

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Medicina
Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública

Ana Maria Viegas

**COVID-19 e Desigualdades Territoriais: Padrões Espaciais, Complexidade Assistencial,
Fatores Associados e Morbimortalidade durante a Pandemia em Diferentes Contextos
no Brasil, 2020-2022**

Belo Horizonte
2025

ANA MARIA VIEGAS

**COVID-19 E DESIGUALDADES TERRITORIAIS: PADRÕES ESPACIAIS,
COMPLEXIDADE ASSISTENCIAL, FATORES ASSOCIADOS E
MORBIMORTALIDADE DURANTE A PANDEMIA EM DIFERENTES
CONTEXTOS NO BRASIL, 2020-2022**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Saúde Pública.

Orientador: Prof. Dr. David Soeiro Barbosa
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Aline Dayrell
Ferreira Sales
Prof^a. Dr^a. Isabela Farnezi Veloso

Belo Horizonte
2025

V656c Viegas, Ana Maria.
COVID-19 e desigualdades territoriais [recurso eletrônico]: padrões espaciais, complexidade assistencial, fatores associados e morbimortalidade durante a pandemia em diferentes contextos no Brasil, 2020-2022. / Ana Maria Viegas. - - Belo Horizonte: 2025.
160f.: il.
Formato: PDF.
Requisitos do Sistema: Adobe Digital Editions.

Orientador (a): David Soeiro Barbosa.
Coorientador (a): Aline Dayrell Ferreira Sales; Isabela Farnese Veloso.
Área de concentração: Saúde Pública.
Tese (doutorado): Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina.

1. Saúde Pública. 2. COVID-19. 3. Hospitalização. 4. Morte. 5. Vulnerabilidade Social. 6. Dissertação Acadêmica. I. Barbosa, David Soeiro. II. Sales, Aline Dayrell Ferreira. III. Veloso, Isabela Farnese. IV. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina. V. Título.

NLM: WC 506.4

Bibliotecário responsável: Fabian Rodrigo dos Santos CRB-6/2697



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE MEDICINA
COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE PÚBLICA

ATA DA DEFESA DA TESE DA ALUNA

ANA MARIA VIEGAS

Às 14:00 horas do dia três de outubro de 2025, na sala 526, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, realizou-se a sessão pública para a defesa da Tese de **ANA MARIA VIEGAS**, registro **2021657536**, graduada no curso de ENFERMAGEM, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em SAÚDE PÚBLICA. A presidência da sessão coube ao Prof. David Soeiro Barbosa- Orientador (UFMG). Inicialmente, o presidente fez a apresentação da Comissão Examinadora assim constituída: Profa. Aline Dayrell Ferreira Sales – Coorientadora (UFMG), Profa. Isabela Farnezi Veloso- Coorientadora (Secretaria Municipal de Saúde - Betim), Profa. Mariângela Leal Cherchiglia (UFMG), Profa. Fernanda do Carmo Magalhaes (UFMG, ICB), Profa. Thais Almeida Marques da Silva (Faculdade Santa Casa BH), Profa. Juliana Maria Trindade Bezerra (UEMA). Em seguida, a candidata fez a apresentação do trabalho que constitui sua Tese de Doutorado, intitulada: "**COVID-19 e Desigualdades Territoriais: Padrões Espaciais, Complexidade Assistencial e Fatores Associados à Morbimortalidade durante a Pandemia em Diferentes Contextos no Brasil, 2020-2022**". Seguiu-se a arguição pelos examinadores e logo após, a Comissão reuniu-se, sem a presença da candidata e do público e decidiu considerar APROVADA a Tese de Doutorado. O resultado final foi comunicado publicamente a candidata pelo presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, a presidente encerrou a sessão e lavrou a presente ata que, depois de lida, e aprovada, será assinada pela Comissão Examinadora.

Belo Horizonte, 03 de outubro de 2025

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Isabela Farnezi Veloso, Usuária Externa**, em 07/10/2025, às 16:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Aline Dayrell Ferreira Sales, Professora do Magistério Superior**, em 08/10/2025, às 16:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mariângela Leal Cherchiglia, Professora do Magistério Superior**, em 09/10/2025, às 14:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **David Soeiro Barbosa, Professor do Magistério Superior**, em 09/10/2025, às 16:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernanda do Carmo Magalhães, Professora Magistério Superior-Substituta**, em 10/10/2025, às 17:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thais Almeida Marques da Silva, Usuária Externa**, em 14/10/2025, às 10:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Juliana Maria Trindade Bezerra, Usuário Externo**, em 16/10/2025, às 16:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4618509** e o código CRC **03C24672**.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Reitora

Profª. Sandra Regina Goulart Almeida

Vice-Reitor

Prof. Alessandro Fernandes Moreira

Pró-Reitora de Pós-Graduação

Profª. Isabela Almeida Pordeus

Pró-Reitor de Pesquisa

Prof. Fernando Marcos dos Reis

FACULDADE DE MEDICINA

Diretora

Profª. Alamanda Kfoury Pereira

Chefe do Departamento de Medicina Preventiva e Social

Profª. Andrea Maria Silveira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE PÚBLICA

Coordenadora

Profª. Lidyane do Valle Camelo

Sub-Coordenadora

Profª. Luciana de Souza Braga

Colegiado

Titulares

Profª. Lidyane do Valle Camelo
Profª. Ilka Afonso Reis
Profª. Luana Giatti Gonçalves
Profª. Deborah Carvalho Malta
Profª. Amélia Augusta Friche
Profª. Luciana de Souza Braga
Profª. Alzira de Oliveira Jorge
Johan Alejandro Vega Castañeda
(Representante Discente)

Suplentes

Prof. Rafael Moreira Claro
Profª. Mariângela Leal Cherchiglia
Profª. Larissa Loures Mendes
Profª. Flávia Bulegon Pilecco
Profª. Juliana Lustosa Torres
Profª. Elis Mina Seraya Borde
Profª. Aline Cristine de Souza Lopes
Rodrigo Alves Pinto
(Representante Discente)

Dedico esta tese a todos que, de alguma forma, caminharam comigo nesta longa jornada.

À minha família: William, Julia e Giovanni, que me incentivaram em todos os momentos e foram fonte de suporte ao longo de todo o projeto.

Às minhas irmãs Dileide e Márcia, meu pai e minha madrasta (in memoriam), partes importantes do meu processo de formação.

Que esta conquista seja lembrada não apenas como um marco acadêmico, mas pelo conhecimento e oportunidades que me deram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, ao professor David, que me acolheu, aceitou a orientação desta tese e me inseriu no projeto de pesquisa sobre a pandemia da COVID-19. Seu apoio constante e sua orientação foram fundamentais para a realização deste trabalho.

À professora Aline, pela paciência, pelas contribuições e pela sensibilidade com que conduziu cada etapa, deixo minha sincera gratidão. À Isabela, agradeço todos os ensinamentos e as nossas conversas, que me davam direção no estudo, serenidade, paciência e clareza para a continuidade.

Ao Programa de Pós-graduação da Escola de Medicina, em especial ao grupo do Observatório de Saúde Urbana, pela colaboração e aprendizado durante a pesquisa.

Aos colegas do Laboratório de Epidemiologia do Instituto de Ciências Biológicas. Selma, minha amiga e colega de longa jornada, que esteve ao meu lado desde o início do doutorado e cuja amizade construída ao longo dos anos foi essencial nesse processo. Diogo, pela parceria nas análises e na construção desta tese e Giovanna, pelo apoio no início dessa caminhada.

Aos gestores da Prefeitura de Contagem, que permitiram a realização dessa pesquisa no município e ao coordenador dos programas de vigilância da Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais, pela colaboração e disponibilidade dos dados, essenciais para a pesquisa. À Prefeitura de Belo Horizonte, pelo apoio institucional e pela concessão da redução de carga horária, fundamental para a realização do trabalho

A Deus, pela força e sabedoria ao longo dessa jornada, e a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo meus agradecimentos.

Toda a obra literária leva uma pessoa dentro, que é o autor. O autor é um pequeno mundo entre outros pequenos mundos. A sua experiência existencial, os seus pensamentos, os seus sentimentos estão ali.
(Saramago, 2010, p. 224)

RESUMO

Introdução: As emergências em saúde pública exigem preparação e resposta rápidas devido ao risco à saúde humana, sendo necessárias ações coordenadas e oportunas e que integrem todos os serviços de saúde. O objetivo foi analisar os fatores individuais, sociais, ambientais e assistenciais associados às internações e aos óbitos por SRAG decorrente da COVID-19 na Região Metropolitana de Belo Horizonte, com ênfase no município de Contagem, no período de 2020 a 2022. **Metodologia:** Foram realizadas diferentes abordagens analíticas para alcançar objetivos específicos gerando resultados expressos em três artigos científicos: **Objetivo específico (1):** Identificar fatores relacionados à ocorrência da COVID-19: realizado uma Revisão Sistemática dos fatores relacionados à ocorrência de COVID-19 no Brasil de 2020 a 2022. A pesquisa incluiu estudos publicados no Medline, Lilacs, PubMed, Cochrane, BVS, *Web of Science* e Scopus utilizando descritores catalogados no DeCs e no MeSH com o uso de descritores referentes aos fatores sociais, ambientais e climáticos relacionados com a dinâmica de ocorrência da COVID-19 no Brasil. **Objetivos específicos (2, 3, 4)** Descrever o perfil epidemiológico de internações e óbitos, analisar a evolução temporal e espacial das taxas de hospitalização, mortalidade e letalidade e Identificar municípios prioritários e de maior risco da doença: realizado um estudo ecológico, com descrição das internações e óbitos, distribuição espacial e espaço-temporal das taxas de internação, mortalidade e letalidade dos internados por SRAG COVID-19 ocorridos em 50 municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) de 2020 a 2022. Os dados foram extraídos do SIVEP-Gripe da Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais e dados populacionais do IBGE CENSO 2022. E o objetivo específico (5) Analisar a influência do porte do local de internação na ocorrência de óbitos: realizado um estudo de coorte histórica com dados do SIVEP-Gripe da Secretaria Municipal de Saúde de Contagem. Realizou-se análise multinível, sendo no primeiro nível o indivíduo e o segundo nível o local de internação, de pacientes que evoluíram para óbitos por SRAG COVID-19 no período de 2020 a 2022. **Resultados:** 1) Um total de 41 estudos foi incluído, revelando que o aumento de casos, letalidade e mortalidade por COVID-19 esteve positivamente correlacionado com populações negras, indivíduos analfabetos e pessoas com mais de 60 anos. Municípios com menor IDH/IHDI e acesso reduzido aos serviços de saúde apresentaram casos mais graves. A maior mortalidade esteve associada à menor renda, ao desemprego e à ausência de emprego formal. Além disso, áreas com maior urbanização, proximidade de rodovias e menor cobertura vegetal estavam relacionadas a um maior número de casos. Temperaturas mais baixas e maior umidade relativa também mostraram correlação

positiva com o número de casos. 2) O maior risco de mortalidade na RMBH (RR=5,96) foi em municípios ao norte da RMBH e letalidade dos internados em Itabirito e Rio Acima ao sul da RMBH (RR=2,42). Os municípios situados na área central da Região Metropolitana de Belo Horizonte apresentaram maiores taxas de internação, com maior concentração de infraestrutura de saúde. Por outro lado, a mortalidade e a letalidade entre pacientes hospitalizados foram mais elevadas em municípios periféricos, caracterizados por menor disponibilidade de recursos em saúde e maior vulnerabilidade social. 3) O ICC de 12% indica que a probabilidade de evoluir para óbito estava relacionada ao hospital de internação e a letalidade entre os hospitais de grande porte apresentou heterogeneidade significativa, mostrando que o porte não é o único fator determinante para o óbito. Os resultados do primeiro nível mostraram fatores relacionados ao indivíduo como: ≥ 60 anos e mais apresentaram 2,28 vezes mais chance de óbito, em comparação com menores de 60 anos (OR = 2,28, $p < 0.001$) e com mais de 3 comorbidades, com mais de oito vezes chance de óbito comparado a quem não tem comorbidades (OR = 8,84). Conclusão: A preparação de resposta a ESPIN COVID-19 foi o maior enfrentamento da saúde pública para a redução da morbimortalidade. As diferenças nas taxas de hospitalização e mortalidade mostraram as desigualdades relacionadas aos determinantes sociais e as fragilidades das estruturas de saúde e evidenciam que as exposições a fatores de risco e acesso a serviços de saúde de qualidade são desiguais. E que há necessidade de intervenções oportunas em situação de maior vulnerabilidade.

Palavras-chaves: Emergência; Saúde Pública; Covid-19; Hospitalização; Óbito; Vulnerabilidade Social; Comorbidades; Análise Espacial.

ABSTRACT

Public health emergencies require rapid preparedness and response due to the risk to human health and need timely response to these risks demands preparation and coordinated responses that integrate all health services. The objective of this study is to review the related factors and analyze the epidemiological profile, related factors, and the spatiotemporal distribution of cases, hospitalizations, and deaths due to SARS COVID-19 in municipalities of the RMBH and specifically in the municipality of Contagem, from March 2020 to December 2022, considering individual factors for death and those related to the place of hospitalization. Methodology: 1) To identify factors associated with the occurrence of COVID-19: a systematic review was conducted on factors related to the occurrence of COVID-19 in Brazil from 2020 to 2022. The research included studies published in Medline, Lilacs, PubMed, Cochrane, VHL, Web of Science and Scopus using descriptors cataloged in DeCs and MeSH, with the use of descriptors referring to social, environmental, and climatic factors related to the dynamics of COVID-19 occurrence in Brazil. Specific objectives (2, 3, and 4): To describe the epidemiological profile of hospitalizations and deaths, to analyze the temporal and spatial trends of hospitalization, mortality, and case-fatality rates, and to identify priority municipalities and those at highest risk for the disease: an ecological study was conducted, including the description of hospitalizations and deaths, and the spatial and spatiotemporal distribution of hospitalization, mortality, and case-fatality rates among patients hospitalized for Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) due to COVID-19 in 50 municipalities of the Metropolitan Region of Belo Horizonte (RMBH) from 2020 to 2022. Data were obtained from the SIVEP-Gripe system of the State Health Department of Minas Gerais and population data from the 2022 IBGE Census. Specific objective (5): To analyze the influence of the size of the hospitalization facility on the occurrence of deaths: a historical cohort study was conducted using SIVEP-Gripe data from the Municipal Health Department of Contagem. A multilevel analysis was performed, with individuals at the first level and hospitalization facilities at the second level, including patients who died from SARS due to COVID-19 between 2020 and 2022. Results: 1) A total of 41 studies were included, revealing that increases in COVID-19 cases, lethality, and mortality were positively correlated with Black populations, illiterate individuals, and those over 60 years old. Municipalities with lower HDI/IHDI and reduced access to healthcare services reported more severe cases. Higher mortality was linked to lower income, unemployment, and the absence of formal employment. Additionally, areas with higher urbanization, proximity to highways, and

reduced vegetation were associated with more cases. Lower temperatures and higher relative humidity were also positively correlated with case counts. 2) The highest mortality risk in the RMBH (RR = 5,96) was observed in municipalities located in the northern region, while case fatality among hospitalized patients was higher in Itabirito and Rio Acima, in the southern region (RR = 2,42). Municipalities in the central area of the Metropolitan Region of Belo Horizonte presented higher hospitalization rates, associated with a greater concentration of health infrastructure. In contrast, mortality and case fatality among hospitalized patients were higher in peripheral municipalities, characterized by lower availability of health resources and greater social vulnerability. 3) The ICC of 12% indicates that the probability of progressing to death was associated with the hospital of admission, and lethality among large hospitals showed significant heterogeneity, demonstrating that hospital size is not the only determinant of death. First-level results revealed individual-related factors: individuals aged >60 years had a 2,28-fold higher risk of death compared with those under 60 years (OR = 2,28, $p < 0.001$), and those with more than three comorbidities had over eight times the risk of death compared with individuals without comorbidities (OR = 8,84). Conclusion: The preparedness and response to the COVID-19 PHEIC represented the greatest public health challenge in reducing morbidity and mortality. Differences in hospitalization and mortality rates revealed inequalities related to social determinants and weaknesses in healthcare structures, highlighting that exposure to risk factors and access to quality health services are unequal. These findings underscore the need for timely interventions in situations of greater vulnerability.

Keywords: Emergency; Public Health; Covid-19; Hospitalization; Lethality; Mortality; Social Vulnerability; Comorbidities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Árvore filogenética da variante BA.2.86.....	26
Figura 2 - Mapa de calor da distribuição regional da COVID-19 na China, 2020.....	31
Figura 3 - Distribuição de casos de COVID-19 no mundo, 2025.....	32
Figura 4 - Região Metropolitana de Belo Horizonte e Colar Metropolitano.....	33
Figura 5 - Sistema renina-angiotensina-aldosterona (RAAS): equilíbrio ECA ACE2, mecanismos fisiopatológicos e o impacto dos bloqueadores da RAAS (ACEi e ARBs). ACEi, inibidores da enzima conversora de angiotensina; ARBs, bloqueadores de angiotensina.....	35
Figura 6 - Ciclo de vida do SARS-CoV-2: ligação com receptor ECA2.....	36
Figura 7 - Macrorregião de Saúde de Minas Gerais.....	42
Figura 8 – Metodologia dos estudos.....	51
Figura 9 - Fluxograma de seleção dos estudos científicos nas bases de dados para a revisão sistemática sobre fatores sociodemográficos e socioeconômicos, ambientais e climáticos relacionados à ocorrência de ocorrência da COVID-19 no Brasil, publicados entre 2020 e 2022.....	55
Figura 10. Síntese dos estudos selecionados para esta revisão sistemática por região do Brasil	56
Figura 11 : Fatores sociais, ambientais e climáticos relacionados à ocorrência da COVID-19 no Brasil por região, publicados entre 2020 e 2022.....	58
Figura 12 - Localização de Minas Gerais, Brasil. Região Metropolitana de Belo Horizonte e colar metropolitano e divisão entre as áreas com identificação dos municípios.....	59
Figura 13. Fluxo do processo de inclusão dos registros de internação do SIVEP Gripe COVID-19 utilizados no estudo.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Taxa de Transmissão Valor de R^0	27
Quadro 2 - Indicadores, parâmetros e pesos do IMRS - Saúde / Peso IMRS: 23.....	44
Quadro 3 - Indicadores, parâmetros e pesos do IMRS - Vulnerabilidade Social / Peso IMRS: 18	45
Quadro 4 - Indicadores, parâmetros e pesos do IMRS - Saneamento e Meio Ambiente.	46
Quadro 5 - Estudos de coorte avaliados pela JBI, considerando 11 itens.....	53
Quadro 6 - Estudos de coorte avaliados pela JBI, considerando 08 itens.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Caracterização dos estudos selecionados para esta revisão sistemática: fatores sociais, ambientais e climáticos relacionados à ocorrência da COVID-19 no Brasil, publicados entre 2020 e 2022.....	56
---	----

ANEXOS

Anexo 1 - Ficha de Notificação Síndrome Respiratória Aguda Grave Hospitalizado....	141
Anexo 2 - Parecer Consubstanciado do CEP	143
Anexo 3 - Registro no Próspero	154
Anexo 4 - Ata de Qualificação	159

