

PUCRS

ESCOLA DE NEGÓCIOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
DOUTORADO EM ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO

PRISCIANE RAUPP DA ROSA

TRÊS ENSAIOS EM ECONOMIA DA SAÚDE

Porto Alegre
2022

PÓS-GRADUAÇÃO - *STRICTO SENSU*



Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul

PRISCIANE RAUPP DA ROSA

TRÊS ENSAIOS EM ECONOMIA DA SAÚDE

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutora em Economia do Desenvolvimento, pelo Programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento da Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Área de concentração: Economia Regional.

Orientador: Prof. Dr. Adelar Fochezatto.

Porto Alegre

2022

Ficha Catalográfica

R788t Rosa, Prisciane Raupp Da

Três Ensaio em Economia da Saúde / Prisciane Raupp Da Rosa.
– 2022.
101.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Economia do
Desenvolvimento, PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. Adelar Fochezatto.

1. Pandemia (Covid-19). 2. Auxílio Emergencial (Brasil). 3. Aspectos
Regionais. 4. Doenças Cardiovasculares. 5. Determinantes sociais de
saúde. I. Fochezatto, Adelar. II. Título.

Prisciane Raupp da Rosa

1 “TRÊS ENSAIOS EM ECONOMIA DA SAÚDE”

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Economia, pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Escola de Negócios da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Aprovado em 31 de março de 2022, pela Banca Examinadora.

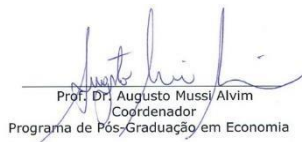
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Adelar Fochezatto

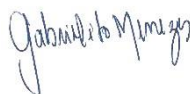
Prof. Dr. Adelar Fochezatto

Orientador e Presidente da sessão



Prof. Dr. Augusto Mussi Alvim
Coordenador
Programa de Pós-Graduação em Economia

Prof. Dr. Augusto Mussi Alvim



Prof. Dr. Gabrielito Rauter Menezes



Prof. Dr. Carlos Hernan Rodas Céspedes

*In memoria a minha eterna
amada Vó, Izette Valle Paixão e
a todos que se foram ou
perderam algum ente querido
durante o COVID-19.*

AGRADECIMENTOS

Dedico essa tese e todo meu amor a todos que não me deixaram desistir.

Agradeço a Deus por ser meu amparo, meu momento de paz.

À minha família, ao meu pai e à minha mãe que sempre estiveram ao meu lado.

À minha irmã, Priscila Raupp, que sempre me incentivou a buscar mais e ajudou a moldar minha carreira como Economista da Saúde.

Ao meu marido, Rafael Chedid, pela paciência contínua e pela compreensão que teve durante todo o meu envolvimento com o doutorado. E estendo esse agradecimento à toda a família Chedid, que é minha família também.

À minha filha, Helena, por ser minha força e persistência.

Aos meus amigos confidentes, Natália Stein e Robinson Neto, que torceram por mim. Quem tem amigos, tem tudo.

Ao Professor Dr. Adelar Fochezatto pela confiança, apoio e orientação prestados à concretização desta etapa acadêmica.

Ao Professor Dr. Giacomo Balbinotto Neto por manter minha capacidade de superação ao permitir que eu conseguisse encontrar soluções para os vários desafios colocados à frente.

À Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul pela oportunidade de voltar para casa, onde concluí meu bacharelado em economia.

*“Lâmpada para os meus pés é tua
palavra, e luz para o meu caminho.”
Salmos 119:105*

RESUMO

Esta tese tem como tema as consequências da pandemia da Doença Causada pelo Novo Coronavírus de 2019 (Covid-19) na economia, nas doenças crônicas cardiovasculares e as implicações das características sociais, regionais e epidemiológicas nos óbitos em por Covid-19 e por doenças cardiovasculares. Dessa forma é possível responder e avaliar as consequências das ações governamentais no contexto econômico, além de identificar as relações dos contextos sociais, geográficos e epidemiológicos que influenciaram de forma heterogênea nos óbitos em decorrência de Covid-19 no Brasil e nas doenças cardiovasculares, principal causa de óbito e hospitalização no país, sobretudo no ano de 2020 em que ainda não existiam vacinas para conter a pandemia. Essa análise é feita ao responder três propostas. A primeira é analisar os impactos diretos e indiretos das transferências de renda do Auxílio Emergencial sobre a produção dos estados brasileiros, verificando quais estados ou regiões são mais beneficiadas com esses transbordamentos. A segunda de identificar e compreender a atuação dos fatores econômicos e sociais regionais associados aos óbitos de Covid-19 nos municípios do Brasil em 2020. E a terceira, também, é a identificação dos fatores econômicos e sociais regionais associados às internações e óbitos por doenças cardiovasculares e verificar a existência de impacto da pandemia e, particularmente, nas internações e óbitos por 100 mil habitantes nos municípios brasileiros em 2020.

Palavras-chave: Covid-19; Pandemia; Auxílio Emergencial (Brasil); Aspectos regionais, Doenças cardiovasculares; e Determinantes sociais de saúde.

ABSTRACT

This thesis has as its theme the consequences of the 2019 Disease Caused by the Novel Coronavirus (Covid-19) pandemic on the economy, on chronic cardiovascular diseases and the implications of social, regional and epidemiological characteristics in deaths by Covid-19 and by cardiovascular diseases. In this way, it is possible to respond and assess the consequences of government actions in the economic context, in addition to identifying the relationships of social, geographic and epidemiological contexts that heterogeneously influenced deaths due to Covid-19 in Brazil and cardiovascular diseases, the main cause. of death and hospitalization in the country, especially in 2020 when there were still no vaccines to contain the pandemic. This analysis is done by responding to three proposals. The first is to analyze the direct and indirect impacts of emergency aid income transfers on the production of Brazilian states, verifying which states or regions are most benefited from these spillovers. The second is to identify and understand the role of regional economic and social factors associated with deaths from Covid-19 in cities in Brazil in 2020. And the third is also to identify the regional economic and social factors associated with hospitalizations and deaths from cardiovascular diseases and verify the existence of impact of the pandemic and, particularly, on hospitalizations and deaths per 100 thousand inhabitants in Brazilian municipalities in 2020.

Keywords: COVID-19; pandemic; Emergency Assistance (Brazil); regional aspects, cardiovascular disease, social health determinants.

LISTA DE FIGURAS

ENSAIO 1

Figure 1- Requirements to access the EA.....	22
Figure 2 - Distribution of the effects of direct income transfer (EA) to families.....	25
Figure 3 - Interdependences on an IRIO modelling	29
Figure 4 - Distribution of the Emergency Aid benefit by state (Direct Effect).....	33
Figure 5 - Regional distribution of indirect effects	35
Figure 6 - Ratio between direct and indirect effect (RDI).....	37
Figure 7 - Direct, Indirect and Total Effect	38

ENSAIO 2

Figura 1 - Quantificação do Efeito Bumerangue no Brasil e Distribuição dos leitos de Unidades de Terapia Intensiva sobrepostas às mortes por Covid-19	49
Figura 2 - Modelo teórico do estudo	51

ENSAIO 3

Figura 1 - R^2 Local para os Modelos Espaciais com as variáveis dependentes Internações e Óbitos por doenças do aparelho circulatório	84
Figura 2 - Resultados do efeito espacial da Pandemia do Covid-19 para internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório	86
Figura 3 - Resultados do efeito espacial do Índice de GINI para internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório	87
Figura 4 - Resultados do efeito espacial da participação de emprego formal em 2019 na população total (%) para internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório.....	88
Figura 5 - Resultados do efeito espacial do logaritmo natural do PIB per capita para internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório	89
Figura 6 - Resultados do efeito espacial do logaritmo natural da densidade populacional para internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório	90
Figura 7 - Resultados do efeito espacial do logaritmo natural da distância do centro urbano em minutos para internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório	91
Figura 8 - Resultados do efeito espacial do município com população menor do que 50 mil habitantes para internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório	92
Figura 9 - Número de Internações e Óbitos e linha de tendência linear por doenças do aparelho circulatório entre os anos de 2019 e 2020	92

LISTA DE TABELAS

ENSAIO 1

Table 1 - EA target audience, amounts received and proportion of the total (Provision made in April 2020)	23
Table 2 - Selected social protection programs worldwide	23
Table 3 - Share of the main items in total household consumption in large Brazilian regions (%)	27
Table 4 - Spatial distribution of the population and beneficiaries of the EA	31

ENSAIO 2

Tabela 1 - Definição das variáveis, fonte e sinal esperado.....	55
Tabela 2 - Estatísticas descritivas.....	56
Tabela 3 - Teste I de Moran e teste do multiplicador de Lagrange para dependência espacial.....	57
Tabela 4 - Resultados dos modelos GMM com as variáveis dependentes óbitos decorrentes de COVID-19 por cem mil habitantes nos municípios brasileiros em 2020.....	58

ENSAIO 3

Tabela 1 - Definição das variáveis, fonte e sinal esperado.....	79
Tabela 2 - Estatísticas descritivas das variáveis selecionadas.....	80
Tabela 3 - Teste I de Moran das variáveis dependentes.....	82
Tabela 4 - Diagnóstico do multiplicador de Lagrange para dependência espacial das variáveis dependentes	83
Tabela 5 - Testes diagnósticos dos modelos com a variável dependente internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório por 100 mil habitantes	83
Tabela 6 - Resultado Global do modelo GWR para as variáveis dependentes óbitos e internações por doenças do aparelho circulatório.....	85

LISTA DE SIGLAS

AE	Auxílio Emergencial
Covid-19	Doença Causada pelo Novo Coronavírus de 2019
DCV	Doenças cardiovasculares
GWR	<i>Geographic Weight Regressieion</i>
GMM	Método Generalizado dos Momentos
Ideb	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
ISAB	Internação sensível à atenção básica
ML	Máxima verossimilhança
MQO	Modelo Mínimos Quadrados Ordinários
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMS	Organização Mundial da Saúde
PIB	Produto Interno Bruto
SAC	<i>Spatial Autoregressive Combined</i>
SAR	<i>Spatial Autoregressive Model</i>
SCA	Síndrome Coronariana Aguda
SDM	<i>Spatial Durbin Model</i>
SDEM	<i>Spatial Durbin Error Model</i>
SEM	<i>Spatial Error Model</i>
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	16
2	ENSAIO 1 – SOCIAL PROTECTION AND COVID-19: EVALUATION OF REGIONAL IMPACTS OF THE EMERGENCY AID POLICY IN BRAZIL	19
2.1	Introduction	20
2.2	Literature review	21
2.3	Methodology	27
2.3.1	Data Sources.....	27
2.3.2	Estimation	27
2.4	Results	31
2.4.1	Geography of the Emergency Aid Program.....	31
2.4.2	Regional effects of the EA Social Protection Program	34
2.5	Final comments and policy implications	39
2.6	References	40
2.7	Appendix A – Direct, Indirect, Total and RDI Effect from April to August 2020	43
3	ENSAIO 2 - FATORES QUE EXPLICAM AS DIFERENÇAS DE ÓBITOS POR COVID-19 NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS	44
3.1	Introdução	44
3.2	Revisão de literatura	47
3.2.1	Disseminação da doença e Evolução das mortes por Covid-19 no Brasil	47
3.2.2	Determinantes espaciais e não espaciais das mortes por Covid-19	49
3.3	Metodologia	51
3.3.1	Modelo teórico, justificativa de escolha das variáveis e hipóteses	51
3.3.2	Estimador	52
3.3.2.1	Especificação do modelo e variáveis.....	54
3.4	Resultados	57
3.4.1	Resultados gerais.....	58
3.4.2	Transporte	59
3.4.3	Contágio	61
3.4.4	O caso da região Norte.....	63
3.5	Considerações finais	64
3.6	Referências	65
3.7	Apêndice A – Testes dos modelos para X	69

3.8	Apêndice B – Modelos MQO	70
3.9	Apêndice C – Modelos SAC	70
3.10	Apêndice D – Modelos SEM e Durbin SEM	71
3.11	Apêndice E – Modelos SAR e Durbin SAR.....	72
4	ENSAIO 3 – FATORES QUE EXPLICAM AS DIFERENÇAS DE INTERNAÇÕES E ÓBITOS POR DOENÇAS NO APARELHO CIRCULATÓRIO NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS EM ANO DE PANDEMIA	73
4.1	Introdução	74
4.2	Revisão de literatura.....	75
4.2.1	Determinantes espaciais e não espaciais das hospitalizações óbitos por doenças no aparelho circulatório	75
4.2.2	As doenças no aparelho circulatório e a Covid-19.....	77
4.3	Dados e metodologia	79
4.3.1	Variáveis analisadas	79
4.3.2	Modelo econométrico.....	81
4.4	Resultados gerais	84
4.5	Considerações finais	93
4.6	Referências	94
4.7	Apêndice A – Resultados dos ajustes do modelo linear (MQO) para as variáveis dependentes Óbitos e Internações por doença do aparelho circulatório.....	98
5	CONCLUSÃO	99
	REFERENCIAS	101

2 INTRODUÇÃO GERAL

Foi identificado na China, no final de 2019, um novo tipo de coronavírus (SARS-CoV-2) que causa a Covid-19 em humanos, que se difundiu rapidamente no mundo, levando a Organização Mundial da Saúde (OMS) decretar epidemia em março de 2020. O Novo Coronavírus provoca sintomas respiratórios, porém outros sistemas são acometidos como o neurológico, o circulatório e o hematológico, podendo levar ao óbito. Além disso, a Covid-19 foi capaz de paralisar o mundo todo, ocasionando uma redução da circulação de pessoas, impactando diretamente na atividade econômica, prejudicando empregadores, empregados e autônomos (KISSLER, 2020).

A pandemia de Covid-19 apresenta um padrão de comportamento diferente do que foi observado na pandemia da gripe de 1918. Ao contrário da gripe de 1918, que acometeu principalmente homens na idade laboral, mantendo um padrão em todas as suas ondas, a pandemia de Covid-19 sofre uma transição epidemiológica, indo de um perfil de infectados de adultos e de jovens com alto poder aquisitivo para sua disseminação principalmente em comunidades carentes com pior distribuição de renda, mudando seu perfil de infectados para adultos e jovens com baixo poder aquisitivo, devido principalmente ao fato de estarem mais expostos em atividades laborais e durante o percurso casa-trabalho (SEPULVEDA; BROOKER, 2021).

Em relação à mortalidade por Covid-19, o perfil dos óbitos pode ser caracterizado em dois grupos: o primeiro entre idosos e pessoas com comorbidades relacionadas às doenças cardiovasculares e seus fatores de risco, que apesar de estarem no perfil majoritário de infecção, acabam sendo mais vulneráveis à Covid-19, possuindo maior taxa de mortalidade. Já o segundo grupo, pertencente aos adultos e jovens de classe social mais baixas, que possuem uma alta taxa de infecção, e por isso, também, apresentam alta taxa de mortes, mesmo a letalidade da doença podendo ser menor nesses grupos.

Além das consequências sociais, a pandemia de Covid-19 também provocou efeitos negativos nas economias ao redor do mundo. O *lockdown* adotado pelos governos com intuito de diminuir a propagação do vírus fez com que diversas famílias tivessem sua renda diminuída, seja pela impossibilidade de trabalhar ou pela queda do consumo que foi observada nesse período. O Brasil atingiu a marca de 12,8 milhões de desempregados no período, e um recrudescimento do Produto Interno Bruto (PIB) em 10% ainda no segundo trimestre de 2020 (IBGE, 2020). A partir desse cenário ocorre uma pressão política para a criação de um auxílio,

visando principalmente as famílias mais pobres, os trabalhadores autônomos e informais, e os microempreendedores individuais (MEI), criando dessa forma o Auxílio Emergencial (AE) (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2020).

Esta tese tem como tema as consequências da pandemia de Covid-19 na economia e as implicações das características sociais, regionais e epidemiológicas nos óbitos em decorrência diretas e indiretas por Covid-19. Dessa forma é possível responder e avaliar as consequências das ações governamentais no contexto econômico, além de identificar as relações dos contextos sociais, geográficos e epidemiológicos que influenciaram de forma heterogênea nos óbitos em decorrência de Covid-19 no Brasil, sobretudo no ano de 2020 em que ainda não existiam vacinas para conter a pandemia. Essa análise é feita ao responder os três questionamentos elencados em três ensaios:

Ensaio 1: analisar os impactos diretos e indiretos das transferências de renda do Auxílio Emergencial sobre a produção dos estados brasileiros, verificando quais estados ou regiões são mais beneficiadas com esses transbordamentos.

Ensaio 2: identificar e compreender a atuação dos fatores econômicos e sociais regionais associados aos óbitos por Covid-19 nos municípios do Brasil em 2020.

Ensaio 3: verificar a existência de impacto da pandemia e dos fatores econômicos e sociais regionais associados aos óbitos e hospitalizações por doenças cardiovasculares por 100 mil habitantes nos municípios brasileiros em 2020.

No ensaio 1 analisa-se os impactos diretos e indiretos nas transferências de renda do AE sobre a produção dos estados brasileiros. De particular interesse é avaliar a distribuição dos impactos indiretos já que pode haver transbordamentos de renda entre as regiões por causa das relações intersetoriais e cadeias produtivas. Dadas as diferenças nas estruturas produtivas, a contabilização dos impactos indiretos pode resultar em uma estrutura de distribuição regional dos benefícios bem distinta da inicial. O propósito é avaliar quais regiões são relativamente mais beneficiadas comparando a estrutura inicial de distribuição dos benefícios do AE com a estrutura final, após contabilizar os transbordamentos. Para tanto, foram utilizados o modelo inter-regional de insumo-produto desenvolvido por Haddad, Gonçalves Júnior e Nascimento (2017) e dados do Portal da Transparência brasileiro (BRASIL, 2020) sobre recursos alocados pelo AE no período de abril a agosto de 2020.

No ensaio 2 busca-se identificar e compreender a atuação dos fatores econômicos e sociais regionais associados aos óbitos por Covid-19 nos municípios do Brasil em 2020. O ensaio parte do pressuposto de que a dependência espacial entre as regiões está relacionada à

heterogeneidade espacial dos óbitos por Covid-19 em território brasileiro. Dessa forma, o desenvolvimento socioeconômico do município e região de moradia do paciente pode predizer o risco de exposição à doença e, uma vez infectado, o risco de mortalidade. Para atingir o objetivo este estudo testará a existência de uma dependência espacial nos óbitos em decorrência de Covid-19 em 2020 no Brasil. Além disso, utilizará modelos de regressão espacial para capturar o papel dos diferentes grupos de fatores na decorrência desses óbitos, avaliando aqueles com maiores impactos.

O ensaio 3 propõe procurar e verificar a existência de impacto da pandemia nos óbitos e hospitalizações por doenças cardiovasculares por mil habitantes nos municípios brasileiros em 2020. Para tanto testará a existência de uma dependência espacial dos óbitos por doenças cardiovasculares por 100 mil habitantes em 2020 no Brasil. Além disso, utilizará o modelo de regressão espacial *Geographic Weight Regression* (GWR). Este modelo permite considerar e testar a possibilidade de que os relacionamentos variam geograficamente. É uma abordagem que lida com a não-estacionariedade espacial na regressão multivariada, estimando coeficientes de regressão localmente usando pesos de dependência espacial, sob a hipótese que as variáveis irão variar continuamente no espaço.

A presente tese é composta por esta Introdução Geral; pelo Ensaio 1- Proteção social e Covid-19: avaliação de impactos regionais da política do Auxílio Emergencial no Brasil; pelo Ensaio 2 - Fatores que explicam as diferenças de óbitos por Covid-19 nos municípios brasileiros; e pelo Ensaio 3 - A influência da pandemia de Covid-19 nos óbitos e hospitalizações por doenças do aparelho circulatório.

3 ENSAIO 1 – SOCIAL PROTECTION AND COVID-19: EVALUATION OF REGIONAL IMPACTS OF THE EMERGENCY AID POLICY IN BRAZIL

Resumo

A pandemia pela Doença Causada pelo Novo Coronavírus de 2019 (Covid-19) que se iniciou no final de 2019 na China, gerou uma crise sanitária e econômica de proporções ainda imensuráveis. A restrição da atividade econômica, para evitar maior contágio da doença, afetou todos os setores econômicos, resultando na perda de empregos recordes e na paralização da economia informal. O Auxílio Emergencial (AE) foi criado com a finalidade de garantir uma renda de subsistência, minimizando os problemas econômicos trazidos pela pandemia. O objetivo deste trabalho é analisar os impactos diretos e indiretos das transferências de renda do AE sobre a economia dos estados brasileiros. De particular interesse é avaliar a distribuição dos impactos indiretos já que pode haver transbordamentos de renda entre as regiões por causa das relações intersetoriais e cadeias produtivas. Assim, dadas as diferenças nas estruturas produtivas, a contabilização dos impactos indiretos pode resultar em uma estrutura de distribuição regional dos benefícios bem distinta da inicial. O propósito deste estudo é avaliar quais regiões são relativamente mais beneficiadas comparando a estrutura inicial de distribuição dos benefícios do AE com a estrutura final, após contabilizar os transbordamentos. Para tanto, foram utilizados o modelo inter-regional de insumo-produto desenvolvido por Haddad, Gonçalves Júnior e Nascimento (2017) e dados do Portal da Transparência brasileiro sobre recursos alocados pelo AE no período de abril a setembro de 2020. Os resultados mostram que os estados mais beneficiados na distribuição inicial do AE são os relativamente mais populosos e pobres (Nordeste) e os mais beneficiados na distribuição final são os com estruturas produtivas mais complexas e relativamente mais desenvolvidos (Sudeste e Sul).

Palavras-chave: Covid-19; Pandemia; Proteção social; Auxílio Emergencial; Modelo Insumo-Produto Inter-Regional.

Abstract

The Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pandemic which began in late 2019 in China, led to a health and economic crisis of significant proportions. The decrease in economic activity to prevent the further spread of the disease affected all economic sectors, resulting in the unprecedented loss of jobs and the weakening of the informal economy. The purpose of Emergency Aid (EA) was to guarantee a subsistence income, minimizing the economic problems brought about by the pandemic. The aim of this paper is to analyze the direct and indirect impacts of the EA income transfers on the economy of Brazilian states. Of particular interest is to assess the distribution of indirect impacts, as there may be spillovers of income between regions because of inter-sector relations and production chains. Thus, given the differences in production structures, the accounting of indirect impacts can result in a structure of regional distribution of benefits that is quite different from the initial one. Therefore, the aim of this study is to assess which regions are relatively more benefited by comparing the initial structure of the distribution of the EA benefits with the final structure after accounting for the spillovers. To do so, an interregional input-output model developed by Haddad *et al.*, (2017) and data from the Brazilian Transparency Portal (*Portal da Transparência*) on resources allocated by the EA in the period from April to August 2020 were used. The results show that the states that benefited most in the initial distribution of the EA are the relatively most populous and poorest (Northeast), and those that benefited the most in the final distribution are more complex and relatively more developed productive structures (Southeast and South).

Keywords: COVID-19; Pandemic; Social Protection; Emergency Aid; Interregional Input-Output Model.

JEL: O23; R11; R15.

3.1 Introduction

At the end of 2019, a new virus (COVID-19) was identified, which spread rapidly among countries. In March 2020, the World Health Organization (WHO) started to consider the situation a pandemic. Uncertainties about the virus, the disease and its transmissibility led many countries to adopt actions to reduce the circulation of people, directly impacting economic activity. Demand for some products and services declined dramatically, affecting employers, employees, and self-employed workers (KISSLER, 2020).

In Brazil, the set of restrictions on economic activities affected different sectors, implying a heterogeneous increase in unemployment rates in Brazilian states. As a result, Brazil reached the mark of 12.8 million unemployed people, associated with a 9.7% decrease in GDP in the second quarter of 2020 (IBGE, 2020). In this context, the political pressure for actions that could compensate for social distancing measures increased, transferring income mainly to the poorest families. In response, the federal government created a comprehensive national social protection program based on direct income transfer, the so-called Emergency Aid (EA).

The EA is a financial benefit granted by the Federal Government, aimed at informal workers, individual micro-entrepreneurs (MEI), self-employed and unemployed people, and aimed to provide emergency protection in the period of confronting the crisis caused by the Coronavirus pandemic (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2020). The transfers aim to benefit the most vulnerable social strata in the face of the economic problems caused by the pandemic. More specifically, the target audience consists of the low-income population (identified by the Single Registry for social programs), the beneficiaries of the Bolsa Família program, informal workers and individual micro-entrepreneurs. Once the eligible beneficiaries are identified, the funds are transferred monthly to their respective accounts.

Based on the direct distribution of resources, which follows the criteria defined in the policy, it is interesting to assess the second-order effects of these resources. These occur with benefits in the purchase of products by the beneficiaries, generating multiplier effects in the economy. As the regional productive structures are different and there are production chains that cross the borders of the states, the multiplier effects of the EA may be different in each region, in addition to the possibility of the transmission of effects between the regions.

This paper aims to analyze the direct and indirect impacts of the EA income transfers on the production of Brazilian states. Of particular interest is to assess the distribution of indirect impacts, as there may be spillovers of income between regions due to inter-sector relations and

production chains. Thus, given the differences in production structures, the accounting of indirect impacts can result in a structure of regional distribution of benefits that is quite different from the initial one. Therefore, this study assesses which regions are relatively more benefited by comparing the initial structure of the distribution of the benefits of the EA after accounting for the spillovers. To do so, an interregional input-output model developed by Haddad *et al.*, (2017) and data from the Brazilian Transparency Portal on resources allocated by the EA in the period from April to August 2020 were used. This work is related to the short-term effects on the economy.

The paper is organized as follows. In section two, there is the bibliographic review, the presentation of the Emergency Aid program (EA) and other programs around the world. The third section presents the methodology and data. The fourth section analyzes and discusses the results. Finally, the study's conclusions are presented in the fifth section.

3.2 Literature review

The Emergency Aid is a direct income transfer program, with monthly payments of R\$ 600.00 in the April-August period and R\$ 300.00 in the September-December period in 2020. The program's purpose is to benefit the most vulnerable social strata in the face of social isolation measures: low-income population (Single Registry - *Cadastro Único*), beneficiaries of the Bolsa Família program, informal workers, and individual micro-entrepreneurs (Figure 1). Each beneficiary receives a quota, with a limit of two per family unit, except for single mothers who are heads of household and are entitled to two instead of a single quota.

Figure 1- Requirements to access the EA

First-level (condition)	Second-level (income condition)	Third-level (social condition)
Being of legal age (except for teenage mothers)	Having per capita monthly family income of up to half a minimum wage (R\$ 522.50) or total monthly family income of up to R\$ 3,135.00	Not having income from social security, assistance, unemployment insurance and not being linked to any federal government income transfer programs.
	Having received in 2018 taxable income of less than R\$ 28,559.70	Exercising activity as an individual, autonomous, informal, or unemployed micro-entrepreneur (in the Single Registry for Social Programs (CadÚnico).

Source: Prepared by the author, based on information from Caixa Econômica Federal (2020).

These government transfers contribute to mitigating variations in unemployment, poverty and income inequality. It is even possible that the effects of the aid overlap with the effects generated by the loss of work (KOMATSU; MENEZES-FILHO, 2020). According to Barbosa and Prates (2020), the Emergency Aid has the potential to increase the average family income per capita by R\$ 178.00, and for Trovão (2020), the EA makes it possible to sustain the income of the poorest due to the concentration of resources in this population group. The program allows a double effect on the economy, with a significant increase in the income of the unemployed and beneficiaries of programs, such as Bolsa Família with a monthly income below R\$ 600.00 (TROVÃO, 2020). On the other hand, informal workers and individual micro-entrepreneurs (with an income above R\$ 600.00) have their incomes reduced. The crucial point, however, is the income distribution allowed by the aid.

