



## NÚMERO REPRODUTIVO DA COVID-19 E O RELAXAMENTO DO DISTANCIAMENTO SOCIAL NO BRASIL

### ARTIGO ORIGINAL

AKHAVAN, André Amin Martin <sup>1</sup>

AKHAVAN, Dariush <sup>2</sup>

AKHAVAN, André Amin Martin. AKHAVAN, Dariush. **Número reprodutivo da COVID-19 e o relaxamento do distanciamento social no Brasil.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 10, Vol. 07, pp. 129-137. Outubro de 2020. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/saude/numero-reprodutivo>

### RESUMO

A chegada da pandemia da COVID-19 no Brasil foi seguida pela adoção abrupta de medidas de distanciamento social, reduzindo radicalmente a circulação de indivíduos nas áreas urbanas brasileiras. O relaxamento progressivo de tais medidas, curiosamente, não gerou um aumento do número reprodutivo efetivo ( $R_e$ ) da COVID-19. Nesse estudo, descrevemos a relação temporal entre o  $R_e$  da COVID-19 no Brasil e a mobilidade urbana brasileira entre fevereiro e agosto de 2020 a partir de dados do Relatório de Mobilidade da Comunidade da Google e do Situation Report for COVID-19: Brasil do Imperial College London, demonstrando uma queda inicial da média de mobilidade urbana brasileira de 50-60% em relação aos valores anteriores à pandemia, acompanhado também por uma queda do  $R_e$ . Formulamos, então, hipóteses que poderiam explicar a relativa estabilidade do  $R_e$  observada ao longo dos meses em um contexto de aumento progressivo da circulação em áreas urbanas brasileiras, utilizando o modelo epidemiológico tricompartimental SIR. Sugerimos que

---

<sup>1</sup> Graduação em Medicina pela Universidade de Brasília.

<sup>2</sup> Médico Intensivista.



a redução da transmissibilidade do vírus, possivelmente em decorrência de estratégias como o uso de máscaras e a higiene respiratória, junto com uma redução da proporção de suscetíveis para a doença, decorrente de uma possível imunidade natural, ainda mal caracterizada e controversa na literatura, são fatores que provavelmente justificam a estabilidade do  $R_e$  no contexto de relaxamento do distanciamento social no Brasil.

Palavras-chave: COVID-19, coronavírus, epidemiologia, distanciamento social.

## INTRODUÇÃO

A pandemia do novo coronavírus tem causado mudanças abruptas nas dinâmicas populacionais ao redor do mundo. O vírus SARS-COV-2, agente etiológico da COVID-19, transmitido por gotículas respiratórias, é um coronavírus identificado pela primeira vez em 2019 na região de Wuhan da China, causador de um surto de pneumonias de agente etiológico inicialmente desconhecido. (WIERSINGA *et. al.*, 2019) Múltiplas estratégias têm sido adotadas para a contenção da transmissão viral, incluindo medidas de higiene respiratória, baixo limiar para testagem e isolamento de casos suspeitos, busca ativa de contactantes e medidas de distanciamento social. O fechamento de escolas, lojas e academias, apelos para evitar aglomerações e a suspensão de procedimentos e consultas médicas de caráter eletivo foram responsáveis pela drástica redução na circulação de indivíduos dentro das cidades brasileiras observada a partir de março de 2020. (BRAZIL AUGUST, 2020) Com o progressivo relaxamento das medidas que promoveram o distanciamento social, seria intuitivo esperar um aumento do número reprodutivo efetivo ( $R_e$ ). Entretanto, por motivos pouco esclarecidos, tal efeito não foi observado. (SITUATION REPORT, 2020) Nesse estudo, apresentamos a relação temporal entre o distanciamento social e o  $R_e$  no Brasil entre fevereiro e agosto de 2020, e formulamos hipóteses, com base no modelo epidemiológico SIR, do mecanismo por trás das tendências observadas.



