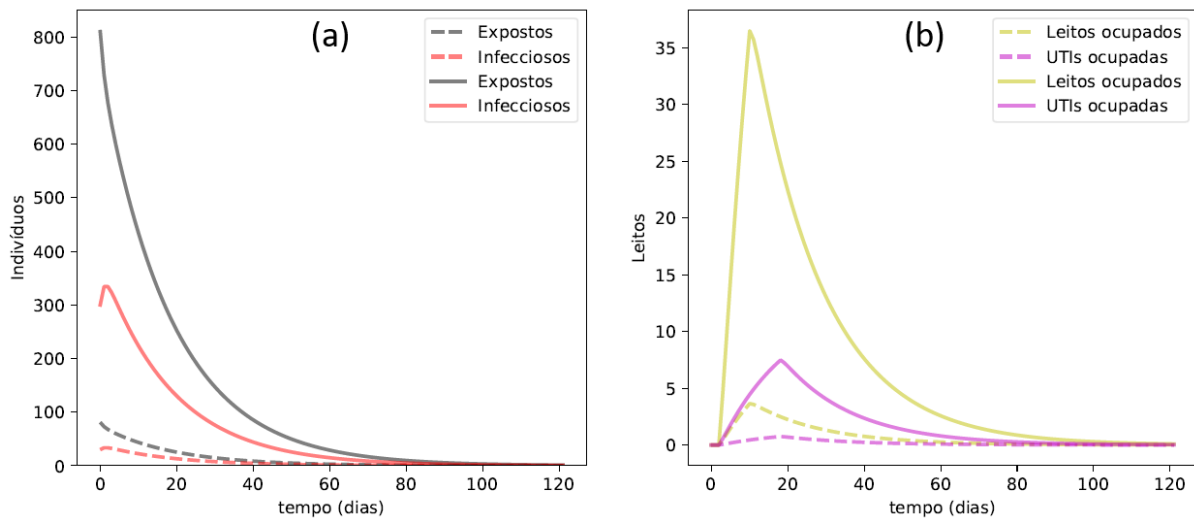


Gráfico 3: Cenário 3: supressão de 75% de $t=0$ até $t=120$ com $R_0=2,7$, $I(t=0)=30$ nas curvas tracejadas e $I(t=0)=300$ nas curvas contínuas. Em (a) ilustramos o número de indivíduos contaminados em função do tempo, isto é, os expostos e os infecciosos. Em (b) mostramos no número de leitos de hospital e de UTI ocupados. A epidemia é rapidamente reprimida durante o período de supressão, mas voltaria prontamente caso as medidas de isolamento social fossem removidas.

A título de apresentação didática neste relatório das estratégias de contenção possíveis e a fim de comparar diretamente as medidas de supressão com as de mitigação, simulamos a supressão como iniciando no tempo $t=0$ e continuando até $t=120$ dias. Destacamos que isso seria impossível na prática, e voltaremos a este ponto no fim desta seção. Por esta razão incluímos no Apêndice os resultados de simulações que limitam a duração da supressão por apenas 30 dias (Cenário 4).

No Gráfico 3 (a) mostramos as curvas de indivíduos Expostos (curva cinza) e Infecciosos (curva vermelha) em função do tempo. Notamos que o número de expostos cai imediatamente já no início da supressão, enquanto que o começo na queda do número de infecciosos tem um pequeno atraso de alguns dias. O número total de infectados torna-se bastante reduzido ao fim de 120 dias: 3106 indivíduos. No Gráfico 3 (b) vemos que a demanda de leitos normais e de UTI também cai bastante na supressão quando comparada com a mitigação. O pico na demanda de leitos normais seria de 36 leitos em $t=10$, e na UTI seria de 8 leitos no dia $t=18$.

Antes de finalizar a análise sobre o Cenário 3, alguns aspectos devem ser devidamente enfatizados: **um cenário com forte supressão de mobilidade bem como forte isolamento social é, de longe, uma das melhores estratégias para se combater a evolução da epidemia.** A taxa de propagação média da doença pode cair 4 ou 5 vezes e isso acaba impetrando uma condição onde $R_0^{ef} < 1$, o que indica epidemia controlada. **Entretanto, vale salientar que este panorama pode sofrer reveses severos em questões práticas ligadas à economia e/ou à própria logística de abastecimento e demais demandas pertinentes à sociedade [5]** (principalmente perante parte da sociedade Alagoana que tem perfil de grande fragilidade socioeconômica e vulnerabilidade social). Acreditamos que esta solução seria inviável em se tratando de escalas temporais acima de 1 mês. **No entanto, esta estratégia é um recurso poderoso que poderia ser utilizado em uma escala de tempo curto de 15 a 30 dias, caso necessário.** Entretanto, mesmo sabendo das diversas dificuldades que permeiam este cenário

3, é importante analisar tal contexto e compará-lo com outras possíveis estratégias de contenção do surto de COVID-19.