The payment of the aid automatically and temporarily replaces the payment of the benefit associated with the Bolsa Família program whenever it is more advantageous for the beneficiary. The coordination of the EA concession policy is carried out by the Ministry of Citizenship, the database is managed by Dataprev, and the payments are made operational by Caixa Econômica Federal in bank accounts called *Poupança Social Digital* (Digital Social Savings). Table 1 shows the target audience for the Emergency Aid. The beneficiary must pay Income Tax on the amount received if s/he obtained other taxable income in the calendar year 2020 of an amount greater than R\$ 28,559.70 (value of the first range of the Individual Income Tax progressive annual table - IT). In this case, the beneficiary must submit the income tax

return for the year 2021 and add to the tax the amount of the aforementioned aid received by him/her or his/her dependents. The measure does not affect the IT on the aid amount but requires the return of the total amount received as EA - including the benefits received by the dependents - under the same terms and conditions of payment of the due tax determined in the declaration.

Table 1 - EA target audience, amounts received and proportion of the total (Provision made in April 2020)

Target audience	Amount (R\$ million)	Proportion (%)
Beneficiaries of the Bolsa Família Program (BFP)	19.2	32.5
Registered in the Single Registry (CadÚnico)	10.5	17.8
Not Registered in the Single Registry (CadÚnico)	29.3	49.7
Total	59.0	100%

Source: Adapted based on information from Caixa Econômica Federal (2020).

Income transfers made in Brazil follow the actions of other economies in the world. Many countries have implemented aid measures due to the pandemic; actions can be categorized by tax incentives and income transfers to the most vulnerable population. Table 2 summarizes the characteristics of the aid programs adopted in some countries in Europe and the Americas.

Table 2 - Selected social protection programs worldwide

Country	Characteristics
Chile	The design of the <i>Programa de Renda Mínima de Emergência</i> aims to benefit 60% of the most vulnerable families with income derived from informal jobs, in addition to monthly benefits in the amount of 50,000 Chilean pesos ¹ (USD 63.51) for three months.
Argentina	One-time transfer of 10,000 Argentine pesos (USD 131.84) to workers between 18 and 65 years of age who are self-employed, retired, pensioners and others dependent on government benefits.
USA	\$1,200 was granted to each head of household, with an additional \$500 per child under the age of 17, benefiting middle- and working-class citizens with an annual income of less than \$75,000.
Canada	Taxable benefits in the amount of 2,000 Canadian dollars (USD 1491.20) were granted to qualified workers who lost their income or ceased to pursue their professional activities as a result of COVID-19. People with disabilities, pensioners and recently graduated university students were also included. Families with school-age children received additional aid of 300 Canadian dollars.
Germany	Through the <i>Kinderbonus für Familien</i> program, 300 euros (USD 348.51) were granted to families with children, with duplicate subsidies for single parents.
Italy	600 euros (USD 697.02) went to informal, self-employed, and agricultural workers.
United Kingdom	The country has defined as priorities workers, unemployed citizens, and entrepreneurs (especially those between 18 and 30 years old), and the Self-employment Income Support Scheme was developed with the purpose of granting up to 2500 pounds sterling (USD 3175.75) per month, for three months.

¹ All conversions were carried out in United States Dollar/USD, price of 9/25/2020 provided by Banco Central do Brasil.

Russia	The country has adopted extensions to the benefits for unemployed people who have been prevented from exercising their activities. Transfers in the amount of a minimum wage, 12130 rubles (USD 154.76), were addressed to families with children aged three to 15 years, with additional benefits in case the parents lose their jobs.
--------	---

Source: Prepared by the author, using data from WHO (2020).

The analysis of the direct and indirect effects of the EA requires a methodology that considers sectoral and regional interconnections. The efficient allocation of resources for a virtuous cycle of a demand-based model is crucial to counterbalance isolation measures (restrictions) with the maintenance of minimum income levels across the country. In this sense, the assessment of systematic effects, incorporating interregional dependence as a driver of the spatial distribution of total, direct and indirect effects, becomes particularly relevant.

The input-output technique is suited for this type of analysis. There are several similar studies using this technique, applied to the Brazilian context (GUILHOTO; SESSO FILHO, 2010; ICHIHARA, 2007; PORSSE *et al.*, 2003; HADDAD; DOMINGUES, 2002). Similarly, the impacts of public policies on economic systems are investigated. Silva and Ferreira Filho (2018) analyze the economic impacts of Amazonas and the Continuous Cash Benefit Programme (*Benefício de Prestação Continuada - BPC*) between 2005 and 2012. They identified that the GDP of the regions with the highest number of poor people increases due to the greater volume of resources received, which ends up inducing an interregional income distribution. From 2009 to 2015, using the same methodology, Freire *et al.* (2018), found that the Bolsa Família Program directly reduces income inequality at work but has low effects on growth.

Neri *et al.* (2013) used the Circular Flow of Income to measure the direct and indirect short-term impacts of social transfers on GDP through a Social Accounting Matrix, verifying the multiplier effects of various social benefits on Gross Domestic Product (GDP), such as Bolsa Família (BF) and General Social Security Benefits. Focusing on the Brazilian case, Castro *et al.* (2010), investigated the effects on GDP and income distribution in relation to exogenous shocks in the main items of social spending. Among the main results, higher GDP multiplier effects were found for health and education spending than for average autonomous spending or commodity exports.

Ichihara (2007) estimated the impacts of expected economic growth and its influence on the demand for highways in the State of São Paulo. Porsse *et al.* (2003) sought to estimate an interregional input-output matrix from the state of Rio Grande do Sul to the rest of Brazil. Haddad and Domingues (2002) used an interregional input-product matrix to divide the

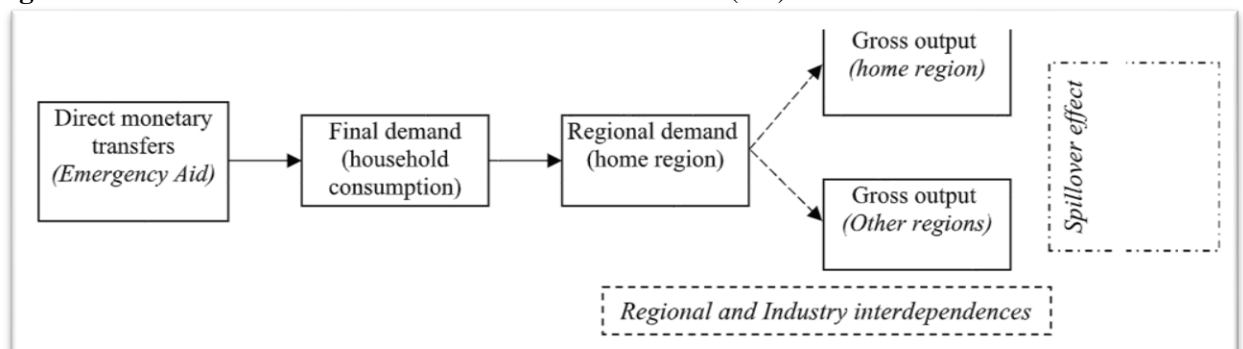
Brazilian economy into two regions, Minas Gerais and the rest of Brazil, in order to assess the participation of exports in the structure of the mining economy.

With regard to the construction of an interregional system for all states in Brazil, as is the case in the present study, initiatives are scarce. The work of Haddad *et al.* (2017) and Guilhoto *et al.* (2017) covers all Brazilian states. Guilhoto *et al.* (2017) used the method combined with the national input-output matrix to estimate trade flows between the units of the federation. In the results, the states of São Paulo and Rio de Janeiro proved to be the most self-sufficient, with Roraima and Tocantins presenting the lowest levels of self-sufficiency.

Haddad *et al.* (2017) applied the IIOAS method, finding consistency with the approach of the national input-product matrix in the analysis of the commercial relations and the productive structures of each state and finding similar results in relation to the self-sufficiency of the states when compared to Guilhoto *et al.* (2017). In this sense, this work contributes to the literature by applying the input-output matrix approach to all states in the context of the pandemic and income transfer.

Considering the sectoral and regional interdependencies, an increase in family income is expected to have positive net effects on regional gross production, as shown in Figure 2. Initially, families living in a given region receive direct transfers from the government. It is assumed that the entire value is converted into consumption within the regions of origin. Two aspects are relevant in this regard, the consumption structure and the production structure of the regions.

Figure 2 - Distribution of the effects of direct income transfer (EA) to families



Source: Prepared by the author.

The regional consumption structure is relevant because the sectors have different multiplier effects. Thus, the multiplier effects of income transfers will be different across regions, depending on which sectors are stimulated via increased consumption. The

interregional input-output matrix used in the study has this information, specific to each Brazilian state.

To provide a general idea of regional differences in consumption patterns, Table 3 shows the main items of household expenditure by large regions in Brazil. This information serves to indicate which products the families in each region will spend the funds received from the EA. Food, Retail and wholesale trade and Housing are the three pillars of consumption spending by Brazilian families, representing around 70% of the total. In the case of Food, there is a relatively greater weight in expenditure in the North and Northeast regions. On the other hand, Transport has a greater weight in consumption in the South and Midwest regions, while Housing weighs relatively more in consumption expenditures in the Southeast and North regions.

Regarding regional production structures, they are relevant to indicate the intensity of the multiplier effects, and they tend to stay in the region or spill into other regions. In general, the productive structures in peripheral regions are simpler than in central regions. Thus, the economic impacts of demand shocks in peripheral regions tend to spill more than shocks in central regions. As a result, although the peripheral areas of the country, represented by lower socioeconomic levels, are relatively more benefited by transfers from social protection programs, the spillovers from the multiplier effects tend to benefit the economies of the central regions. In this context, it is important to note how the regions benefit from the income transfer program via Emergency Aid. The heterogeneous productive structure of the Brazilian states is present in the interregional input-output matrix, represented by the participation of the sectors in the economy and by the technical coefficients of production.

Table 3 - Share of the main items in total household consumption in large Brazilian regions (%)

Items	North	Northeast	Southeast	South	Midwest	Brazil
Agriculture and livestock	4.6	4.3	1.6	3.5	5.5	2.7
Food	22.0	16.3	14.0	19.1	25.2	16.6
Clothing and footwear	0.6	5.4	3.3	7.1	2.2	4.1
Car parts and accessories	3.0	5.7	6.2	7.1	6.0	6.2
Electricity and gas	4.2	3.4	2.1	2.6	2.4	2.5
Retail and wholesale trade	14.3	18.0	14.9	15.2	14.4	15.3
Transport	3.0	4.2	3.8	3.8	3.6	3.8
Real estate activities	16.4	15.3	12.9	11.7	14.1	13.2
Education	2.0	3.0	2.6	2.4	2.5	2.5
Health care	2.5	3.3	4.4	3.7	2.4	3.8
Others	27.3	21.1	34.4	23.9	21.9	29.4
Total	100	100	100	100	100	100

Source: Prepared by the author, based on the input-output matrix used in the article (Haddad *et al.*, 2017).

3.3 Methodology

3.3.1 Data Sources

We seek to measure systemic characteristics to assess the economic impacts of direct transfers of resources converted into household consumption. The data relating to direct transfers from the federal government are from the Transparency Portal, disaggregated at the regional level (federative units). The empirical strategy considers an interregional input-output system to measure the effect of consumption on regional production. The matrix used in this study is IRIO, which was built by the Center for Urban and Regional Economics at the University of São Paulo (Haddad *et al.*, 2017). Its base year represents the 2011 economic structure, including 27 regions (federative units) and 68 sectors. The results were updated for December 2019 with data from the IPCA of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE).

3.3.2 Estimation

This study analyzes the regional multiplier effects of EA transfers from the federal government to beneficiaries in different regions (federative units) in Brazil. The idea is to provide useful regional information on the spatial distribution of a final demand shock related to the increase in family income in terms of direct and indirect effects on regional production. Therefore, an open system IRIO was assumed, which allows the components of aggregate

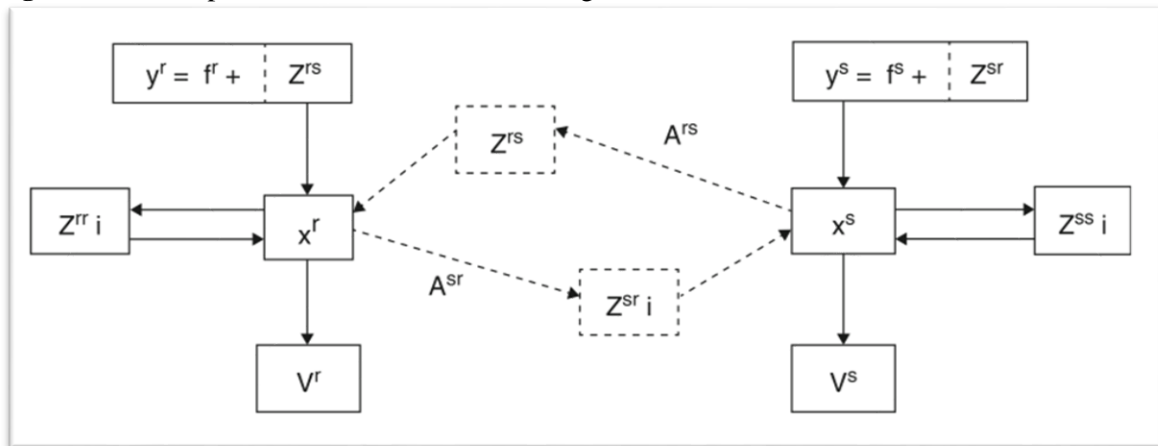
demand to be assumed exogenously. The basic relations in the traditional input-output model are given by:

$$\begin{aligned} x &= A \cdot x + y \\ x &= (I - A)^{-1} \cdot y = B \cdot y \end{aligned} \quad (1)$$

where x is the product, A is the matrix of technical coefficients, y is the final demand, and B represents the inverse Leontief matrix. Our approach is based on an interstate model, and the extent of these basic relatives can be expressed as:

$$\begin{aligned} x &= [x^1 \ : \ x^R]; \ A = [A^{11} \ \dots \ A^{1R} \ : \ \vdots \ : \ A^{R1} \ \dots \ A^{RR}]; \ y = [y^1 \ : \ y^R]; \ \text{and } B = \\ & [B^{11} \ \dots \ B^{1R} \ : \ \vdots \ : \ B^{R1} \ \dots \ B^{RR}] \end{aligned} \quad (2)$$

Initially, we are interested in measuring the sectoral and regional effects related to the increase in regional household income, according to direct government transfers from the Emergency Aid (EA) protection program. In a general scenario, let Δy be the increase in final demand, assuming the other constant components. The causal structure of the interregional input-output model extension is shown in Figure 3. The model assumes that household consumption behavior is determined by current income, maintaining a direct relationship with the productive sector. Thus, our empirical exercise considers a consumption shock, given the increase in income induced by direct transfers from the AE program. Consumption is given by table IO, in which it is assumed that the shock does not change the composition of demand for goods and services in the productive sectors. Thus, the direct and indirect impact of the increase in final demand on the outputs of the entire interregional economic structure is estimated. The final demand shock (Δy) is the result of an exogenous variation of a component f ($y = f + Z$), so that the regional interdependencies between R and S are relevant for the structural propagation over the product of the sectors and regions of the system.

Figure 3 - Interdependences on an IRIO modelling

Source: Oosterhaven and Hewings (2015).

By multiplying the direct impact using the Leontief matrix, we obtain an estimate of the direct effects plus the indirect effects on the economic system, such as:

$$\Delta x = (I - A)^{-1} \cdot \Delta y = B \cdot \Delta y$$

Therefore, when the gross production flows associated with a given level of final demand are known, the relative changes in regional production can be assessed. The regional hierarchies of the Brazilian economy can be revealed as follows, considering a representative region R:

$$\Delta x^R = (I - A^{RR})^{-1} \cdot \Delta y^R \quad (3)$$

where x^R is the vector of gross production of R, $(I - A^{RR})^{-1}$ is the Leontief inverse of this region, and Δy^r is its change in final demand, accounted for by the aggregate direct impact of transfers received from the federal government between April and August 2020 by each Federative Unit of Brazil. Our interest is accounting the direct and indirect effects. Therefore, the direct effect can be measured as the first “A” term of the following power series approximation (MILLER; BLAIR, 2009):

$$B = (I - A)^{-1} = I + A + A^2 + A^3 + \dots + A^n \quad (4)$$

where “A” accounts for the initial effect of new output from each sector and region as an initial additional income payment of an element from matrix A to workers in each sector and region. In this regard, one could account for both direct and indirect effects by multiplying the Leontief matrix B by the relative change in final demand y . Therefore, we extend the assessment of size effects by measuring the ratio between direct and indirect impacts (RDI^R) at the regional level as the ratio of direct and indirect effects, which allows us to measure how much the inflow of resources potentially increases regional and sectoral production. In addition, it is possible to analyze the potential effects of the spillover within the subnational hierarchical structure.

It is important to consider that the results on gross production depend on the structure of preferences for interregional consumption, at least in the first round of income transfers. This aspect is particularly relevant in this study since the maintenance of the industrial structure of consumption of the families was assumed; therefore, the demand increases in proportion to the value received by the families, maintaining the consumption basket. The total amount of transfers received by each federative unit (regions) was distributed proportionally to the sectors, following the distribution of household consumption present in the matrix. Therefore, the transferred income is converted into consumption by the families of each Brazilian region.

Moreover, the following analysis suggests a strategy for applying a framework developed for the ex-ante impact assessment of COVID-19 in a regional systemic context. The objective is to explore the model’s interdependencies to examine the potential effects on the gross output in an interregional system. However, systemic mitigation responses are not within the scope of our application. Notably, our empirical findings intend to identify the potential economic changes associated with the productive regional structure, and do not intend to quantify the real changes in regional GDP or the relative prices due to the COVID-19 pandemic. An analysis of that nature would require information on the results of changes in production and the demand–supply dynamics of companies and their relationship with foreign companies. Moreover, it would require assumptions about industrial and spatial patterns of economic substitution regarding the origin of the inputs incorporated into productive systems (CHEN *et al.*, 2021). In this regard, we extend the assessment of size effects by measuring the ratio between direct and indirect impacts (RDI^R) at the regional level, comparing the direct and indirect effects, $RDI^R = \Delta x^R / \Delta y^R$, which allows us to measure how much the inflow of resources potentially increases regional and sectoral production. In addition, it is possible to analyze the potential effects of the spillover within the subnational hierarchical structure.

3.4 Results

We do not intend to quantify the real changes in regional production due to the EA program adopted by the Brazilian Federal Government to mitigate the effects of the COVID-19 pandemic but rather to identify its potential gains and losses associated with regional dynamics within the country.

3.4.1 Geography of the Emergency Aid Program

Brazil is composed of 26 states plus the Federal District, subdivided into five regions with marked regional disparities. When an income transfer program, such as Emergency Aid, is carried out, these differences end up impacting the distribution of resources and the spatial disposition of the beneficiaries. Analyzing the information in Table 4, the states of the North and Northeast have more direct beneficiaries per 1000 inhabitants compared to the states of the Midwest, Southeast and South of the country. In addition, the Northeast also presents approximately the same number of beneficiaries as the Southeast, which has a population one third larger. The most unfavorable socioeconomic conditions explain this spatial distribution of resources.

Table 4 - Spatial distribution of the population and beneficiaries of the EA

State	Population (2020)	Percentage participation in the total population (A)	Absolute beneficiaries (individuals)	Percentage participation in the total beneficiaries (B)	Beneficiaries per 1000 inhabitants	B/A	Gini Index (2010)
RO	1,796,460	0.85	470,477	0.87	262	1.03	0.50
AC	894,470	0.42	273,967	0.51	306	1.2	0.55
AM	4,207,714	1.99	1,266,425	2.35	301	1.18	0.56
RR	631,181	0.3	183,772	0.34	291	1.14	0.55
PA	8,690,745	4.1	2,832,607	5.26	326	1.28	0.54
AP	861,773	0.41	264,089	0.49	306	1.2	0.55
TO	1,590,248	0.75	449,017	0.83	282	1.11	0.54
North	18,672,591	8.82	5,740,354	10.65	307	1.21	0.54
MA	7,114,598	3.36	2,380,918	4.42	335	1.32	0.55
PI	3,281,480	1.55	1,160,116	2.15	354	1.39	0.56
CE	9,187,103	4.34	3,057,063	5.67	333	1.31	0.56
RN	3,534,165	1.67	1,101,932	2.05	312	1.23	0.55
PB	4,039,277	1.91	1,341,349	2.49	332	1.31	0.55
PE	9,616,621	4.54	3,133,209	5.82	326	1.28	0.56
AL	3,351,543	1.58	1,065,078	1.98	318	1.25	0.56

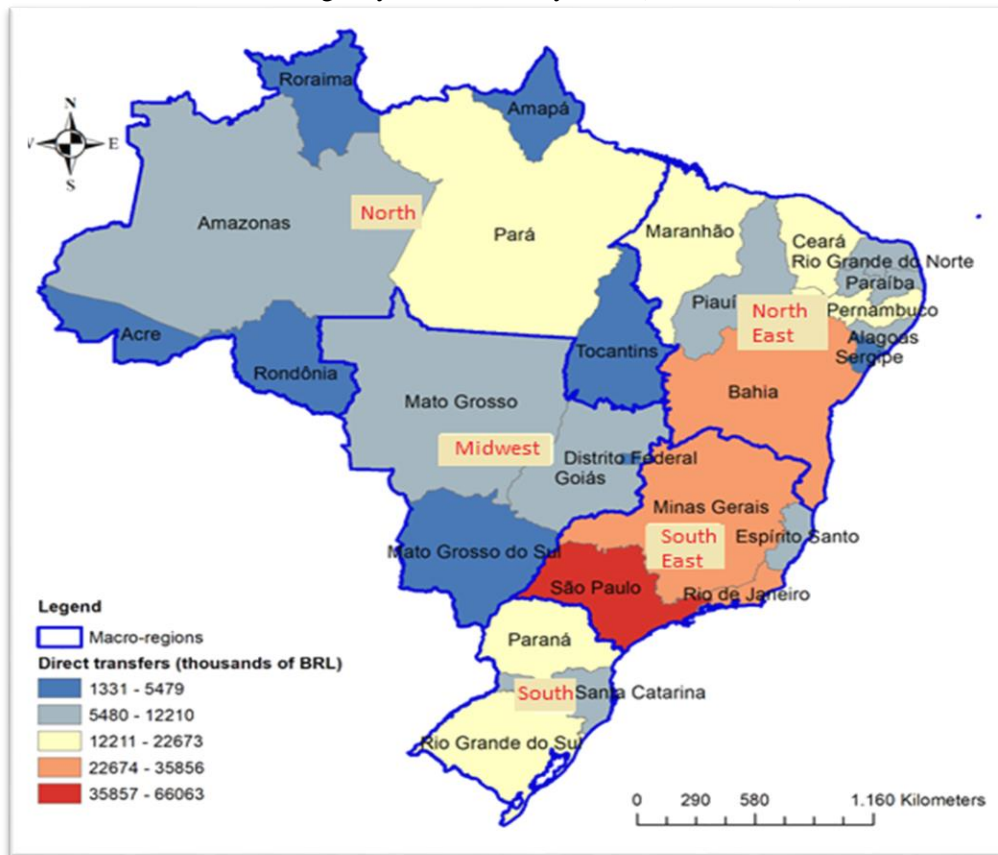
SE	2,318,822	1.1	757,916	1.41	327	1.28	0.56
BA	14,930,634	7.05	5,058,265	9.39	339	1.33	0.55
Northeast	57,374,243	27.09	19,055,846	35.37	332	1.31	0.56
MG	21,292,666	10.06	4,951,471	9.19	233	0.91	0.51
ES	4,064,052	1.92	989,100	1.84	243	0.96	0.51
RJ	17,366,189	8.2	4,301,267	7.98	248	0.97	0.54
SP	46,289,333	21.86	9,414,220	17.47	203	0.8	0.50
Southeast	89,012,240	42.04	19,656,058	36.48	221	0.87	0.52
PR	11,516,840	5.44	2,420,200	4.49	210	0.83	0.49
SC	7,252,502	3.42	1,167,252	2.17	161	0.63	0.45
RS	11,422,973	5.39	2,023,658	3.76	177	0.7	0.49
South	30,192,315	14.26	5,611,110	10.42	186	0.73	0.48
MS	2,809,394	1.33	657,689	1.22	234	0.92	0.51
MT	3,526,220	1.67	867,176	1.61	246	0.97	0.50
GO	7,113,540	3.36	1,723,693	3.2	242	0.95	0.50
DF	3,055,149	1.44	562,970	1.04	184	0.72	0.57
Midwest	16,504,303	7.79	3,811,528	7.07	231	0.91	0.55
Brazil	211,755,692	100	53,874,896	100	254	1	0.54

Note: These data refer to the period from January to April 2020.

Source: Prepared by the author.

The transfer of the Emergency Aid to beneficiaries, or direct effect, was distributed as shown in Figure 4. Regionally, the absolute amount of the benefit paid to individuals is concentrated in some states in the Northeast and Southeast regions of Brazil that have the largest number of beneficiaries and the largest Brazilian population, respectively (see Table 4), and received approximately 36% of total transfers each. Although the values allocated in each region are similar, the indirect effect was quite different (see Annex 1), being greater than 1 for the Southeast and less than half for the Northeast. The other regions in order of distribution of transfers were North (11%), South (10%) and Midwest (7%)

Figure 4 - Distribution of the Emergency Aid benefit by state (Direct Effect)



Source: Prepared by the author based on the Brasil (2020).

The association between regional disparities and the population receiving transfers from the social program reveals two specific patterns. The first is that the most populous regions receive more resources, even if they have a lower beneficiary per capita ratio than other regions with fewer inhabitants. The second is that there is a clear tendency for transfers to increase as regional inequality grows, with a greater ratio of beneficiaries per capita, considering greater pre-existing social inequality.

However, the concentration of these transferred revenues may not reach its full potential to generate local economic effects in terms of production and employment. This can be explained because the industrial vocation for development and interregional ties are concentrated in the southern and southeastern states. Therefore, the regional production of the peripheries tends to be dependent on interregional demand, driven by regional hierarchies. Another reason for not reaching the full generational potential of the economic effects is the consumption pattern of the families since the regional distribution of the transfers affects the families' income in the short term.

When analyzing the consumption of the poorest population, the target audience of the Emergency Aid policy, Baptistella (2012) found that the beneficiary families of Bolsa Família had higher expenses with food and, consequently, greater consumption, variety, and nutritional quality. These income impacts on food consumption, which have low added value, are greater in families in the North and Northeast, while there is no significant change in the South and Southeast, as they end up spending on other types of products with a greater aggregate impact.

The use of IRIO modeling makes it possible to assess the direct and indirect effects of the EA transfers on local economies and the possible spillovers from peripheries to central regions, as they have more complex and advanced economies. The next section discusses the role of efficient transfers in an interregional modeling environment, analyzing the main multiplier effects of the income transfer policy.