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACEI	<i>Angiotensin Converting Enzyme Inhibitors</i>
APS	Atenção primária à Saúde
ARBS	<i>Angiotensin Receptor Blockers</i>
ESP	Emergência em Saúde Pública
ESP II	Emergência em Saúde Pública de Importância Internacional
ESP IN	Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional
ECA	Enzima Conversora de Angiotensina
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
ICC	Correlação Intra Classe
IDH	Índice de desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de desenvolvimento Humano Municipal
IMRS	Índice Mineiro de Responsabilidade Social
JBI	<i>Joanna Briggs Institute</i>
MERS	<i>Middle East Respiratory Syndrome</i>
MG	Minas Gerais
MS	Ministério da Saúde
PMAQ	Programa de Melhoria do Acesso e da qualidade
OMS	Organização Mundial da Saúde
OR	<i>Odds Rate</i>
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
RAAS	Sistema renina-angiotensina-aldosterona
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
RNA	<i>Ribonucleic Acid</i> (Ácido Ribonucleico)
RR	Risco Relativo
RT-PCR	<i>Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction</i>
SARS	<i>Severe Acute Respiratory Syndrome</i> : Síndrome Respiratória Aguda Grave
SatScan	<i>Software for the spatial, temporal, and space-time scan statistics</i>
SESMG	Secretaria de Saúde de Minas Gerais
SMSC	Secretaria Municipal de Saúde de Contagem
SIMAVE	Sistema Mineiro de Avaliação da Educação
SIM	Sistema de Informação de Mortalidade

SINAN	Sistema de Informação de Agravos de Notificação
SRAG	Síndrome Respiratória Aguda Grave
SIVEP-Gripe	Sistema de Informação da Vigilância Epidemiológica da Gripe
SUS	Sistema Único de Saúde
UBS	Unidade Básica de Saúde
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UPA	Unidade de Pronto Atendimento
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
UV	Ultravioleta
VOC	<i>Variant of Concern</i>
VOI	<i>Variant of Interest</i>
VUM	<i>Variant under Monitoring</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	21
1. INTRODUÇÃO.....	22
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	24
2.1 Emergência em Saúde Pública de Importância Internacional: COVID-19.....	24
2.2 Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional: COVID-19.....	25
2.3 COVID-19: a doença	26
2.4 O vírus SARS-CoV-2	26
2.5 Transmissão	31
2.6 Epidemiologia	32
2.6.1 COVID-19 no mundo	33
2.6.2 Análise espacial da COVID-19.....	34
2.6.3 COVID-19 no Brasil	36
2.6.4 COVID-19 em Minas Gerais e Região Metropolitana de Belo Horizonte.....	37
2.6.5 COVID-19 em Contagem	38
2.7 Fatores relacionados à gravidade e óbito por COVID-19.....	38
2.8 Fatores relacionados à transmissão da COVID-19.....	41
2.9 Medidas de prevenção e controle.....	42
2.10 Organização da rede assistencial da Região Metropolitana de Belo Horizonte....	45
2.11 Organização de leitos hospitalares.....	47
2.12 Índice Mineiro de Responsabilidade Social.....	47
2.12.1 Dimensão Saúde.....	47
2.12.2 Dimensão Vulnerabilidade.....	48
2.12.3 Dimensão Saneamento e Meio Ambiente.....	50
2.12.4 Educação.....	51
3. JUSTIFICATIVA.....	52
4. OBJETIVOS.....	54
4.1 Objetivo Geral.....	54
4.2 Objetivos Específicos.....	54
5. METODOLOGIA.....	55
5.1 Primeiro Produto: <i>Understanding the COVID-19 Public Health Emergency in Brazil: A Systematic Review of Contributing Factors</i>	56
5.1.1 Desenho do estudo	56
5.1.2 Critérios de elegibilidade	56
5.1.3 Fontes.....	56
5.1.4 Estratégias de pesquisa.....	57
5.1.5 Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos.....	57
5.1.6 Análise das Publicações.....	58

5.2 Segundo Produto: Desvendando a capacidade da organização do sistema de saúde em situação de Emergência em Saúde Pública: uma análise espaço temporal.....	63
5.2.1 Desenho do estudo e fontes de dados	63
5.2.2 Área de estudo.....	63
5.2.3 Variáveis de interesse.....	64
5.2.4 Análise espacial e espaço-temporal.....	64
5.3 Terceiro Produto: O local de internação influencia na mortalidade por COVID-19? Evidências da Pandemia em uma análise multinível.....	66
5.3.1 Desenho do estudo.....	66
5.3.2 Área de estudo.....	67
5.3.3 Variáveis analisadas.....	67
5.3.4 Modelagem multinível.....	67
5.3.5 Análise estatística.....	68
5.3.5.1 Modelagem estatística multinível.....	68
5.3.5.2 Medidas de associação (efeitos fixos).....	68
5.3.5.3 Medidas de variação (efeitos aleatórios).....	69
5.3.5.4 Avaliação dos modelos.....	69
5.4 Aspectos Éticos.....	69
6. RESULTADOS.....	70
6.1 Artigo Original 1.....	70
6.2 Artigo Original 2.....	93
6.3 Artigo Original 3.....	108
7. CONCLUSÃO.....	131
REFERÊNCIAS.....	133
ANEXOS.....	144
Anexo 1- Ficha de Notificação Síndrome Respiratória Aguda Grave Hospitalizado...	144
Anexo 2 - Parecer Consubstanciado do CEP.....	146
Anexo 3 - Registro do Próspero.....	157
Anexo 4 - Ata do exame de qualificação.....	162

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Sou enfermeira formada pela PUC-Minas e iniciei minha trajetória profissional no maior hospital público de Minas Gerais, onde atuei tanto na assistência direta ao paciente quanto na vigilância hospitalar. Essa experiência ampliou minha compreensão sobre o cuidado em saúde e a importância da integração entre a assistência e vigilância epidemiológica.

Depois, ingressei no serviço público, atuando na urgência e na atenção básica em Contagem e Belo Horizonte. A saúde pública, espaço de muita demanda e aprendizado frente aos desafios diários. Nesse percurso, aprofundei minha formação em políticas públicas, planejamento e gestão em saúde, além de assumir papéis na gestão e na regulação de leitos do SUS.

Como referência técnica em doenças transmissíveis, participei da elaboração de políticas, planos de contingência e estratégias de monitoramento de agravos de interesse em saúde pública, como tuberculose, hanseníase, sífilis, esporotricose, leishmaniose, além da atuação em surtos e epidemias. Em especial, vivenciei de forma direta as epidemias de dengue e síndrome gripal, bem como o maior desafio sanitário: a pandemia de COVID-19. Nesse contexto, colaborei na construção de planos de contingência, protocolos assistenciais e ações voltadas para serviços de população mais vulneráveis como população de rua e saúde mental. Fui convocada para atuar na assistência à vacinação contra a COVID-19.

Atualmente, sou técnica na vigilância em saúde no Centro de Informação Estratégica em Saúde (CIEVS), onde desenvolvo atividades de monitoramento de eventos inusitados em saúde, investigação de surtos e elaboração de planos de emergência em saúde pública. Trata-se de uma área em constante construção, que exige a integração e formação de redes de resposta e um olhar atento às populações mais vulneráveis.

Minha trajetória, marcada pela prática assistencial, pela gestão e pela vigilância em saúde, é fundamental para nortear e orientar esta tese.

1. INTRODUÇÃO

As Emergências em Saúde pública (ESP) são eventos que causam grande morbimortalidade e geram falta de assistência à população. Exigem planejamento para prevenção e resposta rápida para reduzir a mortalidade. Essas condições incluem situações epidemiológicas de surtos e epidemias e de desastres¹. A ESP da COVID-19 foi classificada como de importância internacional (ESPII) pela Organização Mundial da Saúde em 30 de janeiro de 2020, que é o nível mais alto de alerta, previsto no Regulamento Sanitário Internacional².

Desde o início da pandemia de COVID-19 até o dia 18 maio de 2025 foram reportados à OMS 777.891.034 casos e 7.096.187 óbitos pela doença no Mundo³. O Brasil, um dos epicentros da pandemia, encontrou serviços de saúde sem estrutura para o atendimento do grande número de doentes. Até 29 de maio de 2025 ocorreram 39.276.498 casos acumulados e 716.216 óbitos confirmados por COVID-19 no Brasil⁴. O número elevado de óbitos além das questões individuais pode estar relacionado a condições estruturais da saúde (BRASIL, 2025) portanto houve necessidade de o país aderir ao Plano de Resposta Rápida a emergência instalada.

A ESP demanda prevenção, controle e contenção de risco, danos e agravos à saúde pública, em situações epidemiológicas (surtos ou epidemias) ou desastres. E como consequência, provoca desassistência à população¹. Para o enfrentamento a uma ESP, é necessário que o governo municipal, estadual ou federal tenha plano de resposta a uma emergência em saúde pública. Tem como objetivo reduzir os impactos na saúde pública e organizar ações dos governos nas três esferas de gestão, e com isso, melhorar a eficiência e eficácia de resposta frente a uma ESP¹. O plano de emergência em saúde pública demanda medidas de prevenção e controle urgentes, em tempo oportuno e ações qualificadas¹.

Em Minas Gerais, estado fortemente afetado pela doença, o número de casos acumulados e óbitos, até 28 de maio de 2025, era de 4.370.261 e 67.158, respectivamente⁴. A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), região que possui 50 municípios, é a terceira região mais densamente povoada do país. Há municípios densamente povoados, como Belo Horizonte⁵ e municípios menores com pouca infraestrutura de saúde⁶. Pertencendo a RMBH, o município de Contagem se destaca por ser o terceiro município mais populoso em Minas Gerais, com 621.865 pessoas⁵. Neste município o número de casos e óbitos por Covid também foi elevado, 83.934 casos acumulados e 2.262 óbitos, até 25 de maio de 2025.

Diante da importância da RMBH, do número grande de pessoas e da desigualdade no acesso a serviços de saúde, além de limitados estudos sobre a dinâmica da pandemia em uma das maiores regiões metropolitanas do país é relevante avançar com análises da (distribuição espacial de internações e óbitos, o perfil clínico epidemiológico dos casos e óbitos e como foi estruturado o fluxo dos atendimentos para os recebimentos desta emergência nesta região. A abordagem mais abrangente sobre sua disseminação e avaliação da estruturação dos serviços de saúde em uma Emergência em Saúde Pública (ESP) e o Plano de Resposta Rápidas à Emergência de Saúde Pública são de extrema importância para a preparação para uma nova emergência.

A previsibilidade dos processos epidêmicos agilizará os estudos epidemiológicos e a confiabilidade na tomada de decisões em emergência de saúde pública, subsidiando a formulação, implementação e avaliação de ações públicas e no enfrentamento de processos epidêmicos similares. Os resultados poderão contribuir com a redução do adoecimento e mortalidade da população exposta a estes riscos e, conseqüentemente, diminuição dos custos para o setor público na saúde.

A presente Tese de Doutorado está organizada em três capítulos, descritos sob forma de artigos científicos, apresentados a seguir. O primeiro capítulo: "Compreendendo os Determinantes da Pandemia de COVID-19 no Brasil: Uma Revisão Sistemática", buscou avaliar os estudos publicados sobre os fatores associados à pandemia da COVID-19 de 2020 a 2022 no Brasil. O segundo capítulo, "Vulnerabilidades Territoriais e Capacidade de Atenção à Saúde durante a Pandemia de COVID-19: Um Estudo Espaço-Temporal de Internações e Mortalidade em uma Grande Região Metropolitana no Brasil" que objetivou analisar a evolução temporal e espacial de casos, óbitos, letalidade e mortalidade por COVID-19 na RMBH. O terceiro capítulo, "O local de internação influencia na mortalidade por COVID-19? Evidências da Pandemia: uma análise multinível" foi realizado análise multinível das internações de residentes do município de Contagem, considerando os fatores individuais e locais de internação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Emergência em Saúde Pública de Importância Internacional: COVID-19

A emergência em saúde pública (ESP) é um termo definido por uma condição que coloca em risco e potenciais ameaças à saúde da população, seja por doenças infecciosas, incidentes químicos e radionucleares, contaminação de alimentos ou eventos climáticos. Situações relacionadas à pobreza, idade, gênero, condição de saúde e nutricional, migração, deslocamento, urbanização não planejada, colocam as pessoas em maior exposição e conseqüentemente, aumenta a vulnerabilidade⁷.

Desta forma, os eventos de interesse à saúde pública são monitorados por uma rede de vigilância em saúde. Esses eventos incluem surtos e epidemias, desastres e desassistência à população. O risco é maior em populações em vulnerabilidade social, econômica e ambiental. Esses eventos precisam ser monitorados para que o Ministério da Saúde, estados e municípios adotem medidas oportuna, eficiente e eficaz frente a estas situações de evitando danos à população⁴.

Ademais, por se tratar de uma emergência em saúde pública a adoção de medidas de resposta rápida, como por exemplo epidemias, pode se constituir uma Emergência em Saúde Pública de Interesse Internacional (ESPII). A ESPII tem potencial risco de propagação para outros países. E a Emergência em Saúde Pública de Interesse Nacional (ESPIN) é um risco à saúde pública nacional quando o risco de propagação é nacional⁸.

A definição de uma ESPII ocorre quando a impacto na saúde pública; se é um evento incomum ou inesperado; se há risco significativo de disseminação internacional e para viagens internacionais ou restrições comerciais. Quanto às doenças, há uma avaliação de critérios de saúde pública conforme a seriedade, doença inesperada e impacto em viagens e comércio internacionais. A definição de ESPII é feita após avaliação da OMS, embasado no Regulamento Sanitário Internacional (RSI). Algumas doenças sempre constituem uma ESPII, como, SRAG, poliomielite, varíola e gripe humana causada por novo subtipo⁹.

Dentro desses critérios, a COVID-19 passou a ser reconhecida como uma ameaça global. A OMS² considerou como risco muito alto a possibilidade de disseminação internacional da COVID-19, e que se tratava de um surto sem precedentes. Então propôs ações de alerta e resposta para ESPII COVID-19. Foram recomendados uso de máscara e distanciamento social, fornecendo ao resto do mundo mais tempo para se preparar para o

controle da COVID-19. Essas ações foram descritas como: sistemas prontos de resposta a emergências; aumento na capacidade de detectar e cuidar de pacientes; garantia de hospitais com disponibilidade de leitos e com suprimentos e pessoal necessário; e desenvolver intervenções médicas que salvam vidas. Cada país preparou medidas necessárias para reduzir a transmissão do vírus e evitar que seus sistemas de saúde se tornassem sobrecarregados diante da demanda de pacientes graves pela COVID-19¹⁰.

2.2 Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional: COVID-19

Diante do cenário internacional, o Brasil também declarou emergência nacional para enfrentamento da pandemia em três de fevereiro de 2020. O MS declarou a Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional a infecção humana pelo novo Coronavírus. A ESPIN COVID-19 estabeleceu que era evento complexo e que apresentava necessidade esforço do SUS, adoção de medidas frente a situação e restritas ao risco da população. Que exigia uma resposta coordenada da vigilância, assistência à saúde e das três esferas de governo. O comando do MS implantou um Centro de Operações de Emergências (COE) que definiu o planejamento, organização, coordenação e controle das medidas a serem empregadas durante a ESPIN¹⁰.

Essas ações contemplavam a articulação entre os gestores, relatórios técnicos, divulgação de informação à população, contratação de profissionais, bens e serviços e a definição de encerramento da ESPIN COVID-19¹⁰. Dessa forma o MS assumiu um papel central no apoio às outras esferas de governo.

O MS assumiu a coordenação e apoio para estados e municípios, reforçou a cobertura universal de acesso integral aos serviços de saúde, estrutura e organização da saúde pública no Brasil¹¹, fundamental para uma resposta rápida na ESPIN da COVID-19.

Em seis de fevereiro/2020, o MS publicou lei que implantou medidas de isolamento de pessoas doentes, pessoas e objetos contaminados, quarentena de pessoas e objetos suspeitos de contaminação, realização compulsória de exames, testes de laboratório, coleta de amostras clínicas, vacinas e tratamento da COVID-19, além do uso obrigatório de máscara e restrição de circulação em rodovias, portos e aeroportos¹².

Ainda, para orientar as ações em saúde, o MS publicou o protocolo de vigilância com as medidas de prevenção e controle, investigação e rastreamento de casos de COVID-19 e diagnóstico laboratorial¹³.

A vivência da pandemia de COVID-19 reforça a importância da organização do sistema de saúde, a melhora dos recursos (humanos e físicos) e respostas adequadas diante das emergências em saúde pública.

2.3 COVID-19: a doença

A COVID-19 foi identificada em dezembro de 2019 na China. Os casos de COVID-19 foram informados à Organização Mundial da Saúde (OMS) uma vez que estavam provocando doenças graves e morte². Foram reportados até o dia 18 maio de 2025 777.891.034 casos e 7.096.187 óbitos confirmados por COVID-19 no mundo³.

O Brasil se destacou pelo grande número de casos e óbitos. Foi registrado grande número de casos de COVID-19 (39.276.498 acumulados) e óbitos (716.216) até maio/2025^{2,3}. O primeiro caso confirmado de COVID-19 foi em 26 de fevereiro de 2020 no estado de São Paulo¹⁴. Houve uma expansão de casos para vários estados. E em 17 de março de 2020 ocorreu o registro do primeiro óbito¹⁵.

A COVID-19 é uma doença aguda, provocada pelo vírus SARS-CoV-2, que pode ser assintomática ou apresentar sintomas leves ou graves¹⁶. Em 80% dos casos o paciente pode desenvolver sintomas leves da infecção como febre, fadiga e tosse seca. Alguns indivíduos (10% dos casos) desenvolvem a forma mais grave da doença, a Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG)¹⁷.

A forma grave da doença ocorre com mais frequência em idosos, portadores de comorbidades como doenças dos aparelhos cardiovascular e respiratório, diabetes, hipertensão e imunossupressão), gestantes, tabagistas e pessoas não vacinadas contra a COVID-19¹³.

Estes grupos mais vulneráveis à doença podem evoluir para o óbito quando não assistido adequadamente. No Brasil, a letalidade da COVID-19 variou de acordo com a faixa etária, sendo que em paciente de 60 a 69 anos foi de 3,6%, de 70 a 79 anos 8,0% e de 14,8% para pacientes com 80 anos ou mais¹⁸.

Além da gravidade da doença, uma peculiaridade da doença é que algumas pessoas, de diferentes faixas etárias, podem ainda apresentar sintomas por período maior e desenvolvem a COVID-19 longa. Essa tem maior manifestação nos seis primeiros meses após a infecção, com redução do risco após um ano da infecção. Também podem desenvolver doenças crônicas e com complicações mais precoces¹⁶. Mostrando ser uma doença diferente em relação a outras viroses.

Diferente dos outros vírus SARS, MERS e influenza, o SARS-CoV-2 tem maior disseminação e gravidade à população^{19,20}. Portanto, as ações em saúde pública demandaram preparação, prontidão e resposta². Considerando grupos de maior risco e exposição à contaminação.

Devido à alta transmissibilidade do vírus e da via de propagação principalmente do contato próximo, alguns grupos populacionais foram mais expostos ao risco de adoecer. Esses, foram impossibilitados de adotar estratégias preventivas como o isolamento social, como, por exemplo, os profissionais da área da saúde²¹. Houve uma preocupação, pois o adoecimento de profissionais de saúde impactou, no indivíduo, na assistência prestada por eles à população em geral. Portanto, houve a necessidade de adotar medidas de prevenção e controle dos riscos para não gerar ausências desses profissionais no atendimento, comprometendo a qualidade do serviço¹⁷.