Como perspectivas de simulações futuras, pretendemos continuar nossos estudos para aperfeiçoar nossas previsões nos seguintes quesitos:

- Explorar estratégias mistas e adaptativas como uma maneira de combinar as estratégias acima apresentadas, algo que também foi proposto nos estudos do Imperial College [1,2].
- Delinear otimizações para tempos de períodos de mitigação e de supressão adequados para a realidade alagoana.
- Modelar o efeito de testagem laboratorial massiva e quarentena de casos identificados.
- Estender o modelo SEIR de população única para uma rede de municípios alagoanos, cada um com sua dinâmica local de infecção.
- Incluir a mobilidade de pessoas entre os municípios para simular como a epidemia se propaga intermunicipalmente e prever em quais cidades o surto se manifestará primeiro.

Conclusões

Neste relatório, nos baseamos na metodologia científica descrita em artigos recentes do renomado grupo de modelagem epidemiológica do Imperial College de Londres [1,2] para elaborar simulações computacionais que projetem a evolução do surto de COVID-19 no estado de Alagoas. Nossa adaptação da abordagem britânica consistiu simplesmente em utilizar a pirâmide etária da população alagoana para calcular as taxas de hospitalização e leitos de UTI que teríamos no cenário local. Ressaltamos que apesar da incerteza sobre o número real de casos de COVID-19 no estado, a dinâmica da epidemia é muito bem compreendida e explicada pelo modelo computacional aqui empregado. Nossos resultados são capazes de fornecer estimativas coerentes para o número de infectados e demanda de leitos hospitalares em função do tempo, dado que o estado já esteja no estágio de contágio comunitário. Abordamos aqui os três tipos de estratégias não-farmacêuticas de combate à pandemia de COVID-19 (sem mitigação, mitigação e supressão), as durações de suas implementações e a efetividade de suas medidas na redução da sobrecarga do sistema de saúde. **No entanto, enfatizamos que a proposta deste relatório não é propor a utilização de uma única estratégia dentre estas mencionadas. A otimização do uso combinado e adaptado destas três estratégias ao longo do tempo, especificamente para Alagoas, é um tema que esperamos abordar em relatórios futuros e nos colocamos à disposição dos gestores para esse fim.**

Mesmo em um cenário em que a pandemia esteja controlada localmente, é necessário monitorar cuidadosamente a evolução dos valores de R_0 diariamente para que estratégias adequadas sejam adotadas, com o objetivo de evitar uma potencial segunda onda de contágios [5].

Com o grande desafio imposto aos gestores públicos descrito nesse estudo, é importante que haja uma unidade na sociedade na busca das soluções possíveis com os recursos locais. Nesse sentido, considerando os cenários de demanda de serviços hospitalares no estado de Alagoas descritos neste documento, sugerimos que sejam implementadas estratégias com o objetivo de diminuir o crescimento do número de infectados e a consequente sobrecarga no sistema de saúde público e privado, bem como facilitar a recuperação econômica, assim que possível.

Estas estratégias devem contemplar ações localizadas e direcionadas a públicos específicos como doentes, familiares de doentes e idosos (mitigação), com ações globais que promovam a diminuição do contato entre as pessoas e consequente diminuição da transmissão do vírus (supressão). Entre as principais estratégias utilizadas e reportadas na literatura [4] que tiveram bons resultados na diminuição da velocidade da doença, listamos:

- Ampliar as medidas de redução de circulação de pessoas até que o estado esteja pronto para monitorar e atender às vítimas de COVID-19;
- Não retornar ao estado de circulação normal enquanto boa parte da população ainda é suscetível ao novo vírus (SARS-CoV-2) e não tivermos recursos para monitorar possíveis casos suspeitos;
- Testagem laboratorial de doentes, com subsequente monitoramento dos confirmados e seus familiares;