3.4.2 Regional effects of the EA Social Protection Program

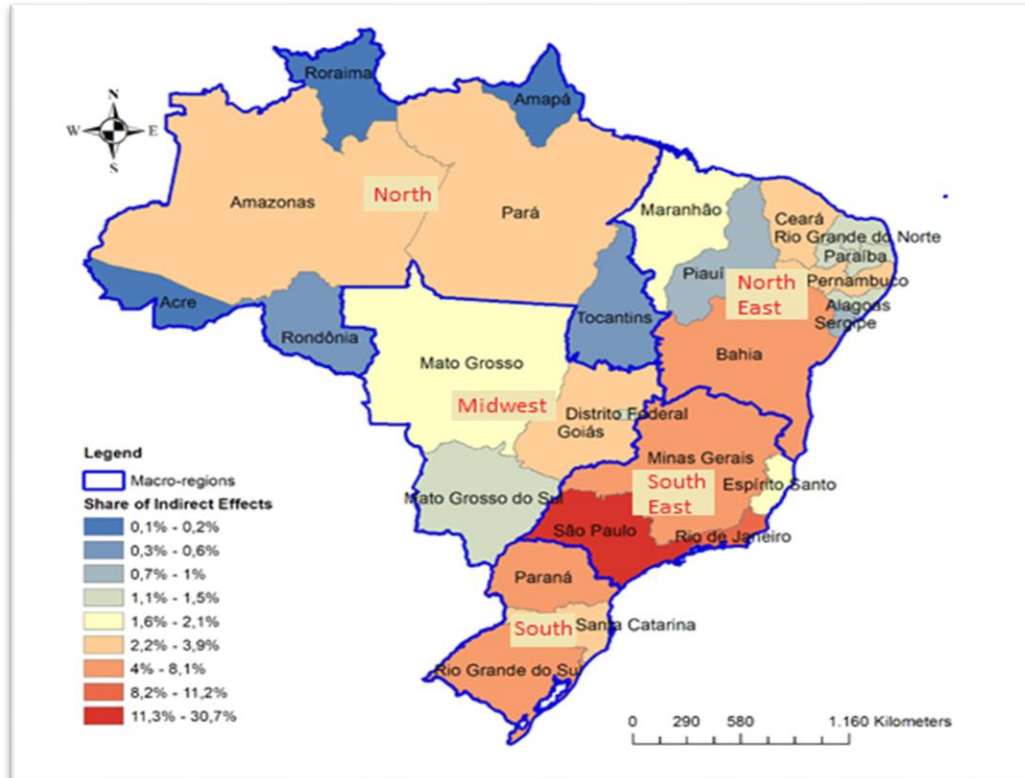
The results of this section result from equation (3) of the presented model. Figure 5 shows the regional distribution of indirect effects on regional production. The total indirect effects are concentrated in the states of the Southeast, representing 52% of the amount transferred. The State of São Paulo accounts for 31% of the total indirect effects generated throughout the Brazilian economy. The states in the Northeast - which received a similar number of transfers - have indirect effects of 22% of the national total.

The spatial distribution of indirect effects is notably attributed to regional inequalities, concentrating on the states with the largest productive structures and the most dynamic economic sectors. The most populous and economically prosperous regions produce superior product results when compared to other regions. It is noteworthy that even two macro-regions with such unequal productive structures, such as the Southeast and the Northeast, received similar amounts of direct federal transfers.

In Brazil, income inequality is the result of historical construction, and income distribution policies allow support for Brazilian households, even if there are deficiencies in the functional distribution in general (TROVÃO, 2020). It is possible that the greatest effects in these states are related to pre-existing institutional arrangements and previous public policies since Bolsa Família beneficiaries were automatically covered by the EA (CARDOSO, 2020). These differences can be explained by several factors, such as the composition of their economic sectors and the proportion of low-income people in relation to the total population of

the regions. An example is the Northeast Region, which has half the poorest population in the country, while the Southeast is home to most of the richest population (TROVÃO, 2020).

Figure 5 - Regional distribution of indirect effects



Source: Prepared by the author.

The interdependencies of the national productive system indicate the spillover potential of the effects beyond the direct effects, counted as the total value that families received in each Brazilian state. Therefore, the potential interregional effects can be seen by RDI - which allows assessing the potential income gain of the state in relation to the value of resources from the emergency aid paid to beneficiaries. At the federative unit level, the figures show the potential effect of each \$1.00 received on the regional income generation capacity. On average, Brazil had an RDI of 0.696 for the period analyzed (see Annex I for details at the state level). This figure shows that \$0.69 of regional income is induced in response to 1.00 transferred in the form of EA in the first five months of response. However, there is an unequal spatial distribution of RDI, implying heterogeneous opportunities for staff capable of mitigating the negative effects of the downturn in economic activity in the context of the pandemic.

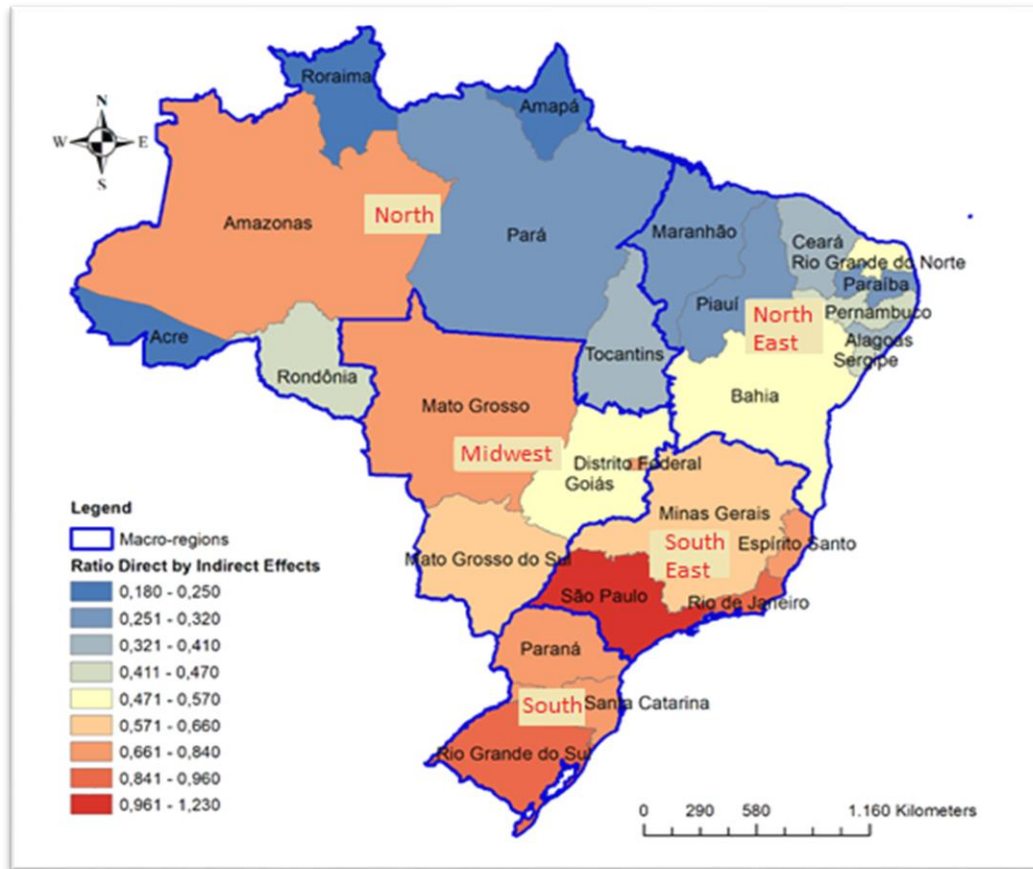
Interestingly, only nine of the twenty-seven states have RDI above the Brazilian average (of 0.70). The states with the highest RDI are mostly located in the South and Southeast. These

regions have participation of 3% and 7% in relation to the Gross Value Added (GVA) in their Industry and Transformation sectors and 4% and 18% in the sectors that comprise modern services, respectively. In addition, they are responsible for more than 78% of the total GVA of the Transformation Industry and 76% of Modern Services.

The potential economic returns from the transfer of the EA are accompanied by regional inequalities to a greater extent than by the total amount received by the beneficiaries. The winning and losing regions are clearly identified, and the influence of interregional links becomes an important mechanism for spilling the effects across subnational production networks. In the Northeast, for every \$1 paid in aid, there is an estimated average increase of 42 cents, while this multiplier effect is greater than 1 only in the state of São Paulo. The economic relations associated with the geographic proximity of São Paulo to the other states in the Southeast imply values above 0.8 for all. It is interesting to observe values higher than 0.8 in Rio Grande do Sul and higher than 0.84 in Paraná and Santa Catarina. At the other extreme are the states of Acre, Amapá, and Piauí, with multiplier effects below 0.3.

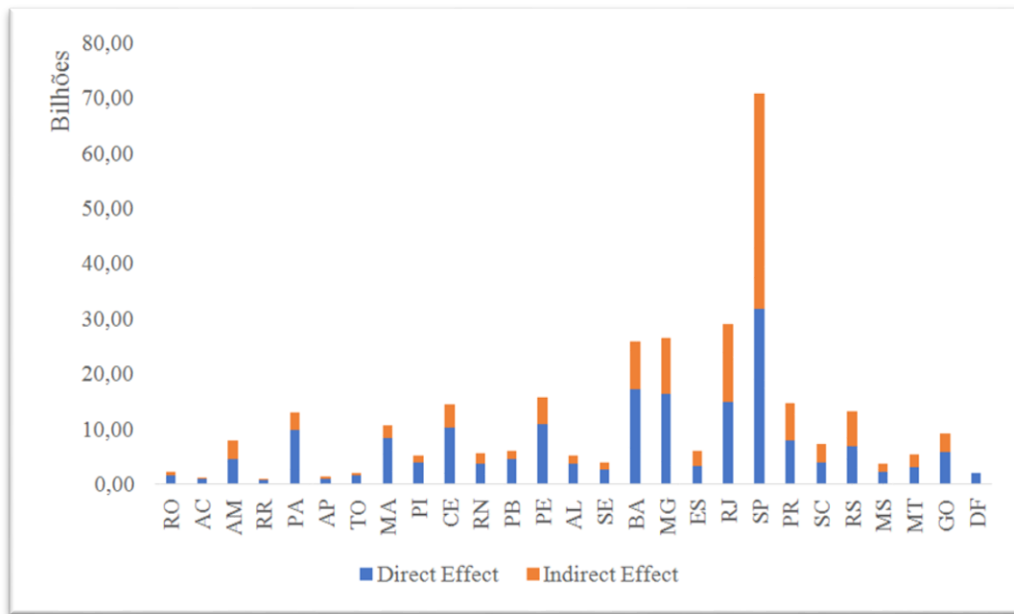
Despite the smaller number of beneficiaries in these peripheral states, population differences should offset the potential effect at the regional level; however, this is not evidenced by the results. The process of disseminating the positive effects of the demand shock is noted in other states. Factors associated with regional disparities are essential mechanisms for transmitting shocks. As a result, more complex regional systems tend to have more interregional ties proportionally more affected by initial shocks in the family expenditure constraint.

Figure 6 - Ratio between direct and indirect effect (RDI)



Source: Prepared by the author.

An important finding is that inequalities in space increase the effects of short-term concentration. In fact, the North and Northeast states have the largest proportions of beneficiaries per thousand inhabitants, all of which have higher rates than the national average and the largest Gini. The exception occurs in the State of Amazonas - RDI is above the national average -, the regional economic structure, based on the location of free industrial zone, is one of the explanations since its production structure is very different from its neighboring states. In contrast, this relationship is the opposite in the southern states.

Figure 7 - Direct, Indirect and Total Effect

Source: Prepared by the author.

The Total Effect – Direct plus Indirect – reveals relevant interregional restrictions to understand the potential spillovers of a final demand shock, as shown in Figure 7. Among the five states with the highest total effects, three have a lower RDI than the Brazilian average (Minas Gerais, Bahia, and Pernambuco). Despite this, these Brazilian states received the most significant resources of the emergency benefit, based on the population and economic size. In this regard, Figure 7 shows that the Brazilian states with the lowest total effects are precisely the same that have the lowest direct effects, indicating that the regional economic size matters for the total amount of direct transfers from the central government. However, it is further possible to note that even with high indirect effects, the total direct effects will be more relevant to determine which Brazilian states will receive more resources from both direct and indirect effects. Despite the direct effect's strong influence on determining the amount of total effect, it is relevant to note that in some states, the RDI was so strong that it made them capable of overcoming the total effect of other states with a more significant direct effect. For example, this happens with the Rio Grande do Sul, which has an RDI of 0.920 and a more substantial total effect than the states of Pará (0.322) and Maranhão (0.289), and other states such as Rio de Janeiro (0.958), Paraná (0.844) and Santa Catarina (0.836), which also had high RDIs.

3.5 Final comments and policy implications

This article analyzed the relationship between the main Social Protection Program as a mitigation of COVID-19 implemented by the Brazilian Federal Government and the spatial distribution of economic effects. There is little empirical evidence on the regional systemic impacts of direct income transfer programs for families, showing the empirical contribution of this IRIO application. Spatial patterns were analyzed for the effects of income transfer, assuming that they are converted into household consumption, as a basis for the composition of the impacts of the product in general on state economies. The potential multiplier effect of this policy raises relevant doubts about the spillover effects associated with regional inequalities in Brazil.

The results suggest that the multiplier effects not only benefit the destination of the transferred income but spread through interregional systems of production and consumption. Although the EA Social Protection Program is essential to guarantee income in a recession context, it is imperative to question how the multiplier effects can perpetuate and even increase regional disparities. The efficiency of the EA mechanism to produce a more efficient allocation of resources and to reduce inequality between regions in Brazil is questioned. In contrast, as discussed earlier, the share of indirect effects by direct effects reveals a potential spillover effect on product multipliers. The evidence of this spillover is relevant to conclude that not only the wealthier regions of the Southeast and the South have direct effects that are inferior to the indirect ones. The main implication of this aggregate result is that the transfer policy has a spatial bias in relation to the location of the benefits and the economic effects generated. This transfer of product generation effects through interregional structures has shown spatially unequal benefits from this policy. Size effects depend on interregional structures, as well as territorial dynamics, including the various structural, locational, and cultural factors.

An important point to be assessed is that a large direct effect does not necessarily generate an indirect effect of the same magnitude. This is evident when analyzing two regions with similar direct effects, such as the Northeast (R\$ 64.7 million) and the Southeast (R\$ 66 million). Despite having a similar volume of transfers, the indirect effects generated were quite different, with the Southeast region having an indirect effect of R\$ 66.1 million (RDI 1.001) and the Northeast with only R\$ 27.3 million (RDI 0.420). This same phenomenon can be observed when analyzing the South and North Region, in which both have a similar direct effect, at around R\$ 19 million but with the South obtaining twice the indirect effect, and

consequently RDI. In both cases, the indirect effects were greater in the richest regions and smaller in the poorest.

This phenomenon also occurs at the Brazilian state level. Although the direct effects are relatively greater in the poorest states, as they have a greater number of beneficiaries per capita, there is a spillover of indirect effects resulting from the use of income for consumption for the wealthier states, which ends up perpetuating dependency and inequality. The poorer regions end up being relatively less benefited in terms of indirect effects, as they have more fragile economies and simpler productive structures. An alternative to minimize this problem could be the adoption of policies to stimulate entrepreneurship.

Finally, it is important to note that the EA has fulfilled its short-term proposal, guaranteeing the means of subsistence to the most vulnerable population, keeping families above the poverty line and even increasing the average per capita household (around R\$ 178.00 or USD 31.97²). Although the most populous and poorest states have received greater volumes of resources, it is possible to demonstrate that the other states have been indirectly benefited by market transactions.

3.6 References

BAPTISTELLA, J. C. F. Avaliação de programas sociais: uma análise do impacto do Programa Bolsa Família sobre o consumo de alimentos e status nutricional das famílias. **Revista Brasileira de Avaliação**, Rio de Janeiro, v. 3, p. 26-53, jan./jun. 2012. DOI 10.4322/rbma201203003.

BARBOSA, R. J.; PRATES, I. Efeitos do desemprego, do Auxílio Emergencial e do Programa Emergencial de Preservação do Emprego e da Renda (MP nº 936/2020) sobre a renda, a pobreza e a desigualdade durante e depois da pandemia. **IPEA: Nota Técnica**, n. 69, p. 65-79, jul. 2020. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10291/3/BMT_69_efeitos_do_desemprego.pdf. Acesso em: 4 jan. 2022.

BRASIL. **Portal da Transparência**: Controladoria-Geral da União. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.portaltransparencia.gov.br/>. Acesso em: 4 jan. 2022.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – CEF (Brasil). Portal da Transparência divulga lista de beneficiários do Auxílio Emergencial. **Caixa Notícias**, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://caixanoticias.caixa.gov.br/noticia/20795/auxilio-emergencial-clique-aqui-para-ver-os-ultimos-numeros>. Acesso em: 4 jan. 2022.

² Conversion carried out in United States Dollar/USD, price of 9/25/2020 provided by Banco Central do Brasil.

CARDOSO, B. B. A implementação do Auxílio Emergencial como medida excepcional de proteção social. **Revista de Administração Pública**, v. 54, n. 4, p. 1052-1063, jul./ago. 2020. DOI 10.1590/0034-761220200267.

CASTRO, J. A. de *et al.* (org.). Efeitos econômicos do gasto social no Brasil. In: CASTRO, J. A. de *et al.* (org.). **Perspectivas da política social no Brasil**. Brasília, DF: Ipea, 2010. Cap. 3, p. 109-160. (Série Eixos Estratégicos do Desenvolvimento Brasileiro; Proteção Social, Garantia de Direitos e Geração de Oportunidades; livro 8). Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3270/1/livro08_perspectivasdapolitica.pdf. Acesso em: 4 jan. 2022.

CHEN, T.; GOZGOR, G.; KOO, C. K. Pandemics and income inequality: what do the data tell for the Globalization Era? **Frontiers in Public Health**, Lausanne, v. 9, p. 674729, May 2021. DOI 10.3389/fpubh.2021.674729.

FREIRE, D.; DOMINGUES, E.; BRITTO, G. Structural impacts of a cash transfer program: an application of a SAM based CGE model for Brazil. In: ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS, 21., 2018, Cartagena. **Anais...** West Lafayette, Center for Global Trade Analysis, 2018. Disponível em: https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=5602. Acesso em: 4 jan. 2022.

GUILHOTO, J. J. M. *et al.* Construção da Matriz Inter-regional de Insumo-produto para o Brasil: Uma aplicação do TUPL. **NEREUS: Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo**, São Paulo, n. 3, 2017. Disponível em: http://www.usp.br/nereus/wp-content/uploads/TD_Nereus_03_2017.pdf. Acesso em: 4 jan. 2022.

GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimação da matriz insumo-produto utilizando dados preliminares das contas nacionais: aplicação e análise de indicadores econômicos para o Brasil em 2005. **Economia & Tecnologia**, Curitiba, ano 6, v. 23, out./dez. 2010.

HADDAD, E. A.; DOMINGUES, E. P. Matriz inter-regional de insumo-produto Minas Gerais/resto do Brasil: estimação e extensão para exportações. In: SEMINÁRIO SOBRE A ECONOMIA MINEIRA, 10., 2002, Belo Horizonte. **Anais [...]** Belo Horizonte: Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2002. Disponível em: <https://ideas.repec.org/h/cdp/diam02/200236.html>. Acesso em: 4 jan. 2022.

HADDAD, E. A.; GONÇALVES JÚNIOR, C. A. G.; NASCIMENTO, T. O. Matriz interestadual de insumo-produto para o Brasil: uma aplicação do método IIOAS. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 424-446, 2017. Disponível em: <https://www.revistaaber.org.br/rberu/article/view/271>.

ICHIHARA, S. M. O impacto do crescimento econômico sobre as rodovias de São Paulo: uma aplicação do modelo de insumo-produto combinado ao geoprocessoamento. **Economia**, Brasília, DF, v. 8, n. 4, p. 199-231, dez. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema de contas nacionais trimestrais**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 4 jan. 2022.

KISSLER, S. M. *et al.* Social distancing strategies for curbing the COVID-19 epidemic. **Harvard University's DASH Repository**, Harvard, Mar. 2020. Disponível em: <http://nrs.harvard.edu/urn-3:HUL.InstRepos:42638988>. Acesso em: 4 jan. 2022.

KOMATSU, B. K.; MENEZES-FILHO, N. Simulações de impactos da COVID-19 e da renda básica emergencial sobre o desemprego, renda, pobreza e desigualdade. **Inspere**: Centro de Políticas Públicas, São Paulo, Policy Paper, n.43, abr. 2020. Disponível em: <https://www.insper.edu.br/wp-content/uploads/2020/04/Policy-Paper-v14.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2022.

NERI, M. C.; VAZ, F. M.; Souza, P. H. G. F. D. Efeitos macroeconômicos do Programa Bolsa Família: uma análise comparativa das transferências sociais. *In*: CAMPELLO, T.; NERI, M. C. (org.). **Programa Bolsa Família: uma década de inclusão e cidadania**. Brasília, DF: Ipea, 2013. p. 193-206. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/livro_bolsafamilia_10anos.pdf. Acesso em: 4 jan. 2022.

PORSSE, A. A.; HADDAD, E. A.; RIBEIRO, E. P. Estimando uma matriz de insumo-produto inter-regional Rio Grande do Sul-restante do Brasil. **NEREUS**: Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo, São Paulo, n. 20, 2013. Disponível em: http://www.usp.br/nereus/wp-content/uploads/TDNereus_20_03.pdf. Acesso em: 4 jan. 2022.

SILVA, D. I. D.; FERREIRA FILHO, J. B. de S. Impactos dos programas de transferência de renda Benefício de Prestação Continuada (BPC) e Bolsa Família sobre a economia brasileira: uma análise de equilíbrio geral. **Pesquisa e Planejamento econômico**, Brasília, DF, v. 48, n. p. 161-183, abr. 2018.

TROVÃO, C. J. B. M. **A pandemia da Covid-19 e a desigualdade de renda no Brasil: um olhar macrorregional para a proteção social e os auxílios emergenciais**. Natal: UFRN, 2020. (Texto para Discussão, n. 4). Disponível em: <https://ccsa.ufrn.br/portal/wp-content/uploads/2020/05/TROV%C3%83O-2020-PANDEMIA-E-DESIGUALDADE.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Coronavirus disease (COVID-19) outbreak**: rights, roles and responsibilities of health workers, including key considerations for occupational safety. Geneva, [2020]. Disponível em: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-rights-roles-respon-hw-COVID-19.pdf?sfvrsn=bcabd401_0. Acesso em: 4 jan. 2022.

3.7 Appendix A – Direct, Indirect, Total and RDI Effect from April to August 2020

State	Direct Effect	Indirect Effect	Total Effect	RDI
RO	1,563,641,400.00	694,416,806.38	2,258,058,206.38	0.440
AC	931,648,200.00	232,689,299.55	1,164,337,499.55	0.250
AM	4,473,289,200.00	3,333,434,520.01	7,806,723,720.01	0.750
RR	647,920,200.00	117,544,697.15	765,464,897.15	0.180
PA	9,835,980,600.00	3,169,274,086.82	13,005,254,686.82	0.320
AP	952,971,000.00	188,338,018.72	1,141,309,018.72	0.200
TO	1,466,664,600.00	587,830,993.83	2,054,495,593.83	0.400
North	19,872,115,200.00	8,323,528,422.45	28,195,643,622.45	0.420
MA	8,249,893,200.00	2,386,290,861.94	10,636,184,061.94	0.290
PI	3,919,412,400.00	1,149,203,970.84	5,068,616,370.84	0.290
CE	10,221,785,400.00	4,146,761,390.74	14,368,546,790.74	0.410
RN	3,678,657,000.00	1,880,773,003.05	5,559,430,003.05	0.510
PB	4,507,651,800.00	1,457,522,282.11	5,965,174,082.11	0.320
PE	10,769,890,800.00	4,875,765,997.76	15,645,656,797.76	0.450
AL	3,723,619,200.00	1,506,525,757.60	5,230,144,957.60	0.400
SE	2,598,370,800.00	1,226,590,274.13	3,824,961,074.13	0.470
BA	17,063,556,600.00	8,715,413,090.41	25,778,969,690.41	0.510
Northeast	64,732,837,200.00	27,344,846,628.57	92,077,683,828.57	0.420
MG	16,283,049,000.00	10,217,077,761.25	26,500,126,761.25	0.630
ES	3,287,143,200.00	2,695,977,793.62	5,983,120,993.62	0.820
RJ	14,829,374,400.00	14,208,710,920.17	29,038,085,320.17	0.960
SP	31,680,576,000.00	39,002,376,868.32	70,682,952,868.32	1.230
Southeast	66,080,142,600.00	66,124,143,343.36	132,204,285,943.36	1.001
PR	7,898,199,000.00	6,662,688,418.69	14,560,887,418.70	0.840
SC	3,926,445,000.00	3,282,619,229.96	7,209,064,229.96	0.840
RS	6,877,362,000.00	6,326,140,227.02	13,203,502,227.02	0.920
South	18,702,006,000.00	16,271,447,875.67	34,973,453,875.67	0.870
MS	2,207,940,600.00	1,467,624,723.35	3,675,565,323.35	0.660
MT	2,941,435,800.00	2,399,415,548.98	5,340,851,348.98	0.820
GO	5,828,848,200.00	3,325,199,567.11	9,154,047,767.11	0.570
DF	1,944,685,800.00	1,541,141,897.91	3,485,827,697.91	0.790
Midwest	12,922,910,400.00	8,733,381,737.35	21,656,292,137.35	0.680
Brazil	182,310,011,400.00	126,797,348,007.40	309,107,359,407.40	0.700

Source: Prepared by the authors.

4 ENSAIO 2 - FATORES QUE EXPLICAM AS DIFERENÇAS DE ÓBITOS POR COVID-19 NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS

Resumo

Durante a interiorização da pandemia pela Doença Causada pelo Novo Coronavírus de 2019 (Covid-19) no território brasileiro, observamos discrepâncias entre as taxas de mortalidade e de transmissão do vírus e diferenças entre os indicadores epidemiológicos de cada estado, sugerindo que fatores regionais e sociodemográficos sejam a chave para o entendimento da distribuição espacial da doença e de seus desfechos. Os objetivos deste estudo são identificar e compreender a atuação dos fatores econômicos e sociais regionais associados aos óbitos por Covid-19 nos municípios do Brasil em 2020. O ensaio parte do pressuposto que as iniquidades sociais e de acesso aos serviços de saúde no país estão relacionadas à heterogeneidade espacial dos óbitos por Covid-19 em território brasileiro. Dessa forma, o desenvolvimento socioeconômico do município e região de moradia do paciente podem prever o risco de exposição à doença e, uma vez infectado, o risco de mortalidade. Para isso, este estudo testará a existência de uma dependência espacial nos óbitos em decorrência de Covid-19 em 2020 no Brasil, utilizando o modelo de regressão espacial do Método Generalizado dos Momentos (GMM - Generalized Method of Moments) para capturar o papel dos diferentes grupos de fatores na ocorrência desses óbitos, avaliando aqueles com maiores impactos.

Palavras-chave: Covid-19; Heterogeneidade espacial dos óbitos; Regressão espacial.

Abstract

During the interiorization of the COVID-19 pandemic in Brazilian territory, we observed discrepancies between the mortality and transmission rates of the virus and differences between the epidemiological indicators of each state, suggesting that regional and sociodemographic factors are the key to understanding the spatial distribution of disease and its outcomes. The aim of this study is to identify and understand the role of regional economic and social factors associated with deaths from COVID-19 in municipalities in Brazil in 2020. The article assumes that social inequities and differences in access to health services in the country are related to the spatial heterogeneity of deaths from COVID-19 in Brazilian territory. In this way, the socioeconomic development of the city and region where the patient lives can predict the risk of exposure to the disease and, once infected, the risk of mortality. For this purpose, this study will test the existence of a spatial dependence on deaths due to COVID-19 in 2020 in Brazil, using the spatial regression model Generalized Method of Moments (GMM) to capture the role of different groups of factors in the result of these deaths, evaluating those with the greatest impacts.

Keywords: Covid-19; Spatial heterogeneity of deaths; Spatial regression.

4.1 Introdução

“Essa pandemia coloca todos na mesma tempestade, mas não no mesmo barco”. Autor desconhecido.

Foi identificado no final do ano de 2019 em Wuhan, na China, um novo tipo de coronavírus, denominado Síndrome Respiratória Aguda Grave do coronavírus 2 (SARS-CoV-2) (ZU *et al.*, 2020). Esse agente patológico é responsável por provocar a Doença do Novo Coronavírus de 2019 (Covid-19), nome adotado pela Organização Mundial de Saúde (OMS). O coronavírus provoca sintomas respiratórios, porém outros sistemas são acometidos como o

neurológico, o circulatório e o hematológico, podendo levar ao óbito. Em março de 2020, aproximadamente três meses após o surgimento do primeiro caso na cidade chinesa, a OMS declarou a pandemia de Covid-19. A doença passou para o status devido à disseminação geográfica acelerada que vinha apresentando em um curto período (WHO, [2020]). Até agosto de 2021, mais de 219 milhões de pessoas já foram infectadas ao redor do mundo, resultando em 4,55 milhões de óbitos (RITCHIE *et al.*, 2021).

