

NOTA TÉCNICA

CONTROLE DA PANDEMIA DE COVID-19 NO BRASIL

O caso da Grande São Paulo

Universidade de Brasília

Dr. Tarcísio M. Rocha Filho – CIFMC-IF

Dr. Walter Massa Ramalho – FCE

Dr. Wildo Navegantes de Araújo – FCE

Dr. José Marilson Martins Dantas – FACE

Dra. Magda de Lima Lucio – FACE

4 de abril de 2020

1 Introdução

O COVID-19 é uma doença grave causada pelo vírus SARS-CoV-2, da classe dos coronavírus, que primeiro surgiu na China em dezembro de 2019 e agora se alastra pelo mundo. O primeiro caso registrado no Brasil foi na cidade de São Paulo em 13 de fevereiro deste ano, tendo se alastrado desde então a todos os estados brasileiros. Com base em dados de pesquisas científicas, principalmente utilizando dados da China, muitas informações importantes sobre a doença já são conhecidas, que nos permitem construir modelos mais complexos para prever sua evolução [1]. Ao que tudo indica, e já baseados nos casos ocorridos em território nacional, a dinâmica da doença é totalmente similar à observada na China e Europa. Os fatos importantes a serem considerados neste momento são:

- Trata-se de um vírus. Ele não será eliminado sem o desenvolvimento de uma vacina, o que não deve ocorrer antes de 2021.
- A epidemia continuará até que se atinja a imunidade de rebanho, no caso o número de pessoas protegidas por infecção prévia. Caso a evolução da doença seja muito rápida, sem nenhuma medida de mitigação realmente efetiva, o percentual da População contaminada poderá ultrapassar os 80%.
- O sistema de saúde será muito rapidamente sobrecarregado, de modo que medidas que retardem a evolução da epidemia, e diminuam o peso sobre esse sistema, se tornam essenciais.
- Medidas de controle, como suspensão de aulas e de atividades econômicas não essenciais, são de suma importância no controle da epidemia, mas de alto custo socioeconômico. Cabe ao gestor público e aos diferentes setores da sociedade bem equacionar as consequências de cada medida.
- Se as medidas de controle forem suspensas antes do momento adequado, a saber quando a epidemia não é mais autossustentada, implicará rapidamente no retorno de um forte crescimento dos casos de infecção.
- Na ausência de qualquer medida de controle, a duração prevista da epidemia (vide mais abaixo) é de cerca de cinco meses, tempo este que aumenta com medidas de controle por isolamento social.
- A epidemia evolui muito rapidamente, sobretudo em seu início. Qualquer pequeno atraso na tomada de decisões significa maior dificuldade de controle da doença, com o respectivo custo em vidas humanas e impacto na sociedade.
- A grande maioria dos casos é assintomático, ou leve demais para ser identificado. Na China estima-se que 86% dos casos recaia nessa categoria.
- Baseado em dados de mortalidade por faixa etária registrados na China, e o percentual de casos assintomáticos ou não detectáveis, estimamos que, caso nenhuma medida de contenção seja implementada, teremos cerca de 200.000 mortes no Brasil devidas ao

COVID-19, caso o sistema de saúde consiga dar atendimento a todos que necessitarem. Medidas de controle, sobretudo de isolamento social, reduzem esse número.

- A única medida disponível de combate ao COVID-19 neste momento é o isolamento. Não existe ainda um tratamento clínico aceito e bem testado para a doença, apesar de pesquisas importantes em curso.
- Estima-se que caso nenhuma ação para mitigar a epidemia fosse adotada, a população infectada em todo o mundo chegaria a 7 bilhões, com 40 milhões de mortes [2].

2 O modelo

Nosso modelo utiliza uma estratificação em diferentes faixas etárias e divide a população em cada uma entre as seguintes sub-populações (para cada faixa etária): suscetíveis (que não são imunes nem estão doentes), infectados (estão infectados pelo vírus mais ainda não transmitem), infecciosos (que estão com o vírus e o transmitem) e Recuperados (indivíduos que tiveram a doença e se recuperaram se tornando imunes). Os detalhes do modelo e sua implementação computacional, assim como os contatos entre as pessoas forem modelados, estão descritos na referência [1].

Apresentamos agora alguns cenários de isolamento, sendo a única ferramenta disponível e eficiente de combate a essa epidemia. Vamos considerar os valores médios para os parâmetros epidemiológicos do COVID-19 apresentados na tabela 1, que representam o melhor conhecimento científico disponível até o momento. Para cada cenário é possível realizar uma análise de sensibilidade como a que apresentamos acima para a situação sem mitigação.