- Fornecimento de equipamentos de proteção individual (EPIs) para os profissionais de saúde atuantes no atendimento dos doentes;
- Dividir a população em grupos: infectados, suspeitos, pessoas que tiveram contato com doentes, pessoas que não sabem se tiveram contato e os possivelmente imunes (já tiveram a doença). Adotar estratégias específicas para cada um dos grupos. Tais ações só são possíveis com plataformas robustas de dados;
- Distribuir máscaras à população para diminuir a velocidade de propagação da doença; caso não seja possível oferecer máscaras para todos, priorizar os doentes e seus familiares diretos, bem como as pessoas que tiveram contato com os mesmos;
- Mobilizar a população, engajar as pessoas e dar condições para que soluções locais aconteçam para a produção e orientação da necessidade de afastamento;
- Equipar emergencialmente os hospitais e aumentar o número de leitos para abrigar a demanda;
- Mobilização da indústria local para equipar os hospitais e a população;
- Fazer um planejamento para a economia de acordo com o estudo local, priorizando os possivelmente imunes para restabelecer a normalidade com segurança;
- Dar publicidade ao plano, informando a necessidade das ações e critérios usados para o engajamento de todos.

Referências

- [1] *The Global Impact of COVID-19 and Strategies for Mitigation and Suppression*, Imperial College COVID-19 Response Team, 26 de março de 2020. <https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/sph/ide/gida-fellowships/Imperial-College-COVID19-Global-Impact-26-03-2020v2.pdf>. Accessed 7 Apr. 2020.
- [2] Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand, *Imperial College COVID-19 Response Team*, 16 de março de 2020. <https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/sph/ide/gida-fellowships/Imperial-College-COVID19-NPI-modelling-16-03-2020.pdf>. Acessado em 7 abr.. 2020.
- [3] Binti Hamzah FA, Lau C, Nazri H, Ligot DV, Lee G, Tan CL, et al. CoronaTracker: Worldwide COVID-19 Outbreak Data Analysis and Prediction. [Submitted]. Bull World Health Organ. E-pub: 19 March 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.20.255695>
- [4] Harvey V. Fineberg, *Ten Weeks to Crush the Curve*, Editorial do New England Journal of Medicine (1 de abril de 2020). <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMe2007263> (Tradução para português disponível em: <https://im.ufal.br/laboratorio/led/wp-content/uploads/2020/04/Ten-Weeks-to-Crush-the-Curve.pdf>)
- [5] Kathy Leung, Joseph T Wu, Di Liu, Gabriel M Leung. *First-wave COVID-19 transmissibility and severity in China outside Hubei after control measures, and second-wave scenario planning: a modelling impact assessment*. The Lancet. E-pub: 8 April 2020. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30746-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30746-7)

Apêndice

Principais resultados numéricos das simulações

SEM MITIGAÇÃO

Cenário $R_0 = 2.4$ com $I(0) = 30$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 2976403

Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :93036

Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :22682

Total de leitos normais/dia em 121 dias :744294

Total de leitos UTI/dia em 121 dias :181459

Pico de infectados no dia 67 com 239193 casos simultâneos, sendo 157867 sintomáticos.

Pico de demanda de 27829 leitos normais no dia 73

Pico de demanda de 6229 UTIs no dia 77

Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 11309

Cenário $R_0 = 2.4$ com $I(0) = 300$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 2977057

Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :93121

Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :22724

Total de leitos normais/dia em 121 dias :744970

Total de leitos UTI/dia em 121 dias :181799

Pico de infectados no dia 52 com 239269 casos simultâneos, sendo 157917 sintomáticos.

Pico de demanda de 27858 leitos normais no dia 59

Pico de demanda de 6236 UTIs no dia 63

Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 11313

Cenário $R_0 = 2.7$ com $I(0) = 30$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 3101376

Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :97001

Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :23671

Total de leitos normais/dia em 121 dias :776015

Total de leitos UTI/dia em 121 dias :189374

Pico de infectados no dia 58 com 287137 casos simultâneos, sendo 189510 sintomáticos.

Pico de demanda de 33155 leitos normais no dia 65

Pico de demanda de 7235 UTIs no dia 69

Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 11785

Cenário $R_0 = 2.7$ com $I(0) = 300$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 3101282
Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :97013
Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :23677
Total de leitos normais/dia em 121 dias :776106
Total de leitos UTI/dia em 121 dias :189418
Pico de infectados no dia 46 com 287682 casos simultâneos, sendo 189870 sintomáticos.
Pico de demanda de 33143 leitos normais no dia 52
Pico de demanda de 7232 UTIs no dia 56
Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 11786