Diferentemente do comportamento observado na pandemia de 1918, que acomete mais homens na idade laboral, mantendo o padrão em todas as suas ondas, a pandemia por Covid-19 sofreu uma transição epidemiológica. No princípio a doença ficou localizada em grandes cidades, megalópoles, com aeroportos internacionais e com grande trânsito de passageiros. O perfil dos primeiros infectados foi adultos jovens com alto poder aquisitivo e elevada escolaridade. Em um segundo momento ocorre uma completa mudança do perfil epidemiológico, com transmissão comunitária da doença nos mais de 22 países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), detecta-se uma mudança de perfil, disseminando rapidamente entre as comunidades mais carentes, com moradias precárias e em regiões com pior distribuição de renda (SEPULVEDA; BROOKER, 2021).

No caso da Covid-19, estudos epidemiológicos mostram um predomínio de infecção entre os adultos jovens devido à maior exposição em atividades laborais e no percurso casa-trabalho. Com isso, foi observada a maior taxa de infecção em trabalhadores de serviços essenciais em diversos países. Diferentemente, os maiores índices de hospitalização e mortalidade foram encontrados entre os idosos e as pessoas com comorbidades relacionadas às doenças cardiovasculares e seus fatores de risco (KIM *et al.*, 2021). O isolamento social foi uma das principais medidas de saúde adotadas até o surgimento e distribuição de vacinas para a população mais vulnerável. Ambas com grande impacto econômico para famílias e governo, respectivamente.

No Brasil, a Covid-19 chegou em 25 de fevereiro de 2020 e até dezembro de 2021 foram cerca de 22,3 milhões de casos e 619 mil óbitos, estabelecendo-se como o país com o maior número de óbitos na América Latina (RITCHIE *et al.*, 2021). A disseminação da doença ocorreu em duas ondas, e acometeu as regiões de forma desigual, sendo a região norte a primeira a ser afetada de forma mais grave. O Boletim Epidemiológico, número 17, do Ministério da Saúde apresentou uma distribuição da doença por idade, raça e comorbidade, porém sem a perspectiva da distribuição espacial (BRASIL, 2020). Os governos municipais e estaduais são responsáveis pelas questões cruciais das medidas de contenção, de cuidados de saúde, de

serviços sociais e manutenção do comércio e de produção local. Testes diagnósticos foram amplamente distribuídos para os centros regionais e medidas de isolamento social com fechamento do comércio, restrição de acesso e uso de máscaras foram adotadas. Porém, inúmeros fatores dificultaram o rastreamento da disseminação da doença, como atrasos de registros, modificações nas regras para notificações e acesso heterogêneo da população aos testes.

Os objetivos deste estudo são analisar e identificar os fatores econômicos e sociais associados aos óbitos por Covid-19 nos municípios do Brasil em 2020. Para isso será testada a existência de dependência espacial dos óbitos em decorrência de Covid-19 em 2020 no Brasil e utilizará o modelo de regressão espacial do Método Generalizado dos Momentos (GMM - *Generalized Method of Moments*) para capturar o papel dos diferentes grupos de fatores em decorrência desses óbitos, avaliando aqueles com maiores impactos. Este estudo permite gerar evidências sobre a geografia da doença e dos óbitos por Covid-19 nos municípios, relacionando-se com as disparidades regionais; adiciona elementos socioeconômicos para entender os padrões locais das mortes por Covid-19, que não foram homogêneas no espaço. Dessa forma, contribui para o mapeamento das desigualdades sociais e de acesso aos serviços de saúde nos municípios, conhecendo a natureza potencialmente modificável desses fatores, compreender suas contribuições pode auxiliar no planejamento de um programa de distribuição de renda e desenvolvimento econômico para reduzir a carga dos desfechos associados à doença.

Portanto, contribuirá para o desenvolvimento da saúde pública, na gestão de serviços para prestação de contas das disparidades espaciais, em termos de acesso aos cuidados, exposição à doença e a morbidade, gerando evidências sobre a relação entre os aspectos socioeconômicos e o comportamento epidemiológico, apontando-se fatores associados à heterogeneidade espacial dos óbitos nos municípios. O ineditismo deste estudo justifica-se, pois, os modelos de distribuição espacial da doença no Brasil e no mundo já foram publicados, assim como modelos epidemiológicos determinísticos de predição. Contudo, há necessidade de um estudo considerando fatores não clínicos e em uma perspectiva regional, sobretudo a nível municipal (BARROZO, 2020), o que não foi localizado ainda. Sendo assim, o desenvolvimento socioeconômico do município e região de moradia do paciente podem prever o risco de exposição à doença e, uma vez infectado, o risco de mortalidade. Principalmente em um país continental como o Brasil com desigualdades acentuadas. A Covid-19 tem uma dimensão espacial que precisa ser considerada e tais fatores identificados em sua magnitude, justificam a realização deste estudo.

Esta tese encontra-se dividida em cinco seções, incluindo a introdução. A revisão de literatura sobre desenvolvimento regional e sua relação com a Covid-19 é apresentada na seção seguinte. Na terceira seção, são apresentados os dados, o modelo econométrico e os procedimentos para escolha do modelo mais adequado. Na quarta seção são apresentados e discutidos os resultados. A última seção é dedicada às considerações finais.

4.2 Revisão de literatura

4.2.1 Disseminação da doença e Evolução das mortes por Covid-19 no Brasil

O Brasil possui uma área de 8,5 milhões de quilômetros quadrados que é equivalente a 50% do território da América do Sul, uma população de 212 milhões de habitantes distribuídos em 26 estados e 5.568 municípios, mais o Distrito Federal e o Distrito Estadual de Fernando de Noronha. Nesse cenário é que temos a disseminação de mais de 22 milhões de casos de Covid-19 em um período aproximado de 20 meses, permanecendo entre os cinco países com maior número de casos e mortes por Covid-19 durante a pandemia (SIQUEIRA *et al.*, 2021).

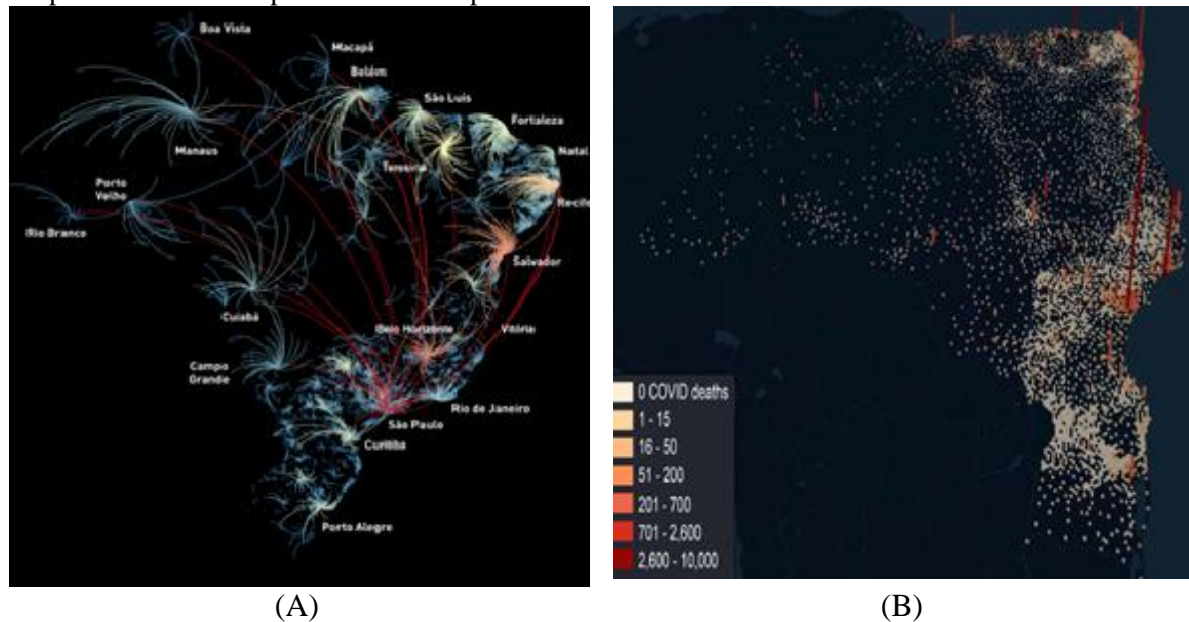
Os aeroportos internacionais das cidades litorâneas foram a porta de entrada da doença no país, sendo identificadas pelo menos 102 linhagens de Covid-19 oriundas de outros países, tais casos registrados predominantemente em estados com ampla malha de conexão área e aeroportos internacionais, como São Paulo (36% dos casos), Minas Gerais (24%), Ceará (10%) e Rio de Janeiro (8%). O rastreo de origem da Covid-19 pode ser feito com base na identificação das cepas e linhagens genéticas do vírus. Candido *et al.*, (2020), identificaram que na fase inicial da pandemia no Brasil 28% foram oriundos dos Estados Unidos e 26% da Itália. As rotas adotadas pela doença para sua interiorização nas cinco regiões do Brasil ainda é tema para estudo. Cocco *et al.* (2020), explicam que a localização dos casos de Covid-19 obedeceu aos padrões dos deslocamentos nos eixos rodoviários regionais, além das características de certas atividades produtivas e de reprodução social. As discrepantes diferenças entre os indicadores epidemiológicos de cada estado sugestionam que fatores sociodemográficos sejam chaves para o entendimento da distribuição espacial (BAQUI *et al.*, 2020).

No Brasil, as medidas não farmacológicas, como o uso de máscaras, higiene das mãos e distanciamento social, não foram suficientes para conter o avanço da epidemia, porém tais medidas foram capazes de desacelerar a transmissão. As mudanças no ritmo de transmissão estão fortemente associadas com mudanças na mobilidade e trânsito da população (DIAZ-

QUIJANO *et al.*, 2020). A cidade de São Paulo iniciou o fechamento de escolas e lojas em 13 de março de 2020 e conseguiu manter baixos índices de mobilidade urbana até 31 de março do mesmo ano, porém, após esse período, manteve médias de - 60% no tráfego de pessoas nas estações de metrô comparado com os anos que antecederam a pandemia (GOOGLE, 2022). É possível identificar que a disseminação e evolução do número de mortes restrita às fronteiras dos estados mais populosos ocorrida na primeira fase de contaminação por Covid-19, difere do comportamento da disseminação do vírus na segunda fase da epidemia no Brasil com um movimento de interiorização que pode estar associado com a malha rodoviária do país ou à manutenção do número de passageiros para voos de longa distância >2000 Km no território nacional (CANDIDO *et al.*, 2020).

Nicolelis *et al.* (2021), identificaram a propagação de casos Covid-19 entre as cidades ao longo de duas principais rodovias que cruzam o país de forma longitudinal, BR101 e BR 116. Durante o avanço da doença para regiões Norte e Centro-Oeste, assim como centros menores, observamos a discrepância entre a mortalidade e a taxa de transmissão. Embora a correlação espacial entre registro de casos e mortalidade seja alta, nem todos os óbitos ocorrem no município em que a pessoa foi infectada. A maior incidência de fatalidades concentrou-se nas capitais litorâneas e de cidades de médio porte do interior, apesar do alto número de casos de Covid distribuídos de forma homogênea em todo o território nacional (NICOLELIS *et al.*, 2021).

Figura 1 - Quantificação do Efeito Bumerangue no Brasil e Distribuição dos leitos de Unidades de Terapia Intensiva sobrepostas às mortes por Covid-19



Fonte: Adaptado de Nicoletis *et al.* (2020).

A Figura 1 (A) demonstra o Efeito Bumerangue, migração de pacientes infectados em direção às capitais para atendimento em leitos de alta complexidade. Figura 1 (B) demonstra em branco a distribuição de leitos de UTI e em vermelho o registro da concentração de óbitos por Covid-19. A distribuição de leitos hospitalares de alta complexidade e de profissionais de saúde é concentrada nas regiões Sudeste e Sul, especificamente nas capitais e regiões metropolitanas. O chamado “Efeito Bumerangue” é decorrente do influxo de casos de Covid-19 nas capitais brasileiras transferidos de cidades do interior para atendimento médico.

4.2.2 Determinantes espaciais e não espaciais das mortes por Covid-19

A distribuição espacial das doenças e o registro com ferramentas de mapas de calor estão guiando os tomadores de decisão na elaboração de políticas públicas, voltadas para comunidades mais vulneráveis. E a Covid-19 deu voz ao papel dos determinantes sociais nos desfechos em saúde e fortaleceu estratégias de saúde populacional e a necessidade de estudos ecológicos, os quais em diferentes países demonstraram que a desigualdade social e de renda foram fatores independentes para risco à doença.

O modelo de identificação de populações vulneráveis através da busca de fatores socioeconômicos independentes já é conhecido para aplicação a epidemias (BUSS; PELLEGRINI FILHO, 2007) e serve para o caso a Covid-19. A maior incidência de contaminação aos mais pobres está relacionada a maior dificuldade de cumprimento do isolamento social e na manutenção de práticas de higiene, principalmente para as famílias que moram em regiões com piores condições de habitação, saneamento básico e serviços de saúde (BITOUN *et al.*, 2020; FARIAS *et al.*, 2021). Publicação recente sobre a cidade de Nova Iorque identificou elevada incidência de Covid-19 em bairros como Brooklyn e Brownsville, e ao mesmo tempo, com baixa taxa de testagem, ou seja, pouco acesso a recursos em saúde necessários para diagnóstico, sendo o retrato da inequidade assistencial (CORDES, 2020).

A chegada da Covid-19 se sobrepôs à desigualdade e a vulnerabilidade social crescente. Por exemplo, nos Estados Unidos apesar de 44 milhões de americanos não possuírem reembolso integral de seus gastos em saúde, identificou-se que entre os imigrantes ilegais a vulnerabilidade era muito maior, ao não procurarem assistência por medo de deportação e à impossibilidade de fazer quarentena devido à necessidade de sustentar suas famílias, sem garantia de renda ou auxílio governamental (KARAYE, 2021). Entre os 20% mais pobres da população brasileira, 94,4% não têm plano de saúde, em contrapartida os 20% mais ricos apenas 35,7% não possuem. Além disso, a disponibilidade de leitos de Unidades de Terapia Intensiva (UTIs) para usuários do Sistema Único de Saúde é quase cinco vezes menor do que para quem tem acesso à rede privada de saúde. (PIRES; CARVALHO; XAVIER, 2020).

A literatura sempre apontou a educação como um dos principais determinantes que explicam as disparidades geográficas e demográficas em saúde. Uma maior educação sempre significou menores taxas de mortalidade, principalmente na infância (ZIMMERMAN; WOOLF, 2014). Abedi *et al.* (2021) classificou um maior nível educacional dos municípios como um fator de risco para contaminação por Covid-19, apesar disso, a educação não esteve relacionada com um maior número de mortes em decorrência de Covid-19. Isso pode estar relacionado com um maior dinamismo cultural e econômico dessas cidades com elevado índice educacional, gerando um intenso fluxo de pessoas, facilitando o contágio, apesar disso, a baixa mortalidade pode vir das vantagens socioeconômicas que a educação proporciona nesses municípios, com melhores infraestruturas e menores iniquidades sociais.

Amdaoud, Arucir e Levratto (2021) estudaram o papel do espaço territorial e das características regionais na propagação do coronavírus na Europa. Sua primeira conclusão acerca do assunto foi que a Covid-19, apesar de ser uma pandemia global, pode assumir

diferentes status de epidemia local, podendo ser mais ou menos intensas de acordo com a região. Entre as principais diferenças entre as regiões foram a sua riqueza, renda e as políticas públicas de saúde adotadas. Além disso, outro importante fator foi o cultural de cada país, como cada população seguiu as regras sanitárias impostas e se comportou diante da nova realidade. Dessa forma, as condições de vida e as características das cidades seriam importantes preditoras da disseminação do Covid-19, as diferenças entre as diversas dimensões sociais como longevidade, nível educacional e desigualdade de renda entre as cidades influenciam os números da pandemia do Covid-19 (NOY *et al.*, 2020; GULIYEV, 2020).

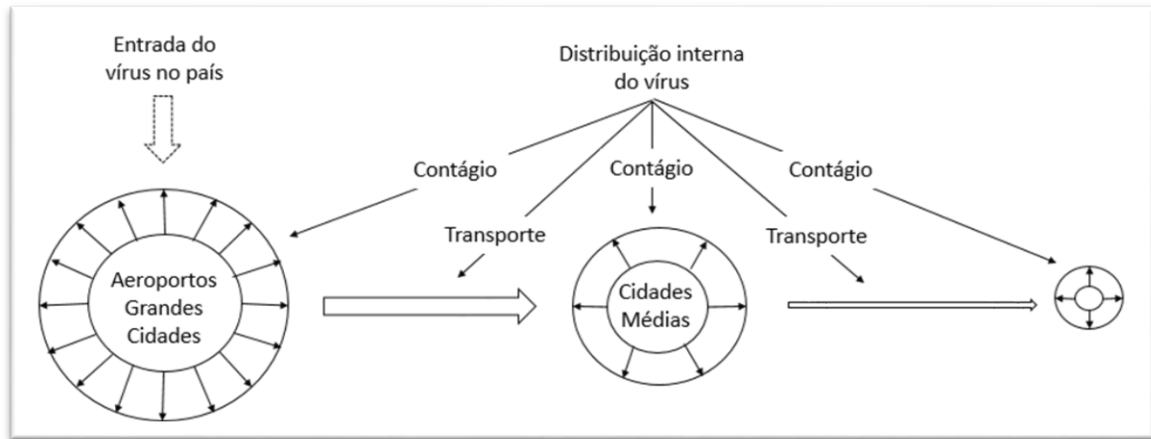
4.3 Metodologia

4.3.1 Modelo teórico, justificativa de escolha das variáveis e hipóteses

O estudo está centrado em duas hipóteses de mecanismo de propagação do vírus no espaço geográfico: pelo contato entre pessoas e pelo transporte (Figura 2). O Contágio por transporte: o vírus entra no país principalmente pelos grandes aeroportos das grandes cidades. A partir dessas cidades, o vírus se distribui para as cidades menores por transporte aéreo e terrestre. No modelo, este processo é capturado por três variáveis, tempo de deslocamento até um centro sub-regional, o PIB *per capita* e uma *dummy* para cidades até 50 mil habitantes. Espera-se que o isolamento geográfico diminua a incidência de óbitos por Covid-19.

Contágio por contato: em cada cidade o vírus se distribui em um processo gravitacional por contato entre pessoas. Esse processo é capturado no modelo pela dependência espacial (Wy). Espera-se que os testes de dependência espacial para a variável explicada do modelo (óbitos por Covid-19 por cem mil habitantes) sejam significativos e positivos.

Figura 2 - Modelo teórico do estudo



Fonte: elaborado pela autora.

Outras variáveis: densidade populacional (facilita o contágio); educação (diminui o contágio); emprego (aumenta a movimentação e o contágio); proporção de pessoas idosas (aumenta a letalidade do vírus); proporção de profissionais da saúde (por facilitar o diagnóstico, diminui a letalidade do vírus) e índice de GINI (aumenta o contágio).

4.3.2 Estimador

Para analisar a heterogeneidade espacial dos óbitos associados à COVID-19 a nível regional no Brasil, estimou-se um modelo econométrico espacial. A modelagem espacial mais popular é a dos modelos autorregressivos espaciais (SAR), que pressupõem termos de erro com distribuição normal $N(0, \sigma^2)$, e estimativa por máxima verossimilhança (ML). No entanto, além de a estimativa por verossimilhança depender da derivação do termo jacobiano, a verificação do determinante do vetor de covariáveis X envolve complexidades computacionais significativas (LIN; LEE, 2010). Embora algumas técnicas de simplificação ou aproximação tenham sido sugeridas na literatura empírica³, a computação envolvida ainda pode ser exigente, especialmente para grandes tamanhos de amostra e matrizes gerais de pesos espaciais. A decisão do estimador também levou em consideração uma análise preliminar do uso de modelos espaciais comuns, como o *Spatial Error Model* (SEM), o *Spatial Durbin Error Model* (SDEM), o *Spatial Autoregressive Model* (SAR), o *Spatial Durbin Model* (SDM) e o *Spatial Autoregressive Combined* (SAC), além de uma especificação linear do Modelo Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Esta análise sugere que a melhor escolha empírica seja de um

³ Ywata e Albuquerque (2011) apresentam uma discussão sobre potencialidades e limitações dos métodos de estimação da economia espacial.

modelo não linear. Em particular, no Apêndice A encontram-se os testes diagnósticos para os modelos espaciais preditivos de y , com resultados significativos para os testes residuais de normalidade e heterocedasticidade (Jarque-Bera e Breusch-Pagan).

Para lidar com isso, implementou-se o estimador de momentos generalizados (GMM) proposto por Kelejian e Prucha (1999) para o parâmetro autorregressivo em um modelo espacial com uma variável dependente espacialmente defasada. Um estimador GMM deste tipo corrige problemas de endogeneidade e/ou heteroscedasticidade condicionada dos regressores dos modelos da família SAR, que não levam em consideração a presença de dependência entre o vetor de regressores x_i e os resíduos u_i . O modelo de Kelejian e Prucha (1999) considera distúrbios autoregressivos espaciais com base em correlações de observações amostrais, em sua formulação funcional quadrática e assintoticamente eficiente. De acordo com Lee (2007), o procedimento combina as vantagens de simplicidade computacional e eficiência, baseadas ortogonalidade dos regressores exógenos com as perturbações dos modelos estimados por mínimos quadrados em dois estágios (2SLSE) para um modelo autorregressivo espacial misto (KELEJIAN; PRUCHA, 1998, LEE, 2007). Neste sentido, as principais características da abordagem 2SLE de Kelejian e Prucha (1999) são:

- a) visam à estimação de modelos de regressão linear, com um termo de lag espacial da variável resposta do lado direito da equação;
- b) permitem a estimação de modelos com regressores endógenos;
- c) os coeficientes (incluindo a defasagem espacial da variável dependente) são todos estimados por intermédio do procedimento de mínimos quadrados de dois estágios;
- d) o coeficiente de lag espacial da variável resposta tem como instrumento, para resolver o problema de endogeneidade, os lags espaciais dos regressores exógenos;
- e) o procedimento 2SLSE permite a incorporação de correções para a presença de heteroscedasticidade e autocorrelação espacial residual nos termos de erro da regressão estimada.

Desta forma, neste artigo considerou-se o caso em que os termos de erro no modelo são independentes, mas com uma heterocedasticidade desconhecida. Se as variações dos distúrbios ou a estrutura exata da heterocedasticidade são conhecidas, é possível lidar com a heterocedasticidade aplicando-se técnicas GMM. Em específico, a aplicação GMM gera resultados robustos e eficientes, pois um ML seria inconsistente na presença de perturbações que não sejam independentes e identicamente distribuídas (iid).

4.3.2.1 Especificação do modelo e variáveis

Seja X_i a matriz de variáveis independentes representando os determinantes socioeconômicos para cada unidade espacial i que contribuem para explicar as variações do y_i que representa o total de óbitos acumulados em cada unidade espacial i . Estimou-se o modelo espacial *cross-section*:

$$\begin{aligned} y_i &= \rho W y_i + X_i \beta + \epsilon \\ \epsilon &= \lambda M u + u_i \end{aligned} \quad (1)$$

onde: y é o vetor $N \times 1$ do total de mortes a cada 100 mil habitantes acumulados em 2020 para cada município do Brasil. X é a matriz independente $N \times k$ das variáveis socioeconômicas; W e M são a matriz de pesos espacial $N \times N$ que parametrizam a distância entre municípios vizinhos i 's; ϵ são os resíduos espacialmente correlacionados e u são perturbações independentes e com distribuições idênticas. Os parâmetros estimados ρ e λ são escalares e medem a dependência de y_i em y próximo e a correlação espacial nos erros, respectivamente. O modelo permite a correlação entre os não observáveis, já que cada ϵ depende da média ponderada das outras observações em ϵ . O termo $M y$ é a defasagem espacial de ϵ .

De acordo com o modelo (1), a variável dependente representa o total de mortes acumuladas por Covid-19 para cada 100 mil habitantes em cada município do Brasil. A matriz X de variáveis independentes incluem para cada município. Para a hipótese de contágio via transporte: logaritmo natural da distância para o centro sub-regional mais próximo, PIB per capita, e as variáveis *dummy* para identificar municípios com população inferior a 50 mil habitantes. Para o contágio por contato: densidade populacional, índice FIRJAN de educação e saúde, participação de aposentados por idade em 2020 em relação ao total da população; participação de profissionais da saúde na população total⁴, índice municipal de Gini 2010 e razão de emprego total por população total, razão de emprego total por população total; participação de profissionais da saúde na população total⁵; índice municipal de Gini 2010. Além dessas inclui-se as *dummies* que identificam a macrorregião a qual pertence (norte, nordeste,

⁴ Considerando-se o período pré-pandemia, em que se exclui do cálculo as contratações específicas realizadas para incrementar a mão de obra na saúde pública e privada municipal.

⁵ Considerando-se o período pré-pandemia, em que se exclui do cálculo as contratações específicas realizadas para incrementar a mão de obra na saúde pública e privada municipal.

sul, centro-oeste e sudeste). Na tabela 1 abaixo encontra-se a descrição das variáveis utilizadas no modelo, a fonte e o sinal esperado.

Tabela 1 - Definição das variáveis, fonte e sinal esperado

Variável	Descrição	Source	Sinal esperado
obcovpcm	Óbitos por COVID-19 por 100 mil habitantes 2020	Repositorio Brasil.io	
lpibpc18	PIB per capita 2018 ¹	IBGE	+
lremoacsr	Distância ao centro sub-regional mais próximo	IBGE	-
lidenpop20	Densidade populacional 2020	IBGE	+
pra19	Participação do emprego formal 2019	RAIS	+
propovid20	Proporção de aposentados por idade 2020	Min. da Economia	+
psf18	Participação de médicos e outros profissionais de saúde 2018	RAIS	-
ifdme18	IFMDE 2018	FIRJAN	-
ifdms18	IFDMS 2018	FIRJAN	-
gini10	GINI 2010	CENSO	+
cid50mil	Cidade com população menor que 50 mil habitantes 2020	IBGE	-
Norte	Pertencer a região Norte	IBGE	
Nordeste	Pertencer a região Nordeste	IBGE	
Sul	Pertencer a região Sul	IBGE	
Centro-Oeste	Pertencer a região Centro-Oeste	IBGE	
Sudeste	Pertencer a região Sudeste	IBGE	

Nota: ¹ Em valores de 2018

Fonte: elaborado pela autora.

A Tabela 2 mostra as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no modelo empírico. Em média, os municípios apresentavam 56,85 óbitos por cem mil habitantes decorrentes de Covid-19. A participação do emprego formal em 2020 é de 14,37% e de médicos e outros profissionais de saúde na população total de 3,52%. Em média 7,73% da população era aposentada por idade em 2020, o índice de desigualdade de Gini era de 0,49 em 2010, os índices da FIRJAN de saúde e educação em 2016 eram 0,77 na média dos municípios, 88% dos municípios possuem população menor que 50 mil habitantes em 2020. O PIB per capita municipal médio era cerca de 23,42 mil reais em 2018, a densidade demográfica de 120,51 habitantes por km² em 2020, a distância para o centro sub-regional mais próxima, uma *proxy* para a acessibilidade aos centros urbanos, era cerca de 118,67 minutos. Em relação às macrorregiões das regiões brasileiras, 8% dos municípios pertencem ao Norte, 32% ao Nordeste, 21% ao Sul, 8% ao Centro-Oeste e 30% ao Sudeste.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas

Variável	Média	D.P.	Min.	Máx.
obcovpcm	56,85	43,15	0,00	358,79
lpibpc18	23.427,02	23.616,16	4.788,16	583.171,83
lremoacsr	118,67	560,94	0,00	8.737,00
ldenpop20	120,51	631,26	0,04	14.403,88
prais19	14,37	9,78	0,08	104,53
praposid20	7,73	5,01	0,01	38,08
psf18	3,52	1,58	0,00	56,97
ifdme18	0,77	0,11	0,38	1,00
ifdms18	0,77	0,13	0,18	1,00
gini10	0,49	0,07	0,28	0,80
cid50mil	0,88	0,33	0,00	1,00
Norte	0,08	0,27	0,00	1,00
Nordeste	0,32	0,47	0,00	1,00
Sul	0,21	0,41	0,00	1,00
Centro-Oeste	0,08	0,28	0,00	1,00
Sudeste	0,30	0,46	0,00	1,00

Fonte: elaborado pela autora.