Tabela 1: Parâmetros do COVID-19 utilizados nas modelagens e o respectivo Intervalo de Confiança (IC), quando couber.

Variáveis	Definição	Valor (IC 95%) [Ref]
κ	Taxa de natalidade	0.01416 [3]
μ	Mortalidade natural (sem COVID-19)	0.00608 [3]
ψ	Taxa de recuperação de internação hospitalar	1/17.5 dias ⁻¹ [4]
P_{sc}	Proporção de casos severos e críticos	18% [5]
μ_{COV}	Mortalidade devida ao COVID-19, sobre os casos detectados	0.4% – 2.9% [5]
θ	Mortalidade entre os indivíduos hospitalizados	μ_{COV}/P_{sc}
σ^{-1}	Inverso da taxa de incubação	5.0 (4.2, 6.0) dias [6]
γ^{-1}	Inverso do tempo de recuperação dos indivíduos não-hospitalizados	1.61 (0.35, 3.23) dias ⁻¹ [7]
ζ_i	Probabilidade de hospitalização por faixa etária i	(vide texto)
R_0	Número de reprodução básica do COVID-19	2.74 (2.47, 3.03) (apanhado na literatura)
τ_1	Tempo mediano entre início dos sintomas e hospitalização	3.3 (2.7, 4.0) [6]
τ_2	Tempo médio entre início dos sintomas e morte	15.0 (12.8, 17.5) [6]
P_{nd}	Proporção de casos não detectados (assintomáticos e casos leves)	86.2%(81.6%, 89.8%) [8]

3 Cenários para a Grande São Paulo

Consideramos nesta primeira análise as seguintes faixas etárias: 0 a 9, 10 a 39, 40 a 49, 50 a 59, 60 a 69, e 70 ou mais anos de idade. Consideramos diferentes cenários, tanto sem nenhuma mitigação da epidemia, como diferentes cenários de isolamento social.

3.1 Cenário sem nenhuma mudança comportamental e nenhuma medida de de isolamento

Abaixo na figura 1 mostramos os resultados de uma análise da evolução da epidemia na região metropolitana de São Paulo, com uma população total estimada de 21,5 milhões. A análise corresponde a 10.000 simulações com parâmetros variando nos intervalos de incerteza da tabela 1.

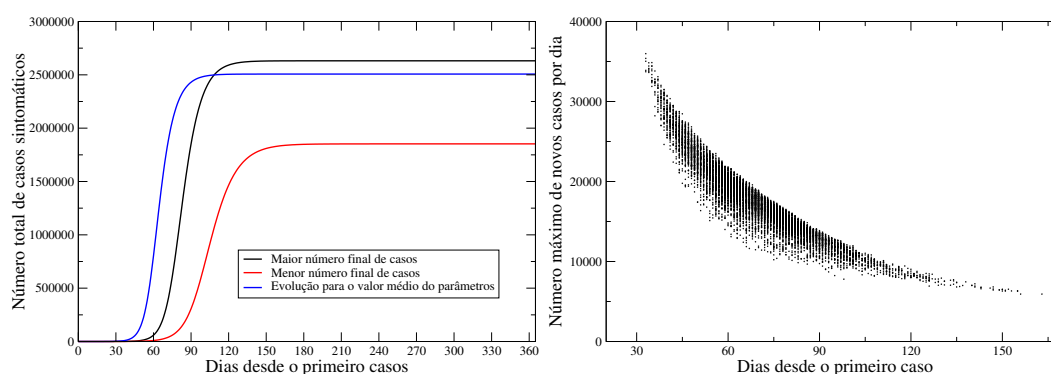


Figura 1: **Esquerda:** Evolução no tempo do número de casos sintomáticos, variando os valores dos parâmetros em seu intervalo de confiança. Obtemos assim um número mínimo e máximo de casos para a grande São Paulo. A curva em azul corresponde ao número de casos quando utilizamos os valores médios dos parâmetros na tabela 1. **Direita:** Diferentes previsões do máximo epidêmico (máximo do número de casos novos por dia) na horizontal, e o número de casos novos por dia no pico na vertical, para o intervalo de incerteza dados na tabela 1.

No auge da epidemia, e na ausência de medidas de isolamento, a expectativa média de demanda de leitos hospitalares seria de 142.000 leitos de enfermagem e UTI somados, com um erro de 38.000 para mais ou para menos.

O número oficial do total de leitos de UTI na região metropolitana de São Paulo é hoje de 9442 lugares, com uma ocupação média histórica de aproximadamente 75%, ou seja 2360 leitos desocupados. Isso mostra que o sistema pode rapidamente ser sobrecarregado.