Diante deste cenário, foi necessário reforçar diretrizes de enfrentamento a COVID-19. As ações propostas pela OMS foram descritas como: sistemas prontos de resposta a emergências; aumentar a capacidade de detectar e cuidar de pacientes; garantir os hospitais com disponibilidade de leitos e com suprimentos e pessoal necessário; e desenvolver intervenções médicas que salvam vidas. Cada país deveria tomar todas as medidas necessárias para reduzir a transmissão do vírus e evitar que seus sistemas de saúde se tornassem sobrecarregados e como resultado terem pacientes gravemente doentes pela COVID-19¹⁰. E para o controle da transmissão, foi necessário a identificação de casos e isolamento de todas as pessoas potencialmente expostas ao vírus¹⁷.

Houve então a necessidade de se estudar melhor o vírus e como ele se comportava para as adoções de medidas mais efetivas.

2.4 O vírus SARS-CoV-2

Em 2019 foi identificado um beta coronavírus e a partir da análise do material genético isolado do vírus, constatou-se que se tratava de um novo beta coronavírus, que a OMS inicialmente denominou de 2019 nCoV. Posteriormente o vírus recebeu a denominação de SARS-CoV-2 (do inglês *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2*)²². Essa denominação deu-se pela origem da palavra (latim) coroa, que é a estrutura presente na superfície²³.

Na vigilância genômica em Wuhan, os pacientes que apresentaram pneumonia viral, foi realizado o sequenciamento de um vírus e identificado um novo coronavírus, que era um vírus da família Sarbecovirus. Semelhante a outras cepas que infectam pessoas²⁴.

Este vírus é classificado como beta coronavírus pertencente ao subgênero Sarbecovirus da família Coronaviridae²⁵. O vírus da família Coronaviridae, possui genoma de fita única de RNA²⁴. O SARS-CoV-2 possui sequência de genoma 89% idêntica a ARS-like-CoVZXC21 e 82% idêntica a SARS-CoV humano. O SARS-CoV-2 usa o mesmo receptor de entrada de célula, ACE2, que o SARS-CoV para infectar humanos. Entretanto, parece haver mais variáveis, já que a clínica em casos graves não é semelhante. O SARS-CoV-2 é uma espécie de vírus, como centenas de vírus conhecidos e predominantemente isolados de humanos e diversos morcegos²⁵.

Os coronavírus possuem uma estrutura de proteína nucleocapsídeo, cercada de envelope lipídico formado por proteínas “S” (pico), “E” (envelope) e “M” (membrana), que juntamente com a proteína *spike* são usadas para a entrada e reconhecimento do vírus na célula do hospedeiro²⁶.

O vírus SARS-CoV-2 tem um número de reprodução base (R_0) de 2,3, ou seja, cada pessoa infectada pode transmitir, em média, para 2 a 3 indivíduos. O período de incubação pode variar de 1 a 14 dias²⁷.

O SARS-CoV-2 desenvolveu mutações. A OMS categorizou as mutações em três variantes: variantes sob monitoramento (VUM), variantes de interesse (VOI) e variantes de preocupação (VOC)²⁸. Uma VUM do SARS-CoV-2 corresponde a vírus que têm alterações nas características genéticas que podem ter algum risco posterior, mas que no momento da análise não tem impacto epidemiológico e nem fenotípico²⁸.

As alterações no vírus em variantes de interesse são características previstas. Essas alterações mudam a transmissibilidade, gravidade da doença, escape imunológico, escape de diagnóstico e terapêutico. Essa característica permitiu que o SARS-CoV-2 sustentasse a transmissão em vários grupos de pessoas e um crescimento na transmissão por vários países por um tempo longo. A menor resposta imune está relacionada a seu potencial de interferir nessa imunidade e também apresentar menor resposta ao tratamento com anticorpos monoclonais²⁸.

As variantes de preocupação do SARS-CoV-2 possuem as mesmas características da VOI, e apresentam as alterações relacionadas ao aumento da virulência e na clínica da COVID-19, aumento na transmissão e menor resposta às medidas de distanciamento social, vacinas e terapias disponíveis. Pacientes infectados podem apresentar maior gravidade clínica

e podem se reinfectar. Por apresentarem essas características, as VOC's tiveram impacto na epidemiologia da COVID-19, e nas ações de saúde pública²⁸.

Foram identificadas mais de 2.500 linhagens do SARS-CoV-2, porém muitas não evoluíram. Algumas se destacaram pela importância epidemiológica e foram classificadas pela OMS e identificadas por letras gregas²⁹.

As VOC identificadas foram: Alpha (B.1.1.7) detectada pela primeira vez no Reino Unido, Beta (B.1.351) identificada na África do Sul, Gama (P.1) identificada pela primeira vez no Brasil e Delta (B.1.617.2) detectada na Índia^{16,28,30}.

A variante Ômicron foi identificada no início de novembro de 2021. E novamente, em 26 de novembro de 2021 a OMS declarou a Ômicron como uma VOC. A Ômicron é uma variante onde foi identificado maior número de mutações genômicas, com pelo menos 32 mutações apenas na proteína *spike*. A variante Ômicron apresenta maior identidade com a variante Alpha (99,63%). Essa semelhança sugere que a variante Ômicron esteve em circulação por um período antes de ser identificada. Na análise filogenética mostrou que a variante Ômicron era uma nova variante emergente e não teve origem em outro grupo de variante³¹. As sublinhagens da Ômicron desenvolvidas no Brasil foram desenvolvidas no BA.1 e BA.2. Posteriormente foram substituídas pelas BA.4 e BA.5. Em janeiro de 2023, o Brasil identificou as sub variantes XBB e as sublinhagens XBB.1.5 classificadas pela OMS como VOC³².

Devido a essas características de mutações na glicoproteína de pico, a Ômicron mostrou maior transmissão devido a maior afinidade com o receptor ACE2. O que provocou um espalhamento mais rápido do vírus e maior reinfecção. Também foi observada menor neutralização pelo soro das vacinas e de anticorpos monoclonais, já que a imunidade produzida pela vacina neutraliza a ligação entre a proteína spike e ACE2. Na Ômicron, a proteína spike apresentou maior modificação em relação às outras variantes³¹. Por essas características, a Ômicron se tornou a principal variante circulante, sendo a responsável pela maioria dos novos casos de COVID-19 a partir de novembro de 2021^{33,34}.

Em agosto de 2023 a variante BA.2.86 tinha sido classificada como VUM (Figura 1). Nesse período, o Ômicron BA.2.86, sublinhagem JN1, representou 8,9% das sublinhagens detectadas no mundo³².

A Dinamarca identificou em julho de 2023 a variante BA.2.86. A OMS colocou essa variante sob vigilância porque ela apresenta um número considerável de mutações na proteína Spike. Em agosto de 2023, a OMS publicou a nota técnica informando sobre as novas sublinhagens da variante Ômicron. A EG.5 foi identificada em fevereiro de 2023 e uma sub

variante da XBB.1.9.2. A EG.5 foi identificada no Canadá, Colômbia, Costa Rica, República Dominicana e Estados Unidos. Em 09 de agosto a OMS classificou a EG.5 como variante de interesse (VOI). A variante EG.5 foi classificada como risco baixo. Já a variante BA.2.86 não recebeu nenhuma classificação porque as informações sobre ela são limitadas²⁹.

No Brasil, a VOI BA.2.86 foi identificada em 17 de novembro de 2023. Sendo que, em dezembro, o Ceará identificou a BA.2.86, sublinhagem JN1, em 80% dos sequenciamentos genômicos nas amostras para COVID-19 realizadas em novembro de 2023. A sublinhagem BA.2.86 (Figura 1) também foi identificada em São Paulo e Mato Grosso do Sul³².

A OMS considerou baixo risco da variante "Ômicron" da sublinhagem BA.2.86. Em dezembro de 2023, a Secretaria de Saúde do Ceará declarou surto da sublinhagem BA.2.86 (Figura 1). Também foi observado aumento de SRAG no período o qual houve a identificação da BA.2.86³².

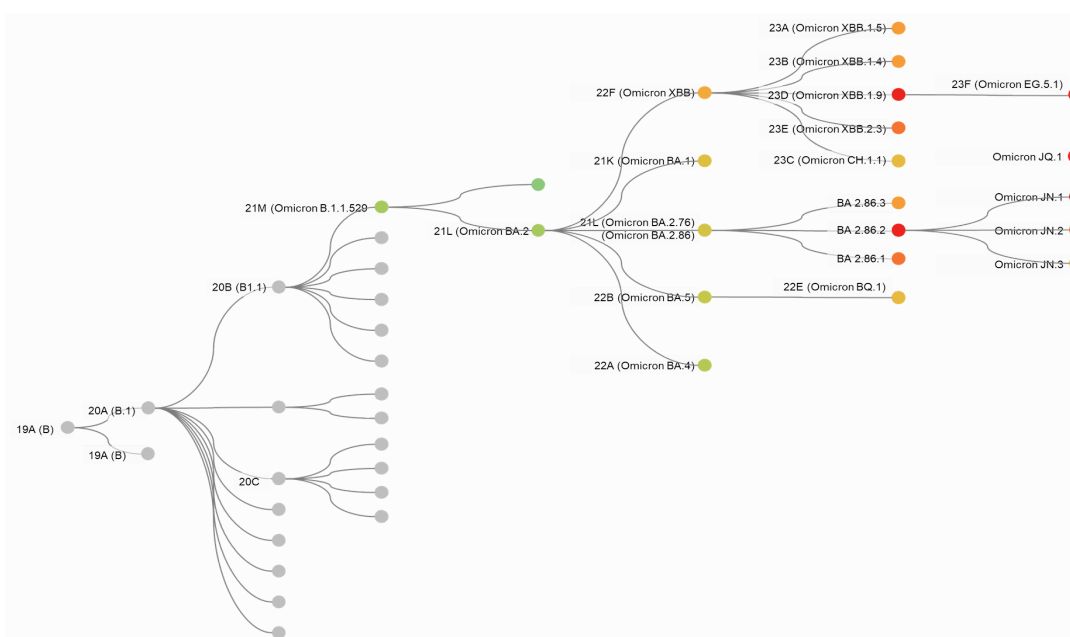


Figura 1 - Árvore filogenética da variante BA.2.86

Fonte: Adaptado pelo autor. Coordenação-Geral de Laboratórios de Saúde Pública/MS.

A JN1 é uma sublinhagem da variante BA.2.86 (Figura 1) e foi identificada em 25 de agosto de 2023 e possuiu uma mutação L455S adicional na proteína *Spike*. Devido sua rápida propagação em nível global, a OMS a partir de dezembro de 2023 classificou a JN.1 como variante de interesse (VOI) separada da linhagem BA.2.86 Ômicron, devido ao risco de aumento no número de casos²⁹. A identificação dessas variantes foi fundamental para compreender a transmissão.

2.5 Transmissão

A transmissão do SARS-CoV-2 é eficiente de pessoa para pessoa, mas depende da carga viral, da forma do contato entre as pessoas, do ambiente e das medidas de prevenção e controle adotadas¹³ (BRASIL, 2025 - GUIA DE VIGILÂNCIA INTEGRADA). A transmissão ocorre de duas formas diferentes: por contato direto com uma pessoa infectada ou indireto por objetos e superfícies contaminadas; por gotículas respiratórias infectada quando uma pessoa respira, fala, tosse ou espirra e está a menos de 1 metro de outra pessoa; e por aerossóis que ficam suspensas no ar e podem ser inaladas há menos de 1 metro de distância ou ficam suspensos no ar por períodos mais longos, podendo chegar a horas (WHO, 2020 modos de transmissão COVID).

A transmissão pode ocorrer durante o período de incubação, estimado em 1 a 14 dias da infecção, mesmo durante a fase assintomática da doença²⁷. O estudo de Wei *et al.*³⁵ mostrou a transmissão após contato com a paciente fonte 1-3 dias antes do início dos sintomas.

Para estimar a transmissão foi calculado o número básico de reprodução do vírus representado pelo R_0 , definido pelo número médio de pessoas que se infectaram a partir de outra pessoa infectada²⁷. Há três possibilidades para a disseminação ou o declínio de uma doença, conforme valor de R_0 (Quadro 1).

Quadro 1 – Taxa de Transmissão Valor de R_0

R_0	Taxa Transmissão	Evolução
$R_0 < 1$	Uma pessoa infecta menos de 1 indivíduo	A doença tende a diminuir e pode desaparecer com o tempo.
$R_0 = 1$	Uma pessoa infecta 1 indivíduo	A doença se mantém estável na população, mas não é considerada uma epidemia.
$R_0 > 2$	Uma pessoa infecta mais de 1 indivíduo	Há potencial para surto ou epidemia.

Fonte: Cai *et al.*²⁷

Em 2020, a OMS estimou o R_0 de 1,4-2,5 para a COVID-19 e declarou um surto²⁷. Chen *et al.*³⁶ estima um valor de R_0 maior (2,30) se considerar que uma pessoa está infectada, ela pode transmitir a COVID-19 para outros 2 a 3 indivíduos. Portanto, a estimativa é

considerada um número de transmissão de um único indivíduo infectado e para uma população suscetível.

A transmissão do SARS-CoV-2 varia de acordo com a variante. A variante Gamma apresentou infecção como o vírus selvagem. Já a variante Beta teve menor infectividade. A variante Delta mostrou taxas de infecção duas vezes maiores. Enquanto a variante Ômicron quatro vezes maior e duas vezes mais que a variante Delta³⁷. As diferenças na transmissão das variantes impactaram na epidemiologia da COVID-19.

2.6 Epidemiologia

Em 31 de dezembro de 2019, as autoridades chinesas alertaram a OMS sobre casos de pneumonia em Wuhan². Em janeiro houve a identificação de um novo Coronavírus pelos chineses (PAHO, 2020-2). Em 30 de janeiro de 2020 a OMS declarou surto COVID-19 e uma Situação de Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional, com o mais alto nível de alerta de acordo com Regulamento Sanitário Internacional. Em 11 de março de 2020, a COVID-19 foi caracterizada pela OMS como uma pandemia². Porém, antes de decretado estado de pandemia, o Ministério da Saúde já havia declarado, em 03 de fevereiro de 2020, Emergência em Saúde Pública no Brasil pela infecção do novo Coronavírus¹⁰. Minas Gerais declarou Emergência de Saúde em 13 de março de 2020³⁸.

Diante desse cenário, realiza-se o monitoramento dos casos graves de COVID-19 registrados como Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG) hospitalizados e notificados no Sistema de Informação da Vigilância Epidemiológica da Gripe (SIVEP-Gripe). Além disso, os casos graves e óbitos por SRAG são investigados pela vigilância epidemiológica local e pela assistência¹⁸. Os óbitos foram registrados no SIM (Sistema de Informação de Óbitos) por data de ocorrência e por causa do óbito. O registro pôde ser modificado conforme a investigação e confirmação dos casos de COVID-19¹⁸. Para acompanhamento dos casos de síndrome gripal com suspeita de COVID-19, o registro foi realizado no e-SUS notifica¹⁸.

Com o avanço da pandemia, a notificação dos casos graves por COVID-19 foi incorporada na vigilância da Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG) e digitada no Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Gripe (SIVEP-Gripe) em fevereiro de 2023. A classificação dos casos de SRAG por COVID-19 foi inserida em 24 de março de 2020 na nova versão da ficha de notificação. Desde então foram realizadas mais seis atualizações da ficha com inserção de novas variáveis até 2022. Em relação às variáveis sociodemográficas, em 24 de março de 2020 foi inserido o campo de ocupação profissional.

Em 27 de julho de 2020 foi definida a obrigatoriedade do preenchimento do código correspondente a raça ou cor declarada pelo paciente, a inserção do óbito por outras causas no campo de evolução clínica do caso e o preenchimento do número da Declaração de Óbito (DO). A inserção do campo da ficha se o paciente é membro de povo ou comunidade tradicional ocorreu em 05 de março de 2021. Mesmo com o início da vacinação contra a COVID-19 em 17 de janeiro de 2021 no Brasil, o campo recebimento de vacina contra COVID-19 foi inserido como campo obrigatório somente em 23 de março de 2021 com a nova versão da ficha de notificação de SRAG.

A identificação de casos e óbitos por COVID-19 ocorreu, principalmente, por meio da notificação da doença, dos resultados laboratoriais e das declarações de óbito. A análise e consolidação dos dados dos sistemas de informação em saúde garantiu o monitoramento da doença, a tomada de decisão pelos gestores e a organização da vigilância e da rede de assistência à saúde³⁹.

2.6.1 COVID-19 no mundo

Em agosto de 2023 foi identificada uma subvariante JN.1 da linhagem BA.2.86 Ômicron. Em dezembro de 2023, a OMS classificou a JN.1 como variante de interesse devido à sua prevalência e a rápida propagação ao nível global. No período de 20 de novembro a 17 de dezembro de 2023 foi registrado aumento de 52% no número de casos notificados e redução em 8% de mortes por COVID-19. Foram notificados casos em 105 países e 50 países notificaram mortes por COVID-19⁴⁰.

Em 2020 foram registrados 82.335.574 casos e 1.936.572 óbitos. Em 2021, houve aumento de casos (203.111.242) e óbitos (3.537.358). Em 2023 houve aumento de casos (444.029.532) e redução de óbitos (1.246.246), quando comparado com 2022. Após a introdução da vacina, foi observado redução de casos em 2023 (44.321.754) e 2024 (3.558.653) e de óbitos em 2023 (68.928) e 2024 (13.315), quando comparado com o início da ESPII⁴.

A Itália foi o primeiro país a enfrentar a pandemia em fevereiro de 2020. Havia 62.843 casos de COVID-19. O primeiro caso identificado de COVID-19 de transmissão comunitária foi na Lombardia, Itália. Houve uma disseminação rápida da doença neste país. Dos casos identificados, 71,6% foram relatados em três regiões (Lombardia, Veneto e Emília-Romagna). As estimativas de R_0 foram de entre 2,5 na Toscana e 3 em Lácio⁴¹.

No Brasil, houve aumento de internações no mês de março de 2020, por gripe e doenças com sintomas semelhantes, de quase 10 vezes mais quando comparado com o ano anterior⁴². A medida de prevenção e controle de isolamento social, garantiu um distanciamento físico da pessoa infectada pelo vírus para reduzir a transmissão⁴³. Manter a população em isolamento social por muito tempo resultou em impacto na economia e adoecimento da população. Com o fim do isolamento, países da Europa, EUA e outros países aumentaram os casos e houve uma segunda onda da COVID-19^{44,45}.

2.6.2 Análise espacial da COVID-19

O estudo de Huang, Liu e Ding⁴⁶ sobre a distribuição espaço-temporal da COVID-19 nas diferentes províncias da China e os mapas de calor mostraram os casos confirmados em diferentes províncias e as características da distribuição de aglomerados espaciais COVID-19 nas cidades da China⁴⁶. A correlação espacial foi significativa com aumento de casos confirmados da doença, o aumento de COVID-19 em uma região inevitavelmente levou ao aumento de casos em regiões adjacentes (Figura 2).

Na cidade de Hubei houve uma situação epidemiológica mais grave e a infecção apresentou uma tendência crescente. A região de Hubei mostrou aumento de pneumonia e os casos cresceram para as regiões adjacentes, mostrando efeito de transbordamento positivo. A correlação espacial testada indica que a direção de propagação se deu em áreas adjacentes, independente da distância entre elas. As medidas adotadas pelo governo chinês de isolamento social possibilitaram o controle da epidemia. O isolamento social possibilitou uma propagação mais fraca da COVID-19 para outras províncias e cidades da China, demonstrando que a propagação da doença diminuiu. Os resultados deste estudo demonstram a relevância da análise de modelagem estatística da COVID-19, subsidiando informações para a tomada de decisão dos gestores públicos⁴⁶.