## METODOLOGIA

Dados sobre a circulação de indivíduos dentro das cidades brasileiras entre 15 de fevereiro e 28 de agosto de 2020 foram obtidos através do Relatório de Mobilidade da Comunidade da Google de 1 de setembro de 2020. (BRAZIL AUGUST, 2020) O relatório obtém dados anônimos e agregados a partir do uso de produtos e aplicativos da Google. Tal relatório quantifica diariamente as tendências de mobilidade em comparação ao valor basal prévio à pandemia, dividindo a mobilidade urbana em seis categorias: varejo e lazer, mercados e farmácias, parques, estações de transporte público, locais de trabalho e residencial. A partir da média aritmética entre os valores referentes às primeiras cinco categorias, obtivemos a média da mobilidade urbana (MMU).

O número reprodutivo da COVID-19 no Brasil ao longo do tempo foi obtido pelo Situation Report for COVID-19: Brasil de 1 de setembro de 2020 do Imperial College London (SITUATION REPORT, 2020). A formulação de hipóteses para justificar a variação do  $R_e$  em função da tendência de mobilidade urbana foi baseada no modelo epidemiológico SIR, um modelo tricompartimental (suscetíveis, infecciosos e recuperados) estabelecido na literatura que permite modelar a dinâmica de propagação de doenças infecciosas.

## RESULTADOS

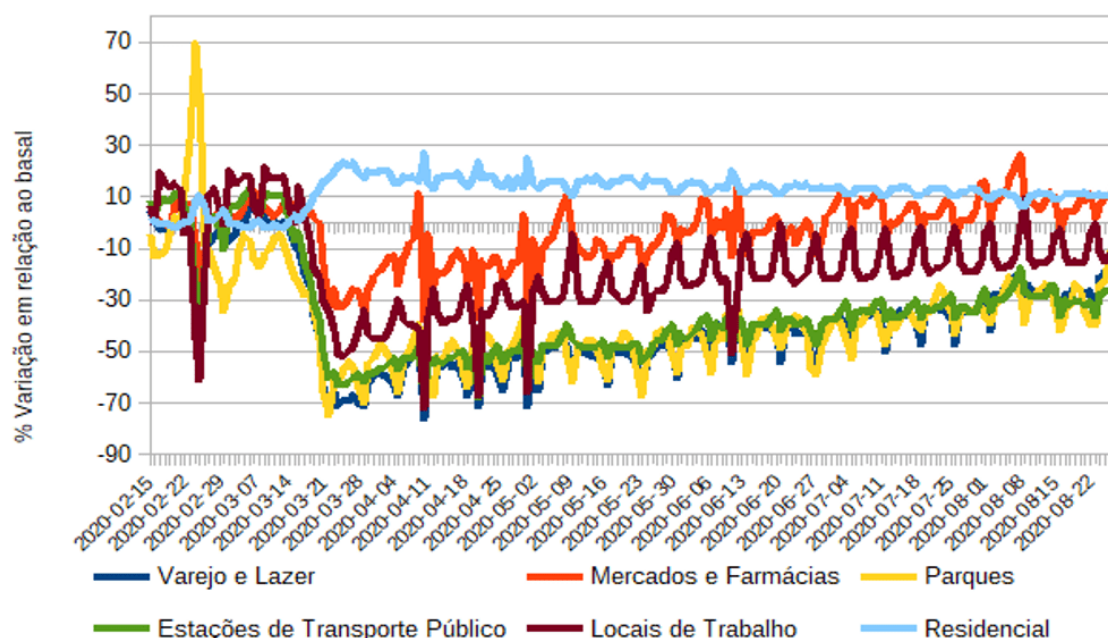
A média da mobilidade urbana (MMU) sofreu queda brusca em meados de março, alcançando a máxima redução em torno da última semana de março, entre -50% e -60%. Desde então, houve um progressivo aumento desse indicador de forma relativamente linear, alcançando -10% até o fim de agosto.