3.2 Cenários com redução contatos

O que foi apresentado acima nos permite compreender as diferentes incertezas envolvida na análise epidemiológica de qualquer doença. As previsões feitas abaixo correspondem a valores médios, e deve-se sempre considerar que podem variar dentro de um intervalo de confiança, sem alterar de forma substancial o que é apresentado.

3.2.1 Isolamento moderado

Este cenário supõe que a redução de contatos entre toda a população é a mesma que observada quando se cancelam as aulas regulares. Utilizamos o resultado de um estudo sobre surtos de sarampo na cidade de Londres no século passado [9], sabemos que no período de férias escolares, os contatos entre crianças e adolescentes são reduzidos em 36%. Suporemos então que este percentual se aplica a toda a população, denominando este tipo de isolamento de moderado.

Apresentamos a seguir os prognósticos de nosso modelo com uma redução moderada de 36% dos contatos, se iniciando 44 dias após o início de epidemia, quando o número de casos novos confirmados chegaria a 500 em nossa modelagem. Note-se que no curso atual da epidemia no Brasil o número de casos não notificados não pode ser desprezado, principalmente pelo número limitado de testes disponíveis. Consideramos dois casos de duração do isolamento: 1 e 2 meses, comparando sempre os resultados com os obtidos no cenário sem nenhuma mitigação. O número total de casos sintomáticos e assintomáticos, assim como a previsão de óbitos estão na figura 2 abaixo. O número de pacientes em hospitais e de casos novos por dia estão exibidos na figura 3. Cerca de um quarto dos hospitalizados necessita de UTI e o restante de leito de enfermaria.

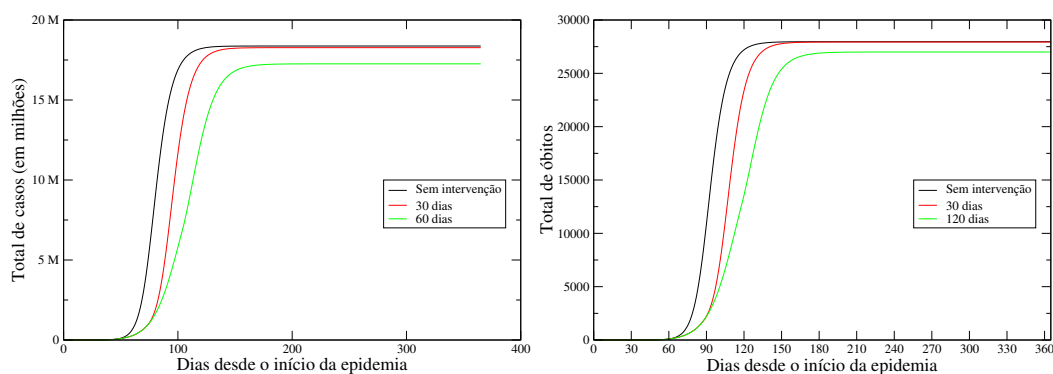


Figura 2: **Esquerda:** Total de casos previstos (sintomáticos e assintomáticos) para um cenário iniciando isolamento com duas semanas após o primeiro caso, com todas as pessoas reduzindo seus contatos em 36%. **Direita:** Total previsto de óbitos em função do tempo.

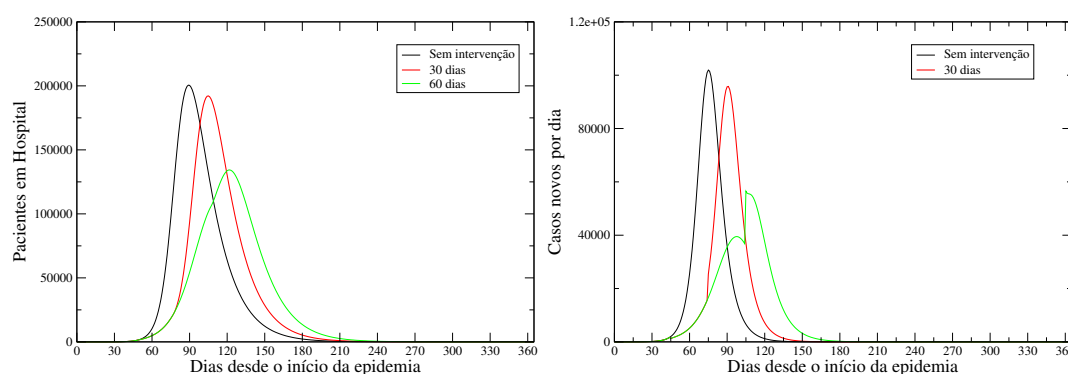


Figura 3: **Esquerda:** Pessoas hospitalizadas no cenário da figura 2. **Direita:** Casos novos por dia em função do tempo.