Para validar o uso de um modelo econométrico espacial, foi testada a dependência espacial de y usando uma matriz de peso espacial W do tipo Queen (uma vez que considera a fronteira entre municípios vizinhos) e aplicando posteriormente o Teste I de Moran. As matrizes de pesos espaciais W é uma matriz não negativa que tem como finalidade especificar o tamanho da vizinhança para cada observação. A Matriz de pesos espaciais do tipo Queen, com distância topológica 1, leva em consideração os vizinhos imediatos, neste caso a vizinhança será representada apenas pelos municípios que efetivamente fazem fronteira (YWATA; ALBUQUERQUE, 2011). A escolha deste tipo de distância leva em consideração a maior possibilidade de trânsito da população entre cidades imediatamente vizinhas, sendo mais adequada para a modelagem deste tipo de estudo. Além disso, para identificar polígonos (municípios, setores censitários etc.) vizinhos pela matriz do tipo Queen, assume-se que as unidades espaciais possuem fronteiras com extensão diferente de zero vértices contíguos, inclusive para ordens superiores a 1. Esta matriz é menos restritiva que outros tipos, como a Rook, por exemplo, que desconsidera a possibilidade de vértices entre vizinhos. Os resultados da Tabela 1 sugerem uma relação estatisticamente significativa de 1% entre os óbitos por 100.000 habitantes entre os municípios vizinhos. As estatísticas dos testes sugerem dependência espacial para variáveis endógenas e termos de erro, mesmo em testes robustos, sugerindo que modelos que incluem a defasagem para esses dois parâmetros sejam testados.

Como a estimativa por GMM, ao contrário da abordagem de máxima verossimilhança (ML - *maximum-likelihood*), não requer o cálculo Jacobiano e não depende da suposição de normalidade, a principal implicação do modelo mostrado na Equação (1) é que Wy potencialmente gera viés de endogeneidade de simultaneidade. Assim, seguindo Kelejian e Prucha (1998), Drukker, Prucha e Raciborski (2013) e Palombi, Perman e Tavéra (2017), usou-se GMM para instrumentar atrasos espaciais (*spacial lag*) como preditores. A intuição por trás dos instrumentos é esta: como X determina y , deve ser verdade que WX determina Wy . Além disso, uma vez que X é assumido como não correlacionado com ϵ , WX não deve ser correlacionado com ϵ . Assim, consideramos que Z é uma matriz $NT \times R$ de instrumentos exógenos adicionais para y . Portanto, o GMM é uma importante alternativa para se utilizar sempre que há dúvidas em relação à hipótese distribucional, corrigindo os casos de erros homocedásticos e distribuições não lineares (FLÔRES JÚNIOR, 2003). Dessa forma o GMM mostra-se um modelo confiável e adequado para a solução dos problemas do tipo de dados utilizados, e garante a robustez do modelo para esse trabalho.

Tabela 3 - Teste I de Moran e teste do multiplicador de Lagrange para dependência espacial

Teste de Moran para dependência espacial		
	I de Moran	Sig.
Variáveis lag	0,338	***
Resíduos lag	0,279	***
Teste do Multiplicador de Lagrange para dependência espacial (variáveis dependentes)		
Teste	Stat.	Sig.
ML ρ	1183,527	***
ML λ	1210,604	***
ML ρ robusto	13,145	***
ML λ robusto	40,222	***

Notas: *** <1%; ** <5%; * <10%.

Fonte: elaborado pela autora.

4.4 Resultados

O estudo analisou dados dos 5.568 municípios do Brasil, nas cinco regiões. Os determinantes sociais analisados e com potencial de influência na saúde populacional foram categorizados em dois pilares: Transporte e Contágio. Nesta seção são analisados os resultados gerais do modelo econométrico escolhido, a discussão acerca das hipóteses de transporte e contágio do vírus segundo o modelo teórico do estudo e por fim o caso da região Norte.

4.4.1 Resultados gerais

Nessa seção serão analisados os resultados gerais do modelo econométrico escolhido. Os resultados do modelo GMM estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados dos modelos GMM com as variáveis dependentes óbitos decorrentes de COVID-19 por cem mil habitantes nos municípios brasileiros em 2020

Variável	Estimativa	Erro Padrão	Significância
Rho_Wy	0,605	0,053	***
(Intercept)	-63,341	13,955	***
lpibpc18	5,140	1,274	*
ifdme18	15,485	7,015	**
prais19	0,030	0,080	
ldempop20	3,752	0,597	***
praposid20	0,404	0,112	***
lremoacsr	-1,339	0,510	***
psf18	0,695	0,343	**
ifdms18	5,144	4,567	
gini10	21,395	9,017	**
cid50mil	-9,693	1,854	***
Norte	16,980	2,760	***
Nordeste	5,958	1,732	***
Sul	-2,617	1,449	*
Centro-Oeste	13,734	2,347	***

Fonte: elaborado pela autora.

Nota: *** <1%; ** <5%; * <10%.

O logaritmo natural do PIB per capita municipal e o GINI apresentaram efeito positivo para a variável dependente, sendo considerado significativo a 10% e 5% respectivamente. Esse efeito implica que um aumento percentual na renda per capita dos municípios ou na desigualdade geram um número maior de óbitos decorrentes por COVID-19. Já a participação de médicos e outros profissionais de saúde na população total apresentou resultados significativos a 5%. Apesar do impacto ser baixo, a variável apresentou uma relação diretamente proporcional ao número de óbitos decorrentes de Covid-19, a cada 1% de aumento no número de médicos há um aumento de 0,69 mortes por Covid-19 a cada 100 mil habitantes.

Os índices FIRJAN de desenvolvimento municipal da educação e saúde apresentaram efeitos positivos na variável dependente. O índice de educação mede o atendimento à educação

infantil, o abandono, a distorção idade-série, a proporção de docentes com ensino superior, a média de horas aulas diárias e o resultado do IDEB no ensino fundamental. Já o índice de saúde mede a proporção de atendimentos adequados de pré-natal, óbitos por causas mal definidas e infantis por causas evitáveis, e a internação sensível à atenção básica (ISAB). Ambos os índices servem como um bom indicador para a situação educacional e de saúde atual da cidade, por trabalharem com variáveis fluxos. Embora o índice de educação tenha apresentado-se como significativo a 5%, o índice de saúde não apresentou relações significativas nesse modelo com o número de óbitos decorrentes de Covid-19.

A variável que mede a participação do emprego formal na população total não apresentou um impacto significativo, já que mede a proporção de aposentados por idade foi significativa a 1%. A proporção de aposentados por idade pode ser utilizada como uma *proxy* para medir a proporção de idosos nos municípios. O efeito positivo da variável no número de óbitos, apesar do baixo impacto, foi de acordo como esperado, pois, a idade elevada é um dos principais fatores de risco para a Covid-19 e com maiores taxas de mortes. Embora a relação seja discretamente positiva, o aumento em 1% na taxa de aposentados infere em um aumento de 0,4 óbitos por 10 mil habitantes.

As variáveis demográficas, o logaritmo natural da densidade populacional e cidade menor que 50 mil habitantes, e a variável espacial, logaritmo natural da distância para o centro-sub-regional mais próximo apresentaram significância a 1%. O *log* da densidade populacional apresentou um efeito positivo no número de mortes em decorrência de Covid-19, o aumento de 1% da densidade populacional resulta em uma elevação de três mortes por Covid-19 a cada 100 mil habitantes. A análise baseada na localização do município em relação às cinco macrorregiões brasileiras utilizou a região Sudeste como referência. Entre as regiões destacam-se principalmente o Norte e o Centro-Oeste, com as maiores taxas entre as regiões. A variável que analisa o município pertencer a região Norte, Centro-Oeste e Nordeste foi positiva e significativa a 1%, ou seja, pertencer a uma dessas regiões poderia incorrer uma maior taxa de mortes quando comparado a residir no Sudeste, representado aumento médio de aproximadamente 17, 14 e 6 óbitos a cada 100 mil habitantes respectivamente. Já a cidade estar localizada na região Sul do país foi significativa a apenas 10% e apresentou um impacto negativo na taxa de óbitos em relação ao Sudeste.

4.4.2 Transporte

A categoria de Transporte captura o efeito inicial da chegada do vírus. No caso da Covid 19, o vírus chegou primeiramente nas grandes cidades através dos aeroportos, deslocando-se para cidades menores por via aérea ou terrestre. Neste modelo essa categoria é medida através das variáveis tempo de deslocamento até um centro sub-regional, uma *dummy* para cidades até 50 mil habitantes e o PIB per capita.

Cidades com alto PIB per capita possuem um fator a facilitar o transporte do vírus. Essas cidades possuem geralmente maior infraestrutura, maior circulação de pessoas e cargas, e um maior dinamismo econômico-financeiro. Foram nessas cidades que o vírus começou a se propagar inicialmente, primeiramente atingindo aqueles vindo do exterior através dos aeroportos, e em um segundo momento pela circulação interna tanto por via aérea quanto terrestre. Essas cidades são geralmente grandes, e com maior densidade populacional, o que facilita posteriormente o contágio, o que contribui também para seu impacto positivo nos óbitos.

Cidades com menos de 50 mil habitantes e mais distantes dos centros urbanos identificamos como fator protetor, associado a menor mortalidade nessas localidades. Ter menos de 50 mil habitantes reduz 9,6 mortes/100 mil habitantes. A cada 1% de aumento na distância de grandes centros tivemos uma redução de 1,3 mortes/100 mil habitantes. Esses efeitos demonstram que cidades pequenas, mesmo as mais longes dos centros urbanos com menor densidade populacional obtiveram menores taxas de óbito em decorrência de Covid-19 quando comparadas aos centros-urbanos mais populosos e densamente povoados. Isso pode ocorrer por cidades menores, longe dos grandes centros urbanos e com baixa densidade demográfica terem uma menor taxa de contágio devido à pouca circulação de pessoas tanto da cidade quanto de fora.

Em 8% dos municípios brasileiros, a distância média percorrida para obter atendimento de UTI é superior a 240 minutos. As maiores distâncias são percorridas na região Norte, com destaque para o Amazonas e o Amapá. Devido à rapidez com que os casos graves se agravam, e a longa espera pelo deslocamento, pode contribuir para o óbito. Paradoxalmente, neste estudo, a distância dos grandes centros aparece como fator protetor. Atribuímos tal achado à menor velocidade de disseminação da doença em zonas rurais e afastadas. (NORONHA *et al.*, 2020). A difusão do Covid-19 iniciou-se principalmente nas duas grandes metrópoles brasileiras, São Paulo e Rio de Janeiro, e as cidades próximas a esses centros, que mantém alta conectividade comercial e de fluxo de pessoas, acabaram seguindo os mesmos padrões de contágio e mortalidade (BATELLA; MIYAZAKI, 2020).

Considerando que este trabalho faz um recorte da primeira onda da pandemia de Covid-19 no Brasil, ilustra o padrão de primeiros casos relacionados a viagens, em grande parte concentrado em pessoas moradoras de grandes centros urbanos e municípios com aeroportos. Com isso houve inicialmente um menor contato com as regiões mais infectadas, dado um certo grau de isolamento geográfico, diminuindo dessa forma o transporte da doença. Além disso, essas cidades em sua maioria apresentam menor densidade populacional, favorecendo-a também em uma menor propagação da doença.

4.4.3 Contágio

A categoria contágio captura o efeito da contaminação comunitária do vírus, analisando a distribuição gravitacional por contato entre as pessoas. Neste modelo essa categoria pode ser medida pelas variáveis:

- a) densidade populacional (facilita o contágio);
- b) índice de GINI (aumenta o contágio);
- c) índice de educação e saúde (diminuem o contágio);
- d) emprego (aumenta a movimentação e o contágio);
- e) proporção de pessoas idosas (aumenta a letalidade do vírus);
- f) proporção de profissionais da saúde (por facilitar o diagnóstico, diminui a letalidade do vírus) e a dependência espacial.

A densidade populacional das cidades é determinante para medir o quão rápido pode ser dado o contágio comunitário. Cidades densamente populosas costumam ter uma alta circulação de pessoas, mas, além disso, essa circulação ocorre de modo a formar grandes multidões. Nessas cidades é comum ver transportes lotados, aglomerações nos centros urbanos, ou até mesmo uma alta concentração de pessoas vivendo em um mesmo espaço. Dessa forma, uma maior densidade populacional acaba facilitando o contágio do vírus, e quando isso ocorre em cidades populosas, resulta em um alto número de contaminados, e conseqüentemente, um maior número de óbitos em decorrência de Covid-19. O movimento pendular diário vivido pelos trabalhadores nos trajetos casa-trabalho-casa, principalmente com a utilização do transporte público, é um importante vetor para transmissão de Covid-19, principalmente em cidades densamente populosas (MONTEIRO *et al.*, 2020).

O coeficiente de Gini é um indicador de disparidade econômica que mede a desigualdade de renda de 0 a 1, onde zero significa uma perfeita igualdade e um que a renda é

distribuída de forma totalmente desigual. Indivíduos de baixa renda correm maior risco de se tornar gravemente doente por Covid-19; assim, a taxa de mortalidade da doença pode ser maior em sociedades com maior proporção de indivíduos de baixa renda. Nos Estados Unidos, condados com maiores taxas de pobreza foram relatados com taxa de mortalidade mais elevada, indicando que a mortalidade provavelmente seria alta em países com grandes disparidades de renda. Isso sugere que a doença se tornará mais concentrada em grupos vulneráveis ao longo do tempo (OSAKI *et al.*, 2021). Esse efeito implica que um aumento percentual na desigualdade dos municípios gera um número maior de óbitos decorrentes da Covid-19, pois a necessidade de isolamento social nas cidades gera uma perda significativa da renda, principalmente das populações mais vulneráveis e não incluídas no programa governamental do Auxílio Emergencial, obrigando-as a romperem com o isolamento e as colocando em situação de risco perante o vírus (FARIAS *et al.*, 2021). Políticas relacionadas a salários, podem aumentar a segurança financeira das pessoas com menos renda, melhorar a saúde da população e reduzir as desigualdades (BURSTRÖM; TAO, 2020).

Outro importante fator de contágio é a qualidade assistencial e a complexidade dos serviços médicos na região. Espera-se que cidades com uma boa infraestrutura e recursos em saúde consiga amenizar os problemas de contágio e principalmente óbitos. Mas ao contrário do que era esperado, as variáveis que medem a qualidade do sistema de saúde das cidades mostraram-se favorecedoras do vírus. Esse resultado surpreende em um primeiro momento, pelo fato de cidades com maiores números de médicos apresentarem uma melhor estrutura para diagnosticar permitindo o conhecimento prévio para monitoramento e tratamento ou, se necessário, internação em leito de UTI. Existe uma clara concentração de médicos nas capitais do país (SCHEFFER *et al.*, 2020). Porém, para a redução do contágio o que fez diferença foi à adoção de medidas básicas de higiene, quarentena, isolamento e distanciamento sociais, historicamente recomendadas em epidemias do passado.

Diante da escassez de recursos médicos assistenciais, incluindo tanto recursos físicos quanto humanos, surge à questão sobre o seu uso e alocação de forma justa. A existência de um maior número de leitos privados de alta complexidade exigiu, durante a pandemia, o gerenciamento e distribuição colaborativa ou compulsória deles (MOREIRA, 2020). Cabe lembrar que durante a pandemia a organização da oferta dos serviços de saúde que costuma ser regionalizada, sofreu um processo de federalização e que doentes graves foram enviados para outros estados e regiões com maiores volumes de recurso terapêutico.

O maior nível educacional é associado a melhores hábitos de saúde, entretanto, para o ano de 2020, esteve associado a maior número de óbitos decorrentes de Covid-19, apesar do pouco impacto a associação foi significativa. A associação de nível educacional com desfechos em saúde é tão bem estabelecida que muitos estudos deixaram de incluir tal variável na pandemia por se refletir em renda, moradia e ocupação profissional (MISHRA *et al.*, 2021). Acredita-se que tal associação entre alto nível educacional e mortalidade reflita o processo de disseminação da doença que iniciou dentre a elite decorrente de viagens internacionais e deu início à transmissão comunitária em suas relações de trabalho. Muito embora, a literatura coloca a maior escolaridade como fator protetor tanto do risco de infecção, quanto mortalidade por Covid-19 (ABEDI *et al.*, 2020).

4.4.4 O caso da região Norte

O Brasil é um país continental com cenários sociais heterogêneos divididos em cinco regiões. A região Norte é caracterizada por elevados níveis de desigualdade social e concentração de renda, refletindo menores níveis de escolaridade, qualidade de vida e acesso à saúde. Estudo da Universidade Federal do Rio de Janeiro mostrou que a capital Manaus lidera a posição com a maior taxa de mortalidade ajustada por idade, chegando a 412,5 mortes por 100 mil habitantes. A cidade enfrentou o colapso no sistema de saúde, com falta de oxigênio para tratamento dos pacientes infectados pela Covid-19. A doença apresentou elevada mortalidade inclusive entre aqueles que não faziam parte dos grupos de risco, ou seja, a proporção de óbitos por Covid-19 em menores de 60 anos em Manaus foi de 33%, enquanto no Rio de Janeiro e em São Paulo foi de 22% (ORELLANA, 2020; SILVA; JARDIM; LOTUFO, 2021;).

Segundo o Fundo Nacional de Saúde (2020 *apud* JUNQUEIRA, 2021), os municípios da região Norte foram os que menos receberam recursos do Ministério da Saúde por habitante para combater a Covid-19. Por meio do Fundo Nacional de Saúde, o governo federal repassou a Manaus R\$ 24,97 por habitante para combater a Covid-19, a segunda cidade da região que menos recebeu foi Rio Branco (AC), com R\$ 31,95 per capita (total de R\$ 13,2 milhões); todas estão abaixo da média nacional por habitante, que foi de R\$ 110,72 (JUNQUEIRA, 2021). A pensar que a média de óbitos em decorrência de Covid-19 durante a pandemia no Brasil é de 56 a cada 100 mil habitantes, o único fato de morar no Norte já representaria sozinho aproximadamente 17 óbitos a cada 100 mil habitantes, 30% da média de mortes nacional.

4.5 Considerações finais

Os desafios postos pela pandemia não são apenas sanitários. Este artigo teve como diferencial a análise espacial dos fatores econômicos e sociais associados aos óbitos por Covid-19 em 2020 no Brasil no contexto municipal, e demonstra que fatores socioeconômicos, sobretudo agravados pelas desigualdades estruturais e inequidades entre regiões estão relacionados a uma maior tendência na taxa de óbitos por Covid-19. Entre esses fatores destacamos a renda per capita, a densidade populacional, o nível de desigualdade social e educacional dos municípios, que são importantes para a compreensão da dinâmica de disseminação e contágio do coronavírus em território nacional. Os grandes centros econômicos e urbanos, constituídos por cidades mais populosas e densamente povoadas, com maior dinamismo econômico e conseqüentemente um maior fluxo de pessoas, são mais predispostos a apresentarem uma maior quantidade de óbitos na pandemia, assim como suas cidades vizinhas. Dessa forma, confirmam-se as hipóteses do modelo teórico de que o vírus se espalha no espaço geográfico provocando óbitos através de dois mecanismos principais, pelo contato entre pessoas e pela facilidade de transporte entre os municípios.

A interiorização resulta em uma menor taxa de óbitos por Covid-19. Conforme esperado pelo modelo teórico, o isolamento geográfico atua como um agente protetor. As cidades interioranas possuem uma menor população e menor densidade populacional, além do fato de estarem longe dos grandes centros econômicos e urbanos, faz com que elas tenham um menor fluxo de pessoas. Além disso, constatou-se a existência de uma dependência espacial nos óbitos durante a pandemia do coronavírus nos municípios brasileiros em 2020, claramente determinada pelo maior risco de óbito para os moradores da Região Norte. O colapso do sistema de saúde e a falta de leitos e recursos de alta complexidade resultaram em maior letalidade do Covid-19 na região.

Por fim, os achados deste estudo têm implicações para a saúde pública, podendo ser usados para adaptar intervenções e alocar recursos onde ocorre a transmissão geográfica e temporal. Embora não seja uma limitação do estudo, o desenho não permite que inferências no nível individual sejam estabelecidas. Outro fator importante é a transversalidade do estudo não permitir a realização de hipóteses causais, contudo, o objetivo não foi estabelecer relações causais, mas de associação. Muitos dos fatores diretamente associados ao risco necessitam de intervenções estruturais. Embora as intervenções estruturais sejam consideradas com um

horizonte de longo prazo, programas imediatos e emergenciais para populações vulneráveis e em localidades específicas podem amenizar os impactos da pandemia.

4.6 Referências

ABEDI, V. *et al.* Racial, economic and health inequality and COVID-19 infection in the United States. Preprint. **MedRxiv**, May 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1101/2020.04.26.20079756>

AMDAOUD, M.; ARCURI, G.; LEVRATTO, N. Are regions equal in adversity? A spatial analysis of spread and dynamics of COVID-19 in Europe. **European Journal of Health Economics**, Berlin, v. 22, n. 4, p. 629-642, June 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10198-021-01280-6>

BAQUI, P. *et al.* Ethnic and regional variations in hospital mortality from COVID-19 in Brazil: a cross-sectional observational study. **Lancet Global Health**, London, v. 8, e1018-e1026, Aug. 2020. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30285-0](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30285-0).

BARROZO, L. V. *et al.* Monitoramento espaço-temporal das áreas de alto risco de covid-19 nos municípios do Brasil. **Hygeia**, Uberlândia, n. esp., p. 417-425, jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/Hygeia0054547>

BATELLA, W.; MIYAZAKI, V. K. Relações entre rede urbana e COVID-19 em Minas Gerais. **Hygeia**, Uberlândia, p. 102-110, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/Hygeia0054622>

BITOUN, J. *et al.* Novo coronavírus, velhas desigualdades: distribuição dos casos, óbitos e letalidade por SRAG decorrentes da covid-19 na Cidade do Recife. **Confins, Revue Franco-Brésilienne de Géographie/Revista Franco-Brasileira de Geografia**, São Paulo, n. 48, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.34667>

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico**, Brasília, v. 51, n. 17, p. 1-47, abr. 2020. Disponível em: <http://plataforma.saude.gov.br/anomalias-congenitas/boletim-epidemiologico-SVS-17-2020.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2022.

BURSTRÖM, B.; Tao W. Social determinants of health and inequalities in COVID-19. **European Journal of Public Health**, Oxford, v. 30, n. 4, p. 617-618, Aug. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa095>

BUSS, P. M.; PELLEGRINI FILHO, A. A saúde e seus determinantes sociais. **Physis**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 77-93, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-73312007000100006>

CANDIDO, D. S. *et al.* Evolution and epidemic spread of SARS-CoV-2 in Brazil. **Science**, New York, v. 369, n. 6508, p. 1255-1260, Sep. 2020. Disponível em: <https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/science.abd2161>

CHEN, T.; GOZGOR, G.; KOO, C. K. Pandemics and income inequality: what do the data tell for the Globalization Era? **Frontiers in Public Health**, Lausanne, v. 9, p. 674-729, May 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.674729>.

COCCO, R. G.; COLLISCHONN, E.; MEURER, M. Relações entre a distribuição espacial da covid-19 e a dinâmica das interações espaciais no estado do Rio Grande do Sul. **Hygeia**, Uberlândia, p. 183-192, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/Hygeia0054406>

CONNOLLY, C.; KEIL, R.; ALI, S. H. Extended urbanisation and the spatialities of infectious disease: Demographic change, infrastructure and governance. **Urban Studies**, United Kingdom, v. 58, n. 2, p. 245-263, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0042098020910873>

CORDES, J.; CASTRO, M. C. Spatial analysis of COVID-19 clusters and contextual factors in New York City. **Spatial and Spatio-temporal Epidemiology**, Amsterdam, v. 34, n. 100355, Aug. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sste.2020.100355>

DIAZ-QUIJANO, F. A. et al. A model to predict SARS-CoV-2 infection based on the first three-month surveillance data in Brazil. *Tropical Medicine and International Health*, Oxford, v. 25, n. 11, p. 1385-1394, Nov. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/tmi.13476>

DRUKKER, D. M.; PRUCHA, I. R.; RACIBORSKI, R. A command for estimating spatial-autoregressive models with spatial-autoregressive disturbances and additional endogenous variables. *Stata Journal*, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 287-301, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1536867X1301300203>.

FARIAS, H. S. *et al.* O impacto da covid-19 nas periferias: uma análise espacial a partir dos casos e óbitos no Rio de Janeiro. **Confins, Revue Franco-Brésilienne de Géographie/Revista Franco-Brasileira de Geografia**, São Paulo, n. 52, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.40727>

FLÔRES JUNIOR, R. G. **O método generalizado dos momentos (MGM):** conceitos básicos. Rio de Janeiro: FGV EPGE, 2003. (Ensaio econômico, 515). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10438/419>

GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. **Lancet**, London, v. 396, n. 10258, p. 1204-1222, Oct. 2020. DOI 10.1016/S0140-6736(20)30925-9. [Errata: v. 396, n. 10262, p. 1562.

GOOGLE. **Relatórios de mobilidade da comunidade.** Mountain View, c2022. Disponível em: <https://www.google.com/covid19/mobility/>. Acesso em: 4 jan. 2022.

GULIYEV, H. Determining the spatial effects of COVID-19 using the spatial panel data model. **Spatial statistics**, v. 38, p. 100443, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2020.100443>

JUNQUEIRA, D. Cidades da região Norte receberam menos recursos federais por habitante para combater a Covid-19. **Reporter Brasil**: 20 anos, São Paulo, 22 jan. 2021. Disponível em: <https://reporterbrasil.org.br/2021/01/cidades-da-regiao-norte-receberam-menos-recursos-federais-por-habitante-para-combater-a-Covid-19>. Acesso em: 4 jan. 2022.

KELEJIAN, H. H.; PRUCHA, I. R. A generalized spatial two-stage least squares procedure for estimating a spatial autoregressive model with autoregressive disturbances. **Journal of Real Estate Finance and Economics**, New York, v. 17, p. 99–121, July 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1007707430416>

KIM, L. *et al.* Risk factors for intensive care unit admission and in-hospital mortality among hospitalized adults identified through the US Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): associated hospitalization surveillance network (COVID-NET). **Clinical Infectious Diseases**, Chicago, v. 72, n. 9, e206-e214, Apr. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa1012>

MARTINS-FILHO, P. R. *et al.* Socio-economic inequalities and COVID-19 incidence and mortality in Brazilian children: a nationwide register-based study. **Public Health**, London, v. 190, n. 4, p. 4-6, Jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2020.11.005>

MISHRA, S. *et al.* On behalf of the COVID-19 Heterogeneity Research Group, Increasing concentration of COVID-19 by socioeconomic determinants and geography in Toronto, Canada: an observational study. **Annals of Epidemiology**, New York, Supl. 1047-2797, n. 21, p. 216-217, July 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2021.07.007>

MONTEIRO, R. R. *et al.* “Rodovírus” ou “Caronavírus”? Mapas da Distribuição do Covid-19 na Região Sul do Brasil: Indícios da contaminação por rodovias. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie**, n. 45, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.28246>

MOREIRA, R. S. Covid-19: unidades de terapia intensiva, ventiladores mecânicos e perfis latentes de mortalidade associados à letalidade no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 36 n. 5, maio 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00080020>

MURRAY, C. J. L. *et al.* Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. **Lancet**, London, v. 396, n. 10258, p. 1204-1222, Oct. 2020. GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30925-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30925-9). [Errata: v. 396, n. 10262, p. 1562].