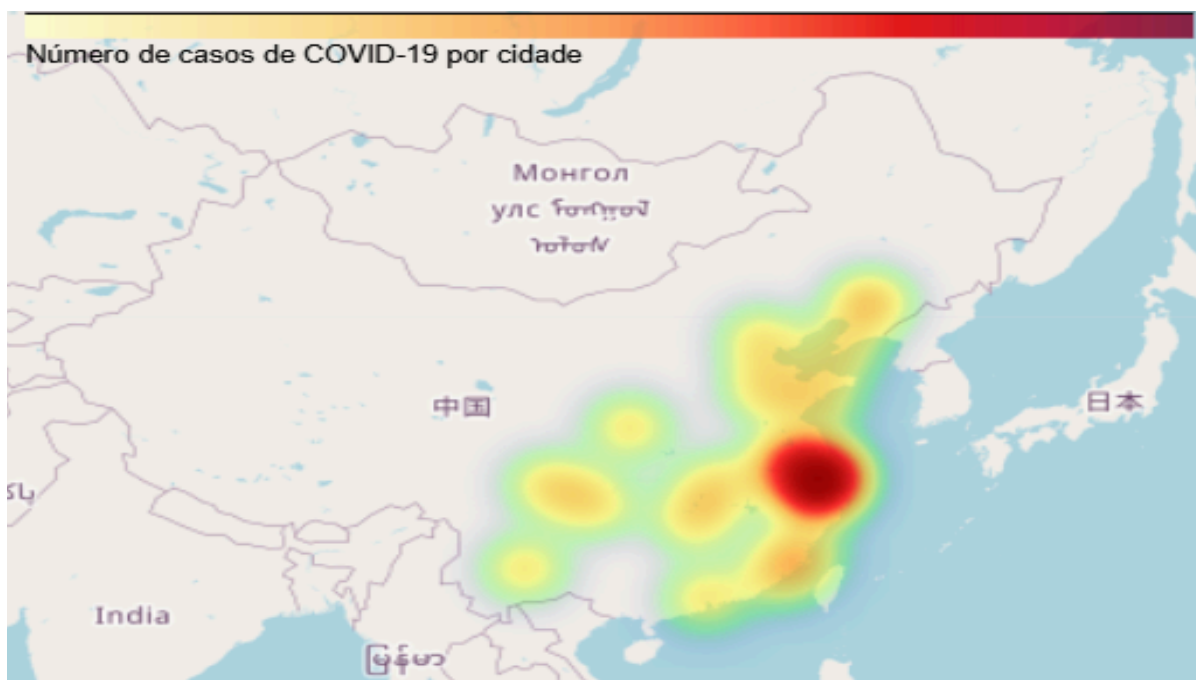


Figura 2 - Mapa de calor da distribuição regional da COVID-19 na China, 2022

Fonte: Construído pelo autor.

Outro estudo, realizado por Melin *et al.*⁴⁷, usou mapas auto-organizados de Kohonen para formar agrupamentos ou grupos de países do mundo. Foi utilizada a classificação de gravidade da doença como muito alto, alto, médio e baixo organizados em clusters, considerando o número de casos de COVID-19. Como resultado, os EUA foram considerados como gravidade muito alta e Brasil, França, Alemanha, Itália, Rússia, Espanha, Turquia e Reino Unido, de alta gravidade (Figura 3). Os agrupamentos de mapas, permitiram analisar países com disseminação da COVID-19, o que demonstra a necessidade de estratégias para o enfrentamento da doença⁴⁷.

Em Minas Gerais foram propostos modelos preditivos para uma previsão dos números de casos da COVID-19 no estado em curto prazo. Nesta proposta, o modelo avaliou uma previsão de séries temporais com um, três e seis dias antes para COVID-19, o que confirmou casos cumulativos em Minas Gerais e outros estados brasileiros, apontando alta incidência diária⁴⁸.

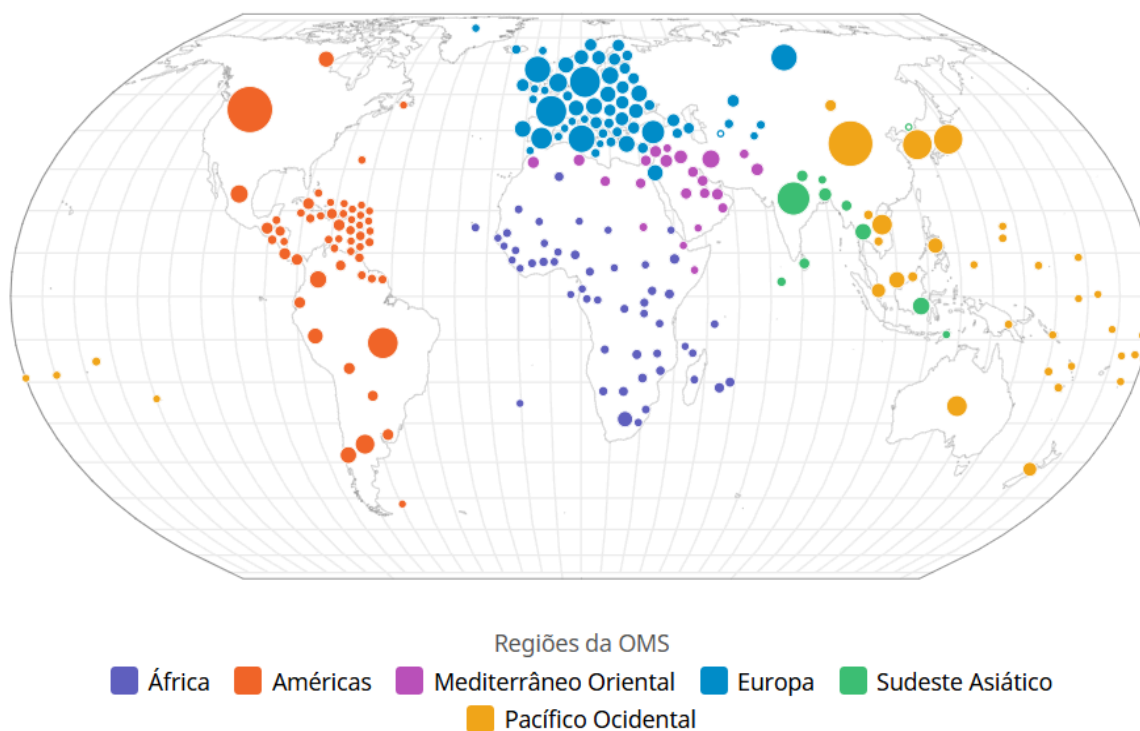


Figura 3 - Distribuição de casos de COVID-19 no mundo, 2025.

Fonte: World Health Organization³

2.6.3 COVID-19 no Brasil

A partir do primeiro caso da COVID-19 no Brasil, em 26 de fevereiro, o MS desenvolveu ações em parceria com as Secretarias de Saúde dos Municípios, Estados e Distrito Federal e adotou medidas de mitigação para controle da pandemia. As ações desenvolvidas nas regiões variaram devido às diferenças regionais como: densidade demográfica, urbanização, sistema de saúde local e condições sociais e econômicas e foram implementadas por cada município¹⁰. As medidas não farmacológicas recomendadas pelo MS foram implantadas e até mesmo o bloqueio total (*lockdown*)¹⁰.

Depois, foram registrados casos na Bahia, Distrito Federal, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Em 22 de março de 2020 foi registrado o primeiro caso em Roraima, que foi o último estado a ter caso de COVID-19. Portanto, o Brasil apresentou a dispersão da COVID-19 nos estados, sendo que cada região desenvolveu as estratégias de acordo com seu cenário epidemiológico. São Paulo e Rio de Janeiro foram os estados mais afetados pela COVID-19⁴⁹. O maior registro de casos no Brasil ocorreu na SE nº 12/2021 com 539.903 notificações de COVID-19 e a SE nº 14/2021 maior número de óbitos com 21.141⁴⁹.

2.6.4 COVID-19 em Minas Gerais e Região Metropolitana de Belo Horizonte

O Estado de Minas Gerais registrou o primeiro caso de COVID-19 em 09 de março de 2020. Em janeiro de 2022 houve o maior registro de casos (190.360) . Já o maior registro de óbitos foi na SE 15/2021 (2.320)¹⁸.

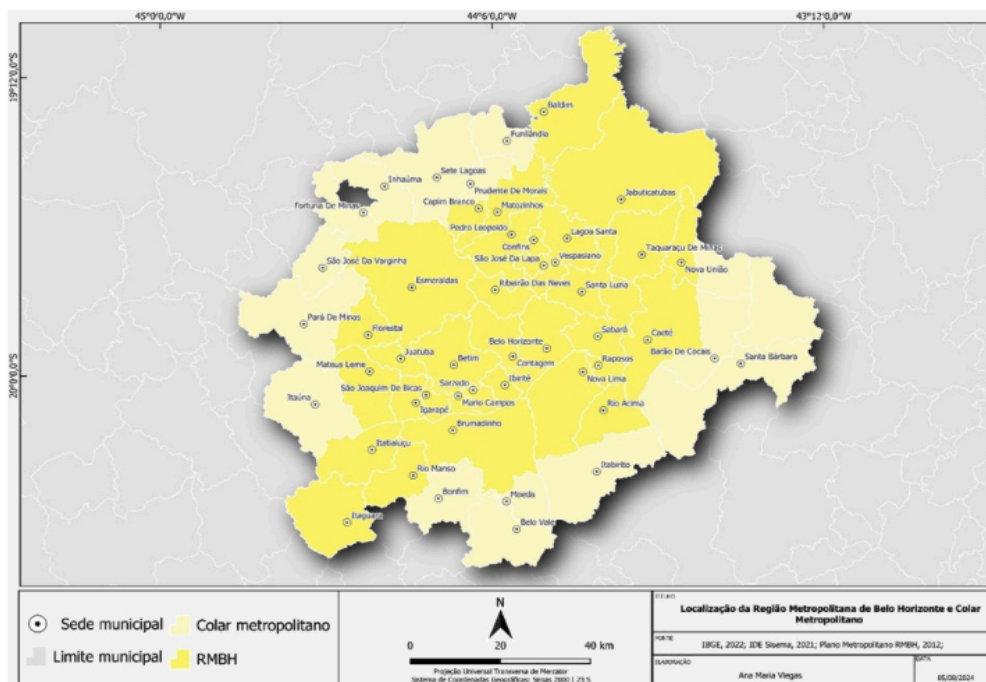


Figura 4 - Região Metropolitana de Belo Horizonte e Colar Metropolitano

Fonte: Adaptado pelo autor. (MINAS GERAIS, 2023)

A RMBH e Colar Metropolitano (Figura 4) é uma metrópole com 50 municípios, com grande circulação de pessoas e uma população de 5.127.694 habitantes (IBGE, 2022). Até a semana 16 de 2020, mais da metade dos municípios não haviam registrado casos de COVID-19. Na SE epidemiológica 27 de 2020, a Região Centro registrou 33,4% dos casos de COVID-19 de Minas Gerais. Os municípios da RMBH, Belo Horizonte (43,1%), Contagem (9,7%), Betim (4,6%), Nova Lima (3,3%) e Ribeirão das Neves (3,2%) foram responsáveis por 63,9% dos casos da Região Centro⁵⁰. Esta tendência de variação manteve-se da semana epidemiológica 30 para 31/2020⁵¹. Na semana epidemiológica 31/2020 a região macrocentro, onde está localizada a RMBH, registrou 35,1% dos casos de COVID-19 de Minas Gerais⁵². Os casos e óbitos do estado tiveram o maior registro em 2021: casos na SE 12/2021 (20.220) e óbitos na SE 15 (596)¹⁸.

Um estudo que analisou o padrão de distribuição da COVID-19 (da SE 11 até a SE 26/2020 por regiões do estado) em Minas Gerais, constatou que a RMBH teve uma grande influência na dispersão do vírus⁵³.

2.6.5 COVID-19 em Contagem

O município de Contagem está situado na RMBH, Estado de Minas Gerais, limitando-se ao norte com Ribeirão das Neves e Esmeraldas, ao leste com Belo Horizonte, ao sul com Ibirité e parte de Betim e a oeste com o município de Betim, Esmeraldas, Ribeirão das Neves e Ibirité. A cidade tem importantes pólos industriais, como a Cidade Industrial, que foi instituída em 1941^{54,55}. Este município integra-se ao núcleo polarizador das atividades urbanas e econômicas da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Tem uma área de 195.268 km², densidade de 3.375,21 habitantes/km², altitude de 858 m e clima tropical de altitude. A população do município é de 621.863 habitantes⁵⁶.

O município de Contagem (MG), registrou até o 28 de maio de 2025, em Contagem, 83.934 casos acumulados e 2.262 óbitos⁴. As medidas implementadas no município seguiram as recomendações da OMS e do MS, incluindo distanciamento social, fechamento do comércio, escolas, empresas, e priorização de atendimento na saúde para casos de síndrome gripal e suspeita de COVID-19⁵⁷.

Contagem possui um IDH de 0,756⁵⁵ e apresenta áreas de vulnerabilidade social⁴³. Os primeiros casos registrados na cidade ocorreram em áreas de menor risco social e população de maior renda, seguindo a tendência em outras cidades. Com a evolução dos casos houve registros em comunidades com aglomerações de pessoas. As medidas sanitárias foram implantadas como: limpeza das áreas públicas, uso de máscaras e orientações em saúde para medidas de precaução. A vacinação iniciou em 2021, conforme calendário estabelecido pelo MS⁵⁷.

2.7 Fatores relacionados à gravidade e óbito por COVID-19

O sistema renina-angiotensina-aldosterona (RAAS) é um regulador do sistema vascular e atua no controle dinâmico sobre o fluxo sanguíneo sistêmico e local, pressão arterial, natriurese e respostas a vários estímulos. A enzima conversora de angiotensina (ECA) converte angiotensina I (Ang I) em Ang II, promovendo a estimulação e liberação de

aldosterona do córtex adrenal. A ECA2 controla a hemodinâmica local e sistêmica, promovendo a redução da pressão arterial e com efeitos de vasodilatação, antioxidante e antiproliferativo. O desequilíbrio neste sistema pode levar a condições como pressão alta e desequilíbrio eletrolítico.

A presença do vírus SARS-CoV-2 provoca o desequilíbrio da RAAS. Ele compete com o Ang II e como consequência há aumento da vasoconstrição e diminuição da vasodilatação (Figura 5)⁵⁸.

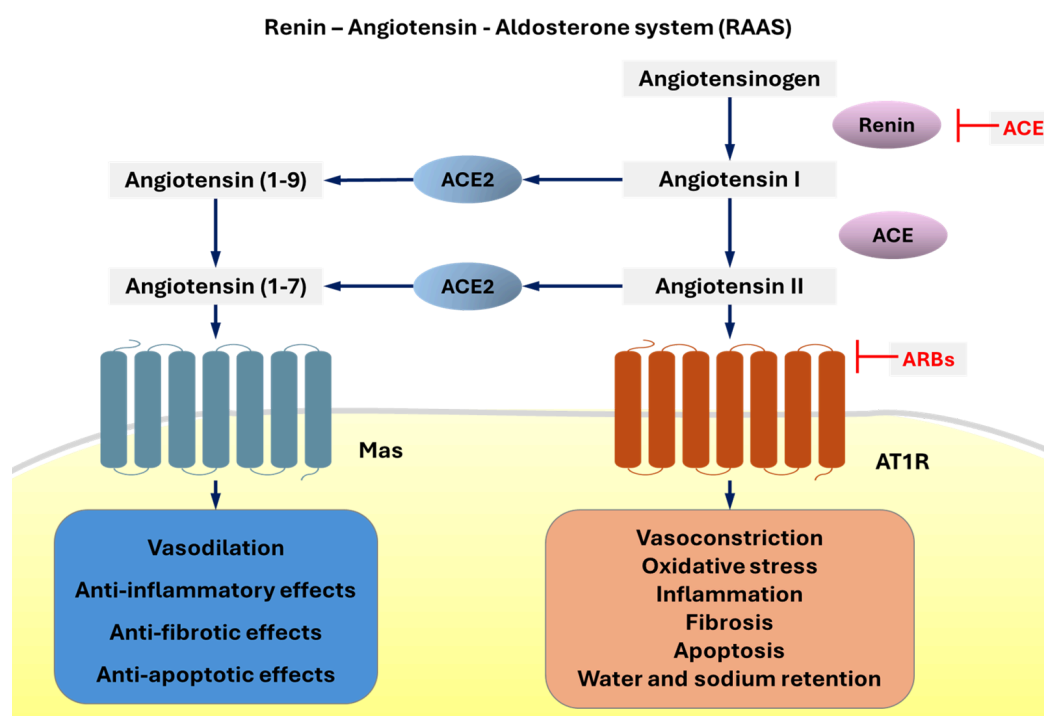


Figura 5 - Sistema renina-angiotensina-aldosterona (RAAS): equilíbrio ECA ACE2, mecanismos fisiopatológicos e o impacto dos bloqueadores da RAAS (ACEi e ARBS). ACEi, inibidores da enzima conversora de angiotensina; ARBs, bloqueadores de angiotensina.

Fonte: Beyerstedt, Casaro e Rangel⁵⁸. Adaptado pelo autor.

O vírus usa a ECA como receptor para a entrada nas células a proteínas *spike S* que fazem a ligação e fusão com a membrana celular. Dentro da célula o RNA do SARS-Cov 2 é liberado possibilitando a replicação viral⁵⁸.

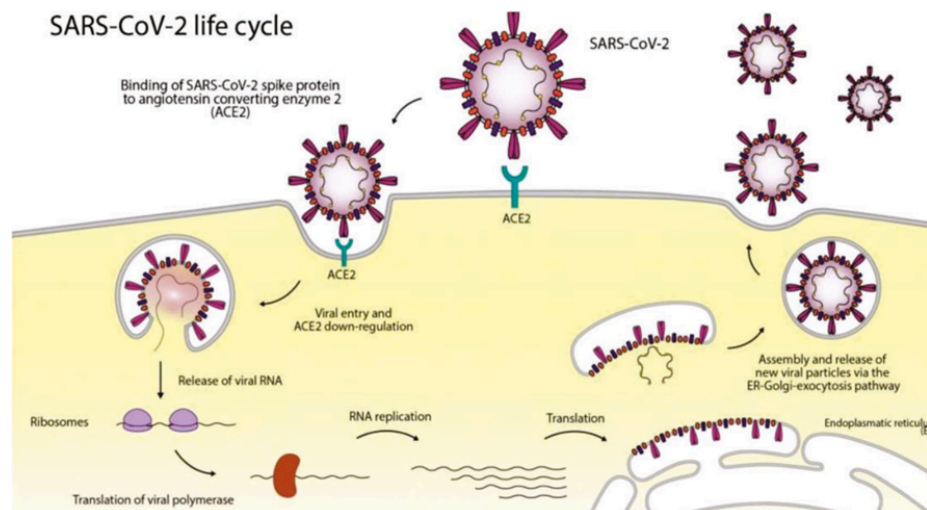


Figura 6 - Ciclo de vida do SARS-CoV-2: ligação com receptor ECA2

Fonte: Beyerstedt, Casaro e Rangel⁵⁸. Adaptado pelo autor.

O vírus invade as células pulmonares, que demonstram ser as principais células-alvo, mas, também afeta outros órgãos como do sistema cardiovascular, digestivo e urinário, e promovendo a vulnerabilidade dos mesmos⁵⁹. A presença de ECA2 na cavidade oral permite um grande número de vírus, fazendo com que a via respiratória seja a principal fonte de transmissão da COVID-19 (Figura 6)⁵⁸. Tecidos do pulmão, coração, íleo, esôfago, rim e bexiga foram definidos de alto risco para infecção pelo SARS-CoV-2 devido à expressão ECA2. E estômago e fígado baixo risco para infecção⁵⁹.