Na grande São Paulo existem 9442 leitos de UTI, somando os do Sistema Única de Saúde e da rede privada (dados do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde – CNES no Ministério da Saúde do Brasil [11]). Dessa forma, para os cenários da figura 2, não haveria leitos de UTI em quantidade suficiente para atender a demanda causada pelo COVID-19 após pouco mais de dois meses de epidemia, mesmo que todos os leitos fosse dedicados exclusivamente para tal. Se estimarmos a ocupação média otimista de 75%, a saturação ocorreria mais rapidamente ainda.

Uma conclusão óbvia e muito importante é que o isolamento desloca o pico da epidemia de forma substancial, neste caso aproximadamente o mesmo tempo que durou o isolamento. Isso deve ser um alerta para que, ao aplicar uma dada estratégia de isolamento, a redução no número de casos não crie a ilusão de que a epidemia está controlada, e que portanto seria possível retornar à normalidade. Isso ficará claro no restante desta nota.

3.2.2 Isolamento vertical de idosos

Consideremos agora o isolamento vertical, no qual apenas os contatos de idosos de 70 anos ou mais são reduzidos em 75%, entre os próprios idosos e com todas as demais faixas etárias. Os outros tipo de de contato são mantidos nos valores usuais. O isolamento se inicia na mesma data que o da seção anterior, 44 dias após o início da epidemia (data do primeiro caso confirmado). Os resultados estão apresentados abaixo nas figuras 4 e 5.

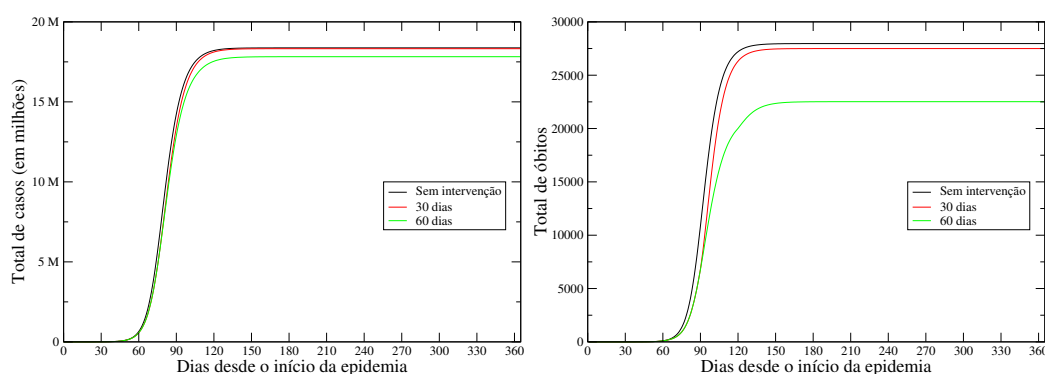


Figura 4: **Esquerda:** Total de casos para um cenário iniciando isolamento vertical para 70 anos de idade ou mais, reduzindo em 75% seus contatos, iniciando duas semanas após o primeiro casos. As demais pessoas mantêm seu padrão de contato. **Direita:** Número de óbitos estimado em função do tempo.

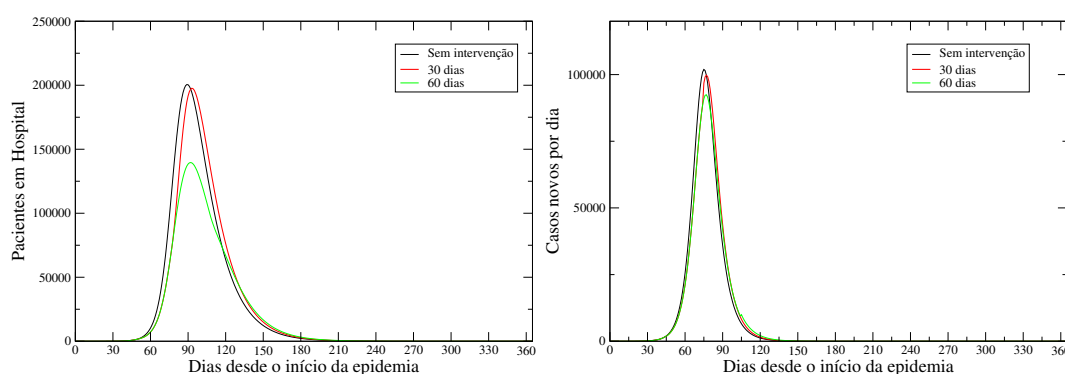


Figura 5: **Esquerda:** Pessoas hospitalizadas para o cenário da figura 4. **Direita:** Casos novos por dia em função do tempo.