NICOLELIS, A. L. *et al.* How super-spreader cities, highways, hospital bed availability, and dengue fever influenced the COVID-19 epidemic in Brazil. Preprint. **MedRxiv** June 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1101/2020.09.19.20197749>

NORONHA, K. V. M. S. *et al.* Pandemia por covi-19 no Brasil: análise da demanda e da oferta de leitos hospitalares e equipamentos de ventilação assistida segundo diferentes cenários. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 6, jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00115320>

NOY, I. *et al.* Measuring the Economic Risk of COVID-19. **Global Policy**, United Kingdom, v. 11, n. 4, p. 413-423, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12851>

ORELLANA, J. D. Y. *et al.* Explosão da mortalidade no epicentro amazônico da epidemia de COVID-19. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 7, jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00120020>

OSAKI, Y. *et al.* Why are Covid-19 mortality rates by country or region so different? an ecologic study of factors associated with mortality from Novel Coronavirus infections by country. **Yonago Acta Medica**, Yonago, v. 64, n. 1, p. 80-91, Jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33160/yam.2021.02.011>

PALOMBI, S.; PERMAN, R.; TAVÉRA, C. Commuting effects in Okun's Law among British areas: evidence from spatial panel econometrics. **Papers in Regional Science**, United Kingdom, v. 96, n. 1, p. 191-209, Mar. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/pirs.12166>

PIKETTY, T. About capital in the twenty-first century. **American Economic Review**, United States, v. 105, p. 48–53, 2015. DOI: 10.1257/aer.p20151060

PIRES, L. N.; CARVALHO, L.; XAVIER, L. L. Covid-19 e desigualdade: a distribuição dos fatores de risco no Brasil. **Experiment Findings**, [S.l.], Apr. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27014.73282>

RITCHIE, H. *et al.* Coronavirus (COVID-19) cases: statistics and research. **Our World In Data**, 4 jan. 2021. Disponível em: <https://ourworldindata.org/Covid-cases>. Acesso em: 4 jan. 2022.

SAYED, A; PENG, B. Pandemics and income inequality: a historical review. **SN Business and Economics**, Switzerland, v. 1, n. 4, p. 1-17, Mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s43546-021-00059-4> .

SEPULVEDA, E.; BROOKER, A. Income inequality and COVID-19 mortality: age-stratified analysis of 22 OECD countries. **SSM - Population Health**, Kidlington, v. 16, p. 100904, Dec. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2021.100904>

SCHEFFER, M. *et al.* **Demografia médica no Brasil 2020**. São Paulo: Departamento de Medicina Preventiva da Faculdade de Medicina da USP; Conselho Federal de Medicina, 2020. 2020. Disponível em: https://www.fm.usp.br/fmusp/conteudo/DemografiaMedica2020_9DEZ.pdf. Acesso em: 4 jan. 2022.

SIQUEIRA, T. S. *et al.* Spatial clusters, social determinants of health and risk of maternal mortality by COVID-19 in Brazil: a national population-based ecological study. **Lancet Regional Health - Americas**, Oxford, v. 3, p. 100076, Nov. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lana.2021.100076>.

SILVA, G. A. S.; JARDIM, B. C.; LOTUFO, P. A. Mortalidade por COVID-19 padronizada por idade nas capitais das diferentes regiões do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 37 n. 6, e00039221, jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00039221>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Coronavirus disease (COVID-19) outbreak**: rights, roles and responsibilities of health workers, including key considerations for occupational safety. Geneva, [2020]. Disponível em: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-rights-roles-respon-hw-COVID-19.pdf?sfvrsn=bcabd401_0. Acesso em: 4 jan. 2022.

ZU, Z. Y. *et al.* Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): a perspective from China. **Radiology**, Oak Brook, Il, v. 296, n. 2, p. e15–e25, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200490>.

4.7 Apêndice A – Testes dos modelos para X

	AIC	BIC	Jarque–Bera		Breusch-Pagan		Pseudo-R ²
			Est.	Sig.	Est.	Sig.	
MQO	56916,80	57022,78	4852,40	***	154,51	***	0,130
SEM	55999,70	56112,30	8134,10	***	160,83	***	0,303
SDEM	55968,99	56174,32	8056,80	***	229,16	***	0,307
SAR	56027,49	56140,10	7610,90	***	194,71	***	0,295
SDM	55954,16	56159,49	8158,50	***	239,40	***	0,308
SAC	55848,25	55967,47	9019,40	***	123,39	***	0,431

Nota: *** <1%; ** <5%; * <10%.

Fonte: elaborado pela autora.

4.8 Apêndice B – Modelos MQO

Variável	MQO	
	Estimativa	Sig.
Constante	-94,878	***
PIB per capita (ln)	9,523	***
Distância ao centro sub-regional mais próximo (ln)	-0,527	
Densidade populacional (ln)	7,745	***
Participação do emprego formal	-0,058	
Proporção de aposentados por idade	0,047	
Participação de médicos e outros profissionais de saúde	0,917	*
IFMDE	23,926	**
IFDMS	14,273	**
GINI	5,861	
Cidade com população menor que 50 mil habitantes	-9,483	***
Norte	35,346	***
Nordeste	12,214	***
Sul	-3,677	*
Centro-Oeste	29,957	***

Fonte: elaborado pela autora.

4.9 Apêndice C – Modelos SAC

Variável	SAC	
	Estimativa	Sig.
Constante	4,83	
PIB per capita (ln)	5,69	***
Distância ao centro sub-regional mais próximo (ln)	-3,48	***
Densidade populacional (ln)	5,98	***
Participação do emprego formal	0,01	
Proporção de aposentados por idade	0,57	***
Participação de médicos e outros profissionais de saúde	0,47	
IFMDE	8,70	
IFDMS	6,29	
GINI	11,33	
Cidade com população menor que 50 mil habitantes	-3,21	*
Norte	27,50	***
Nordeste	7,42	
Sul	-3,86	
Centro-Oeste	23,28	***

Fonte: elaborado pela autora.

4.10 Apêndice D – Modelos SEM e Durbin SEM

Variável	SEM		Durbin SEM	
	Estimativa	Sig.	Estimativa	Sig.
Constante	-54,55	***	-131,34	***
PIB per capita (ln)	6,92	***	6,54	***
Distância ao centro sub-regional mais próximo (ln)	-2,92	***	-3,26	***
Densidade populacional (ln)	6,59	***	6,04	***
Participação do emprego formal	0,51		-0,06	
Proporção de aposentados por idade	0,55	***	0,41	***
Participação de médicos e outros profissionais de saúde	0,02		0,94	**
IFMDE	14,35	***	13,36	
IFDMS	9,21	**	8,11	
GINI	15,96		11,16	
Cidade com população menor que 50 mil habitantes	-6,07	***	-6,64	***
Norte	30,27	***	21,36	*
Nordeste	7,46	**	17,90	*
Sul	-4,89	*	0,94	
Centro-Oeste	26,97	***	13,82	
lag PIB per capita (ln)	-	-	7,50	**
lag Distância ao centro sub-regional mais próximo (ln)	-	-	4,52	***
lag Densidade populacional (ln)	-	-	2,47	*
lag Participação do emprego formal	-	-	-1,31	***
lag Proporção de aposentados por idade	-	-	-0,54	**
lag Participação de médicos e outros profissionais de saúde	-	-	2,33	**
lag IFMDE	-	-	22,31	
lag IFDMS	-	-	10,28	
lag GINI	-	-	-41,97	*
lag Cidade com população menor que 50 mil habitantes	-	-	-8,17	*
lag Norte	-	-	12,50	
lag Nordeste	-	-	-3,54	
lag Sul	-	-	-2,13	
lag Centro-Oeste	-	-	13,13	

Fonte: elaborado pela autora.

4.11 Apêndice E – Modelos SAR e Durbin SAR

Variável	SAR		Durbin SAR	
	Estimativa	Sig.	Estimativa	Sig.
Constante	-68,89	***	-73,47	***
PIB per capita (ln)	5,86	***	5,73	***
Distância ao centro sub-regional mais próximo (ln)	-1,49	***	-3,81	***
Densidade populacional (ln)	4,49	****	5,73	***
Participação do emprego formal	0,03		-0,02	
Proporção de aposentados por idade	0,42	***	0,56	***
Participação de médicos e outros profissionais de saúde	0,67	*	0,77	**
IFMDE	16,60	*	10,52	
IFDMS	6,62		6,76	
GINI	21,03	**	16,02	
Cidade com população menor que 50 mil habitantes	-9,54	***	-5,82	***
Norte	20,34	***	20,68	
Nordeste	6,85	***	19,53	*
Sul	-3,04	*	3,26	
Centro-Oeste	16,72	***	9,93	
lag PIB per capita (ln)	-	-	2,09	
lag Distância ao centro sub-regional mais próximo (ln)	-	-	5,19	***
lag Densidade populacional (ln)	-	-	-1,29	
lag Participação do emprego formal	-	-	-0,41	**
lag Proporção de aposentados por idade	-	-	-1,34	***
lag Participação de médicos e outros profissionais de saúde	-	-	1,58	**
lag IFMDE	-	-	13,93	
lag IFDMS	-	-	2,85	
lag GINI	-	-	-43,23	**
lag Cidade com população menor que 50 mil habitantes	-	-	-3,87	
lag Norte	-	-	-3,73	
lag Nordeste	-	-	-11,03	
lag Sul	-	-	-2,64	
lag Centro-Oeste	-	-	3,57	

Fonte: elaborado pela autora.

5 ENSAIO 3 – FATORES QUE EXPLICAM AS DIFERENÇAS DE INTERNAÇÕES E ÓBITOS POR DOENÇAS NO APARELHO CIRCULATORIO NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS EM ANO DE PANDEMIA

Resumo: Segundo a OMS (OPAS; OMS, 2022), as doenças no aparelho circulatório são as principais causas responsáveis de mortes ao redor do mundo, e estão associadas a diversos indicadores socioeconômicos (SANTOS; PAES, 2014). Esse problema agravou-se, especialmente com o aparecimento da Covid-19, mobilizando entidades e organizações de saúde, na busca pela compreensão dos efeitos que a doença pode provocar nos pacientes que apresentavam alguma doença cardiovascular prévia. A partir desses fatos este estudo tem como objetivo identificar fatores econômicos, sociais e geográficos associados às internações e óbitos por doenças no aparelho circulatório nos municípios do Brasil em 2020, investigando se a pandemia do Covid-19 impactou no número de internações e óbitos por doença do aparelho circulatório. Para isso será testada a hipótese da presença de uma dependência espacial nas variáveis dependentes e utilizará o modelo de regressão espacial *Geographically Weighted Regression* (GWR) com o intuito de captar o papel dos diferentes grupos de fatores em decorrência desses óbitos no âmbito espacial. Esse modelo permite considerar e testar a possibilidade de que os relacionamentos variam geograficamente. É uma abordagem que lida com a não-estacionariedade espacial na regressão multivariada, estimando coeficientes de regressão localmente usando pesos de dependência espacial, sob a hipótese que as variáveis irão variar continuamente no espaço. Os centros metropolitanos estão diretamente associados com o desfecho, os fatores PIB per capita, densidade populacional, desigualdade social e participação no emprego formal. Os municípios da zona rural, com menos de 50 mil habitantes e distantes dos grandes centros, aparecem como protetores para óbito e hospitalização por DCV. A pandemia e a área de disseminação do COVID explicam os desfechos cardiovasculares, e as características socioeconômicas do município diferem dos determinantes sociais de doença para o indivíduo na justificativa de óbitos e internações por DCV.

Palavras-chave: Doença do aparelho circulatório; Covid-19; GWR.

Abstract: According to the WHO (PAHO; OMS, 2022), diseases in the circulatory system are the main causes of death around the world, and are associated with several socioeconomic indicators (SANTOS; PAES, 2014). This problem has worsened, especially with the emergence of Covid-19, mobilizing health entities and organizations in the search for an understanding of the effects that the disease can cause in patients who had some previous cardiovascular disease. Based on these facts, this study aims to identify socioeconomic and geographic factors associated with hospitalizations and deaths from diseases in the circulatory system in the municipalities of Brazil in 2020, investigating whether the Covid-19 pandemic has impacted the number of hospitalizations and deaths from disease. of the circulatory system. For this, the hypothesis of the presence of a spatial dependence in the dependent variables will be tested and the Geographically Weighted Regression (GWR) spatial regression model will be used in order to capture the role of different groups of factors as a result of these deaths in the spatial scope. This model allows you to consider and test for the possibility that relationships vary geographically. It is an approach that deals with spatial non-stationarity in multivariate regression, estimating regression coefficients locally using spatial dependence weights, under the assumption that the variables will vary continuously in space. Metropolitan centers are directly associated with the outcome, the factors GDP per capita, population density, social inequality and participation in formal employment. Municipalities in rural areas, with less than 50,000 inhabitants and far from large centers appear as protectors for death and hospitalization for CVD. The pandemic and area of spread of COVID explains the cardiovascular outcomes, and the socioeconomic characteristics of the municipality differ from the social determinants of disease for the individual in the justification of deaths and hospitalizations for CVD

Keywords: Circulatory system disease; Covid-19; GWR.

5.1 Introdução

As doenças do aparelho circulatório ou cardiovascular (DCV) referem-se a um grupo de morbidades que envolvem coração e vasos sanguíneos, ou ainda, sequelas advindas de um suprimento sanguíneo vascular inadequado (DEVAUX *et al.*, 2019). A DCV tem sido a principal causa de mortalidade desde a década de 60 no mundo, isso atrai a atenção de inúmeros pesquisadores e grandes investimentos centrados na busca de seus principais determinantes, (MAGALHÃES *et al.*, 2014; RIBEIRO *et al.*, 2016) devido a associação dos indicadores socioeconômicos com a mortalidade adulta por doenças cardiovasculares (SANTOS; PAES, 2014).

Segundo a OMS (OPAS; OMS, 2022), as doenças cardiovasculares são a principal causa de morte ao redor do mundo. Por ano, morrem mais pessoas por esse motivo do que outras enfermidades. No ano de 2016, por exemplo, estima-se que 17,9 milhões de indivíduos morreram por alguma doença cardiovascular no planeta. Esse evento ocorreu principalmente em países de baixo e médio nível socioeconômico. Esse problema agravou-se, especialmente, com o aparecimento da Covid-19, mobilizando entidades e organizações de saúde, na busca pela compreensão dos efeitos que a doença pode provocar nos pacientes que apresentavam alguma DCV prévia.

Pacientes infectados com SARS-CoV-2 e que apresentam um episódio de infarto agudo do miocárdio evoluem de modo desfavorável. Em decorrência de uma menor reserva cardíaca provocada por isquemia miocárdica ou necrose, ao ser infectado pelo Novo Coronavírus, esses pacientes apresentam maior risco de evoluir com insuficiência cardíaca, o que pode provocar uma rápida deterioração na condição dessas pessoas. Pacientes com insuficiência cardíaca com enfermidade cardíaca subjacente, a infecção pelo SARS-CoV-2 pode atuar como condicionante para agravar a situação do paciente e levar ao óbito (ZHENG *et al.*, 2020).

Frente à pandemia global diversos países, inclusive o Brasil, tiveram a necessidade de ampliar a oferta de leitos em centros de terapias intensiva, provocando o adiamento, até mesmo o cancelamento dos atendimentos, de procedimentos e a realização de exames. Muitos recursos financeiros foram destinados especificamente para atender a Covid-19 (CASTRO *et al.*, 2020; CIMERMAN *et al.*, 2020). Além da realocação na destinação de recursos para o atendimento da Covid-19, muitos pacientes adiaram a procura por atendimento médico com receio de serem contaminados e contraírem a Covid-19 (CESENA, 2021).

A partir do banco de dados da Síndrome Respiratória Aguda Grave de 2020 (SRAG), no Brasil, as mortes por Covid-19 têm tido maior incidência em pacientes com alguma cardiopatia. É importante destacar que tanto a Covid-19 quanto às mortes por doenças no aparelho circulatório apresentam maior ou menor incidência nas regiões brasileiras, variando conforme critérios socioeconômicos e geográficos. Sendo assim, especula-se que a Covid-19 tenha impactado na mortalidade de doenças cardiovasculares nos municípios brasileiros (BRASIL, 2022).

O objetivo deste estudo é identificar os fatores econômicos, sociais e geográficos associados às internações e óbitos por doenças no aparelho circulatório nos municípios do Brasil em 2020, investigando se a pandemia do Covid-19 impactou no número de internações e óbitos por doença do aparelho circulatório. Para isso será testada a hipótese da presença de uma dependência espacial nas variáveis dependentes e utilizará o modelo de regressão espacial *Geographically Weighted Regression* (GWR) com o intuito de captar o papel dos diferentes grupos de fatores em decorrência desses óbitos no âmbito espacial. Além disso, pretende-se cruzar os dados sobre morbidade hospitalar e de óbitos decorrentes de doenças do aparelho circulatório por local de residência, disponibilizada no DataSUS, para identificar se existe uma mudança de tendência diferente para os óbitos e para as internações por doença do aparelho circulatório entre os anos de 2019 e 2020.

Este trabalho está dividido em cinco seções, incluindo esta introdução; a revisão de literatura sobre os possíveis determinantes espaciais e não espaciais das hospitalizações e óbitos por doenças no aparelho circulatória, assim como a possível relação com o Covid-19 na seção seguinte; na terceira seção, são apresentadas a base de dados de consulta, o teste de dependência espacial e o método escolhido a ser analisado neste ensaio. Os resultados do modelo GWR e a discussão são apresentados na quarta seção, e, por fim, na quinta seção as conclusões do trabalho.

5.2 Revisão de literatura

5.2.1 Determinantes espaciais e não espaciais das hospitalizações óbitos por doenças no aparelho circulatório

Nos últimos anos, o Brasil vem apresentando uma elevada dificuldade no enfrentamento na área da saúde, principalmente no nível da morbimortalidade das doenças do aparelho

circulatório, que são a principal causa de mortalidade no Brasil, e ocupam a quarta posição nas causas de internações hospitalares. Das 6.217.525 internações em adultos com idade entre 20 e 59 anos registradas em 2018, as DCV foram responsáveis por 7,10%, que corresponde a 441.725 internações (FIGUEIREDO *et al.*, 2020).

Mesquita (2018) aponta a relação entre o aumento do PIB per capita e a redução da mortalidade por DCV, além de relacionar a alta escolaridade com uma redução nas chances de óbitos por DCV. Além desses, outros fatores sociais que contribuem para a mortalidade por DCV são o índice de idosos, a taxa de analfabetismo e o índice de desenvolvimento humano. O efeito da escolaridade em saúde muitas vezes se confunde com o da renda, indivíduos com maior escolaridade, e conseqüentemente maiores renda, são menos acometidos por doenças cardiovasculares, possuindo menores fatores de risco como sedentarismo e diabetes (SANTOS *et al.*, 2013; NOGUEIRA *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2015).

Uma análise dos dados do *Global Burden Disease* demonstrou a nítida variação na mortalidade entre os estados do Brasil. O artigo levanta a hipótese de que regiões com menores índices socioeconômicos e com maiores índices de desigualdade seriam responsáveis pela diferença entre as taxas de mortalidade cardiovascular nas localidades (BRANDT, 2019). O envelhecimento das pessoas, bem como a sobrevivência de doenças infecciosas são fatores que podem estar relacionados à necessidade de se dar maior importância ao cuidado com as doenças cardiovasculares (BRASIL, 2006).

Quanto às características demográficas, as cidades mais populosas têm uma menor incidência de mortalidade por DCV, uma vez que nessas são oferecidas maiores oportunidades para tratar as doenças cardiovasculares. Com o aumento da prevenção diminuem-se as chances de internações mais graves e de óbitos, acarretando uma maior incidência de não tratamento nas áreas mais afastadas ou menos atendidas pelos governos, segundo Medeiros (2012), a procura por serviços de saúde crescem de acordo com a densidade populacional, enquanto nas áreas rurais há uma maior escassez. Aliado a esses fatores, em 8% dos municípios brasileiros a distância média percorrida para obter atendimento de UTI é superior a 240 km, sendo a região Norte a mais problemática, e o Sul e Sudeste as que apresentam as menores distâncias (NORONHA, 2020).

O estudo REGARDS inclui o CEP na análise multivariada de determinantes sociais de saúde. Pessoas com elevada vulnerabilidade foram identificadas como mulheres, negras, com diversos fatores de risco cardiovascular. Boa parte dessas pessoas reside nas periferias, que contam com deficientes serviços de educação, saúde e saneamento. Essa falta de infraestrutura

hospitalar gera impactos negativos na saúde dos indivíduos que lá residem, sendo, portanto, essa característica territorial um importante condicionante para seus desfechos em saúde (BASTOS *et al.*, 2012; FERREIRA; LATORRE, 2012; SOUZA *et al.*, 2013; MALTA *et al.*, 2014; LINDLEY *et al.*, 2021). Os motivos para consumir serviços em saúde seriam diferentes entre ricos e pobres. Os ricos tendem a consumir mais serviços de prevenção e rotina, enquanto os mais pobres buscavam atendimento apenas quando estão doentes. Esse comportamento pode estar envolto pela má infraestrutura de saúde, mais precária, e que agrava o quadro da desigualdade socioeconômica (MEDEIROS, 2012). A Pesquisa Nacional de Saúde de 2019 mostra maior prevalência de DCV entre pessoas com ensino médio, raça branca, com plano de saúde e com maior consumo de hortaliças e frutas. Portanto, especula-se que tais associações são resultado de um maior diagnóstico de DCV nessa população com maior acesso aos serviços de saúde (GOMES *et al.*, 2021).

5.2.2 As doenças no aparelho circulatório e a Covid-19

Uma das maiores dificuldades para o tratamento da Covid-19 é relativa aos pacientes com doenças cardiovasculares. As pessoas com tais comorbidades, quando infectadas pelo SARS-CoV-2 são suscetíveis a apresentar alguma complicação para o funcionamento cardiovascular, como injúria miocárdica, insuficiência cardíaca, arritmias, entre outras (BANSAL, 2020; MARTINS *et al.*, 2020). Diversos estudos sugerem que pacientes infectados por Covid-19, que tivessem doenças no aparelho circulatório prévias e fatores de risco (obesidade, diabetes e hipertensão, idade avançada, por exemplo), apresentavam piores resultados clínicos no tratamento. Esses pacientes hospitalizados exibiam um quadro de maior gravidade da Covid-19, incluindo a necessidade de ventilação mecânica e muitas vezes resultando em morte (GUO *et al.*, 2020; SANDOVAL; JANUZZI; JAFFE, 2020).

Segundo o estudo de Cavalcante *et al.* (2021), existe maior risco na gravidade no prognóstico e na possível evolução para óbito de pacientes portadores de patologias cardíacas, quando estes são contaminados pelo Novo Coronavírus, em comparação àqueles pacientes que não possuem doenças cardiovasculares prévias. Afirmam, ainda, que alguns doentes acometidos pela Covid-19 apresentaram lesões cardíacas secundárias pós-infecção da doença. No início da pandemia, em Wuhan, pesquisadores realizaram uma análise de pacientes infectados pelo Novo Coronavírus, apresentando que mais de 7% dos indivíduos tiveram alguma lesão cardíaca aguda e mais de 8% dos infectados apresentaram arritmia. Tais

problemas tinham predominância em pacientes que precisavam de internação intensiva (WANG *et al.*, 2020).

Yonas *et al.* (2020), fizeram um levantamento sistemático da literatura com mais de 18 artigos mostrando que pacientes com insuficiência cardíaca pré-existente apresentavam um grau mais elevado de mortalidade relacionada à Covid-19. Os pacientes que têm insuficiência cardíaca exibem um maior risco de internação hospitalar, sendo que, muitas vezes, evoluem para um quadro mais grave e morrem por Covid-19. A Covid-19 pode causar tanto um declínio no funcionamento da situação pré-existente do sistema cardiovascular, quanto influenciar na ocorrência de eventos agudos provocados pela infecção. Esses eventos de infecção incluem a doença cardíaca isquêmica/inflamatória, arritmias ventriculares, trombozes, entre outras doenças cardiovasculares (FERRARI, 2020; MAI; DEL PINTO; FERRI, 2020)

Com o Covid-19 evidenciou-se uma preocupação com o número de leitos, principalmente os de UTI. Em 2019, o Brasil possuía 2,3 leitos por mil habitantes, sendo 55% leitos gerais e apenas 7% de UTI adultos, com 66% e 48% disponíveis para o SUS, respectivamente, com uma taxa de ocupação de 75%. Outro fator a somar-se a isso é o fato de apenas 10% dos hospitais serem considerados de grande porte, deixando dessa forma as menores cidades e as mais afastadas dos grandes centros urbanos em situação mais vulnerável (NORONHA, 2020). De acordo com o estudo realizado por Normando *et al.* (2021), no início da pandemia por Covid-19, no Brasil, houve uma diminuição na atenção às pessoas em relação à saúde cardiovascular e internações hospitalares atendidas pelo SUS. Essa redução na assistência provocou uma queda no total de internações de pessoas com patologias cardiovasculares, bem como apresentou um aumento na taxa de letalidade intra-hospitalar motivada por DCV. A pandemia da Covid-19 gerou uma situação crítica do sistema de saúde para atender à demanda potencial, e isso pode gerar um aumento da mortalidade, tanto da Covid quanto de outras doenças, nos locais em que a oferta por saúde é mais fraca (NORONHA, 2020).

5.3 Dados e metodologia

5.3.1 Variáveis analisadas

As variáveis dependentes a serem analisadas neste trabalho são provenientes da base de dados sobre morbidade hospitalar por local de residência, disponibilizada no DataSUS⁶. Elas representam o total de óbitos e as internações decorrentes de doenças do aparelho circulatório acumuladas a cada cem mil habitantes nos municípios brasileiros em 2020, referentes ao capítulo IX da CID-10 (códigos: I00-I99). As variáveis independentes testadas incluem para os municípios: taxa de óbito por Covid-19 por cem mil habitantes em 2020; razão de emprego total por população total; participação de profissionais da saúde na população total⁷, participação de aposentados por idade em 2020 em relação ao total da população; índice municipal de Gini 2010; índice FIRJAN de educação e saúde, logaritmo natural do PIB per capita, da densidade populacional e da distância para o centro sub-regional mais próximo, e a variável *dummie* para identificar municípios com população inferior a 50 mil habitantes. Na tabela 1 abaixo encontram-se a descrição das variáveis utilizadas no modelo, a fonte e o sinal esperado.

Tabela 1 - Definição das variáveis, fonte e sinal esperado

Variável	Descrição	Source	Sinal esperado
obapacir	Óbitos decorrentes de doenças do aparelho circulatório por 100 mil habitantes 2020	DATASUS	
intapacir	Internações decorrentes de doenças do aparelho circulatório por 100 mil habitantes 2020	DATASUS	
obcovpcm	Óbitos por COVID-19 por 100 mil habitantes 2020	Repositorio Brasil.io	+
lpibpc18	PIB per capita 2018 ¹	IBGE	+
lremoacsr	Distância ao centro sub-regional mais próximo (em minutos)	IBGE	-
ldenpop20	Densidade populacional 2020	IBGE	+
prais19	Participação do emprego formal 2019	RAIS	+
praposid20	Proporção de aposentados por idade 2020	Mín. da Economia	+
psf18	Participação de médicos e outros profissionais de saúde 2018	RAIS	-
ifdme18	IFMDE 2018	FIRJAN	-
ifdms18	IFDMS 2018	FIRJAN	-
gini10	GINI 2010	CENSO	+
cid50mil	Cidade com população menor que 50 mil habitantes 2020	IBGE	-

Fonte: elaborado pela autora.

⁶ Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/>. Acesso em: 4 fev. 2022.

⁷ Considerando-se o período pré-pandemia, em que se exclui do cômputo as contratações específicas realizadas para incrementar a mão de obra na saúde pública e privada municipal.