A expressão ECA2 é maior no pâncreas e fígado de indivíduos com doenças crônicas como Diabetes Mellitus 2 e no fígado de indivíduos com doenças hepáticas. E também aumento da expressão ECA2 em pessoas com doenças pulmonares ($p < 0,05$). Portanto, SARS-CoV-2 pode agravar a condição clínica em pessoas com comorbidades. Pessoas com doenças crônicas relacionadas à hipertensão, angio cardiopatia, diabetes mellitus 2, pneumonia, apresentam maior expressão de ECA 2, quando comparadas com pessoas sem doenças, o que pode levar a maior susceptibilidade à infecção grave⁶⁰. A obesidade também mostrou forte associação com os casos graves de COVID-19⁶¹.

Foi encontrado maior expressão ECA2 em homens, quando comparado com mulheres. Mulheres no sistema reprodutor feminino, sendo maior risco em mulheres grávidas que também apresentam maior expressão da ECA2⁵⁸. Essa maior expressão da ECA2 pode contribuir para a maior suscetibilidade à infecção pelo SARS-CoV-2 e, conseqüentemente, para o agravamento da doença.

Nesse contexto, a presença de comorbidades foi observada em 90% de pacientes internados em um hospital universitário em São Paulo⁶². Estudo com 52 pacientes internados em UTI com COVID-19, 32 apresentavam comorbidades e não sobreviveram⁶³. Outro estudo, baseado em históricos de internações e análise de todos os registros médicos, avaliou pacientes críticos, que eram caracterizados por hipoxemia grave (61,5%) e considerando os que haviam morrido aos 28 dias de UTI e que necessitavam de ventilação mecânica e foram identificados com pneumonia por COVID-19⁶³.

Outros estudos observaram que pacientes críticos apresentavam frequência respiratória ≥ 30 / min, saturação de oxigênio $\leq 93\%$, presença de comorbidades, leucocitose, aumento do dímero-D, aumento no PCR e menor porcentagem de linfócitos³⁰. O estudo de Farshbafnadi *et al.*⁶⁴, demonstrou que idade avançada foi associada a um maior risco de desenvolvimento de SRAG e morte, provavelmente devido a uma resposta imune menos rigorosa. Além das características individuais, os fatores demográficos e socioeconômicos foram relacionados aos casos e óbitos por COVID-19.

2.8 Fatores relacionados à transmissão da COVID-19

Os fatores demográficos e socioeconômicos apresentam um impacto importante na população na incidência, letalidade e mortalidade da COVID-19. Estudo realizado em São Paulo mostrou que a hospitalização por COVID-19 foi em homens (59%), com escolaridade de 9 anos ou menos (58%) e idade igual ou maior que 60 anos⁶². Os indivíduos da cor parda representaram o maior número de casos de COVID-19 e os óbitos ocorreram em maior número em homens e com comorbidades. A letalidade foi em indivíduos com mais de 60 anos, com um crescente aumento à medida que avança a idade, sendo ainda maior em pessoas com 80 anos ou mais⁶⁵.

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e a densidade demográfica foram associados positivamente com a mortalidade por COVID-19 no estado de São Paulo⁶⁶. O número de casos acumulado no Acre apresentou dependência positiva para a COVID-19 (39,16 casos acumulados/10.000 hab.), mostrando tendência de aumento da taxa em função do IDH⁶⁵. E ter menor renda mostrou associação positiva com maior número de casos⁶⁷.

Os indicadores de desigualdade social mostraram que a mortalidade teve significância estatística quando avaliado adensamento excessivo e menor índice de Gini ($p < 0,001$)⁶⁸. Nas regiões periféricas e áreas de maior densidade populacional registraram maior número de

casos⁶⁹. E também em locais com mais pessoas desocupadas e vivendo abaixo da linha da pobreza ($p < 0,05$)⁶⁸. A mobilidade de pessoas das grandes cidades para suas periferias contribuiu para a dispersão da COVID-19. Mostrando um padrão de espalhamento das cidades para áreas vizinhas e depois para cidades menores⁶⁶.

Observou-se um aumento de casos de COVID-19 inicialmente em cidades que recebiam grande fluxo de pessoas por voos aéreos⁷⁰. O transporte e a mobilidade também foram associados aos casos de COVID-19⁷¹. Em São Paulo, a partir dos primeiros casos, a análise espacial mostrou autocorrelação dispersão da COVID-19 para cidades próximas a rodovias e em cidades da região metropolitana⁷². E aglomerados significativos ($p < 0,05$) para casos de COVID-19 em áreas de mobilidade de pessoas para o trabalho, sendo maior em locais onde não foi possível realizar trabalho remoto e fazer o isolamento social⁷³. Quanto maior a conectividade entre as cidades e os centros regionais, maior foi o risco para COVID-19⁶⁶.

Em relação aos aspectos climáticos, foi observado que as condições meteorológicas mostraram associação para casos da COVID-19 no Brasil durante os meses de março a novembro. O aumento em 1% na temperatura e umidade relativa mostrou aumento de 2,849% ($p < 0,01$) e 1,378% ($p < 0,01$) no período de março a maio para os casos de COVID-19. Outro estudo, mostrou uma relação negativa da radiação solar com a transmissão da COVID-19⁷⁴.

Foi apontado também que as condições ambientais contribuíram na propagação da COVID-19. Cidades com mais de 100 mil habitantes mostraram correlação inversa de vegetação e coberturas florestais para casos de óbito por COVID-19. As condições urbanas provocam danos para a saúde dos indivíduos. Os poluentes aumentam a prevalência de doenças cardíacas e pulmonares que aumentam proporcionado um risco ainda maior de infecção pelo SARS-CoV-2⁷⁵.

Portanto, foi necessário medidas de prevenção e controle diante da dispersão e aumento de casos e de óbitos. Abordaremos a seguir as medidas elaboradas pela OMS.

2.9 Medidas de prevenção e controle

A OMS propôs um plano de preparação e resposta visando ajudar os países a se prepararem para um surto global. As propostas do plano eram identificar, testar, monitorar e cuidar com segurança de pessoas com COVID-19. Para atender esse objetivo, foram

elaborados protocolos clínicos para o atendimento de pacientes com COVID-19. Além de garantir acesso de todos os pacientes aos serviços de saúde com qualidade⁷⁶.

Como medida de controle, foi proposto o rastreamento de contatos. O objetivo era identificar, monitorar e manter os contatos em isolamento para impedir a cadeia de transmissão da doença¹⁰.

Outras medidas propostas pela OMS foram em relação ao ambiente que foi recomendado áreas de espera ventiladas, uso racional de equipamentos de proteção individual e superfícies transparentes¹⁰. Foram propostas medidas para controle de pessoas em escolas, considerando as condições das instalações escolares. E também em relação aos locais de trabalho. E para centros urbanos mais densamente povoados, como restrição de reuniões em grande número de pessoas, reuniões religiosas sem contatos próximos, orientações para restaurantes com distanciamento social e entrega de refeições¹⁰.

A proposta foi que cada governo assumisse a informação e comunicação com os cidadãos. Garantindo as recomendações universais como: lavagem das mãos, manter distanciamento social e ficar em casa, se o indivíduo não requeresse nenhum atendimento de saúde¹⁰.

Em consonância à OMS, o MS propôs fluxos assistenciais para o atendimento, transporte, internação, coleta de exames, cirurgia e todas as ações envolvendo pacientes suspeitos ou confirmados de COVID-19. A medida garantiu a orientação e segurança de pacientes e profissionais envolvidos no atendimento. A identificação e isolamento imediato de casos suspeitos no atendimento, internação, transporte e todas as ações assistenciais, foram primordiais para reduzir o risco de transmissão⁷⁷.

Com o mesmo objetivo, a Secretaria de Saúde (SES)/MG, orientou as medidas de prevenção no atendimento de pessoas suspeitas ou confirmadas de COVID-19 no Estado de Minas Gerais, incluindo a RMBH. A implantação de triagem rápida na identificação de casos de síndrome gripal, permitiu a agilidade e redução do risco de transmissão⁷⁸.

Além das medidas de controle imediato, a vacinação contra a COVID-19 foi essencial para o controle da doença. A implantação das vacinas foi uma das medidas mais eficazes não só para conter a transmissão do SARS-CoV-2, mas principalmente, reduzir as formas graves da infecção³³. O enfrentamento da COVID-19 com o uso das vacinas foi a única resposta sustentável e de longo prazo. Que foi embasado em protocolos de vacinas. A resposta das vacinas depende das mutações que o SARS Cov-2 desenvolve⁷⁹.

Foram apresentadas várias técnicas como vacinas inativadas, vivas atenuadas, vetores virais, subunidades de proteína, RNA, DNA e partículas semelhantes a vírus. Algumas

vacinas mostraram mais seguras e com menores efeitos adversos⁶⁰. A vacina deve ter boa imunogenicidade, capaz de produzir anticorpos neutralizantes que mantenham a titulação, tenha estabilidade para armazenamento e transporte. As vacinas de RNA mostram maior capacidade de imitar a infecção natural e produzir melhor resposta imune⁴⁶.

Muitas vacinas foram desenvolvidas e disponibilizadas na fase III de testes a partir do final de 2020. As vacinas apresentaram eficácia de 60 a 90% e utilizaram várias plataformas como: mRNA, vetor viral, vírus inativado e proteína/peptídeo. A utilização de metodologias diferentes não permitiu comparação da eficácia entre vacinas. Portanto, a comparação ocorreu durante a utilização das vacinas em populações. A eficácia foi medida pela redução do risco de infecção/doença em pessoas vacinadas.

Nos EUA foram avaliados 4.513 adultos hospitalizados, no período entre 11 de março e 15 de agosto de 2021. Foi comparado indivíduos hospitalizados vacinados com vacina mRNA e não vacinados. Sendo que 84,2% eram indivíduos não vacinados. Apenas 15,8% dos internados tinham vacinação completa e 54,8% sem vacina COVID-19. Foi observado associação de hospitalização por COVID-19 e menor chance de vacinação (OR 0,15 IC 95%). Foi observado diferença na OR entre os tipos de vacina. Porém a menor OR foi associada ao tempo de tomada da vacina. Ou seja, indivíduos que teriam recebido a vacina há mais de 120 dias tinham OR menor quando comparado com pessoas vacinadas há menos de 120 dias. Quando avaliado o sequenciamento das variantes, nos pacientes hospitalizados por COVID-19, foram identificadas as variantes Alfa e Delta (que eram as predominantes no período do estudo) em pessoas não vacinadas. Na avaliação da gravidade dos pacientes 88,1% eram indivíduos não vacinados e 11,9% vacinados. Sendo que, as pessoas vacinadas tinham mais condições crônicas de saúde. Casos de pessoas que evoluíram para óbito ou ventilação mecânica 93,9% eram de não vacinados e foram relacionados a menor chance de vacinação (OR 0,32 e IC 95%). A mortalidade foi de 91% dos pacientes do estudo não vacinados. A mortalidade após a hospitalização estava associada a menor chance de vacinação (OR 0,41% IC 95%).

As taxas de incidência de casos mostraram redução importante do período pós vacina, quando comparado com o período pré vacina. Houve redução nos atendimentos de emergência pela COVID-19 em 53% na população de 50 a 55 anos e de 62% em pessoas de 59 a 64 anos. E também redução nas internações na população de 60 a 69 anos (60%) e os óbitos nas idades entre 65 e 74 anos (30%), quando comparado com a redução em populações mais jovens.

A maioria das vacinas não conseguiu neutralizar a variante Ômicron. As variantes identificadas antes da Ômicron induziram imunidade através das proteínas de pico. Na Ômicron, a proteína de pico foi modificada, portanto, reduziu a neutralização do soro de pessoas vacinadas e conseqüentemente, menor proteção. A titulação de anticorpos monoclonais foi 35,7-39,9 vezes menor que a do vírus ancestral e o da variante Ômicron foi menor que das variantes Beta e Delta. As vacinas de mRNA apresentaram uma neutralização importante da Ômicron, sendo 4-6 vezes menor que o vírus selvagem³⁷.

Portanto, a vacinação para COVID-19 está associada a menor hospitalização e a redução da gravidade da evolução da doença em indivíduos vacinados.

Para além das medidas de controle da doença houve também a necessidade da organização dos serviços de saúde, considerando as infraestruturas regionais e municipais.

2.10 Organização da rede assistencial da Região Metropolitana de Belo Horizonte

A organização dos serviços de saúde no Brasil segue os princípios de universalidade, equidade e integralidade. Com gestão do MS como formulador das políticas, as Secretarias Estaduais que participam da formulação das políticas e prestam apoio aos municípios e as Secretarias Municipais que executam ações e serviços de saúde¹¹.

O sistema de saúde no estado de Minas Gerais é regionalizado conforme o Plano Diretor de Regionalização (PDR) de Minas Gerais, onde os municípios são organizados para o planejamento ou gestão nas áreas de saúde, educação, assistência social, meio ambiente, segurança pública e justiça.

Na saúde o estado é dividido em macrorregiões e microrregiões de saúde. A RMBH tem o sistema de saúde dividido em regiões de saúde. Possui 14 macrorregiões de saúde e 72 microrregiões de saúde (Figura 7). Sua organização foi definida pelo PDR em 2002 pela Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais. Foi realizado um ajuste na divisão das regiões de saúde em 2019, sendo que a RMBH abrange duas macrorregiões de saúde (Figura 7).

As regiões de saúde são o conjunto de municípios que possuem demanda e ofertas de serviços de saúde, em todos os níveis de atenção. As macrorregiões de saúde possuem uma população de até 700 mil/habitantes e hospitais com maior densidade tecnológica. As microrregiões de saúde possuem população de até 100/habitantes e hospitais de média complexidade.

A divisão em macrorregiões e microrregiões tem como objetivo a descentralização, organização e melhorar o acesso e as redes de saúde. Outro princípio de organização das macrorregiões e microrregiões de saúde são: a distância entre os municípios para alcançar maior resolutividade, produtividade e qualidade nos serviços.

Outra premissa da regionalização é a tipologia hospitalar. As macrorregiões possuem hospitais classificados por porte e perfil assistencial. A classificação por porte é definida como: pequeno com até 50 leitos, médio de 51 à 150 leitos, grande de 151 a 500 leitos e capacidade extra acima de 500 leitos. Hospitais de grande porte possuem alta complexidade assistencial [80]. A classificação por perfil assistencial é: clínica básica, hospital geral, especializado, de urgência, universitário e de ensino e pesquisa [80].

A RMBH é composta por duas macrorregiões de saúde Centro e Oeste e por oito microrregiões de saúde: Belo Horizonte / Nova Lima / Caeté, Betim, Contagem, Itabira, Itaúna, Pará de Minas, Sete Lagoas, Vespasiano (Figura 7).

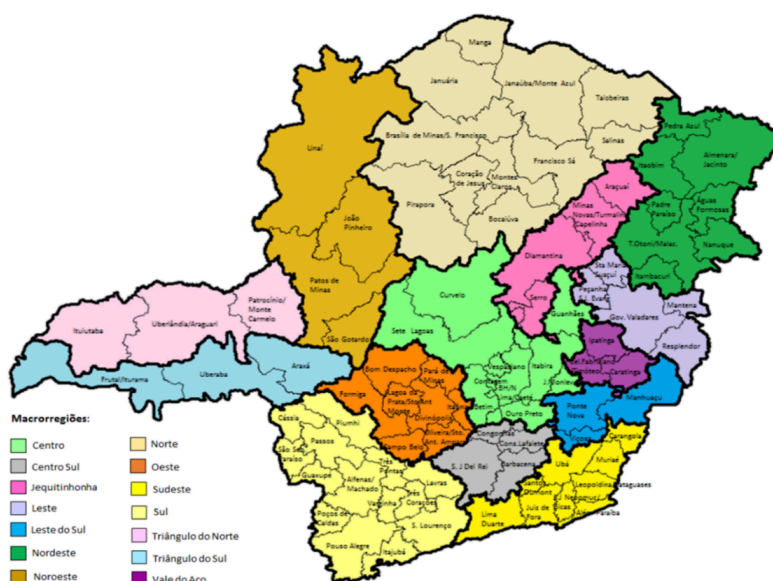


Figura 7 - Macrorregião de Saúde de Minas Gerais

Fonte: Diretoria de Regionalização e Estudos Assistenciais da Secretaria do Estado de Saúde de Minas Gerais

2.11 Organização de leitos hospitalares

Para garantir a assistência dos pacientes, os leitos hospitalares são ofertados conforme as necessidades da população. Os leitos são regulados para delinear o perfil de complexidade da assistência, permitir o acesso de forma organizada e por gravidade do paciente.

A oferta de leitos hospitalares em Minas Gerais e na RMBH, seguem o Plano Diretor de Regionalização, com atendimento nas próprias microrregiões e macrorregiões de saúde e os serviços que não são ofertados nestes municípios são referenciados para outras macrorregiões de saúde, conforme pactuação na Comissão Intergestores Bipartite (CIB)⁸⁰.

2.12 Índice Mineiro de Responsabilidade Social

Em 2004 foi criado o Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS) que atualmente é composto por 32 indicadores dos 853 municípios de Minas Gerais nas áreas definidas da regionalização. É definido como a responsabilidade social nas três esferas de governo e o IMRS de 2021 foi calculado com a média simples de dados do setor público referentes aos anos 2019, 2020 e 2021. Ele avalia as dimensões saúde, educação, vulnerabilidade, saneamento e meio ambiente e segurança pública⁶.

Para cada dimensão é calculado um valor que varia de 0 (zero) a 1 (um) e calculada pela fórmula: $(\text{Valor observado} - \text{pior valor}) / (\text{melhor valor} - \text{pior valor})^6$.

2.12.1 Dimensão Saúde

Os indicadores do IMRS na saúde são definidos pelo estado de saúde da população e acesso às ações e aos serviços de saúde. São 6 indicadores e cada indicador tem um peso para o cálculo da dimensão e do índice (Quadro 2).

Sendo: mortalidade por doença crônicas definidas pelo MS como ações para o enfrentamento de doenças crônicas como controle do tabagismo, atividade física, alimentação saudável e uso do álcool peso 10%; cobertura vacinal de Pentavalente em menores de 1 anos que imuniza contra difteria, tétano, coqueluche, e meningite e outras doenças causadas pelo *Haemophilus influenzae*; acompanhamento da gestação que é número mínimo de sete consultas no pré natal; óbitos por causa mal definida descritos pelas mortes que não foram definidos a causa básica do óbito que indica falta de assistência médica ou de boa qualidade;

internações hospitalares por causas sensíveis à atenção primária que mostra dificuldade de acesso ou ação precária da atenção primária; e infraestrutura para assistência à saúde que mede a capacidade de assistência ambulatorial e hospitalar da população na sua microrregião de saúde (Quadro 2)⁶.

Quadro 2 - Indicadores, parâmetros e pesos do IMRS - Saúde / Peso IMRS: 23

INDICADORES	Unidade	Peso na dimensão (%)	Peso no IMRS (%)	Limite inferior (pior)	Limite superior (melhor)
Taxa de mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis	Por 100 mil/hab	10	2,3	600	100
Cobertura vacinal de Pentavalente em menores de 1 ano	%	15	3,5	50	100
Proporção de nascidos vivos cujas mães realizaram 7 ou mais consultas de pré-natal	%	10	2,3	50	100
Proporção de óbitos por causas mal definidas	%	10	2,3	30	0
Proporção de internações hospitalares por condições sensíveis à atenção primária	%	15	3,5	50	10
Proporção das internações de média complexidade de pacientes do SUS encaminhados para outra microrregião	%	40	9,2	100	100

Fonte: IMRS⁶. Adaptado pelo autor.

