

---

# **UMA ANÁLISE DA EFETIVIDADE DA POLÍTICA DE RESTRIÇÃO SOCIAL PARA O MUNICÍPIO DE FORTALEZA-CE**

Luiz Alexandre Moreira Barros  
Raphael Douglas de Freitas Lucena  
Georgia de Melo Castro Gondim

---

---

**Relatório  
de  
Pesquisa**

---

**14**

immediate

13 de julho de 2020

### **Resumo**

Este artigo tem como objetivo analisar a efetividade das políticas de isolamento social no município de Fortaleza-CE, durante a pandemia do COVID-19. Para tanto, foi utilizada, como suporte empírico, a estratégia proposta por Kermack e McKendrick (1927), para doenças de infecção primária, e o estudo de BAO et al. (2020) sobre o COVID-19. Os resultados simulados indicam que, com as implementações de políticas restritivas, houve uma redução da taxa de transmissão e do número de casos da doença.

**Palavras-Chave: Covid-19, Avaliação de políticas públicas, Modelo SIR.**

### **Abstract**

This article aims to analyze the effectiveness of social restriction policies in the city of Fortaleza-CE, during the COVID-19 pandemic. Therefore, it was used, as empirical support, the strategy proposed by Kermack and McKendrick (1927), for diseases of primary infection, and also the study by BAO et al. (2020) about COVID-19. The simulated results indicate that, with the implementation of restrictive policies, there was a reduction in the transmission rate and in the number of cases of the disease.

**Key-words: COVID-19, Public Policies Evaluation, SIR model.**

## **1 Introdução**

O surto do vírus COVID-19 levou a óbito mais de 300.000 pessoas em todo o mundo e pelo menos 18.859 mortes no Brasil até o momento. No conjunto de municípios brasileiros, Fortaleza – CE é destaque tanto pelo número de mortos, que já ultrapassam 1.500, como pelo número de casos confirmados, que somam mais de 18.000. A partir do surgimento de casos por COVID-19, os agentes governamentais e privados iniciaram uma corrida para conter a propagação do vírus, utilizando-se de estratégias que reestruturam os espaços sociais e as diversas atividades econômicas.

A política de restrição e o lockdown são algumas das respostas que os policy maker estão adotando em diversos países, sendo que a sua implementação se mostrou unânime em grande parte deles. Em um estudo para a China, Chinazzi et al (2020) concluem que as restrições de viagens são menos eficazes quando comparado a detecção prévia do vírus e ao isolamento doméstico. Além de identificar a eficácia do bloqueio social, é preciso discutir a respeito do período de isolamento, sendo que esse pode ser curto ou longo. Singh e Adhikari (2020) verificam o efeito do distanciamento social na Índia através das diferentes faixas etárias. Seus resultados mostram que bloqueio de curtos períodos é considerado insuficiente para evitar a volta do vírus e, em vez disso, é recomendado ações com bloqueio prolongado e relaxamento regular.

De fato, os efeitos desta reestruturação social são responsáveis por afetar o lado real da economia, levando a uma redução da atividade econômica. Com isso, percebe-se a importância em equilibrar os danos econômicos causados pelo COVID-19 e a necessidade de reduzir a transmissão viral. Esse trade-off entre o fator econômico e a saúde das pessoas deve ser discutido para que haja a possibilidade de uma política de isolamento mais adequada para a realidade de cada município brasileiro e, em específico para Fortaleza – CE.

Alvarez, Argente e Lippi (2020) abordam a respeito de um isolamento ideal que busca minimizar os custos de retomada das atividades econômicas. Seus resultados indicam que a ausência de testes aumenta os custos econômicos do isolamento social e, conseqüentemente, força uma retomada inesperada, reduzindo o bloqueio ideal. O bem-estar sob a política ótima com testes é maior, equivalente a um pagamento único de 2% do PIB. Barro, Ursua e Weng (2020), Dewatripont et al. (2020) e Jones e Klenow (2020) são outros estudos que discutem a respeito de políticas mais efetivas ao choque do COVID-19.

Neste sentido, o presente estudo analisa a efetividade das políticas de isolamento social (restrição do comércio e lockdown) no município de Fortaleza – CE, durante a pandemia do COVID-19. Para tanto, essa abordagem seguirá a estratégia empírica proposta por Kermack e McKendrick (1927), para doenças com só infecção primária, como evidenciado para o COVID-19, nos estudos de Bao et al. (2020).