Na Tabela 2 encontram-se as estatísticas descritivas das variáveis selecionadas. Em média, os municípios apresentavam 73,75 óbitos e 786,56 internações por cem mil habitantes decorrentes de doenças do aparelho circulatório. O PIB per capita municipal médio era cerca de 20 mil reais em 2018, a densidade demográfica de 120 habitantes por km² em 2020, em média 8% da população era aposentada por idade em 2020, 23% da população era considerada pobre em 2010 e o índice de desigualdade de Gini era de 0,49 em 2010. A distância para o centro sub-regional mais próxima, uma *proxy* para a acessibilidade aos centros urbanos, era de cerca de 120 minutos. A participação do emprego formal em 2020 em torno de 14% e de médicos e outros profissionais de saúde na população total em torno de 3,5%. Os índices da FIRJAN em 2016 eram 0,77 na média dos municípios. Os óbitos em decorrência de Covid-19 eram de 56,85 por cem mil habitantes em 2020, uma *proxy* para a situação da pandemia naquele município.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas das variáveis selecionadas

Variável	Média	D.P.	Mín.	Máx.
Óbitos decorrentes de doenças do aparelho circulatório por 100 mil habitantes em 2020	73,75	435,80	0,00	24.291,62
Internações decorrentes de doenças do aparelho circulatório por 100 mil habitantes em 2020	786,56	4017,60	0,00	228.521,50
Óbitos em decorrência de COVID-19 por 100 mil habitantes em 2020	56,85	43,15	0,00	358,79
PIB per capita em 2018 (em reais)	23.427,02	23.616,16	4.788,16	583.171,83
Distância para o centro sub regional mais próxima (em minutos)	118,67	560,94	0,00	8.737,00
Densidade populacional (em hab./km ²)	120,51	631,26	0,04	14.403,88
Participação do emprego formal 2019	14,37	9,78	0,08	104,53
Proporção de aposentados por idade em 2020	7,73	5,01	0,01	38,08
Participação de médicos e outros profissionais de saúde 2018	3,52	1,58	0,00	56,97
Índice FIRJAN Educação em 2016	0,77	0,11	0,38	1,00
Índice FIRJAN Saúde em 2016	0,77	0,13	0,18	1,00
Índice de Gini em 2010	0,49	0,07	0,28	0,80
Cidade com população menor que 50 mil habitantes 2020	0,88	0,33	0,00	1,00

Fonte: elaborado pela autora.

5.3.2 Modelo econométrico

Para a realização da análise geográfica dos determinantes socioeconômicos e da pandemia do Covid-19 nos óbitos e internações decorrentes de doenças do aparelho circulatório em cada município brasileiro estimou-se o modelo espacial *Geographic Weight Regression* (GWR). Esse modelo permite considerar e testar a possibilidade de que os relacionamentos variam geograficamente. É uma abordagem que lida com a não-estacionariedade espacial na regressão multivariada, estimando coeficientes de regressão localmente usando pesos de dependência espacial, sob a hipótese que as variáveis irão variar continuamente no espaço.

Para estimação do modelo GWR considere o modelo de regressão global do tipo:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_k \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (1)$$

Reescrito conforme a equação abaixo:

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (2)$$

Em que (u_i, v_i) são as coordenadas do i -ésimo ponto no espaço, $\beta_0(u_i, v_i)$ é o intercepto do ponto i , $\beta_k(u_i, v_i)$ é o coeficiente da variável independente x_{ik} na localidade i e ε_i é o erro neste ponto. Os coeficientes locais são estimados por uma função de decaimento de distância, com maior influência dos pontos mais próximos da observação que os mais distantes. Dessa forma a Equação (2) reconhece a existência de variações nas relações espaciais, podendo considerar a Equação (1) um caso especial da Equação (2) em que se assume como invariante os parâmetros espaciais (FOTHERINGHAM; BRUNSDON; CHARLTON, 2003).

O uso de regressões espaciais permite levar o espaço geográfico em consideração nas estimações, obtendo resultados mais fidedignos com a realidade. Apesar disso, a estimação em um modelo Global, apesar de considerar o espaço, não considera potenciais variações que possam existir (FOTHERINGHAM; BRUNSDON; CHARLTON, 2003). Dessa forma o modelo GWR consegue captar essas variações, estimando regressões locais para cada ponto no espaço, que levam em consideração não somente o espaço geográfico, mas a variação existente. Com isso, a estimação em um modelo deste tipo gera maior confiabilidade nas análises dos

resultados, levando em consideração os motivos regionais para a ocorrência de determinado impacto na variável.

Para a estimação de um modelo econométrico espacial é necessário validar a hipótese de dependência espacial da variável dependente. Para isso foram calculados os seus I de Moran utilizando uma matriz de pesos espaciais *Queen*, que toma como vizinhos todos os municípios que fazem limite com a cidade. Conforme pode ser observado na Tabela 3, foram encontrados os valores de 0,141 para óbitos 0,147 para internações por doenças do aparelho circulatório, significativos a 1%, indicando que existe correlação espacial para essas variáveis. Além disso, foi verificada a correlação espacial dos resíduos dos modelos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) utilizando as variáveis selecionadas. Para o modelo dos óbitos por doenças do aparelho circulatório o I de Moran dos resíduos foi de 0,046, enquanto para as internações foi de 0,038, ambos significativos a 1%.

Tabela 3 - Teste I de Moran das variáveis dependentes

	Óbitos por doenças do aparelho circulatório por 100 mil habitantes		Internações por doenças do aparelho circulatório por 100 mil habitantes	
	I de Moran	Sig.	I de Moran	Sig.
Defasagem das variáveis	0,141	***	0,147	***
Defasagem dos resíduos	0,046	***	0,038	***

Nota: *** <1%; ** <5%; * <10%.

Fonte: elaborado pela autora.

Para variáveis que apresentam dependência espacial é sugerido testar a hipótese de que modelos espaciais sejam mais ajustados (ANSELIN, 1988). Na Tabela 4 estão apresentados os resultados do diagnóstico do multiplicador de Lagrange para dependência espacial, que mostraram que existe dependência espacial para as variáveis endógenas em ambos os modelos. Para os termos dos erros os testes foram significativos inclusive em testes robustos, também para os dois modelos, sugerindo que se testem modelos que incluam a defasagem para estes dois parâmetros.

Tabela 4 - Diagnóstico do multiplicador de Lagrange para dependência espacial das variáveis dependentes

Teste	Óbitos por doenças do aparelho circulatório por mil habitantes		Internações por doenças do aparelho circulatório por mil habitantes	
	Estatística	Sig.	Estatística	Sig.
ML ρ	27,897	***	18,052	***
ML λ	31,645	***	21,318	***
ML ρ robusto	0,019		0,054	
ML λ robusto	3,767	*	3,319	*

Nota: *** <1%; ** <5%; * <10%.

Fonte: elaborado pela autora.

Comprovada a existência de dependência espacial nas variáveis, pode ser aplicado o modelo espacial GWR. Para a aplicação optou-se pelos testes das variáveis, recorrendo ao modelo de Mínimos Quadrados Ordinário (MQO) para escolha dos parâmetros. Foram rodados 3 modelos MQOs (ver Apêndice A) e escolhido aquele que possuía todas as variáveis significativas a até 10%. Após isso, estimou-se o modelo GWR com as variáveis definidas pelos modelos MQO 1.3 para o modelo de internações por doença do aparelho circulatório, e modelo MQO 2.3 para o modelo de óbitos por doença do aparelho circulatório.

Tabela 5 - Testes diagnósticos dos modelos com a variável dependente internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório por 100 mil habitantes

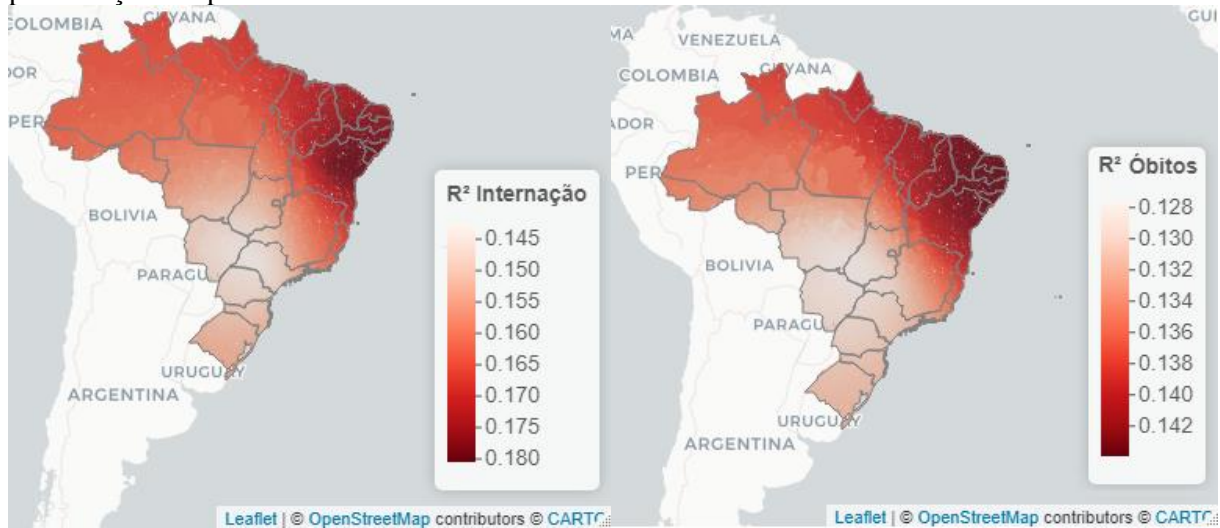
Internações por doenças do aparelho circulatório				Óbitos por doenças do aparelho circulatório			
	R ²	AIC	BIC		R ²	AIC	BIC
MQO 1.1	0,1563	107165,10	107251,2	MQO 2.1	0,1337	82602,65	82688,8
MQO 1.2	0,1562	107162,70	107229,0	MQO 2.2	0,1338	82600,11	82673,0
MQO 1.3	0,1560	107162,80	107222,4	MQO 2.3	0,1334	82600,69	82660,3
GWR 1	0,1665¹	107095,20	-	GWR 2	0,1380¹	82570,60	-

Nota: ¹ Valor do Pseudo-R²

Fonte: elaborado pela autora.

A estimação do modelo GWR foi realizada no *Software R*, *software* estatístico gratuito. Para a escolha da melhor banda foi utilizado a função *gwr.sel* do pacote *spgwr*, essa função permite encontrar uma determinada largura de banda que melhor se ajuste do GWR, garantindo dessa forma a robustez do modelo, sendo recomendado o uso de uma função para cálculo de banda adaptativa. Na tabela 5 os testes de diagnósticos para os modelos, mostram que o modelo escolhido deve ser o GWR, por apresentarem menores valores nos critérios de informação (AIC) e um Pseudo-R² maior, indicando um melhor ajuste do modelo espacial em relação ao modelo linear.

Figura 1 - R^2 Local para os Modelos Espaciais com as variáveis dependentes Internações e Óbitos por doenças do aparelho circulatório



Fonte: elaborado pela autora.

Diferente do MQO que possuem uma estimação global, o GWR estima regressões individuais para o nível escolhido. No caso deste estudo é feita a estimação para cada um dos municípios brasileiros analisados. Dessa forma ocorre que o nível de explicação do modelo, medido pelo valor do R^2 Local, acaba não sendo o mesmo para todas as regiões do Brasil. Nos dois modelos analisados neste trabalho, a região Nordeste apresentou um maior nível de explicação das variáveis, enquanto no Sul um menor nível. O R^2 Local do Modelo GWR, ver Figura 1, que mede a influências das variáveis no número de internação por doenças do aparelho circulatório variou entre 0,145 e 0,180, enquanto no Modelo GWR que mede a influência nos óbitos variou entre 0,128 e 0,142.

5.4 Resultados gerais

O resultado global do modelo GWR para as variáveis dependentes óbitos e internações por doenças do aparelho circulatório apresentou que a variável que identifica as cidades com menos de 50 mil habitantes e a que mede a distância para o centro sub-regional mais próximo em minutos possuem efeitos protetores na taxa de óbito e internação por doenças do aparelho circulatório. Em contrapartida, as demais variáveis, que medem os efeitos da pandemia do Covid-19, da riqueza per capita do município, do emprego formal, da densidade populacional

e do nível de desigualdade das cidades, apresentaram efeitos a favorecer as taxas de óbito e internações por doenças do aparelho respiratório (ver Tabela 6).

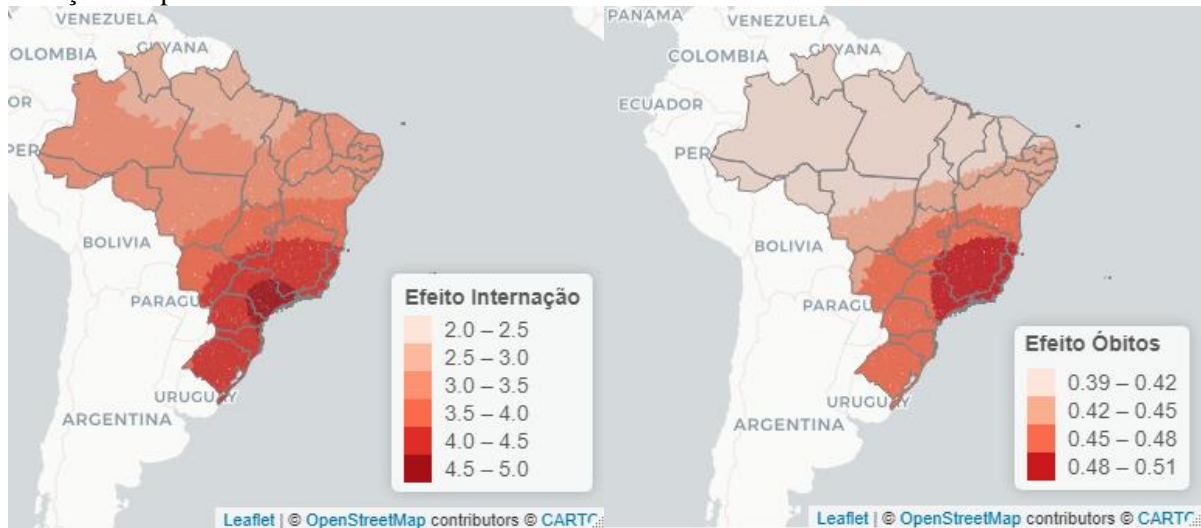
Tabela 6 - Resultado Global do modelo GWR para as variáveis dependentes óbitos e internações por doenças do aparelho circulatório

Coeficientes	Óbitos	Internações
	Modelo 1 Estatística	Modelo 2 Estatística
(intercepto)	- 719,42	- 5.468,72
Óbitos em decorrência de Covid-19 por 100 mil hab. - 2020	0,39	3,34
Ln PIB per capita (em reais) - 2018	23,02	198,23
Participação do emprego formal - 2019	2,49	39,59
Ln densidade populacional (em hab./km ²)	46,67	487,36
Ln distância para o centro sub regional mais próxima (em minutos)	- 29,73	- 265,94
Índice de Gini - 2010	876,35	9.262,89
Cidade com população menor que 50 mil hab. - 2020	- 184,79	- 1.807,00

Fonte: elaborado pela autora.

Na análise dos impactos locais dos coeficientes do Modelo GWR, ao contrário dos globais, pode-se perceber não apenas o efeito da variável em si, mas também a intensidade dele nas diferentes regiões. Os sinais dos efeitos locais dos coeficientes foram semelhantes ao do modelo global, e pode-se analisar de que maneira esses efeitos interagem no espaço territorial. Os efeitos que favorecem uma maior taxa de óbitos e internações por doenças do aparelho circulatório obtiveram maiores impactos na parte sul do Brasil, com exceção da participação de emprego formal em 2019, que impactou mais na parte norte. De forma análoga as variáveis que possuem um efeito protetor nas taxas de óbito e internações também apresentaram maiores efeitos na parte sul do Brasil, com um destaque especial a variável do município com população menor do que 50 mil habitantes que também apresentou maiores efeitos na parte oeste brasileira.

Figura 2 - Resultados do efeito espacial da Pandemia do Covid-19 para internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório



Fonte: elaborado pela autora.

A pandemia do Covid-19, representada na variável que mede a taxa de óbitos em decorrência do Covid-19 nos municípios, apresentou um efeito a favorecer uma maior taxa de internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório. Esses efeitos concentraram-se principalmente na Região Sudeste do país, embora o efeito nos óbitos tenha sido muito similar em todo o país.

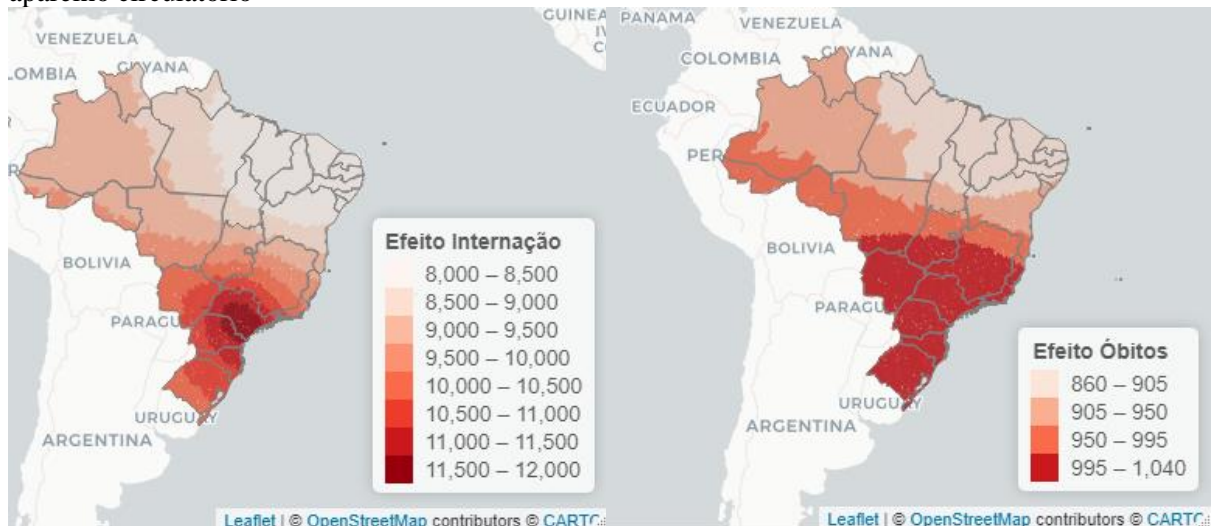
A Covid-19, tem a capacidade de interagir com o sistema cardiovascular e ampliar o número de morbidades e mortalidade de pessoas que já apresentavam alguma comorbidade cardiovascular antes de serem infectadas pelo SARS-CoV-2 (ASKIN; TANRIVERDI; ASKIN, 2020). O mecanismo fisiopatológico que explica o agravamento das condições cardiovasculares causado pela infecção viral ainda não é bem compreendido. Porém já se sabe que o COVID-19 desencadeia dano endotelial e morte de células do coração e inflamação dos vasos sanguíneos. Recente publicação de Xie *et al.* (2022), no seguimento de 1 ano de 5 milhões de pacientes infectados por COVID demonstrou que os riscos de agravamento das condições cardiovasculares vão muito além do período da fase aguda da infecção. A Síndrome do Covid Longo está associada com aumento do número de eventos como Acidente Vascular Cerebral (AVC) e Infarto no primeiro ano.

A redistribuição na assistência provocou uma queda no total de internações de pessoas com patologias cardiovasculares, bem como apresentou um aumento na taxa de letalidade intra-hospitalar motivada por DCV, visto que apenas casos graves procuraram atendimento e quase sempre tardio. Os mesmos autores sugerem que esse resultado pode ser motivado pelo

gerenciamento impróprio do manejo de pacientes com doenças cardiovasculares no período da pandemia.

Na análise da disseminação do Coronavírus no Brasil ficou claro que a porta de entrada foram os aeroportos e porto internacionais localizados em grandes capitais no litoral atlântico. Nicolelis *et al.* (2021), revelou em seu estudo que a cidade índice na disseminação foi São Paulo, responsável por mais de 85% dos casos espalhados pelo país. Apesar de ter ocorrido interiorização da infecção, as elevadas taxas de óbito seguiram na região litorânea com concentração no Sudeste, devido à maior disponibilidade de leitos de alta complexidade e recepção de pacientes transferidos do interior (NICOLELIS *et al.*, 2021).

Figura 3 - Resultados do efeito espacial do Índice de GINI para internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório



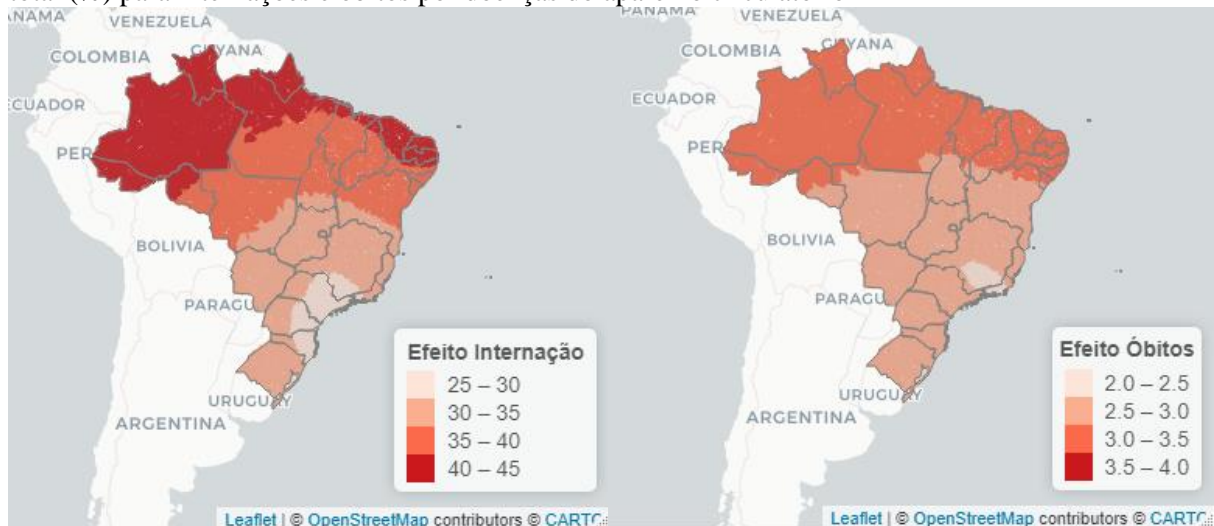
Fonte: elaborado pela autora.

O efeito do índice de Gini nas internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório foi concentrado em especial no sul do país. Nesse efeito percebe-se que quanto maior a desigualdade social maior o número de internações e óbitos. Nos óbitos, as regiões Sul e Sudeste acabaram por concentrar um maior impacto dessa variável, enquanto para as internações, apesar de uma concentração também na Região Sul e Sudeste, o maior impacto fica mais localizado no estado de São Paulo e arredores.

A DCV afeta desproporcionalmente o estrato mais vulnerável da população, que tem grande dificuldade no acesso a cuidados de saúde de alta qualidade. Segundo Roth *et al.*, (2020), dados do *Global Burden Disease* mostram que a despeito das inegáveis melhorias socioeconômicas observadas em todas as regiões brasileiras de 1990 até 2019 e que impactaram

em melhorias na prevenção e na atenção à saúde, a desigualdade ainda desempenha importante papel.

Figura 4 - Resultados do efeito espacial da participação de emprego formal em 2019 na população total (%) para internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório



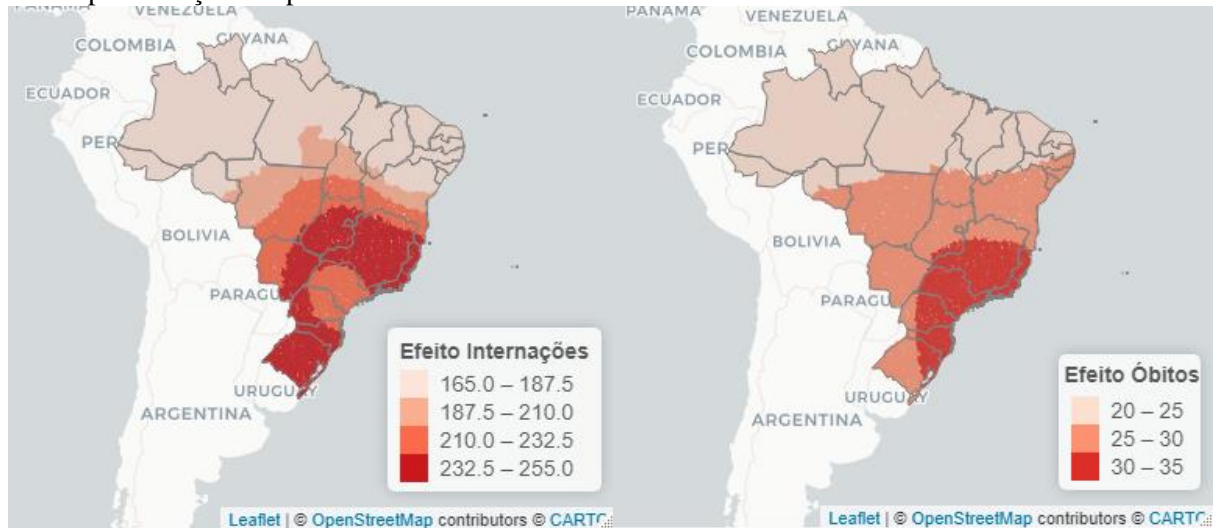
Fonte: elaborado pela autora.

A variável que mede o percentual da participação do emprego formal em 2019 na população total apresentou seus maiores impactos na parte Norte do país, tanto para as internações quanto para os óbitos por doenças do aparelho circulatório. O impacto dessa variável, assim como no modelo linear, também foi em favorecer um maior número de internações e óbitos. Nas internações o efeito foi maior principalmente nos estados do Norte e ao norte da Região Nordeste, já nos óbitos esses efeitos foram mais homogêneos na Região Norte e Nordeste.

Katz *et al.* (2016), em uma análise temporal não mostrou associação entre redução de desempregos e incidência de AVC. No semiárido do Sertão Pernambucano de Santiago *et al.* (2019), desempregados apresentavam mais fatores de risco para DCV em comparação aos trabalhadores formais, o que contrasta com nossos achados.

A DCV e seus desfechos não parecem estar associados com uma categoria de emprego ou trabalho. Martins *et al.* (1997) avaliou diferentes tipos de função e emprego, desde empreendedores, empregadores, autônomos, empregados formais e trabalhadores informais e as DCV não mostraram associação com diferentes grupos. Podemos especular o maior impacto dessa variável na região norte em decorrência de ser a região do país com maiores índices de desigualdade social podendo ter forte associação com a variável participação de emprego formal.

Figura 5 - Resultados do efeito espacial do logaritmo natural do PIB per capita para internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório



Fonte: elaborado pela autora.

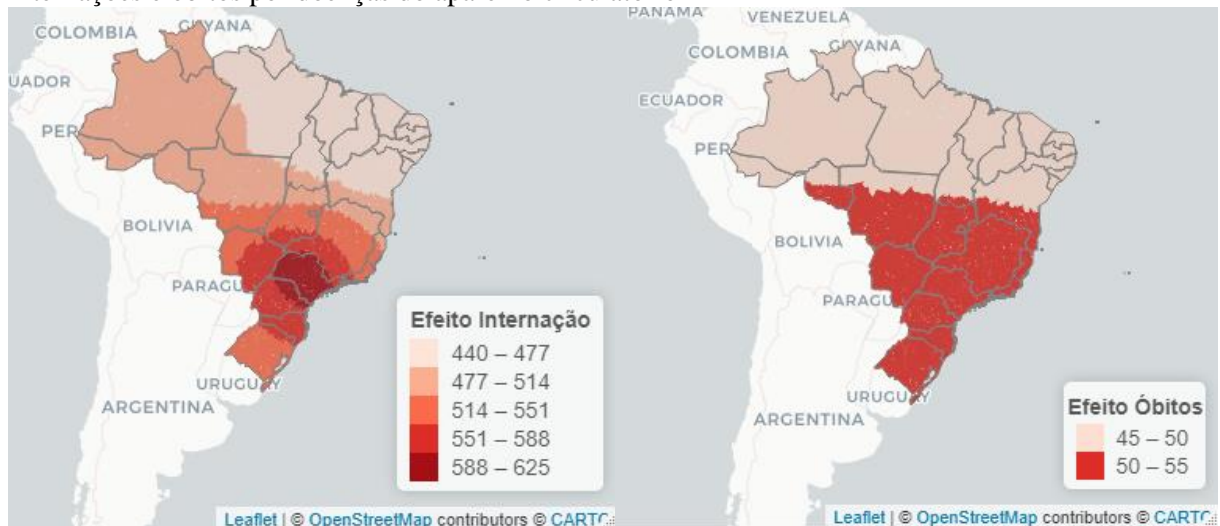
O efeito do logaritmo natural do PIB per capita apresentou maior impacto na parte Sul do país, tanto para as internações quanto para os óbitos por doenças do aparelho circulatório. Nas internações essa variável foi mais forte em praticamente toda Região Sul, Sudeste e Centro-Oeste, já nos óbitos limitou-se mais ao Sudeste e pedaço da Região Sul. Assim como no modelo MQO, essa variável apresentou um efeito em favorecer um maior número de óbitos e internações.