2.12.2 Dimensão Vulnerabilidade

Os indicadores de vulnerabilidade são definidos pela vulnerabilidade social e pelas ações dos municípios na prestação de serviços na assistência social. No contexto da vulnerabilidade da população são avaliados: o percentual da População no Cadastro Único; o percentual da população pobre e extremamente pobre; percentual de pessoas pertencentes às famílias beneficiárias do Bolsa Família; percentual de pessoas em idade produtiva (18 a 64 anos) e sem ocupação; percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo e o percentual de pessoas em situação de vulnerabilidade pelas condições de esgotamento sanitário no Cadastro Único (Quadro 3)⁶.

Esses indicadores são importantes, pois permitem identificar populações mais expostas e direcionar ações estratégicas para mitigar os efeitos de doenças como a COVID-19.

Quadro 3 - Indicadores, parâmetros e pesos do IMRS - Vulnerabilidade Social / Peso IMRS:

18

Indicador	Unid.	Peso na dimensão (%)	Peso IMRS (%)	Limite inferior (pior)	Limite superior (melhor)
Percentual da População no Cadastro Único	%	10,0	1,8	80	0
Percentual da população pobre ou extremamente pobre no Cadastro Único em relação à população total do município	%	10,0	1,8	80	0
Percentual de pessoas pertencentes às famílias beneficiárias do Bolsa Família	%	10,0	1,8	80	0
Percentual de pessoas em idade produtiva (18 a 64 anos) e sem ocupação do Cadastro Único	%	10,0	1,8	60	0
Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo no Cadastro Único em relação à população nesta faixa etária no Cadastro Único	%	10,0	1,8	100	0
Percentual de pessoas em situação de vulnerabilidade pelas condições de esgotamento sanitário	%	10,0	1,8	50	0
Taxa de emprego no setor formal	%	10,0	1,8	0	100
Indicador de Desenvolvimento do Conselho Municipal de Assistência Social (ID Conselho) normalizado		10,0	1,8		1
Indicador de Desenvolvimento de Centros de Referência da Assistência Social (IDCRAS) médio normalizado		10,0	1,8		1
Existência no organograma da secretaria responsável pela política de um órgão formal, informal ou não existente para supervisão dos serviços de execução direta, ou indireta, de violação de direitos sociais		10,0	1,8		1

Fonte: IMRS⁶. Adaptado pelo autor.

2.12.3 Dimensão Saneamento e Meio Ambiente

Nessa dimensão saneamento e meio ambiente, o IMRS avalia o saneamento básico e habitação. E considera o impacto que o saneamento básico tem no meio ambiente analisando o abastecimento de água, coleta e tratamento. E impacto ambiental com o adequado tratamento do esgoto e dos resíduos sólidos e das águas pluviais (Quadro 4)⁶.

A deficiência na infraestrutura do saneamento e meio ambiente tem grande impacto na saúde, principalmente na transmissão de doenças e na mortalidade em crianças menores de cinco anos e idosos⁶. A ausência ou a pouca infraestrutura pode estar relacionada ao impacto das emergências em saúde pública, como na ESPIN da COVID-19.

Quadro 4 - Indicadores, parâmetros e pesos do IMRS- Saneamento e Meio Ambiente

Indicador	Unid	Peso na dimensão (%)	Peso IMRS (%)	Limite inferior (pior)	Limite superior (melhor)
Percentual da população urbana em domicílios com abastecimento de água (rede)	%	25,0	4,5	50,0	100
Percentual da população urbana em domicílio com esgotamento sanitário (rede)	%	20,0	3,6	25,0	100
Percentual de esgoto total tratado	%	10,0	1,8	0	100
Disposição final do lixo coletado	%	25,0	4,5	0	1
Índice de Esforço de Gestão das Políticas de Saneamento Básico	%	20,0	3,6	0	1

Fonte: IMRS⁶. Adaptado pelo autor.

2.12.4 Educação

O nível de escolaridade da população reflete o desenvolvimento de uma região e as desigualdades sociais enfrentadas pela população. A escolaridade impacta diretamente nas condições de saúde, considerando as questões sociais e a compreensão das pessoas sobre as doenças, tratamentos e medidas de controle para reduzir o adoecimento e suas complicações⁶.

Durante a pandemia da COVID-19 houve suspensão de aulas presenciais e as desigualdades regionais não permitiram acesso de todos da mesma forma. No período de 2000 a 2022, observou-se, entre os indivíduos com 25 anos ou mais, um crescimento de 2,7 vezes na proporção daqueles com ensino superior completo, passando de 6,8% para 18,4%. Simultaneamente, a porcentagem de pessoas sem instrução ou com o ensino fundamental incompleto apresentou queda significativa, reduzindo-se de 63,2% para 35,2%⁵⁶.

Em termos absolutos, o percentual corresponde a aproximadamente 11,5 milhões de pessoas que ainda não possuem habilidades básicas de leitura e escrita. A incidência de analfabetismo é significativamente mais elevada entre os indivíduos com 60 anos ou mais, atingindo 19,3%, e também se mostra desproporcionalmente maior entre pretos e pardos (9,3%) em comparação aos brancos (4,0%)⁵⁶. Essa estrutura de educação sustenta as desigualdades sociais⁸¹.

Em suma, a análise destas variáveis e ainda a utilização das ferramentas de análise espacial citadas são consideradas importantes para a identificação da distribuição da COVID-19, identificando fatores de risco, hospitalização e morte pela doença. Portanto, facilitando aos gestores da saúde tomada de decisões, a formulação, implementação e avaliação de ações públicas para o controle e diminuição do impacto da doença na população.

3. JUSTIFICATIVA

A ESPIN da COVID-19 apresentou número elevado de óbitos, decorrentes da rápida expansão da doença, alta incidência e sobrecarga dos serviços de saúde. Diante desse cenário, é importante revisar fatores relacionados à ocorrência da COVID-19 e analisar dados epidemiológicos da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), com ênfase para a dinâmica espaço-temporal.

Esta região possui 50 municípios, é a terceira região mais densamente povoada do país. Nesse contexto, a proximidade dos municípios pode ter favorecido a expansão da doença nesta região.

Para compreender melhor essa dinâmica, estudos espaço-temporais são importantes para analisar variações na manutenção, agregação e dispersão da doença. Estes modelos permitem identificar perfil de risco considerando diferentes cenários epidemiológicos e orientar alocações e recursos, além de levantar hipóteses sobre os fatores relacionados.

Nesse sentido, a análise de internações em Contagem permite identificar a influência dos locais de internação nos óbitos por SRAG COVID-19 e verificar se houve diferenças na letalidade, considerando os fatores individuais dos pacientes.

Além disso, o estudo possui relevância científica e tecnológica inovadora para a saúde pública, pois, de forma interdisciplinar, poderá elucidar questões relativas à prevenção, previsibilidade para o combate à doença, e desenvolverá tecnologia aplicada à saúde, contribuindo de modo efetivo para o avanço do conhecimento, formação de recursos humanos, geração de produtos voltados para a melhoria das condições de saúde da população. Tal proposta é capaz de contribuir com o aprimoramento dos programas de vigilância e controle, apoiando os esforços no controle nos níveis local e regional.

A identificação dos riscos em emergências em saúde pública subsidia os estudos epidemiológicos e na confiabilidade na tomada de decisões, possibilitando a formulação, implementação e avaliação de ações públicas. Essa pesquisa apoia estratégias no enfrentamento de emergências em saúde pública similares. Dessa forma, os resultados poderão contribuir com a redução do adoecimento e mortalidade da população mais vulnerável a estes riscos e, conseqüentemente, diminuição de mortes e impacto na saúde pública.

A Emergência de Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN) da COVID-19 resultou em um número expressivo de casos e óbitos em todo o mundo, configurando-se como a mais grave crise sanitária das últimas décadas. Desde o seu início, em 2020, a rápida

disseminação do vírus SARS-CoV-2 revelou vulnerabilidades estruturais nos sistemas de saúde e nas condições socioeconômicas das populações.

No Brasil, a pandemia apresentou características heterogêneas entre as unidades federativas, evidenciando diferenças regionais relacionadas à estrutura de serviços de saúde, densidade populacional e condições socioambientais. A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) destacou-se como uma área de intensa circulação de pessoas e de expressiva densidade demográfica é a terceira região metropolitana mais populosa do país, composta por 50 municípios interligados por fluxos econômicos e sociais intensos. Essa proximidade territorial e a forte integração urbana possivelmente contribuíram para a rápida expansão e manutenção da transmissão da COVID-19 na região.

Nesse contexto, a análise espaço-temporal da COVID-19 torna-se essencial para compreender os padrões de disseminação da doença e seus determinantes locais. Estudos dessa natureza permitem identificar áreas de maior risco, elucidar fatores associados à manutenção e dispersão dos casos e orientar a alocação mais eficiente de recursos e estratégias de controle. Além disso, possibilitam levantar hipóteses sobre o papel de determinantes ambientais, sociais e estruturais na propagação da infecção.

A análise específica das internações e óbitos por Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG) decorrente da COVID-19 no município de Contagem representa um passo importante para compreender como os locais de internação e as características individuais dos pacientes influenciaram os desfechos clínicos. Essa abordagem contribui para identificar desigualdades no acesso e na qualidade da atenção hospitalar durante o período pandêmico.

Do ponto de vista científico e tecnológico, o estudo apresenta caráter inovador e relevância para a saúde pública. De forma interdisciplinar, busca elucidar aspectos relacionados à prevenção e à previsibilidade da doença, além de desenvolver metodologias aplicadas à vigilância e ao planejamento em saúde. Os resultados poderão contribuir efetivamente para o avanço do conhecimento, a formação de recursos humanos qualificados e a produção de tecnologias voltadas à melhoria das condições de vida e saúde da população.

Por fim, a identificação de riscos e vulnerabilidades durante emergências em saúde pública fornece subsídios fundamentais para o aprimoramento da vigilância epidemiológica e para a tomada de decisões em tempo oportuno. Espera-se que os achados desta pesquisa possam apoiar estratégias de enfrentamento a futuras crises sanitárias, reduzir o adoecimento e a mortalidade das populações mais vulneráveis e fortalecer a capacidade de resposta do sistema de saúde em níveis local e regional.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Analisar os fatores individuais, sociais, ambientais e assistenciais associados a ocorrência das internações e aos óbitos por SRAG decorrente da COVID-19 na Região Metropolitana de Belo Horizonte, com ênfase no município de Contagem, no período de 2020 a 2022.

4.2 Objetivos Específicos

- Identificar fatores socioeconômicos, demográficos, ambientais e climáticos associados à ocorrência da COVID-19, no Brasil;
- Descrever o perfil epidemiológico de internações e óbitos por SRAG COVID-19 em municípios da RMBH.
- Analisar a evolução temporal e espacial das taxas de hospitalização, mortalidade e letalidade SRAG COVID-19 em municípios da RMBH.
- Identificar municípios prioritários e de maior risco da doença, possibilitando propor uma abordagem integrada de priorização de áreas para vigilância e controle da ESPIN da COVID-19 em municípios da RMBH;
- Analisar a influência do porte do local de internação na ocorrência de óbitos por SRAG COVID-19 entre residentes de Contagem, considerando também a influência dos fatores individuais.

5. METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos, foram elaborados três artigos científicos com diferentes abordagens metodológicas, considerando a literatura científica, a distribuição espaço-temporal de internações e óbitos na Região Metropolitana de Belo Horizonte e a letalidade das internações nos residentes do município de Contagem (Figura 8).

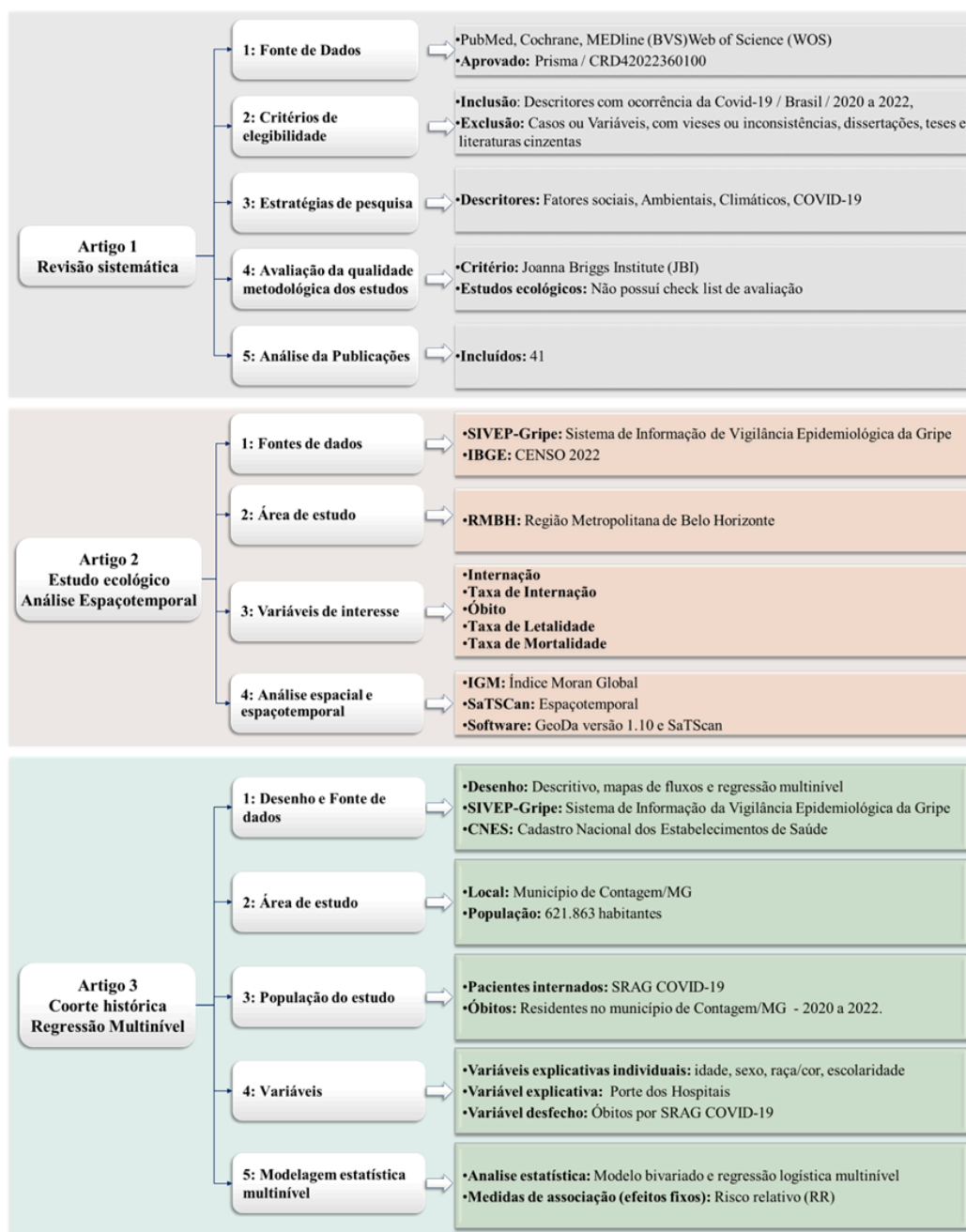


Figura 8 - Metodologia dos estudos

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1 Primeiro Produto: *Understanding the COVID-19 Public Health Emergency in Brazil: A Systematic Review of Contributing Factors (Compreendendo a Emergência de Saúde Pública da COVID-19 no Brasil: Uma Revisão Sistemática dos Fatores Contribuintes*

5.1.1 Desenho do estudo

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura em diferentes bases de dados científicas eletrônicas, com o uso de descritores referentes aos fatores sociais, ambientais e climáticos relacionados com a dinâmica de ocorrência da COVID-19 no Brasil.

Este estudo foi registrado no *International Prospective Register of Systematic Reviews* sob o número de registro CRD42022360100 e seguiu as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*⁸².

5.1.2 Critérios de elegibilidade

Foram incluídos na revisão sistemática estudos que apresentavam fatores associados a fatores demográficos e socioeconômicos, ambientais e climáticos com a ocorrência da Covid-19 no Brasil, entre 2020 e 2022, em inglês, português ou espanhol. E estudos de coorte, transversais e ecológicos que apresentaram associação ou correlação das variáveis associadas à ocorrência da COVID-19.

Estudos restritos à descrição de casos ou variáveis, além de estudos exibindo vieses ou inconsistências, dissertações, teses e literaturas cinzentas foram excluídos, por viés de segurança dos dados.

5.1.3 Fontes base de dados eletrônica

A pesquisa bibliográfica foi conduzida nas seguintes bases de dados eletrônicas: PubMed, Cochrane, MEDline, BVS e *Web of Science*.

Foram utilizados os termos catalogados nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e no *Medical Subject Headings* (MeSH), nos idiomas português, inglês e espanhol.

5.1.4 Estratégias de pesquisa

Foram selecionados estudos que continham os descritores no título, resumo e palavras-chave: Covid-19; Fatores de risco; Incidência; Mortalidade; Brasil. Os operadores booleanos foram utilizados "AND" e "OR" e aspas para facilitar a busca dos manuscritos.

Termos usados para busca, em conjunto ou separadamente: 1) “Covid-19” (termo alternativo: Covid), 2) “Brasil” (termos alternativos: “Brazilian”, “Brazil”), 3) “fatores sociais”(termos alternativos: “social factors”, “social”), 4) “fatores ambientais” (termos alternativos: “ambientais”, “environmental factors”, “environmental”), 5) “fatores climáticos”(termos alternativos: “fatores climáticos”, “climáticos”, “climatic factors”, “climatic”, “climate”), 6) incidência (termos alternativos: “incidência”, “incidence”), 7) mortes (termos alternativos: “mortalidade”, “death”, “mortality”).

A busca bibliográfica teve orientação de profissional bibliotecário da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Utilizou-se o software Rayyan para seleção e organização dos estudos utilizados na revisão sistemática e testado e reproduzido por dois revisores independentes. Quando havia dúvida no processo de exclusão, pelos dois revisores, um terceiro avaliador era consultado. O coeficiente de Kappa foi um, com 100% de concordância entre os revisores.

As informações extraídas dos artigos foram organizadas em tabelas e gráficos, utilizando-se o pacote Microsoft Word e Excel 2019 (Redmond, Washington, Estados Unidos da América).

5.1.5 Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos

Para análise da qualidade dos estudos, utilizou-se critério de verificação do *Joanna Briggs Institute* (JBI) para os manuscritos de coorte e transversais. Devido à falta de *checklist* na literatura para estudos ecológicos, não foi realizada avaliação de qualidade para manuscritos selecionados e que tinham esse delineamento (Quadro 6). Para os estudos transversais são considerados 08 itens (Quadro 7).

Quadro 5 - Estudos de coorte avaliados pela JBI, considerando 11 itens

Estudos Coorte: 11 itens	
1)	Dois grupos semelhantes e recrutados da mesma população;
2)	Exposições medidas de forma semelhante para atribuir pessoas aos grupos expostos e não expostos;

3)	Exposição medida de forma válida e confiável;
4)	Identificação dos fatores de confusão;
5)	Declaradas as estratégias para lidar com fatores de confusão;
6)	Os grupos/participantes estavam livres do desfecho no início do estudo ou no momento da exposição
7)	Os resultados foram medidos de forma válida e confiável
8)	O tempo de acompanhamento foi relatado e suficiente para que os resultados ocorressem;
9)	Acompanhamento foi completo e, se não, os motivos da perda de acompanhamento foram descritos e explorados;
10)	Utilização de estratégias para abordar o acompanhamento incompleto;
11)	Utilização de uma análise estatística apropriada.