Entre as seis categorias da mobilidade urbana, conforme o gráfico 1, observou-se queda mais significativa em meados de março da atividade em parques, estações de transporte público e varejo e lazer, atingindo valores entre -60% e -80%. Quedas menos significativas foram observadas em locais de trabalho, de -40% a -60%, e em mercados e farmácias, de -20% a -40%. Ao longo dos meses até o fim de agosto



ocorreu aumento progressivo nesses cinco indicadores. Houve aumento apenas no componente residencial, de +20%, coincidindo com as quedas nos outros componentes em meados de março, com progressiva redução, atingindo +10% até o fim de agosto.

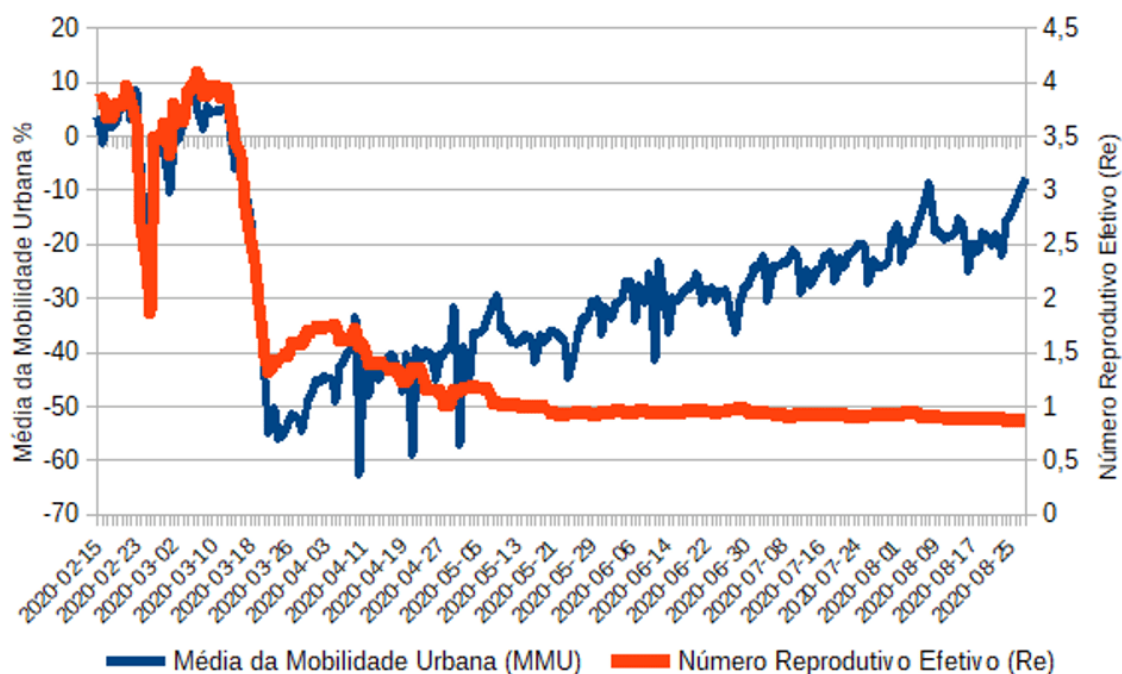
Gráfico 1: Variação da mobilidade urbana brasileira entre fevereiro e agosto de 2020



Fonte: BRAZIL AUGUST (2020)

O  $R_e$  da COVID-19 no Brasil observado no início do período estudado, conforme o gráfico 2, se mantinha entre 3,5 e 4, com queda súbita coincidindo com a diminuição da MMU observada em meados de março, se estabilizando em torno de 1 entre maio e agosto.