A menor renda está relacionada a diversos fatores de risco, por conta da má alimentação e condições de vida (MESQUITA, 2018). No Brasil, alguns estudos verificaram maior mortalidade por DCV nas macrorregiões socioeconomicamente mais desenvolvidas, porém Ishitani *et al.* (2006) mostra um resultado discordante e atribui à melhor seleção de municípios com adequada qualidade de informação. Localidade com maior renda per capita possuem mais acesso a serviços de saúde, recursos diagnósticos e terapêuticos eficazes, incluindo profissionais qualificados e leitos de alta complexidade o que poderia explicar o maior número de registro de casos diagnosticados e com acesso à internação hospitalar com adequado registro de óbito (NICOLAU *et al.*, 2012). Estudo na cidade de Porto Alegre classificou os bairros em 4 estratos socioeconômicos. Moradores dos bairros do estrato com maior vulnerabilidade socioeconômica apresentaram 2,6 vezes mais chance de morrer por DCV e tiveram 62% do desfecho explicado pelo risco atribuível ao fator pobreza (BASSANESI *et al.*, 2008).

Cabe ressaltar que esse estudo analisa a riqueza do município e não do indivíduo. Por isso, o que justificaria a influência dos fatores nas regiões com PIB mais elevado do país é o

efeito das grandes metrópoles com concentração de serviços de alta complexidade e maior desigualdade entre seus moradores.

Figura 6 - Resultados do efeito espacial do logaritmo natural da densidade populacional para internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório

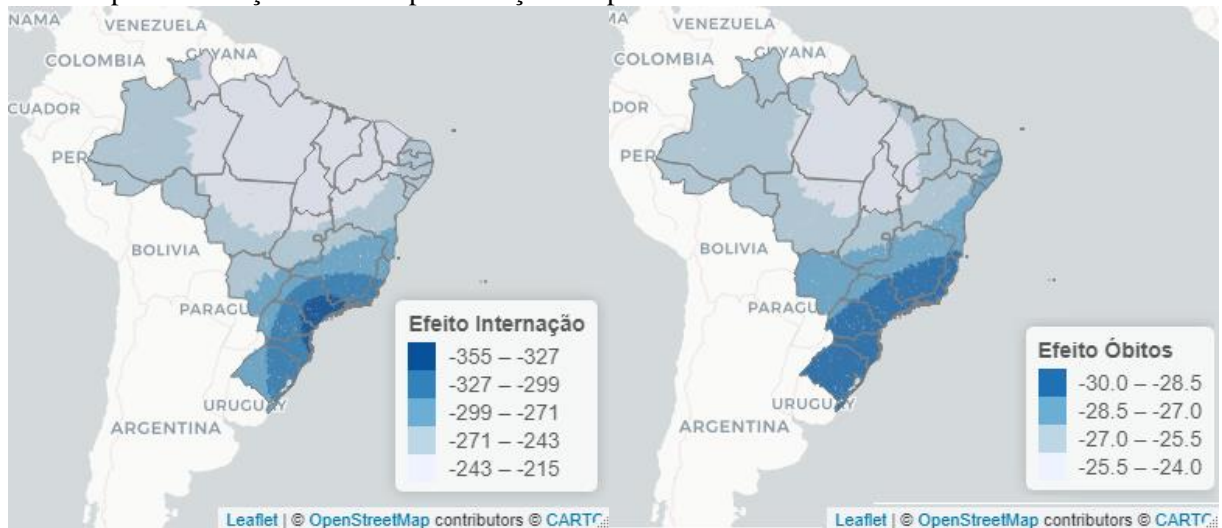


Fonte: elaborado pela autora.

A variável que mede o efeito do logaritmo natural da densidade populacional para internações e óbitos por doença e óbitos do aparelho circulatório teve seu impacto mais forte no Sul do país. No caso dos óbitos os efeitos foram muito similares no Brasil como um todo, enquanto para as internações a região de São Paulo concentrou esses efeitos. Esses efeitos foram ambos em relacionar uma maior densidade populacional a uma maior taxa anual de internações e óbitos. É importante analisar que as taxas de internação e óbito estão a cada 100 mil habitantes, logo o efeito da densidade populacional não está somente em um maior número puro de habitantes.

Os centros mais populosos são marcados pela urbanização e pela industrialização, ambas estão associadas com o aumento das doenças crônicas não transmissíveis e com a mortalidade precoce, além disso, a urbanização também está fortemente associada com o fator de risco obesidade (CESSE, 2007; GBD, 2015).

Figura 7 - Resultados do efeito espacial do logaritmo natural da distância do centro urbano em minutos para internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório



Fonte: elaborado pela autora.

O efeito do logaritmo natural da distância dos centros urbanos em horas nas internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório foi maior no sul do Brasil. Esses efeitos, assim como no MQO, atuam como agentes protetores, favorecendo taxas menores de óbitos e internações. A Região Sul e Sudeste, em especial o estado de São Paulo, apresentaram grandes efeitos dessa variável nas internações e óbitos, embora a variação desses efeitos nos óbitos não tenha sido tão desigual no Brasil como um todo.

Residentes dos municípios com maior população rural apresentaram significativa proteção contra eventos cardiovasculares, a transição do estilo de vida rural para o urbano parece estar acompanhada pelo aumento dos fatores de risco cardiovascular (FERREIRA *et al.*, 2020; PAVAN *et al.*, 1997).

Figura 8 - Resultados do efeito espacial do município com população menor do que 50 mil habitantes para internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório



Fonte: elaborado pela autora.

Residir em uma cidade pequena apresenta efeito protetor nas taxas de óbitos e internações por doenças do aparelho circulatório. Os impactos foram mais concentrados nas Regiões Centro-Oeste e Norte e em especial na Região Sul, tanto para as internações quanto para os óbitos.

A forte presença da Estratégia da Saúde da Família (ESF) com ampla cobertura em municípios até cinco mil habitantes, fortalecida como centro coordenador do cuidado com foco em prevenção justifica as menores taxas de óbitos e internações em tais municípios. As DCV são condições sensíveis à APS e mais 60% de seu controle se dá pelo tratamento dos fatores de risco na Atenção Primária (MEDEIROS *et al.*, 2012). Segundo Rasella *et al.* (2014), a cobertura da ESF foi associada à redução nas hospitalizações e mortalidade por DCV.

Figura 9 - Número de Internações e Óbitos e linha de tendência linear por doenças do aparelho circulatório entre os anos de 2019 e 2020



Fonte: elaborado pela autora.

Na Figura 9 pode-se observar essa maior tendência a diminuição do número de internações nas doenças do aparelho circulatório em relação aos óbitos entre os anos de 2019 e 2020. Em comparação com o mesmo período de 2019, houve um decréscimo de 15% na taxa de internação hospitalar e de 9% no total de óbitos hospitalares por DCV entre março e maio de 2020, acompanhado de um aumento de 9% na taxa de letalidade por esse grupo de doenças. As taxas de internação e letalidade registradas em 2020 diferiram significativamente da tendência. Ou seja, os poucos pacientes que internaram, o fizeram de modo tardio, o que aumentou a letalidade. A mortalidade se manteve porque muitos pacientes morreram em suas casas por medo de se contaminar com COVID-19 ao ir até o hospital ou UPA (NORMANDO *et al.*, 2021).

5.5 Considerações finais

Após a transição epidemiológica, a tuberculose foi substituída pela DCV como principal causa de morte. O grande desafio é a redução da mortalidade precoce e do aumento do número de casos de AVC e Infarto Agudo do Miocárdio (IAM), com o agravante das sequelas físicas e sociais da pandemia. Neste trabalho, foi verificada a influência de variáveis socioeconômicas e demográficas de municípios brasileiros nas internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório em um ano atípico. Além disto, a utilização do modelo GWR, que leva em consideração a dependência espacial na variável de interesse e nos erros, permitiu chegar a conclusões sobre o impacto gerado pelo novo coronavírus na mortalidade por DCV.

Esse estudo analisa os fatores socioeconômicos do município e não do indivíduo. Considerando que mais de 80% da jornada do cuidado do paciente com doença crônica cardiovascular se dá na atenção primária e que o município é o responsável pela coordenação do cuidado, justifica a significância deste trabalho. O estudo evidenciou o retrato de um Brasil que é um grande paradoxo na epidemiologia de suas doenças, ao mesmo tempo em que a desigualdade social é fator de elevada associação com mortes e internação hospitalar, encontramos que a metrópole, apesar de elevado PIB, está associada com pior prognóstico para DCV.

Em diferentes grupos socioeconômicos são observadas disparidades na prevalência dos fatores de risco. Assim, as possibilidades de intervenção envolvem a dedicação de cuidados mais intensivos ao controle dos fatores de risco cardiovascular em indivíduos menos favorecidos financeiramente em áreas de alta prevalência das doenças cardiovasculares,

focando na promoção da saúde através do esclarecimento quanto aos fatores de risco, o acesso a exames rotineiros, que podem ser preventivos da doença além da instrução quanto à manutenção de hábitos de vida saudáveis.

Estudos ecológicos como o presente, são relevantes do ponto de vista de saúde pública uma vez que o papel dos determinantes sociais de saúde e contexto social tem influência na prevalência e evolução das doenças, tanto no que tange às doenças crônicas não transmissíveis como às doenças infecciosas. Esse trabalho demonstra que devemos investir na prevenção e no combate à desigualdade e não apenas na promoção do enriquecimento da região. Visto que mesmo regiões ricas e com maior participação da população em emprego formal existe uma concentração de casos de DCV.

O trabalho preventivo também deve estar presente, uma vez que esse tipo de comorbidade é o que mais pode causar complicações aos infectados pelo SARS-CoV-2. Por fim, deve-se estar atento as DCV que podem surgir no longo prazo. Primeiro pelas sequelas conhecidas, ligadas a problemas cardiovasculares, que a nova doença acarreta. Em segundo lugar, a extensão e o número de possíveis outras sequelas, em especial as relacionadas às DCV, ainda são desconhecidas. Esse novo cenário requer atenção e acompanhamento das entidades médicas e de saúde em geral.

5.6 Referências

ANSELIN, L. **Spatial econometrics: methods and models**. Dordrecht: Springer, 1988. DOI 10.1007/978-94-015-7799-1

ASKIN, L.; TANRIVERDI, O.; ASKIN, H. S. O efeito da doença de coronavírus 2019 nas doenças cardiovasculares. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v. 114, n. 5, p. 817–822, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.36660/abc.20200273>

BANSAL, M. Cardiovascular disease and COVID-19. **Diabetes and Metabolic Syndrom**, Amsterdam, v. 14, n. 3, p. 247–250, May/June 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.03.013>

BASSANESI, S. L.; AZAMBUJA, M. I.; ACHUTTI, A. Mortalidade precoce por doenças cardiovasculares e desigualdades sociais em Porto Alegre: da evidência à ação. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 90, n. 6, p. 403-412, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2008000600004>

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Prevenção clínica de doença cardiovascular, cerebrovascular e renal crônica**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2006. (Cadernos de Atenção Básica, n. 14, Série A, Normas e Manuais Técnicos). Disponível em:

http://189.28.128.100/dab/docs/publicacoes/cadernos_ab/abccad14.pdf. Acesso em: 4 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. SRAG 2020 - Banco de Dados de Síndrome Respiratória Aguda Grave - incluindo dados da COVID-19. **Dados.gov.br**: Portal Brasileiro de Dados Abertos. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://dados.gov.br/dataset/bd-srag-2020>. Acesso em: 4 jan. 2022.

CASTRO, M. *et al.*, Demand for hospitalization services for COVID-19 patients in Brazil. **medRxiv**, 2020. Preprint. Disponível em: <https://doi.org/10.1101/2020.03.30.20047662>

CAVALCANTE, I. dos S. *et al.*, Implicações de doenças cardiovasculares na evolução de prognóstico em pacientes com Covid-19. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, [S.l.], v. 13, n. 1, p. e5292, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.25248/reas.e5292.2021>

CESSE, E. Â. P. **Epidemiologia e determinantes sociais das doenças crônicas não transmissíveis no Brasil**. 2007. 296 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Recife, 2007. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/3905>

CESENA, F. H. Y. Eventos cardiovasculares evitáveis: um sério efeito colateral da pandemia de COVID-19. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, São Paulo, v. 116, n. 3, p. 381–382, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36660/abc.20210113>

CIMERMAN, S. *et al.* Deep impact of COVID-19 in the healthcare of Latin America: the case of Brazil. **Brazilian Journal of Infectious Diseases**, Salvador, v. 24, n. 2, p. 93–95, Mar./Apr. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2020.04.005>

ELKIND, M. S. V.; HARRINGTON, R. A.; BENJAMIN, I. J. The role of the American Heart Association in the global COVID-19 pandemic. **Circulation**, Hagerstown, v. 141, n. 15, e743–e745, Apr. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.046749>

FERRARI, F. Covid-19: dados atualizados e sua relação com o sistema cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, São Paulo, v. 114, n. 5, p. 823–826, maio 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.36660/abc.20200215>

FERREIRA, A. M. *et al.* Impact of the social context on the prognosis of Chagas disease patients: Multilevel analysis of a Brazilian cohort. **PLoS neglected tropical diseases**, San Francisco, v. 14, n. 6, p. e0008399, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008399>

FOTHERINGHAM, A.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M. **Geographically weighted regression**: the analysis of spatially varying relationships. New York: John Wiley, 2003.

GBD 2015 OBESITY COLLABORATORS. Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years. **New England Journal of Medicine**, v. 377, n. 1, p. 13–27, 2017. DOI: 10.1056/NEJMoa1614362

GOMES, C. S. *et al.* Factors associated with cardiovascular disease in the Brazilian adult

population: National Health Survey, 2019. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 24, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-549720210013.supl.2>

GUO, T. *et al.* Cardiovascular implications of fatal outcomes of patients with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). **JAMA Cardiology**, Chicago, v. 5, n. 7, p. 811, July 2020. DOI 10.1001/jamacardio.2020.1017

ISHITANI, L. H. Desigualdade social e mortalidade precoce por doenças cardiovasculares no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 684-691, ago. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102006000500019>

KATZ, Marcelo *et al.* A time-series analysis of the relation between unemployment rate and hospital admission for acute myocardial infarction and stroke in Brazil over more than a decade. **International Journal of Cardiology**, v. 224, p. 33-36, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.08.309>

LINDLEY, K.J. *et al.* Socioeconomic Determinants of Health and Cardiovascular Outcomes in Women: JACC Review Topic of the Week. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 78, n. 19, p. 1919-1929, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.09.011>

MAI, F.; DEL PINTO, R.; FERRI, C. COVID-19 and cardiovascular diseases. **Journal of Cardiology**, Amsterdam, v. 76, n. 5, p. 453–458, Nov. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2020.07.013>

MARTINS, I. S.s *et al.* Doenças cardiovasculares ateroscleróticas, dislipidemias, hipertensão, obesidade e diabetes melito em população da área metropolitana da região Sudeste do Brasil. III-Hipertensão. **Revista de Saúde Pública**, v. 31, n. 5, p. 466-471, 1997.

MARTINS, J. D. N. *et al.* As implicações da COVID-19 no sistema cardiovascular: prognóstico e intercorrências. **Journal of Health and Biological Sciences**, Netherlands, v. 8, n. 1, p. 1–9, 2020. DOI 10.12662/2317-3206jhbs.v8i1.3355.p1-9.2020

MEDEIROS, C. R. G.; MENEGHEL, S. N.; GERHARDT, T E. Desigualdades na mortalidade por doenças cardiovasculares em pequenos municípios. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 11, p. 2953-2962, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012001100012>

MESQUITA, C. T. Relationship between social factors and cardiovascular diseases. **International Journal of Cardiovascular Sciences**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 2, p. 87–89, Mar.-Apr. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/2359-4802.20180007>

NICOLAU, J. C. *et al.* Use of demonstrably effective therapies in the treatment of acute coronary syndromes: comparison between different Brazilian regions. Analysis of the Brazilian Registry on Acute Coronary Syndromes (BRACE). **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v. 98, p. 282-289, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2012000400001>

NICOLELIS, M. AL *et al.* The impact of super-spreader cities, highways, and intensive care availability in the early stages of the COVID-19 epidemic in Brazil. **Scientific reports**, v. 11,

n. 1, p. 1-12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92263-3>

NORMANDO, P. G. *et al.* Redução na hospitalização e aumento na mortalidade por doenças cardiovasculares durante a pandemia da COVID-19 no Brasil. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, fev. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36660/abc.20200821>

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE - OPAS; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. Escritório Regional para as Américas. **Doenças cardiovasculares**. Geneva, [2022?]. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/doencas-cardiovasculares>. Acesso em: 4 jan. 2022.

PAVAN, L. *et al.* Blood pressure, serum cholesterol and nutritional state in Tanzania and in the Amazon: comparison with an Italian population. **Journal of Hypertension**, Manchester, v. 15, n. 10, p. 1083-1090, 1997.

RASELLA, D. *et al.* Impact of primary health care on mortality from heart and cerebrovascular diseases in Brazil: a nationwide analysis of longitudinal data. **Bmj**, v. 349, g4014, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.g4014>

ROTH, G. A. *et al.* Global burden of cardiovascular diseases and risk factors, 1990–2019: update from the GBD 2019 study. **Journal of the American College of Cardiology**, New York, v. 76, n. 25, p. 2982-3021, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.11.010>

SANDOVAL, Y.; JANUZZI, J. L.; JAFFE, A. S. Cardiac troponin for assessment of myocardial injury in COVID-19. **Journal of the American College of Cardiology**, New York, v. 76, n. 10, p. 1244–1258, Sep. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.06.068>

SANTIAGO, E. R. C. *et al.* Prevalence of systemic arterial hypertension and associated factors among adults from the semi-arid region of Pernambuco, Brazil. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v. 113, p. 687-695, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/abc.20190145>

SIMÃO, A. F. *et al.*, I Diretriz de prevenção cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia: resumo executivo. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, São Paulo, v. 102, n. 5, p. 420–431, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/abc.20140067>

WANG, D. *et al.*, Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus–infected pneumonia in Wuhan, China. **JAMA**, Chicago, v. 323, n. 11, p. 1061-1069, Feb. 2020. DOI:10.1001/jama.2020.1585

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Coronavirus disease (COVID-19) outbreak**: rights, roles and responsibilities of health workers, including key considerations for occupational safety. Geneva, [2020]. Disponível em: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-rights-roles-respon-hw-COVID-19.pdf?sfvrsn=bcabd401_0. Acesso em: 4 jan. 2022.

XIE, Y. *et al.* Long-term cardiovascular outcomes of COVID-19. **Nature Medicine**, p. 1-8, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01689-3>

YONAS, E. *et al.*, Effect of heart failure on the outcome of COVID-19: a meta-analysis and systematic review. **American Journal of Emergency Medicine**, Philadelphia, v. 46, p. 204-211, Aug. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.07.009>

ZHENG, Y-Y. *et al.*, COVID-19 and the cardiovascular system. **Nature Reviews: Cardiology**, London, v. 17, n. 5, p. 259–260, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41569-020-0360-5>

5.7 Apêndice A – Resultados dos ajustes do modelo linear (MQO) para as variáveis dependentes Óbitos e Internações por doença do aparelho circulatório

Coeficientes	Óbitos por Doença Cardíaca						Internações por Doença Cardíaca					
	Modelo 1.1		Modelo 1.2		Modelo 1.3		Modelo 2.1		Modelo 2.2		Modelo 2.3	
	Est.	Sig.	Est.	Sig.	Est.	Sig.	Est.	Sig.	Est.	Sig.	Est.	Sig.
(intercepto)	-646,1	***	600,9	***	-619,0	***	-5.718,7	***	-5.300,6	***	-5.468,7	***
obcov20p100mil	0,4	***	0,4	***	0,4	***	3,3	***	3,4	***	3,3	***
lpibpc18	30,1	**	32,4	**	26,3	**	226,3	*	242,3	**	198,2	*
prais19	2,7	***	2,9	***	3,0	***	36,2	***	39,8	***	39,6	***
ldenpop20	50,4	***	50,2	***	49,2	***	495,9	***	498,3	***	487,4	***
lremoacsr	-29,3	***	-29,4	***	-27,9	***	-278,3	***	-273,5	***	-265,9	***
gini10	967,8	***	928,9	***	955,5	***	9.415,1	***	9.004,7	***	9.262,9	***
cid50mil	-173,7	***	-173,2	***	-179,9	***	-1.752,2	***	-1.790,4	***	-1.807,0	***
ifdms18	-85,9	*	-67,6				-805,2	.	-651,5			
praposid	-1,9	*	-1,8				-15,2					
ifdme18	82,9						849,6	*				
psf18	0,7						0,7					

Significância: 0.01 *** 0.05 ** 0.1 *

Fonte: elaborado pela autora.

6 CONCLUSÃO

A pandemia de Covid-19, repercutiu em escala global em questões não apenas sanitárias, mas teve impactos sociais, econômicos, políticos e culturais sem precedentes. Essa tese buscou entender a pandemia em seus diversos aspectos e suas possíveis sequelas. Desde a necessidade de ações para contenção da fome e miséria, até fatores que influenciaram sua disseminação e como tais fatores e a própria pandemia afetou outras doenças como a Doença Cardiovascular, escolhida por ser a principal causa de óbito e hospitalização há décadas no Brasil.

O ensaio 1 analisou a relação entre o principal Programa de Proteção Social como mitigação da COVID-19 implementado pelo Governo Federal brasileiro e a distribuição espacial dos efeitos econômicos. Os resultados sugerem que os efeitos multiplicadores não beneficiam apenas o destino da renda transferida, mas se espalham pelos sistemas inter-regionais de produção e consumo. A eficiência do mecanismo de EA para produzir uma alocação mais eficiente de recursos e reduzir a desigualdade entre as regiões do Brasil é questionada, visto que a proporção de efeitos indiretos por efeitos diretos revela um potencial efeito de transbordamento nos multiplicadores de produtos. Um ponto importante a ser avaliado é que um grande efeito direto não necessariamente gera um efeito indireto de mesma magnitude. Os efeitos indiretos foram maiores nas regiões mais ricas e menores nas mais pobres. Os efeitos de tamanho dependem das estruturas inter-regionais, bem como da dinâmica territorial, incluindo os vários fatores estruturais, locacionais e culturais.

Por fim, é importante notar que a EA cumpriu sua proposta de curto prazo, garantindo os meios de subsistência à população mais vulnerável, mantendo as famílias acima da linha da pobreza e até aumentando a média domiciliar per capita. Este trabalho demonstra que fatores socioeconômicos, sobremaneira agravados pelas desigualdades estruturais e inequidades entre regiões estão relacionados a uma maior tendência na taxa de óbitos por Covid-19.

No ensaio 2 entendemos a dinâmica de disseminação e contágio do coronavírus em território nacional. Os grandes centros econômicos e urbanos, constituídos por cidades mais populosas e densamente povoadas, com maior dinamismo econômico e conseqüentemente um maior fluxo de pessoas, são mais predispostos a apresentarem uma maior quantidade de óbitos na pandemia, assim como suas cidades vizinhas.

Apesar de ter ocorrido a interiorização da doença, observou-se uma menor taxa de óbitos por Covid-19, levando-nos a entender que o isolamento geográfico atua como um agente

protetor. Fica claro no estudo que a região de moradia é um determinante de risco para óbito por COVID-19. O colapso do sistema de saúde e a falta de leitos e recursos de alta complexidade resultaram em maior letalidade do Covid-19 na região Norte do país.

Sob a mesma perspectiva no ensaio 3, a hipótese de que casos de doenças crônicas não transmissíveis deixem de ser atendidos pela necessidade de redistribuição de leitos e recursos humanos e financeiros para atendimento do Covid, foi confirmada. Além disso, a influência de variáveis socioeconômicas e demográficas já é conhecida para o desenvolvimento das doenças cardiovasculares e seus fatores de risco sob a perspectiva do indivíduo, nós chamamos de determinantes sociais de saúde. Porém um olhar para as características dos municípios brasileiros nas internações e óbitos por doenças do aparelho circulatório em um ano atípico é a originalidade deste trabalho.

O estudo evidenciou o retrato de um Brasil que é um grande paradoxo na epidemiologia de suas doenças, ao mesmo tempo em que a desigualdade social é fator de elevada associação com mortes e internação hospitalar, encontramos que a metrópole, apesar de elevado PIB, está associada com pior prognóstico para DCV. Esse trabalho demonstra que devemos investir na prevenção e no combate à desigualdade e não apenas na promoção do enriquecimento da região. O grande desafio está em garantir a equidade e integralidade do acesso e da atenção à saúde mesmo em tempo de pandemia, indiferente do tamanho e da riqueza do município. As grandes metrópoles, apesar de concentrar os recursos de alta complexidade, precisam manter a assistência da atenção primária para as condições crônicas e principalmente para populações mais afetadas pelo elevado índice de desigualdade.

Durante a pandemia os municípios tiveram um papel protagonista na criação de suas políticas sanitárias e econômicas. Considerando isso, entender a pandemia do ponto de vista do município enriquece as discussões sobre a experiência da emergência em saúde pública sancionada desde março de 2020 até o momento.

REFERENCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Centro de Operações de Emergências em Saúde Pública. **Boletim Epidemiológico**, Brasília, v. 17, n. 5, p. 1-47, abr. 2020. Disponível em:

<http://plataforma.saude.gov.br/anomalias-congenitas/boletim-epidemiologico-SVS-17-2020.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2022.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – CEF (Brasil). Portal da Transparência divulga lista de beneficiários do Auxílio Emergencial. **Caixa Notícias**, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://caixanoticias.caixa.gov.br/noticia/20795/auxilio-emergencial-clique-aqui-para-ver-os-ultimos-numeros>. Acesso em: 4 jan. 2022.

HADDAD, E. A.; GONÇALVES JÚNIOR, C. A. G.; NASCIMENTO, T. O. Matriz interestadual de insumo-produto para o Brasil: uma aplicação do método IIOAS. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 424-446, 2017. Disponível em: <https://www.revistaaber.org.br/rberu/article/view/271>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema de contas nacionais trimestrais**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 4 jan. 2022.

KISSLER, S. M. *et al.* Social distancing strategies for curbing the COVID-19 epidemic. **Harvard University's DASH Repository**, Harvard, Mar. 2020. Disponível em: <http://nrs.harvard.edu/urn-3:HUL.InstRepos:42638988>. Acesso em: 4 jan. 2022.

SEPULVEDA, E.; BROOKER, A. Income inequality and COVID-19 mortality: age-stratified analysis of 22 OECD countries. **SSM: Population Health**, London, v. 16, 100904, Dec. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2021.100904>

/



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Pró-Reitoria de Graduação
Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 1 - 3º. andar
Porto Alegre - RS - Brasil
Fone: (51) 3320-3500 - Fax: (51) 3339-1564
E-mail: prograd@pucrs.br
Site: www.pucrs.br