Cenário $R_0 = 3.0$ com $I(0) = 30$
Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 3183512
Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :99576
Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :24302
Total de leitos normais/dia em 121 dias :796614
Total de leitos UTI/dia em 121 dias :194422
Pico de infectados no dia 52 com 330843 casos simultâneos, sendo 218356 sintomáticos.
Pico de demanda de 37777 leitos normais no dia 59
Pico de demanda de 8043 UTIs no dia 63
Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 12097

Cenário $R_0 = 3.0$ com $I(0) = 300$
Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 3183329
Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :99580
Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :24304
Total de leitos normais/dia em 121 dias :796641
Total de leitos UTI/dia em 121 dias :194432
Pico de infectados no dia 41 com 331341 casos simultâneos, sendo 218685 sintomáticos.
Pico de demanda de 37756 leitos normais no dia 48
Pico de demanda de 8043 UTIs no dia 52
Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 12097

COM MITIGAÇÃO DE 50%

Cenário $R_0 = 2.4$ com $I(0) = 30$
Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 15887
Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :400
Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :87
Total de leitos normais/dia em 121 dias :3201
Total de leitos UTI/dia em 121 dias :699
Pico de infectados no dia 120 com 922 casos simultâneos, sendo 608 sintomáticos.
Pico de demanda de 92 leitos normais no dia 120
Pico de demanda de 20 UTIs no dia 120

Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 58

Cenário $R_0 = 2.4$ com $I(0) = 300$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 142343

Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :3667

Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :808

Total de leitos normais/dia em 121 dias :29338

Total de leitos UTI/dia em 121 dias :6464

Pico de infectados no dia 120 com 7384 casos simultâneos, sendo 4873 sintomáticos.

Pico de demanda de 771 leitos normais no dia 120

Pico de demanda de 172 UTIs no dia 120

Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 527

Cenário $R_0 = 2.7$ com $I(0) = 30$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 104780

Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :2337

Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :481

Total de leitos normais/dia em 121 dias :18696

Total de leitos UTI/dia em 121 dias :3854

Pico de infectados no dia 120 com 9228 casos simultâneos, sendo 6090 sintomáticos.

Pico de demanda de 842 leitos normais no dia 120

Pico de demanda de 174 UTIs no dia 120

Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 380

Cenário $R_0 = 2.7$ com $I(0) = 300$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 661528

Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :16487

Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :3542

Total de leitos normais/dia em 121 dias :131902

Total de leitos UTI/dia em 121 dias :28339

Pico de infectados no dia 120 com 38226 casos simultâneos, sendo 25229 sintomáticos.

Pico de demanda de 4211 leitos normais no dia 120

Pico de demanda de 951 UTIs no dia 120

Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 2439

Cenário $R_0 = 3.0$ com $I(0) = 30$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 562171

Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :12078

Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :2418

Total de leitos normais/dia em 121 dias :96624

Total de leitos UTI/dia em 121 dias :19344

Pico de infectados no dia 120 com 52950 casos simultâneos, sendo 34947 sintomáticos.

Pico de demanda de 5031 leitos normais no dia 120

Pico de demanda de 1040 UTIs no dia 120

Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 2031

Cenário $R_0 = 3.0$ com $I(0) = 300$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 1575344

Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :43528

Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :9727

Total de leitos normais/dia em 121 dias :348229

Total de leitos UTI/dia em 121 dias :77823

Pico de infectados no dia 100 com 67915 casos simultâneos, sendo 44824 sintomáticos.

Pico de demanda de 8112 leitos normais no dia 107

Pico de demanda de 1946 UTIs no dia 111

Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 5896

CENÁRIO 3 - SUPRESSÃO DE 75% dias 1 a 120

Cenário $R_0 = 2.4$ com $I(0) = 30$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 224

Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :7

Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :1

Total de leitos normais/dia em 121 dias :63

Total de leitos UTI/dia em 121 dias :15

Pico de infectados no dia 1 com 31 casos simultâneos, sendo 20 sintomáticos.

Pico de demanda de 3 leitos normais no dia 10

Pico de demanda de 1 UTIs no dia 18

Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 0

Cenário $R_0 = 2.4$ com $I(0) = 300$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 2247

Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :79

Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :19

Total de leitos normais/dia em 121 dias :637

Total de leitos UTI/dia em 121 dias :155

Pico de infectados no dia 1 com 314 casos simultâneos, sendo 207 sintomáticos.

Pico de demanda de 33 leitos normais no dia 10

Pico de demanda de 7 UTIs no dia 18

Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 9

Cenário $R_0 = 2.7$ com $I(0) = 30$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 311

Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :10

Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :2

Total de leitos normais/dia em 121 dias :85

Total de leitos UTI/dia em 121 dias :20

Pico de infectados no dia 1 com 33 casos simultâneos, sendo 22 sintomáticos.