Quadro 6 - Estudos transversais avaliados pela JBI, considerando 08 itens

Estudos Transversais: 8 itens	
1)	Definição dos critérios de inclusão;
2)	Descrição dos sujeitos e cenário;
3)	Medida de exposição válida e confiável;
4)	Medida da condição com critérios e padrão objetivo;
5)	Identificação de fatores de confusão;
6)	Declaração de estratégia para lidar com fatores de confusão;
7)	Medida de resultado de forma válida e confiável;
8)	Uso de análise estatística apropriada.

5.1.6 Análise da Publicações

Foram selecionados inicialmente na busca, 1.376 estudos. Excluídos 1.332 estudos, dos quais, 335 por duplicidade, 878 após leitura dos títulos, 74 após a leitura dos resumos e 45 após a leitura do texto completo, restando 41 estudos que preencheram os critérios de

elegibilidade e foram incluídos na presente revisão sistemática (Figura 9). Os estudos (n=13) foram conduzidos considerando o Brasil todo, os demais estudos desenvolveram os trabalhos na região Nordeste (n=11), Sudeste (n=11), Sul (n=02) e Norte (n=04) (Figura 10). Alguns estudos abrangem mais de uma região, sendo os fatores relacionados à ocorrência da COVID-19 foram descritos em 11 estudos demográficos, 27 socioeconômicos e dez climáticos e ambientais (Tabela 1).

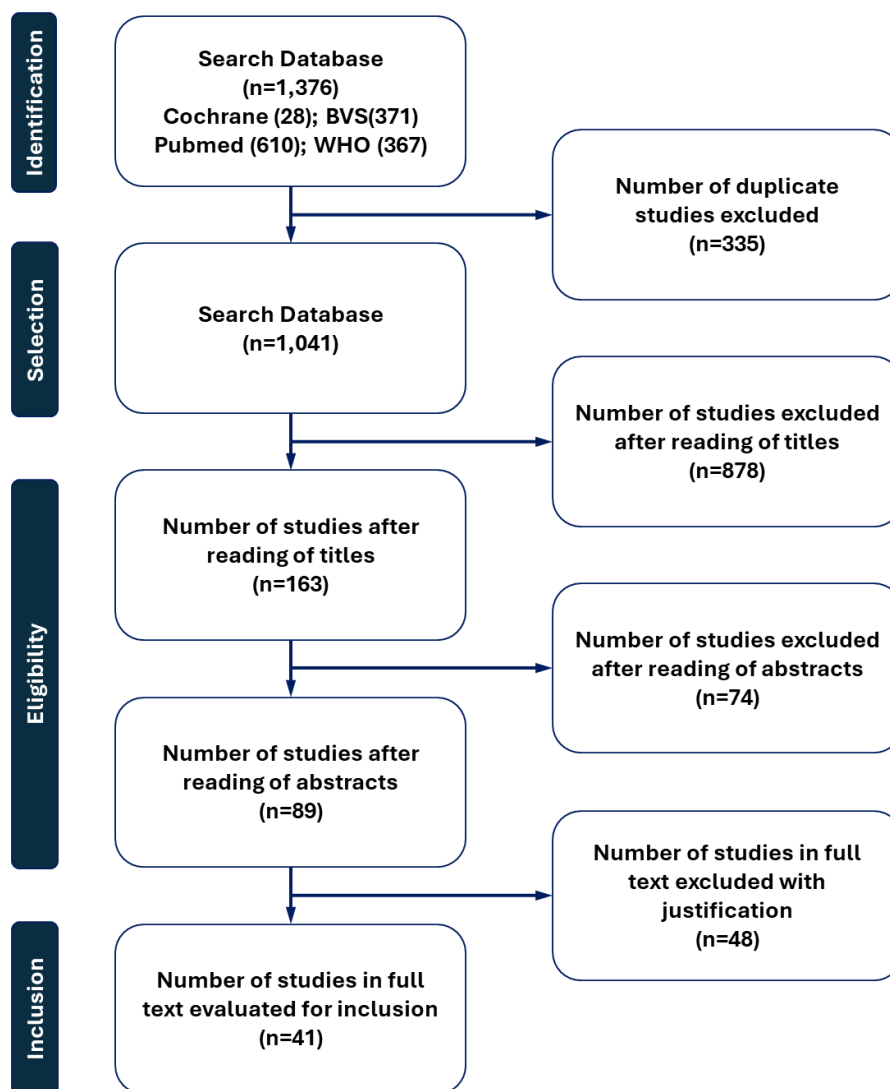


Figura 9 - Fluxograma de seleção dos estudos científicos nas bases de dados para a revisão sistemática sobre fatores sociodemográficos e socioeconômicos, ambientais e climáticos relacionados à ocorrência da COVID-19 no Brasil, publicados entre 2020 e 2022

Fonte: PubMed, Cochrane, MEDline via Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e Web of Science (WOS).



Figura 10 - Distribuição dos estudos por região do Brasil

Fonte: Elaborado pelo autor

Autores	Ano / Local	Demográfico	Socioeconômico	Climático e Ambiental
Assis et al. ⁸³	2020 / Acre			
Konstantyner et al. ⁶²	2021 / Cidade de São Paulo			
Guedes et al. ⁸⁴	2021 / Brasil			
Baggio et al. ⁸⁵	2021 / Alagoas			
Rafael et al. ⁸⁶	2020 / Cidade do Rio de Janeiro			
Li et al. ⁶⁰	2021 / Estado de São Paulo			
Rodrigues et al. ⁶⁷	2022 / Brasil			
Fofana et al. ⁸¹	2022 / Salvador			
Ferreira ⁸⁷	2020 / Cidade de São Paulo			
Souza et al. ⁸⁸	2022 / Recife			
Viezzler e Biondi ⁷⁵	2021 / Floresta Amazônica			
Quinino et al. ⁸⁹	2021 / Pernambuco			
Merêncio et al. ⁷³	2021 / Santa Catarina			

Autores	Ano / Local	Demográfico	Socioeconômico	Climático e Ambiental
Nakada e Urban ⁹⁰	2021 / Cidade de São Paulo			
Silva et al. ⁹¹	2021 / Pernambuco			
Castro et al. ⁹²	2021 / Brasil			
Ibarra-Espinosa et al. ⁹³	2022 / Cidade de São Paulo			
Habib et al. ⁷¹	2021 / Brasil + 10 Países			
Pequeno et al. ⁷⁰	2020 / Brasil			
Gomes et al. ⁹⁴	2020 / Nordeste do Brasil			
Souza et al. ⁹⁵	2020 / Pernambuco			
Silva et al. ⁹⁶	2021 / Pernambuco			
Lima et al. ⁹⁷	2021 / Amapá			
Fortaleza et al. ⁶⁶	2020 / Estado de São Paulo			
Castro-Alves et al. ⁹⁸	2022 / Brasil			
Assis et al. ⁶⁵	2021 / Nordeste do Brasil			
Wag et al. ⁹⁹	2021 / Santa Catarina			
Lima et al. ¹⁰⁰	2021 / Brasil			
Siqueira et al. ¹⁰¹	2021 / Brasil			
Magalhães et al. ¹⁰²	2020 / Pernambuco			
Lino et al. ⁶⁹	2021 / Jundiaí			
Figueiredo et al. ⁶⁸	2020 / Brasil			
Andrade et al. ¹⁰³	2022 / Nordeste do Brasil			
De Negri et al. ¹⁰⁴	2021 / Estado do Rio de Janeiro			
Villela ¹⁰⁵	2021 / Brasil			
Silva e Ribeiro-Alves ¹⁰⁶	2022 / Cidade do Rio de Janeiro			
Leichtweis et al. ⁷⁴	2021 / 52 Países (Brasil)			
Yin et al. ¹⁰⁷	2022 / Brasil			
Sharif et al. ¹⁰⁸	2021 / Cidade de São Paulo			
Martínez et al. ¹⁰⁹	2021 / Brasil			
Crema ¹¹⁰	2021 / Estado do Amazonas			

Tabela 1- Caracterização dos estudos selecionados para esta revisão sistemática: fatores sociais, ambientais e climáticos relacionados à ocorrência da COVID-19 no Brasil, publicados entre 2020 e 2022.

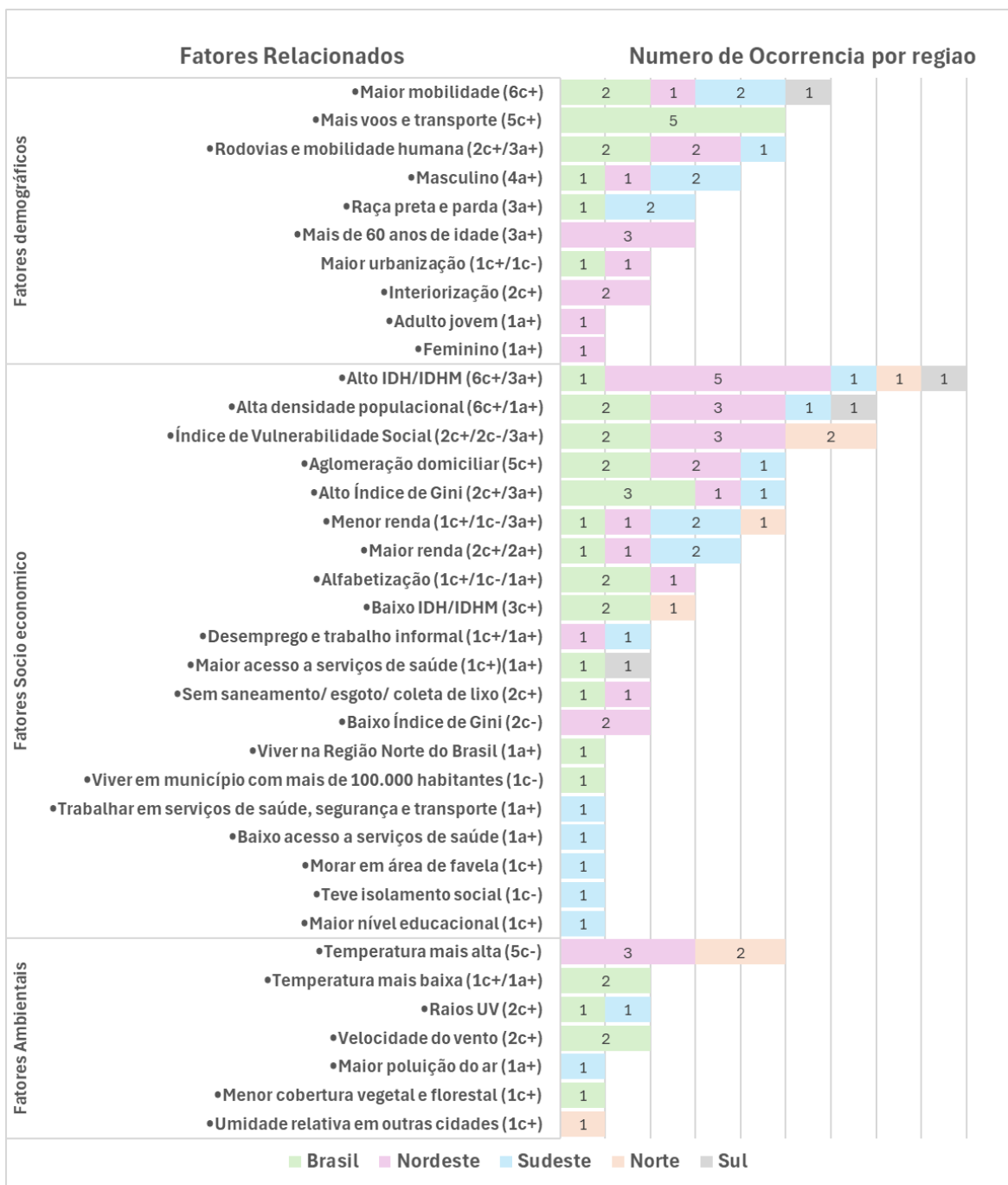


Figura 11 - Fatores sociais, ambientais e climáticos relacionados à ocorrência da COVID-19 no Brasil por região, publicados entre 2020 e 2022.

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2 Segundo Produto: Desvendando a capacidade da organização do sistema de saúde em situação de Emergência em Saúde Pública: uma análise espaço temporal

5.2.1 Desenho do estudo e fontes de dados

Estudo ecológico, com dados extraídos do Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Gripe (SIVEP-Gripe) disponibilizado pela Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais e dados populacionais do IBGE CENSO 2022⁵⁶.

O SIVEP-Gripe é um sistema de informação utilizado para monitorar e registrar casos de Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG), incluindo a vigilância por vírus respiratórios, como o Influenza e o coronavírus (SARS-CoV-2) e é composto por dados secundários dos estabelecimentos de saúde públicos e privados.

5.2.2 Área de estudo

A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) foi selecionada para este estudo por ser a região mais populosa do estado de Minas Gerais⁵. A RMBH apresenta colar e núcleo metropolitano, organizada por duas macrorregiões e oito microrregiões de saúde para referenciamento de internações e assistência em saúde⁸⁰ (Figura 11).

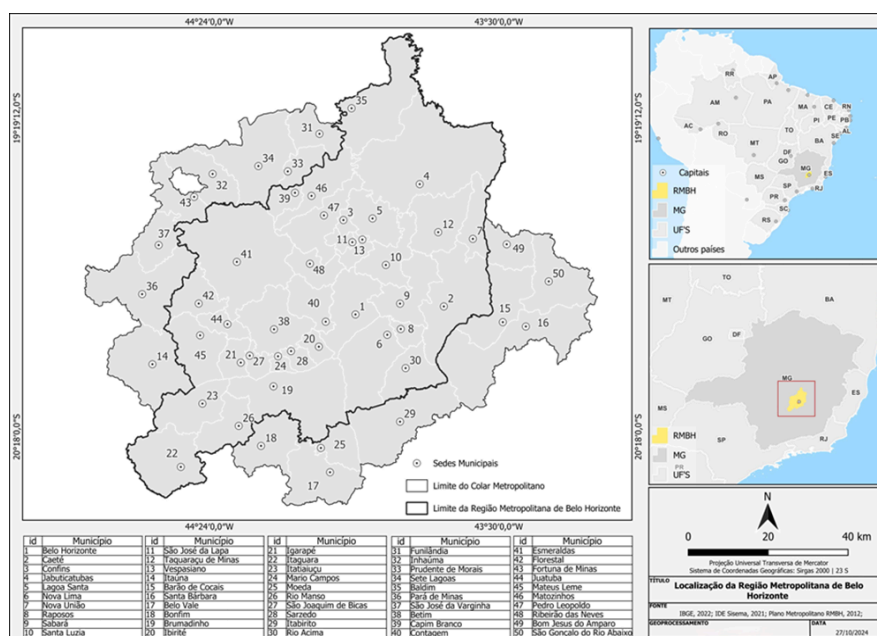


Figura 12 - Localização de Minas Gerais, Brasil. Região Metropolitana de Belo Horizonte e colar metropolitano e divisão entre as áreas com identificação dos municípios.

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.3 Variáveis de interesse

Foram analisados dados de internações e óbitos por SRAG COVID-19, disponíveis no SIVEP-Gripe da Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais, e a partir destes foram calculadas as taxas de internação, letalidade dos internados e taxa de mortalidade por ano e agregados pelos municípios de residência, considerando o geocódigo de cada município.

Para a taxa de internação foram consideradas as internações por SRAG COVID-19, confirmados por SRAG COVID-19, segundo local de residência, nos anos de 2020, 2021 e 2022 em relação ao total da população residente de cada município da RMBH de acordo com o Censo/IBGE 2022, conforme abaixo.

$$\textit{Taxa de Internação: } \frac{\textit{número de internação por SRAG COVID-19, por local de residência}}{\textit{número total da população residente no município da RMBH}} \times 10.000$$

Para a letalidade foram considerados os números de óbitos por SRAG COVID-19 em 2020, 2021 e 2022, em relação ao total de internações por SRAG COVID-19.

$$\textit{Taxa de letalidade: } \frac{\textit{número de óbitos por SRAG COVID-19}}{\textit{número total de pessoas internadas por SRAG COVID-19}} \times 100$$

Para a taxa de mortalidade foram considerados os óbitos por SRAG COVID-19 em relação ao total de habitantes no município da RMBH segundo Censo/IBGE 2022.

$$\textit{Taxa de Mortalidade: } \frac{\textit{número de óbitos por SRAG COVID-19}}{\textit{número total da população no município da RMBH}} \times 1.000$$

5.2.4 Análise espacial e espaço-temporal

O número absoluto de internações e óbitos e as taxas de internação, letalidade e mortalidade foram estimadas para cada município da RMBH a cada ano utilizando Suavização Espacial Bayesiana Empírico. Os cálculos foram realizados por meio do software GeoDa versão 1.10 (ASU, GeoDa Center for Geospatial Analysis and Computation, Arizona, EUA).

Para realização das análises de Suavização Espacial Bayesiano Empírico, teste Moran Global e os Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA) foi criada a matriz de vizinhança de primeira ordem (Queen). Esse parâmetro da matriz de vizinhança considera os

vizinhos como áreas bordas ou vértices compartilhados. Os métodos de análise espacial e as técnicas de geoprocessamento foram empregados para avaliação da distribuição geográfica dos indicadores de saúde analisados. Desse modo foi feita a verificação da presença ou ausência de dependência espacial e existência de agrupamento (clusters) espaciais com posterior definição das áreas de maior casos e óbitos, incidência acumulada, letalidade e mortalidade por SRAG COVID-19. Foram elaborados mapas coropléticos. O Índice de Moran Global e LISA foram calculados utilizando o Software GeoDa versão 1.10.

A análise de espaço-temporal foi utilizada para definição de risco epidemiológico. É uma técnica que avalia as taxas de incidência por meio de um círculo que se movimenta no espaço, alterando o raio e a posição do seu centro por meio de uma varredura do espaço onde está sendo estudado, localizando um círculo no local onde há alta taxa de incidência, letalidade e mortalidade dentro, e muito baixa, fora deste.

Os aglomerados espaciais foram identificados por meio do modelo discreto de Poisson. Para o cálculo das estatísticas de varredura, foram utilizadas as seguintes configurações: não ocorrência de sobreposição geográfica dos aglomerados; aglomerados de tamanho máximo igual a 50% da população exposta; tamanho máximo dos aglomerados temporais igual a 50% do período de estudo; e precisão temporal padronizada em um ano, com conjuntos circulares e 999 repetições.

Optamos por utilizar as configurações do modo default na análise para que a escolha não seja arbitrária. Dessa forma, considera-se 50% da população como tamanho máximo do aglomerado espacial e temporal. Com isso, o SaTScan avaliou clusters muito pequenos e muito grandes, e tudo o que estiver entre eles.

Este modelo considerou o espaço e o tempo em que os casos ocorreram. Foram considerados significativos os clusters com $p \leq 0,05$. Para identificar clusters espaciais e espaço-temporais, estatísticas de varredura foram aplicadas usando o *software SaTScan*, versão 9.4.4 (Boston, EUA)¹¹¹.

Os resultados das análises espaciais e espaço-temporal foram discutidos à luz da oferta de serviços dos municípios em destaque, bem como à vulnerabilidade social, possibilitando a identificação de áreas prioritárias para um planejamento em saúde pública.