Assim vemos que o isolamento vertical de idosos, algo que não é simples na prática sobretudo na realidade brasileira, em pouco afeta a evolução da epidemia, com uma redução de apenas 15% das mortes, principalmente entre os próprios idosos. Esta redução é muito inferior ao excesso de mortes causadas pela insuficiência do número de leitos de UTI disponíveis.

3.2.3 Isolamento forte intercalado por períodos de isolamento moderado

O próximo cenário de isolamento, também iniciado 44 dias após o início, com duração 60 dias, com redução de 50% dos contatos para todos, exceto para 70 anos ou mais de idade, com redução de 75% dos contatos com todos, seguido período de 30 dias com isolamento moderado (redução de 36% dos contatos). Após isso, o ciclo de 90 dias de isolamento intenso e 30 dias de isolamento moderado é retomado, subsequentemente até completar um ano no total. Caso durante o relaxamento o número de casos novos por dia exceder 500, o isolamento mais forte é retomado. Os resultados estão mostrados nas figuras abaixo.

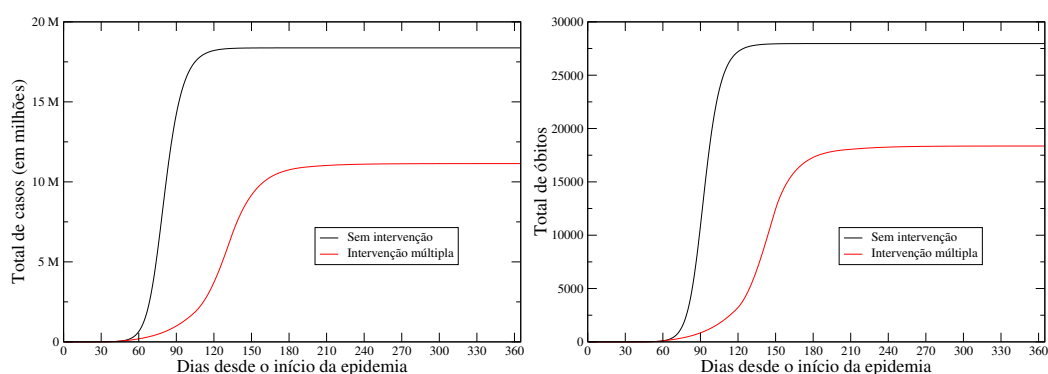


Figura 6: **Esquerda:** Cenário iniciando isolamento 44 dias após o primeiro caso, onde todas as pessoas reduzem seus contatos em 50%, e entre as pessoas de 70 anos ou mais e destas com outras faixas etárias em 75%, por 60 dias, após o que o isolamento é moderado por 30 dias com os contatos em 64% dos contatos antes da epidemia. Esse padrão é repetido ao longo de um ano. **Direita:** Total previsto de óbitos em função do tempo.

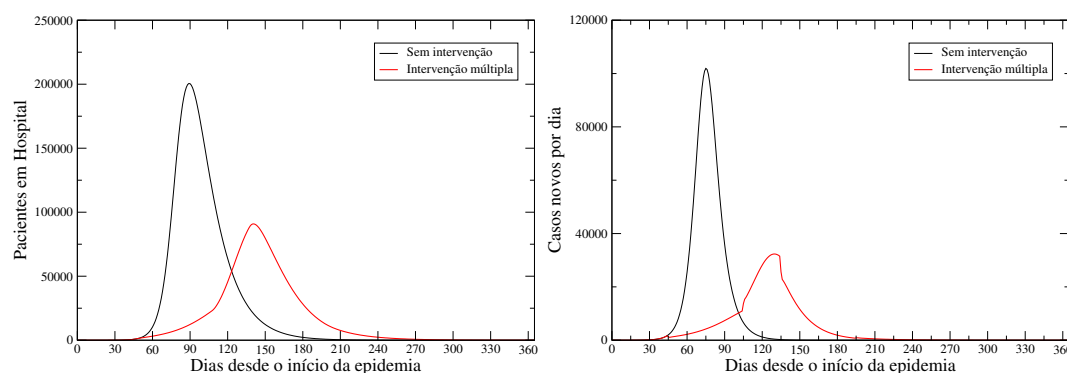


Figura 7: **Esquerda:** Pessoas hospitalizadas para o cenário da figura 6. **Direita:** Casos novos por dia em função do tempo.