Gráfico 2: Relação temporal entre a média da mobilidade urbana brasileira e o número reprodutivo efetivo da COVID-19 no Brasil



FONTE: BRAZIL AUGUST (2020) e SITUATION REPORT (2020)

## DISCUSSÃO

O modelo SIR é um modelo compartimental que permite modelar a dinâmica de propagação da COVID-19 (JONES, 2019; ISMAIL, 2020). Nesse modelo, o número reprodutivo efetivo ( $R_e$ ) é uma variável que estima o número de indivíduos que uma pessoa doente irá infectar, em média, ao longo do período de transmissão. Isso é de particular importância pois permite determinar se uma epidemia está em aceleração, estável ou desaceleração. Um  $R_e > 1$  significa que a epidemia está em franca aceleração, enquanto um  $R_e < 1$  significa uma desaceleração, e um  $R_e = 1$  implica em uma epidemia estável. O número reprodutivo básico ( $R_0$ ), define como o número de indivíduos que serão infectados por uma pessoa doente, em uma população sem imunidade para a doença, ou seja, em uma situação em que todos são suscetíveis à doença. É possível calcular o  $R_e$  a partir do  $R_0$  utilizando a seguinte fórmula:



$$R_e = R_0 \cdot s$$

Em que  $s$  é a proporção de suscetíveis dentro da população estudada para a determinada doença.

O  $R_0$ , por sua vez, pode ser determinado da seguinte maneira:

$$R_0 = T \cdot C \cdot D$$

Em que  $T$  é a transmissibilidade (probabilidade de transmissão da doença no contato entre um indivíduo suscetível e um indivíduo doente),  $C$  é o número de contatos diários do indivíduo doente, e  $D$  é a duração do período transmissível da doença em dias.

Portanto, é possível reformular o número reprodutivo efetivo da seguinte maneira:

$$R_e = T \cdot C \cdot D \cdot s$$

A estabilidade observada no  $R_e$  no contexto de relaxamento das medidas de distanciamento social no Brasil é verdadeiramente curioso. É plausível inferir que o relaxamento de tais medidas tenha aumentado o contato entre indivíduos com COVID-19 e indivíduos suscetíveis ( $C$ ), que geraria um aumento do  $R_e$ . Entretanto, tal indicador permaneceu relativamente constante nesse contexto. Assumindo uma duração constante do período de transmissibilidade da COVID-19 em indivíduos doentes ( $D$ ), a observação de um  $R_e$  constante pode ser explicada pela redução da transmissibilidade ( $T$ ) ou pela redução da proporção de suscetíveis ( $s$ ) na população.



Uma combinação de ambos fatores provavelmente explica tal achado. A adoção em larga de escala de medidas como o uso de máscaras, interações sociais adaptadas à pandemia e a higiene respiratória no Brasil (DATAFOLHA INSTITUTO DE PESQUISA, 2020) pode também ter gerado uma queda na transmissibilidade ( $T$ ) da COVID-19 no Brasil. Não há evidência conclusiva na literatura sobre o grau de imunogenicidade do SARS-COV-2, e sobre qual seria a duração e a efetividade dessa imunidade protetora. Portanto, não é possível determinar com precisão qual seria o efeito da propagação da COVID-19 sobre a proporção de suscetíveis ( $s$ ) na população geral. Em uma situação ideal de indução de imunidade totalmente protetora após a infecção, a Imperial College estima que, isoladamente, tal imunidade já seria responsável por uma diminuição do  $R_e$  de aproximadamente 30%. (SITUATION REPORT, 2020)

Existe um terceiro elemento que também poderia justificar a constância do  $R_e$  no contexto de relaxamento de medidas de distanciamento social. Países como a Coreia do Sul têm demonstrado a efetividade da testagem em massa e da busca ativa e testagem de contatos, permitindo o isolamento de indivíduos infecciosos (SUNA E VIBOUDA, 2020). Apesar do aumento da circulação da população geral nas áreas urbanas brasileiras, a manutenção de baixos níveis de circulação especificamente dos indivíduos com COVID-19 poderia também, em teoria, justificar um  $R_e$  constante. Entretanto, o baixo número de testes por milhão de habitantes no Brasil sugere que esse componente não exerce um papel tão importante no contexto brasileiro.