Além desta introdução, o presente trabalho apresenta mais 3 seções. Na seguinte, discute-se a estratégia empírica. A terceira os resultados encontrados. Finalmente, na quarta, tem-se as considerações finais.

## 2 Metodologia

Com o objetivo de analisar a efetividade das políticas de isolamento social (restrição do comércio e lockdown) no município de Fortaleza – CE, optou-se por dividir as ações em dois momentos. No primeiro, é calculado as taxas de velocidade transmissão do COVID-19 ( $\beta$ ) desde o começo da série, no dia 15 de março 2020, até a data presente do estudo. Com isso, obtendo taxas de transmissão diária. No segundo, será utilizado o modelo SIR (Susceptible, Infectious, or Recovered), largamente utilizado na simulação epidêmicas em uma determinada população. Através da utilização desse modelo, será possível obter os cenários de transmissão da doença, após a aplicação das medidas de contenção social.

### 2.1 Modelo SIR

O modelo SIR (Susceptible, Infectious, or Recovered) proposto por Kermack and McKendrick (1927), descreve um cenário no qual um indivíduo pode passar por três estágios durante o período de contágio: o indivíduo inicialmente é suscetível a doença, depois se infecta com a doença, e por fim pode se recuperar ou falecer. Definindo o sistema de equações diferenciais do modelo SIR:

$$\frac{dS}{dt} = -\beta \frac{SI}{N} \quad (1)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I \quad (2)$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta \frac{SI}{N} - \gamma I \quad (3)$$

Sendo  $S$  a população suscetível ao COVID-19,  $I$  a parte da população infectada,  $R$  a população recuperada,  $N$  o tamanho da população,  $\beta$  a taxa de transmissão do COVID-19, e  $\gamma$  a taxa de recuperação.

A equação (1) mostra a quantidade de pessoas suscetíveis a se infectar com COVID-19 ao longo do tempo. Sendo equação (1) uma equação simétrica a equação do número de casos acumulados de infecções. Já a equação (2), apresenta a quantidade de pessoas que se recuperam da doença ao longo do tempo, sendo calculada através da taxa de media de recuperação ( $\gamma$ ) vezes o número de indivíduos infectados. A taxa de recuperação pode ser calculada através da seguinte forma:

$$\gamma = \frac{1}{T_r} \quad (4)$$

Sendo  $T_r$  a taxa de recuperação da doença. Segundo a Organização mundial da Saúde (OMS), a taxa média de recuperação dos pacientes infectados para o COVID-19, é em media 14 dias, logo será definida por hipótese que a taxa de recuperação é  $\gamma = 1/14$ .

Logo a equação (3) mostra a dinâmica do números de casos do COVID-19 ao longo do tempo em uma população. A equação (3) é composta pelo módulo da equação (1), que é o número total de casos de pessoas infectadas por COVID-19, subtraída da equação (2), que apresenta o número de pessoas infectadas. Então podemos definir que a taxa de casos totais da doença como:

$$\frac{dI_t}{dt} = \beta \frac{SI}{N} \quad (5)$$

Na equação (5), a variável  $\beta$  indica a velocidade de crescimento e a magnitude nos número de novos casos totais da doença na população, assim um valor alto (baixo) para  $\beta$ , indica uma alta (baixa) velocidade no número de casos e um grande (baixo) número de casos registrados de COVID-19 . Como apresenta Kirkeby et al(2017),o  $\beta$  pode ser calculado da seguinte forma:

$$\beta = \frac{-\ln(1 - I_N/I)}{TS/N} \quad (6)$$

Sendo  $I_N$  o número de casos diários.

## 2.2 Dados

Com o objetivo de encontrar as taxas de transmissão e simular modelos SIR, será necessário o número de casos diários na cidade de fortaleza e o tamanho da população da cidade de fortaleza.

Para o numero de casos diários, os dados são obtidos através dos boletins diarios das secretarias estaduais e dos dados disponiveis na plataforma oficial do ministério da saúde, como utilizado e disponibilizado por Cota (2020).

O número da população é uma previsão fornecida através do Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE) para 2019.