O efeito dessa forma de controle da epidemia é muito mais intenso, com uma redução da ordem de 65% do total de mortos na grande São Paulo. No entanto a pressão sobre o sistema de saúde seria ainda muito forte no período em torno do máximo epidêmico.

3.2.4 Isolamento intenso intercalado por períodos de isolamento moderado

O último cenário que apresentamos corresponde a uma sequência de isolamentos com duração de 30 dias cada um, e redução de 75% dos contatos para todos, intercalados por períodos de 30 dias com isolamento moderado (redução de 36% dos contatos para todos). Caso durante o relaxamento o número de casos novos por dia exceder 500, o isolamento intenso é retomado por 30 dias, e assim subsequentemente.

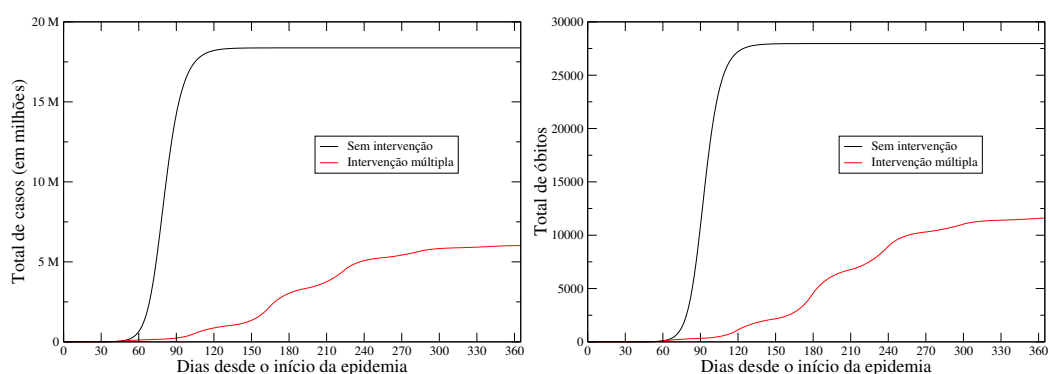


Figura 8: **Esquerda:** Cenário iniciando isolamento 44 dias após o primeiro caso, onde todas as pessoas reduzem seus contatos em 75%, por 60 dias, após o que o isolamento é moderado por 30 dias com contatos reduzidos em 36% do que antes da epidemia. Esse padrão é repetido ao longo de um ano. **Direita:** Total previsto de óbitos em função do tempo.

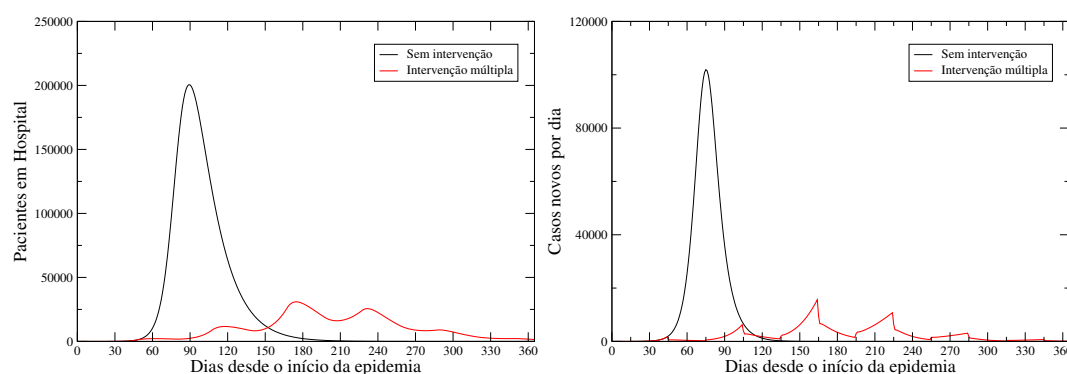


Figura 9: **Esquerda:** Pessoas hospitalizadas para o cenário da figura 8. **Direita:** Casos novos por dia em função do tempo.