O modelo SIR, entretanto, é um modelo relativamente simples com suas limitações. Ao incluir todos os indivíduos infecciosos em um único compartimento, por exemplo, ele não é capaz de estudar separadamente as dinâmicas de portadores sintomáticos da COVID-19, que mais provavelmente serão submetidos a testagem e isolamento domiciliar, e portadores assintomáticos da COVID-19, que dificilmente serão testados e isolados e provavelmente terão suas atividades inalteradas. O número de contatos diários de cada grupo certamente difere do outro, o que não é levado em consideração nesse modelo epidemiológico.



A dinâmica de um surto epidêmico é altamente complexa e difícil de ser precisamente prevista. Apesar das epidemias frequentemente serem estudadas no contexto de um país ou qualquer outra área geográfica delimitada, na realidade existem múltiplas pequenas epidemias ocorrendo simultaneamente e em diferentes estágios dentro de um único país, uma única cidade, ou até dentro de um único bairro. Nosso estudo com base no modelo SIR considera o Brasil como um único compartimento homogêneo dentro do qual ocorre o processo epidêmico, que é uma limitação do estudo.

## CONCLUSÃO

A relativa estabilidade do número reprodutivo efetivo da COVID-19 no Brasil entre maio e agosto de 2020 apesar do relaxamento das medidas de distanciamento social observado nesse período pode ser explicado por uma combinação de fatores, conforme o modelo epidemiológico SIR. A redução da transmissibilidade do vírus, dentro do contexto de aumento de uso de máscaras, higiene respiratória e interações sociais adaptadas para o contexto de pandemia; e a redução da proporção de suscetíveis para a doença, decorrente de uma possível imunidade natural, tema ainda controverso na literatura, são fatores que provavelmente justificam a estabilidade do  $R_e$  no contexto de aumento da circulação em áreas urbanas brasileiras.

## REFERENCIAS

BRAZIL AUGUST. 28, 2020 Mobility changes. **COVID-19 Community Mobility Report**, 2020. Disponível em: <[https://www.gstatic.com/covid19/mobility/2020-08-28\\_BR\\_Mobility\\_Report\\_en.pdf](https://www.gstatic.com/covid19/mobility/2020-08-28_BR_Mobility_Report_en.pdf)>. Acesso em: 02 de setembro de 2020

ISMAIL, Anas Abou. Modelos Compartimentais da Pandemia COVID-19 para Médicos e Médicos-Cientistas. **SN Compr Clin Med**. 2020 Jun 4: 1-7.

ISOLAMENTO SOCIAL: MEDO DE SER CONTAMINADO 11 e 12/08/2020. **Datafolha Instituto de Pesquisa**, 2020. Disponível em:



<<http://media.folha.uol.com.br/datafolha/2020/08/19/34c9d0ae243b593db19bc9652df8d054reab.pdf>> Acesso em: 03 de setembro de 2020

JONES, James Holland. Notes on R. **Stanford University**, 2019. Disponível em: <[http://web.stanford.edu/class/earthsys214/notes/Jones\\_R0\\_notes2019.pdf](http://web.stanford.edu/class/earthsys214/notes/Jones_R0_notes2019.pdf)>. Acesso em: 02 de setembro de 2020

SUNA; VIBOUDA. Impacto do rastreamento de contato na transmissão SARS-CoV-2. **Lancet Infect Dis**. 2020 Ago; 20(8): 876-877.

SITUATION REPORT FOR COVID-19: Brazil, 2020-09-01. **MRC Centre for Global Infectious Disease Analysis, Imperial College London**, 2020. Disponível em: <<https://mrc-ide.github.io/global-lmic-reports/BRA/>>. Acesso em: 02 de setembro de 2020

W. Joost; WIERSINGA, MD, PhD; Andrew Rhodes, MD, PhD; Allen C. Cheng, MD, PhD;; et al. Fisiopatologia, Transmissão, Diagnóstico e Tratamento da Doença Coronavírus 2019 (COVID-19): Revisão. **O JAMA**. 2020;324(8):782-793.

Enviado: Setembro, 2020.

Aprovado: Outubro, 2020.