## 3 Resultados

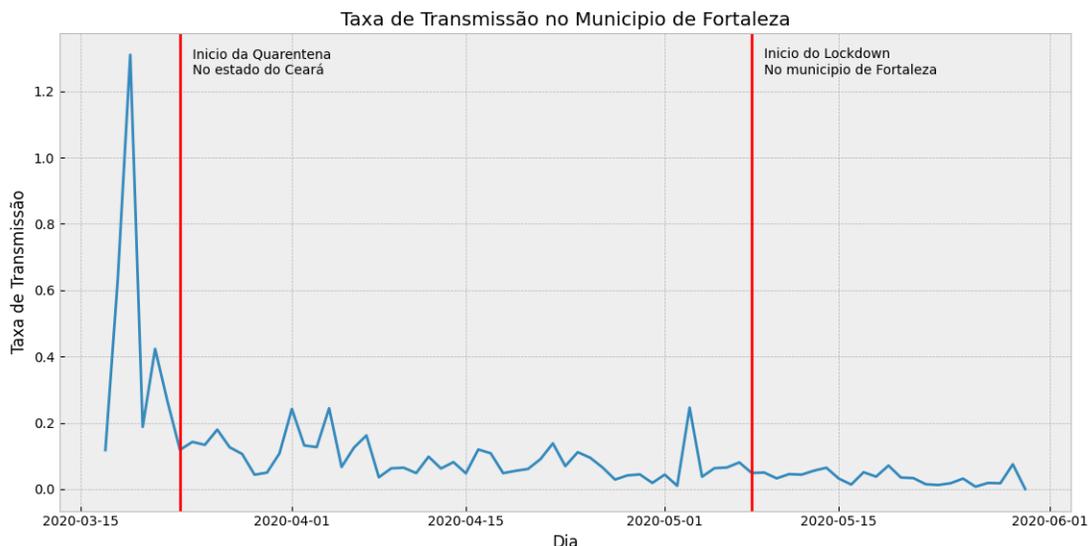
Nesta seção, apresenta-se um conjunto de informações a respeito do impacto da política de restrição social no número de casos de COVID-19 no município de Fortaleza – CE. Além de fornecer um panorama a respeito das taxas de transmissão diárias para do vírus ( $\beta$ ), busca-se também verificar aspectos relacionados à dinâmica dos diferentes cenários sem os efeitos das políticas de restrições ao longo do tempo.

A análise da dinâmica das taxas de transmissão, antes e após a quarentena, pode ser visto na figura 1. É possível notar que, em média, a taxa de transmissão antes da quarentena é de 0.3875, com um desvio padrão 0.4390. Com o início da quarentena, a taxa média passou para 0.0945, uma redução de aproximadamente  $-75.59\%$  nas taxas de transmissão, com um desvio padrão de 0.0611. Assim, caracterizando-se em uma transição para uma menor volatilidade quando comparada ao período pré quarentena.

Ao decretar uma política de lockdown no início do dia 08/05/2020, é possível identificar uma maior suavização da volatilidade na taxa de transmissão do COVID-19e-19, juntamente a uma queda mais acentuada, com uma taxa média de 0.0438 e um desvio padrão de 0.0173. Se comparado ao período pré lockdown, constatou-se uma redução de  $-88,69\%$  na taxa de transmissão do vírus

Desse modo, em uma situação que o policy maker opta por uma estratégia de um curto período de quarentena, Singh e Adhikari (2020) chamam atenção para a ineficácia da natureza dessas políticas, em que a taxa de infectados muda de sinal, mas não é o suficiente para evitar a retomada do aumento no número de casos no futuro. Enquanto que uma política de longos períodos restritivos pode ser bem-sucedida para diminuir o número de infectados, além de prevenir uma possível volta do aumento da taxa de transmissão.

Figura 1: Taxa de Transmissão do COVID-19 para Fortaleza



Fonte: Estimativa dos autores, a partir dos dados da pesquisa.