Um fenômeno comum em doença causadas por viroses é o surgimento de surtos menores ao longo do tempo, devidos, entre outros fatores, ao número de suscetíveis causado pelos nascimentos e pela mudança dos padrões de contatos entre indivíduos à medida que estes envelhecem. Um exemplo claro disso são os surtos de sarampo que forem observados ao longo dos últimos anos, e especial no Brasil em 2019 (vide a referência [9] para uma discussão dos surtos de sarampo). Uma segunda onda da doença pode também ocorrer algum tempo após o retorno à normalidade. A figura 10 mostra o cenário de isolamento intercalado das figuras 8 e 9 acima, mas com duração de 1, 2 e 3 anos, após os quais a população volta à normalidade, com os mesmos padrões de contato pré-epidemia. Observamos que logo após o fim do isolamento surge um surto de COVID-19 de menor intensidade do que teria sido observado na ausência de qualquer mitigação, mas ainda intenso o suficiente para causar sobrecarga do sistema de saúde. A intensidade desse surto diminui pouco se mantivermos o mesmo tipo de isolamento intercalado por 1 ou 3 anos. Vemos também que, se após um ano de isolamentos mais fortes intercalado por uma redução moderada dos contatos, ocorrer uma mudança comportamental em

toda a população (36% de redução de contato), o surto que se segue é muito mais brando, e pode ser melhor absorvido pelos sistemas de saúde em cada estado.

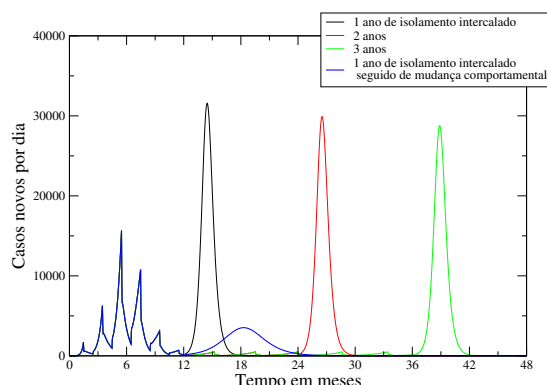


Figura 10: Número de casos novos por dia ao longo de quatro anos para o esquema de isolamento que corresponde às figuras 8 e 9, com duração de 1, 2 e 3 anos (gráfico em preto, vermelho e verde respectivamente). O gráfico em azul mostra o resultado de um ano de isolamento seguido de uma mudança comportamental permanente, com os contatos entre pessoas sendo reduzindo em 36%.

4 Conclusões e recomendações

Percebemos que diferentes cenários de isolamento levam a resultados muito diferentes. A abordagem mais sensível consiste em minimizar o custo em mortes, o que por sua vez envolve não sobrecarregar o sistema de saúde. Por outro lado fatores econômicos devem ser levados em conta, visto que é necessário um ano de intervenções para controlar a epidemia de COVID-19. Além disso será necessário uma forte campanha de conscientização e uma profunda transformação social para estabelecer um padrão de contatos reduzidos e assim evitar um novo surto importante.

Cenários de isolamento com fechamento de setores da economia (p. ex. comércio, indústria e diversão), escolas e Universidades, podem e devem ser considerados, com dados demográficos mais detalhados por setor de atividade. Diferentes períodos de isolamento pode ser considerados, com diferentes gatilhos entre eles. Isso permitirá propor estratégias otimizadas de mitigação da epidemia, que levem em conta tanto o custo social como o econômico.

Podemos sintetizar a presente análise nos seguintes pontos:

- Não combater de forma eficaz a atual epidemia de COVID-19, com medidas duras de isolamento, implica num elevado número de mortes, que no casos da grande São Paulo seria da ordem 26 mil. Devido ao mais que provável colapso do sistema de saúde que ocorreria no auge da epidemia, nesse e em cenários de isolamento mal realizados, esse número seria muito maior.
- Adotar apenas um isolamento vertical de idosos reduz em 15% o número de mortos, mas mantém uma forte pressão sobre o sistema de saúde, o que resultaria num número adicional de mortos maior do que a redução obtida pelo isolamento de idosos.