Pico de demanda de 3 leitos normais no dia 10

Pico de demanda de 1 UTIs no dia 18

Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 1

Cenário $R_0 = 2.7$ com $I(0) = 300$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 3106

Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :106

Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :25

Total de leitos normais/dia em 121 dias :851

Total de leitos UTI/dia em 121 dias :207

Pico de infectados no dia 1 com 334 casos simultâneos, sendo 220 sintomáticos.

Pico de demanda de 36 leitos normais no dia 10

Pico de demanda de 8 UTIs no dia 18

Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 12

Cenário $R_0 = 3.0$ com $I(0) = 30$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 446

Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :14

Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :3

Total de leitos normais/dia em 121 dias :118

Total de leitos UTI/dia em 121 dias :28

Pico de infectados no dia 2 com 36 casos simultâneos, sendo 23 sintomáticos.

Pico de demanda de 4 leitos normais no dia 10

Pico de demanda de 1 UTIs no dia 18

Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 1

Cenário $R_0 = 3.0$ com $I(0) = 300$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 4454

Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :148

Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :36

Total de leitos normais/dia em 121 dias :1186

Total de leitos UTI/dia em 121 dias :289

Pico de infectados no dia 2 com 362 casos simultâneos, sendo 239 sintomáticos.

Pico de demanda de 40 leitos normais no dia 10

Pico de demanda de 9 UTIs no dia 18

Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 18

**CENÁRIO 4 - sem mitigação dias 1 a 30 +
SUPRESSÃO 75% dias 31 a 60 + sem mitigação
61 a 120**

Cenário $R_0 = 2.4$ com $I(0) = 30$

Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 2522059

Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :59107
Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :11191
Total de leitos normais/dia em 121 dias :472861
Total de leitos UTI/dia em 121 dias :89528
Pico de infectados no dia 110 com 233898 casos simultâneos, sendo 154372 sintomáticos.
Pico de demanda de 27238 leitos normais no dia 117
Pico de demanda de 6099 UTIs no dia 120
Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 9307

Cenário $R_0 = 2.4$ com $I(0) = 300$
Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 2784085
Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :80499
Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :17915
Total de leitos normais/dia em 121 dias :643994
Total de leitos UTI/dia em 121 dias :143322
Pico de infectados no dia 99 com 191782 casos simultâneos, sendo 126576 sintomáticos.
Pico de demanda de 22483 leitos normais no dia 106
Pico de demanda de 5110 UTIs no dia 110
Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 10499

Cenário $R_0 = 2.7$ com $I(0) = 30$
Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 3033406
Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :90229
Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :20334
Total de leitos normais/dia em 121 dias :721836
Total de leitos UTI/dia em 121 dias :162675
Pico de infectados no dia 98 com 274434 casos simultâneos, sendo 181126 sintomáticos.
Pico de demanda de 31641 leitos normais no dia 104
Pico de demanda de 6938 UTIs no dia 109
Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 11477

Cenário $R_0 = 2.7$ com $I(0) = 300$
Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 2939792
Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :89690
Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :21149
Total de leitos normais/dia em 121 dias :717522
Total de leitos UTI/dia em 121 dias :169194
Pico de infectados no dia 92 com 182835 casos simultâneos, sendo 120671 sintomáticos.
Pico de demanda de 21380 leitos normais no dia 98
Pico de demanda de 4837 UTIs no dia 102
Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 11146

Cenário $R_0 = 3.0$ com $I(0) = 30$
Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 3152747
Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :97688

Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :23399
Total de leitos normais/dia em 121 dias :781504
Total de leitos UTI/dia em 121 dias :187195
Pico de infectados no dia 90 com 300020 casos simultâneos, sendo 198013 sintomáticos.
Pico de demanda de 34441 leitos normais no dia 96
Pico de demanda de 7406 UTIs no dia 100
Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 11971

Cenário $R_0 = 3.0$ com $I(0) = 300$
Total de infecciosos ao fim de 121 dias: 2934775
Total de hospitalizados em leitos normais 121 dias :90217
Total de hospitalizados em UTI em 121 dias :21535
Total de leitos normais/dia em 121 dias :721740
Total de leitos UTI/dia em 121 dias :172286
Pico de infectados no dia 89 com 135193 casos simultâneos, sendo 89227 sintomáticos.
Pico de demanda de 15873 leitos normais no dia 95
Pico de demanda de 3635 UTIs no dia 99
Total de mortes esperadas assumindo que a demanda total de leitos é integralmente atendida ao fim de 121 dias: 11134