Podemos ver na tabela 1, alguns valores descritivos da taxa de transmissão, para as diferentes políticas:

Estadística Descritiva para as Taxas de Crescimento

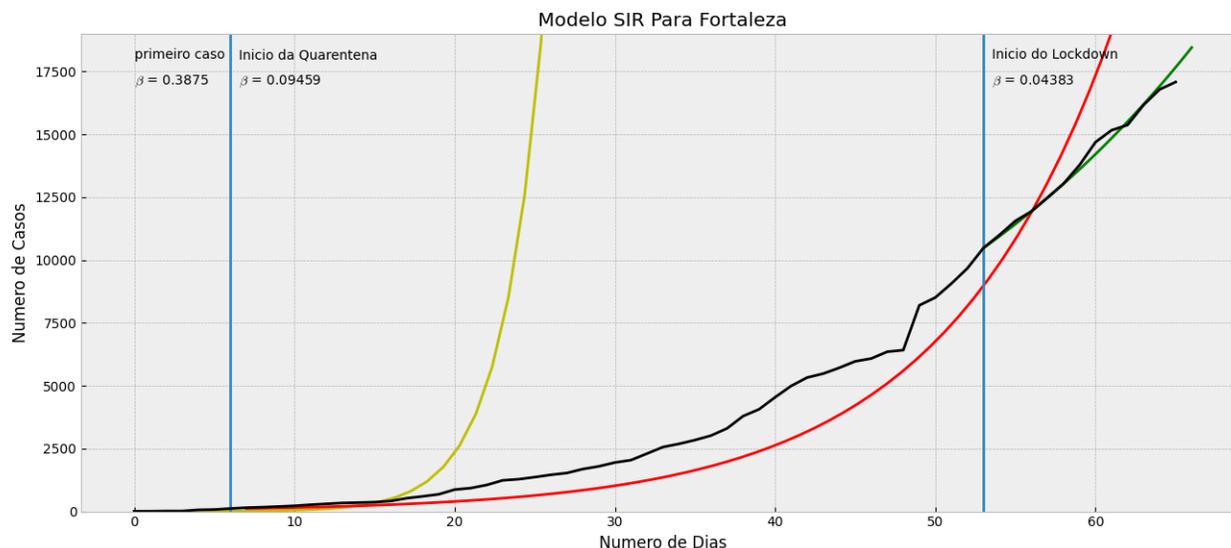
Período	Estatística	Valor
Pré Quarentena	Média ( $\beta_0$ )	0.3875
	Desvio Padrão ( $\sigma_0$ )	0.4390
	Máximo	1.3099
	Mínimo	0.1177
Quarentena	Média ( $\beta_1$ )	0.0945
	Desvio Padrão ( $\sigma_1$ )	0.0611
	Máximo	0.2637
	Mínimo	0.0100
Lockdown	Média ( $\beta_2$ )	0.0438
	Desvio Padrão ( $\sigma_2$ )	0.0173
	Máximo	0.0804
	Mínimo	0.0137

Na tabela 1, podemos verificar uma redução da velocidade e uma maior estabilidade das taxas de transmissão diária, após a adoção de políticas de restrição social. Vemos durante o período pré quarentena, a taxa de transmissão chegou a 1.3099, ou seja, a quantidade de casos em fortaleza mais do que dobrou durante os dias 19/03 e 20/03. Já após a adoção das políticas de restrição, os valores máximos das taxas de transmissão da doença chegaram a 0.263 durante a quarentena, e 0.0804 após o lockdown. Neste ponto, Alvarez, Argente e Lippi (2020) chamam atenção para a eficácia do bloqueio, indicando que a elasticidade da taxa de mortalidade em relação ao número de infectados é um determinante essencial da política ideal. A ideia é a de que na medida em que a curva da taxa de mortalidade vai ficando mais plana, menor seria o tamanho do bloqueio.

Após calcular as taxas de transmissão do COVID-19, um resultado interessante é verificar como as curvas de contágio se comportam, sem os efeitos das políticas de restrições. Então utilizando as taxas médias de transmissão  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ , calculadas na tabela 1, podemos utilizar o modelo SIR para

prever os diferentes cenários, como é apresentado na figura 2.

Figura 2: Simulações da Pandemia Para Fortaleza



Fonte: Simulação dos autores, a partir dos dados da pesquisa.

Ao analisar a figura 2, pode se verificar que, durante o período de pré intervenção existe uma ótima sobreposição entre as curvas simuladas com a curva de dados reais. Inicialmente, é possível notar que, após 20 dias da primeira notificação, a curva simulada com a média das taxas de transmissão pré quarentena ( $\beta_0$ ), ela tem uma tendência exponencial, prevendo uma total de 266.928 números de casos totais para o dia 20/05, para taxa de transmissão enquanto que na curva real se observa uma tendência de crescimento, porém, com uma menor inclinação.