- Um único período de isolamento controla a epidemia por pelo tempo que esse isolamento existe. Ocorrendo a volta à normalidade, a epidemia retorna com pouca redução no número de mortos, a depender de quanto tempo durou o isolamento, resultando por sua vez na saturação do sistema de saúde pela limitação do número de leitos, sobretudo os de UTI, onde a maioria das mortes ocorre.
- O pico da epidemia, na ausência de qualquer isolamento, ocorreria em algum momento entre o mês de abril e o mês de maio. No entanto, com as medidas de isolamento já adotadas no Brasil, este pico se desloca mais para adiante no tempo. Caso o isolamento se encerre em maio, este ocorreria ao longo do mês de junho (esse deslocamento é também observado em outros estudos, como os das referências [2] e [12]).
- Uma possível forma de controlar a epidemia seria utilizar a alternância entre isolamento e “relativa” normalidade, que poderia ser, por exemplo, por períodos da ordem de um mês, ao longo de um período total bem mais longo, da ordem de um ano. Este deve ser seguido por uma mudança comportamental de toda a população, Uma tarefa difícil mas não impossível. A alternativa é um número elevado mortes no país, que poderia chegar a meio milhão, com o total colapso do sistema de saúde em todos os estados, e as inevitáveis consequências sociais e econômicas.
- A implementação de tais medidas de isolamento em cada estado da federação requererá um acompanhamento permanente da situação, por uma equipe qualificada para tal, contando com cientistas de diferentes áreas e gestores competentes. É nossa convicção que a comunidade científica brasileira está à altura dessa tarefa.
- A análise aqui apresentada se restringe à grande São Paulo, mas pode ser realizada para outros grandes centros, para os quais as presentes conclusões e recomendações continuam válidas.
- Alguns países adotaram medidas diferentes de controle da epidemia, como a China e a Coreia. No caso da China com um isolamento não apenas social, mas de cidades e regiões inteiras, numa intensidade que dificilmente poderia ser implementada em outro países. Mesmo assim, se ocorrer uma volta à normalidade o país retomará o curso inicial da epidemia, pois um percentual muito reduzido da população se tornou imune até agora. No caso da Coreia as pessoas foram testadas para o contágio de forma sistemática, com rastreamento de contatos dos infectados, e isolamento estrito destes. Isso requer alta organização, e sobretudo um número ilimitado de testes de boa qualidade para o COVID-19. Essa abordagem requer condições que poucos países no mundo poderiam implementar em tempo hábil.

Como conclusão final, podemos dizer que o desafio é enorme, e que uma saída menos onerosa só existirá utilizando o melhor conhecimento científico disponível, assim evitando a perda de muitas vidas humanas.

Referências

- [1] T. M. Rocha Filho, F. S. G. Santos, V. B. Gomes, T. A. H. Rocha, J. H. R. Croda, W. M. Ramalho, W. N. Araujo. *Expected impact of COVID-19 outbreak in a major metropolitan area in Brazil*. MedRxiv DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.03.14.20035873>
- [2] The Imperial College COVID-19 Response Team. P. G. T. Walker et al. *The Global Impact of COVID-19 and Strategies for Mitigation and Suppression*. WHO Collaborating Centre for Infectious Disease Modelling, MRC Centre for Global Infectious Disease Analysis, Abdul Latif Jameel Institute for Disease and Emergency Analytics, Imperial College London (2020)
- [3] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/populacao/>
- [4] Wang C, Hornby PW, Hayden FG, Gao GF. *A novel coronavirus outbreak of global health concern*. Lancet (2020) 395, 470. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30185-9.
- [5] The Novel Coronavirus Pneumonia Emergency Response Epidemiology Team. *The Epidemiological Characteristics of an Outbreak of 2019 Novel Coronavirus Diseases (COVID-19) — China, 2020*. CCDC Weekly (2020) 2(x): 1.
- [6] Linton NM, Kobayashi T, Yang Y, Hayashi K, Akhmetzhanov AR, Jung S, Yuan B, Kinoshita R, Nishiura H, *Incubation Period and Other Epidemiological Characteristics of 2019 Novel Coronavirus Infections with Right Truncation: A Statistical Analysis of Publicly Available Case Data*. Journal of Clinical Medicine (2020) 9: 538.
- [7] Read JM, Bridgen JRE, Cummings DAT, Ho A, Jewell CP. *Novel coronavirus 2019-nCoV: early estimation of epidemiological parameters and epidemic predictions* medRxiv 2020.01.23.20018549; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.01.23.20018549>
- [8] R. Li, S. Pei, B. Chen, Y. Song, T. Zhang, W. Yang, J. Shaman Substantial undocumented infection facilitates the rapid dissemination of novel coronavirus (SARS-CoV2). Science (2020) DOI:10.1126/science.abb3221.
- [9] F. M. G. Magpantay, *Vaccine impact in homogeneous and age-structured models*, J. Math. Biol. 75 (2017) 1591.
- [10] W. E. Wei, Z. Li, C. J. Chiew, S. E. Yong, M. P. Toh, V. J. Lee. Presymptomatic Transmission of SARS-CoV-2 — Singapore, January 23–March 16, 2020. Morbidity and Mortality Weekly Report – Center for Disease control and Prevention.
- [11] CNES – Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde – Ministério da Saúde do Brasil. <http://cnes.datasus.gov.br>. Consultado em Março de 2020.
- [12] The Imperial College COVID-19 Response Team. N. M. Fergusson *Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand*. WHO Collaborating Centre for Infectious Disease Modelling, MRC Centre for Global Infectious Disease Analysis, Abdul Latif Jameel Institute for Disease and Emergency Analytics, Imperial College London (2020)