A impossibilidade de controlar a taxa na qual os indivíduos se recuperam do COVID-19 sugere que a uma das maneiras para conter a pandemia é reduzindo a taxa de transmissão  $\beta$ , por meio de restrições nas divisas ou o distanciamento social (AKIRA TODA, 2020).

Com o início do lockdown após 55 dias da primeira notificação da doença, a curva simulada com a média das taxas de transmissão durante a quarentena ( $\beta_1$ ), também uma tendência exponencial, que é diferente da curva real, gerando um total de 30435 casos de COVID-19, diferente dos 17079 casos oficiais registrados para o dia 20/05.

Durante o período lockdown, tem-se a menor variabilidade da taxa de transmissão do vírus em torno da sua média. A curva simulada com as taxas pós lockdown, é possível verificar uma ótima sobreposição da curva real com a curva simulada.

Diante desse resultado, Akira Toda (2020) chamam atenção para a importância de controlar o tempo e a intensidade do distanciamento social. O fato de que na ausência de medidas restritivas, como o distanciamento social, a taxa de transmissão do vírus é potencializada, podendo atingir cerca de 30% da população no pico epidêmico. Caso exista uma política de mitigação o pico é reduzido para 6,2% de infectados.

Na crise causada pelo COVID-19, os policy maker precisam agir de maneira rápida para implementar estratégias que sejam as mais efetivas para a realidade de sua cidade, sendo que a tomada de decisão a respeito do distanciamento social se mostrou relevante para a redução da taxa de transmissão e a ação de estender essa política para uma situação de lockdown deixou Fortaleza, ceteris paribus, em um estado da natureza menos desfavorável.

## 4 Conclusão

Observou-se que, à medida que houve uma redução da flexibilidade, convergindo para uma situação de lockdown, as taxas de transmissão reduziram em um montante de -88,69%. Além disso, constatou-se que, o número de casos previstos é menor, reduzindo de 2669280 para 23378 o número de casos totais, quando comparado aos diferentes cenários pré-lockdown, evidenciando uma maior efetividade para as políticas de isolamento social. Portanto, as evidências encontradas até o momento sugerem que políticas restritivas, como quarentena e lockdown, foram positivas na redução da taxa de transmissão do COVID-19 no município de Fortaleza.

## Contribuição dos Autores

RDFL contribuiu com a revisão de literatura, análise, interpretação dos resultados e com a revisão da metodologia e dos resultados. LAMB contribuiu com os aspectos metodológicos, análise, interpretação dos resultados e com a versão final a ser submetida. GMCG contribuiu com a revisão de literatura, análise dos resultados e com a revisão final do trabalho para submissão.

## Referências

- ALVAREZ, Fernando E.; ARGENTE, David; LIPPI, Francesco. A simple planning problem for COVID-19 lockdown. National Bureau of Economic Research, 2020.
- BAO, Linlin et al. Reinfection could not occur in SARS-CoV-2 infected rhesus macaques. *BioRxiv*, 2020.
- COTA, Wesley. Monitoring the number of COVID-19 cases and deaths in Brazil at municipal and federative units level. *SCIELO preprints*. 2020
- CHINAZZI, Matteo et al. The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) outbreak. *Science*, 2020.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE CIDADES . Disponível em : <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama>. Acesso em: 20-05-2020
- KERMACK, William Ogilvy; MCKENDRICK, Anderson G. A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proceedings of the royal society of London. Series A, Containing papers of a mathematical and physical character*, v. 115, n. 772, p. 700-721, 1927.
- KIRKEBY, Carsten et al. Methods for estimating disease transmission rates: Evaluating the precision of Poisson regression and two novel methods. *Scientific reports*, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2017
- TODA, Alexis Akira. Susceptible-infected-recovered (sir) dynamics of COVID-19 and economic impact. *arXiv preprint arXiv:2003.11221*, 2020.
- SINGH, Rajesh; ADHIKARI, R. Age-structured impact of social distancing on the COVID-19 epidemic in India. *arXiv preprint arXiv:2003.12055*, 2020.