5.3 Terceiro Produto: O local de internação influencia na mortalidade por COVID-19? Evidências da Pandemia em uma análise multinível

5.3.1 Desenho do estudo

Trata-se de um estudo de coorte histórica, com análise descritiva e análise multinível, sendo no primeiro nível o indivíduo e no segundo nível o hospital de internação, de pacientes com SRAG COVID-19, residentes de Contagem–MG. A população foram residentes de Contagem, internados de 2020 a 2022 por SRAG COVID-19 em qualquer unidade assistencial (pública ou privada de qualquer município) e notificados no SIVEP Gripe Contagem (n=17.385 internações). Dessas internações, foram excluídos 725 de não residentes do município, 8.899 SRAG não COVID-19, 319 internados em hospitais de médio e pequeno porte ou UPA (319). Foram elegíveis 7.442 internações de todos os residentes de Contagem (Figura 1).

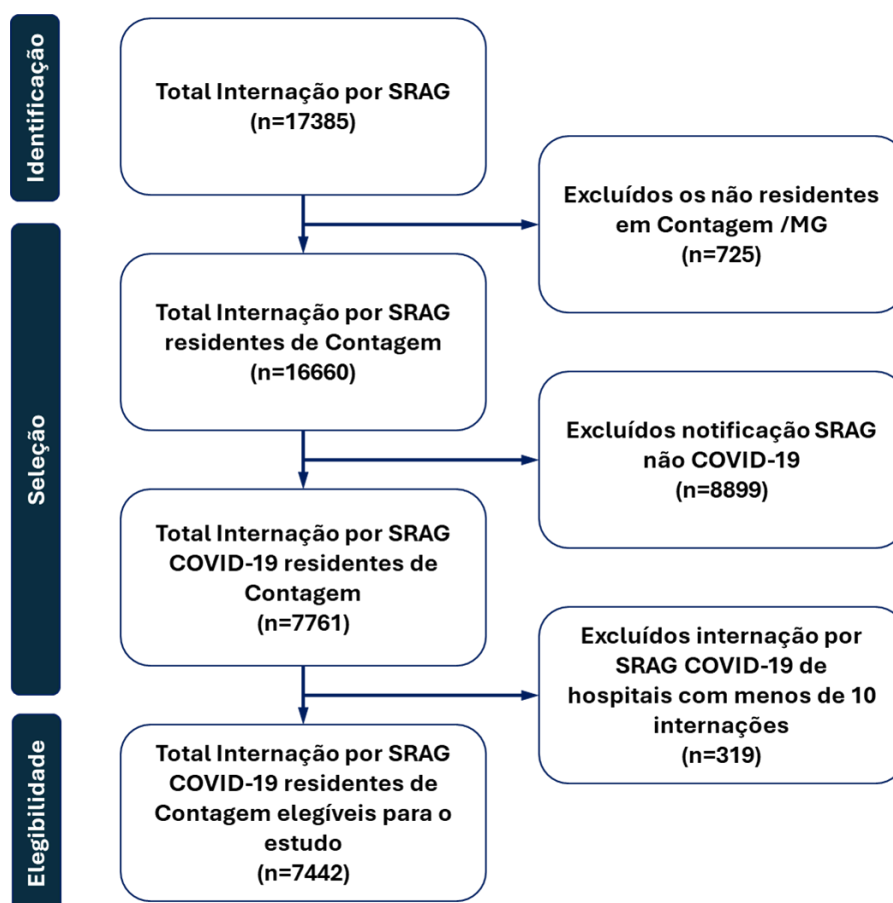


Figura 13 - Fluxo do processo de inclusão dos registros de internação do SIVEP Gripe COVID-19 utilizados no estudo.

Fonte: SIVEP gripe

5.3.2 Área de estudo

Contagem está localizado na Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais. É a terceira cidade mais populosa do estado de Minas Gerais com 621.863 habitantes⁵⁵. O município é dividido em oito distritos sanitários, que são regiões administrativas.

5.3.3 Variáveis analisadas

Para determinar os fatores relacionados aos óbitos por COVID-19 em Contagem, foi utilizado o modelo de regressão logística multinível (univariada e multivariada) cuja variável dependente foi óbito por COVID-19 (desfecho). As variáveis independentes (explicativas) analisadas foram variáveis demográficas, idade que foi categorizada em abaixo de 60 ou 60 anos e mais e as comorbidades: uma, duas, três e mais de três. Sendo estas variáveis utilizadas também como no modelo fixo na análise logística multinível no primeiro nível. Para as análises logística multinível no segundo nível optou-se por não utilizar nenhuma variável.

Para as variáveis independentes contínuas, a forma funcional dessa relação foi avaliada por meio do modelo aditivo generalizado (GAM). Com base no GAM, foi realizada uma análise gráfica a fim de permitir a identificação de uma associação entre uma variável explicativa e uma variável de desfecho (binomial). Além de inferir em quais faixas de valores essa associação é significativa, o que pode ser declarado quando faixas de valores da curva não pertencem ao intervalo de confiança estimado e contém valor zero incluído. Essa estratégia foi utilizada para fazer categorizações, ou para ajustar modelos lineares bivariados.

5.3.4 Modelagem multinível

Utilizou um modelo multinível hierárquico, para os dados apresentarem agrupados de maneira hierárquica, sendo o primeiro nível, o indivíduo e o segundo nível local de internação.

Os hospitais são classificados por complexidade alta, média e baixa conforme os procedimentos ofertados, considerando a tecnologia e custo¹¹². Os locais de internação foram classificados com alta complexidade e outros (média e baixa complexidade e UPA por oferecerem atendimentos de baixa complexidade).

Optou-se pela utilização do modelo multinível devido à vantagem que apresenta em comparação entre os modelos clássicos de regressão logística. Os modelos multiníveis apresentam a vantagem em consideração a análise de dados hierarquicamente estruturados. Estes modelos apoiam em submodelos e expressam a relação entre as variáveis dentro do nível.

5.3.5 Análise estatística

Inicialmente, conduziu-se a uma análise preliminar para examinar a relação entre as variáveis independentes e as variáveis dependentes. Utilizou-se um modelo bivariado multinível para testar possíveis associações. Além disso, para as variáveis independentes com mais de dois grupos, se um dos grupos não apresentava significância estatística, a variável era recategorizada. No primeiro nível as variáveis idades 60 anos e mais, comorbidades (uma, duas, três e mais de três) e no segundo nível a complexidade dos serviços de saúde: alta complexidade e outros (hospital média e alta complexidade e UPAs) passaram por esse processo de recategorização. Os pacientes foram atendidos em 74 unidades de internação. Para a análise multivariada, selecionaram-se as variáveis que, na análise univariada apresentaram valor de $p \leq 0,10$ para compor o modelo logístico multinível multivariado. Para o modelo final utilizou-se o "Método de Backward", ou seja, partiu-se do modelo com todas as variáveis, procedendo-se ao descarte sucessivo das variáveis que não apresentaram nível de significância de $p \leq 0,05$ em relação as demais variáveis. No modelo logístico multivariado final, mantiveram-se as variáveis com nível de significância estatística $p < 0,05$ e OR significativa, conforme o intervalo de confiança de 95%. Para definição dos modelos finais, foi utilizado o teste da razão da verossimilhança.

5.3.5.1 Modelagem estatística multinível

Aplicamos uma análise de regressão logística multivariável de dois níveis, ajustando dois modelos diferentes. O modelo 1 (modelo vazio ou nulo) não tem variável explicativa e foi utilizado para decompor a variância total sobre o risco de óbito por COVID-19 no segundo nível. O modelo 2 continha os fatores de confusão potenciais (fatores de nível individual).

5.3.5.2 Medidas de associação (efeitos fixos)

As medidas de associação entre os efeitos fixos para o óbito por SRAG COVID-19 foram relatadas odds ratio (OR) com seus valores de p e intervalo de confiança de 95% (IC).

5.3.5.3 Medidas de variação (efeitos aleatórios)

Os efeitos aleatórios foram expressos em termos de Variância, Odds Ratio Mediana (ORM), Correlação Intra-Cluster (ICC) e Coeficiente de Partição de Variância (PCV).

5.3.5.4 Avaliação dos modelos

O desempenho de todos os modelos foi avaliado pela área sob a curva ROC em todos os modelos. Todas as análises e limpeza do banco de dados foram realizadas usando o software estatístico R (pacotes mgcv, lme4, ggplot2).

5.4 Aspectos éticos

O estudo foi realizado com base em dados secundários da Secretaria de Municipal de Saúde Contagem, agregados segundo áreas de estudo, com identificação nominal ou endereço dos indivíduos, em conformidade com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS) número 466/2012, de 12 de dezembro de 2012. Este foi submetido para Apreciação Ética (CAAE) ao Comitê de Ética da Universidade Federal de Minas Gerais com o número 55149621.2.0000.5149.

6 RESULTADOS

6.1 Artigo Original 1

Understanding the COVID-19 Public Health Emergency in Brazil: A Systematic Review of Contributing Factors

Ana Maria Viegas^{1,2,3}, Selma Costa Sousa¹, Giovanna Rotondo Araujo¹, Aline Dayrell Ferreira Sales^{2,3}, Isabela Farnezi Veloso⁴, David Soeiro Barbosa^{1,2} *

¹Laboratory of the Epidemiology of Infectious and Parasitic Diseases, Department of Parasitology, Institute of Biological Sciences,

²Postgraduate Program in Public Health, School of Medicine, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brazil.

³Belo Horizonte Urban Health Observatory, School of Medicine, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brazil.

⁴Epidemiology of the Health Department of Contagem, Minas Gerais, Brazil

⁵Epidemiology of the Health Department of Betim, Minas Gerais, Brazil.

* Author to whom correspondence should be addressed (davidsoeiro@gmail.com)

Abstract:

Introduction: Public health emergencies (PHEs) are important causes of morbidity and mortality, requiring managers to develop effective preparedness and response capacities. Socioeconomic and environmental vulnerabilities increase the risk of adverse health outcomes. Objective: We aimed to investigate how demographic, socioeconomic, environmental, and climate factors associated with or correlated with COVID-19 during the pandemic in Brazil. Method: A systematic review was conducted, searching for articles in the following databases: PubMed, Cochrane, MEDLINE via the Virtual Health Library (VHL), and Web of Science (WOS). The search utilized descriptors cataloged in DeCs and MeSH, covering aspects related to the morbidity and mortality associated with COVID-19 and its demographic, socioeconomic, environmental, and climatic determinants in the country, including studies published between 2020 and 2022. Results: A total of 41 studies were included, identifying a positive association and correlation between COVID-19 cases, lethality, and mortality and factors related to social inequality, such as being part of the Black

population, low educational attainment, and being over 60 years of age. Municipalities with lower Human Development Index and Municipal Human Development Index and reduced access to healthcare services reported more severe cases. Higher mortality was linked to economic vulnerability, including unemployment and informal work. Additionally, areas with higher levels of urbanization, proximity to highways, and reduced vegetation cover were correlated with higher incidence of cases. Lower temperatures and higher relative humidity were also positively correlated with case counts. Conclusion: The study identified social vulnerabilities associated with and correlated to with a higher number of cases and deaths, highlighting the need for coordinated preparedness and response strategies to ensure and rapid effective action during PHEs.

Keywords: Emergency preparedness. Social vulnerability. Incidence. Mortality. Brazil.

1. Introduction

Public health emergencies (PHE) require immediate actions through measures aimed at preventing, controlling, and containing health risks during outbreaks, epidemics, natural disasters, or in situations where access to medical care is lacking. [1].

These events need continuous monitoring and the implementation of rapid response plans to ensure effective risk management and to minimize adverse health outcomes [2]. In this context, the Ministry of Health (MoH) has instituted continuous surveillance of Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS), enabling epidemiological monitoring that allows for the timely identification and response to unusual situations [3].

The dynamics of the COVID-19 pandemic varied across cities and countries. The spatial and temporal evolution showed that the first cases of COVID-19 occurred in metropolitan regions (MR), followed by its spread to municipalities with lower socioeconomic infrastructure [4]. Therefore, it is important to understand the individual and contextual factors that influenced, and at times determined, the course of the epidemic, particularly in relation to increased risk of infection, disease severity, and mortality.

Several factors can contribute to the occurrence of COVID-19 in urban and rural contexts. Demographic factors help to assess urbanization levels, population growth trends, age distributions and household compositions. Socioeconomic factors contribute to understanding the impact of education, income, housing, and coverage of essential services on

living conditions and health outcomes [5]. Environmental factors influence health, and their effects vary according to the individual, region, and social group [6]. Climate factors, including changes in temperature patterns, rainfall, among other phenomena, can alter the behavior of vectors and pathogens, affecting public health. [7].

This study aimed to investigate whether the occurrence of demographic, socioeconomic, environmental, and climatic factors may have driven the COVID-19 pandemic in Brazil, contributing to understanding the conditions that shaped its progression and potentially contributing to innovative strategies for addressing future public health emergencies. To this end, we conducted a systematic review to identify demographic, socioeconomic, environmental, and climatic factors associated with the occurrence of COVID-19 during the pandemic, including respiratory diseases in PHE settings, aiming to understand both the determinants of vulnerability and their implications for managing future health crises.

2. Materials and Methods

A systematic review of the literature was carried out in different electronic scientific databases, using descriptors referring to demographic, socioeconomic, environmental, and climate factors associated with the occurrence of COVID-19 in Brazil. The socioeconomic variables included income, education, employment, housing, access to health services, urbanization, spread from central urban areas to peripheral or less developed regions, among other conditions [5]. Climate variables, such as temperature, vegetation cover, humidity index [7], and environmental variables, such as air and pollution, and wind speed [6], were also considered, as they may have influenced the outcomes of COVID-19.

This study was registered in the International Prospective Register of Systematic Reviews [8] under registration number CRD42022360100 and followed the recommendations of the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses [9].

2.1 Eligibility criteria.

The systematic review included studies that presented factors associated with demographic, socioeconomic, environmental, and climatic factors and the occurrence of COVID-19 in Brazil between 2020 and 2022, published in English, Portuguese, or Spanish. Cohort, cross-sectional, and ecological studies that showed an association or correlation of variables associated with the occurrence of COVID-19 were also included.

Studies restricted to the description of cases or variables, as well as studies showing biases or inconsistencies, dissertations, theses, and grey literature were excluded due to data security bias.

2.2 Sources

The bibliographic search was performed in the following electronic databases: PubMed, Cochrane Database, Virtual Health Library (BVS), and Web of Science (WOS).

2.3 Search strategies (colocar no material suplementar??)

The searches were carried out using the terms catalogued in the Health Sciences Descriptors (DeCS) and Medical Subject Headings (MeSH), in Portuguese, English, and Spanish. The Boolean operators "AND" and "OR" and quotation marks were used to facilitate the search for manuscripts. The following terms were used to search the databases: 1) "COVID-19" (alternative term: COVID), 2) "Brazil" (alternative terms: "Brazilian", "Brazil"), 3) "social factors" (alternative terms: "social"), 4) "environmental factors" (alternative terms: "environmental factors", "environmental"), 5) "Climate factors" (alternative terms: "Climate factors", "Climate", "climate"), 6) "incidence" (alternative terms: "incidence", "incidence"), 7) "mortes" (alternative terms: "mortality", "death", "mortality"). The papers which met the eligibility criteria in the title, abstract, and keywords were included in this systematic review.

All papers were analyzed by two independent reviewers. When there was doubt in the exclusion process, a third reviewer was consulted by the two reviewers. The Kappa coefficient was one, indicating 100% agreement among the reviewers.

The bibliographic search was assisted by a librarian, and Rayyan software was used to select and organize the studies used in the systematic review. The information extracted from the articles was organized into tables and graphs for descriptive analysis, using Microsoft Word and Excel.

3. Results

3.1 Analysis of publications

A total of 1,376 studies were initially selected through the literature search. Of these, 1,332 studies were excluded: 335 due to duplication, 878 after reading the titles, 74 after reading the abstracts, and 45 after reading the full texts, leaving 41 studies that met the

eligibility criteria and were included in this systematic review (Figure 1). The first set of studies (n=13) considered Brazil as a whole, while the remaining studies considered in the Northeast (n=11), Southeast (n=11), South (n=02), and North (n=04) regions. Also, the related factors to the occurrence of COVID-19 found in the publications, considered demographic data (21 studies), socioeconomic variables (31 studies), and climate and environmental (nine studies) (Table 1).

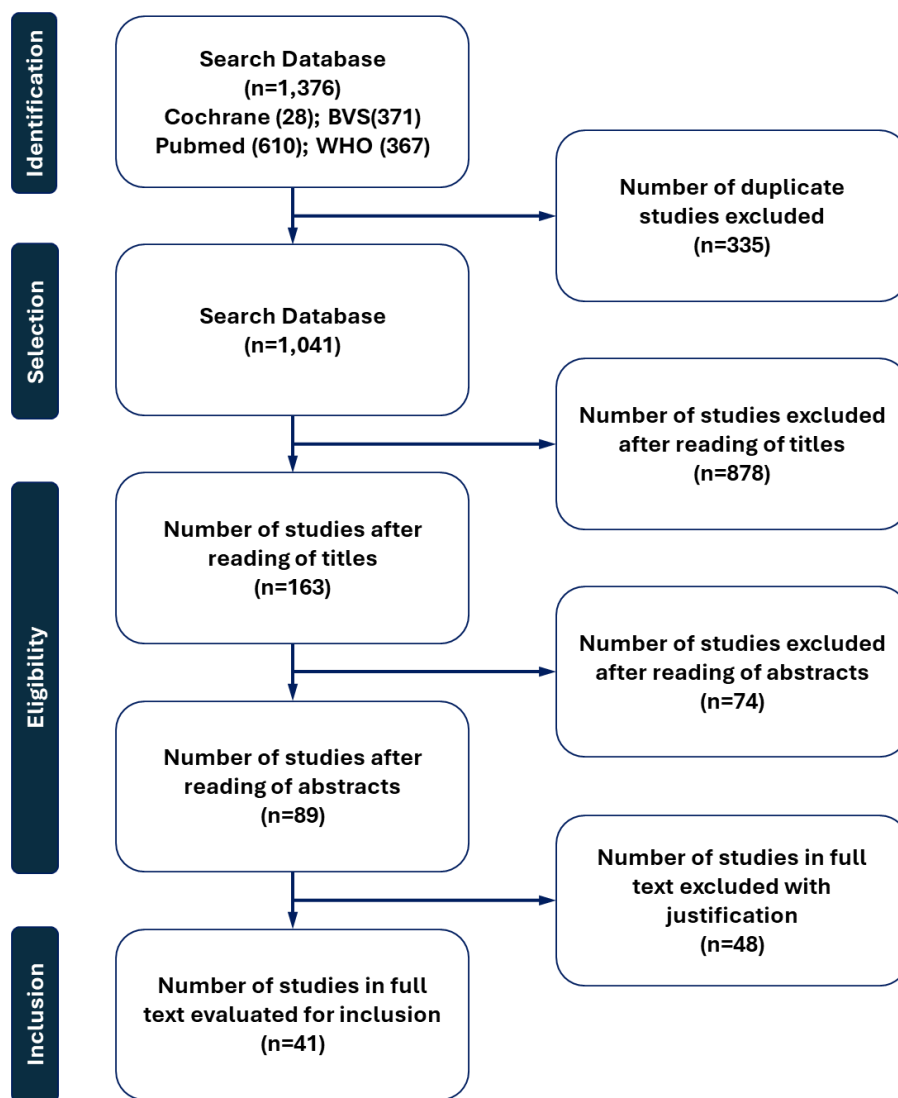


Figure 1. Flowchart of the selection process of scientific studies from electronic databases for systematic review of sociodemographic, socioeconomic, environmental, and climate factors related to the occurrence of COVID-19 in Brazil, published between 2020 and 2022.



Table 1: Characterization of studies selected for this systematic review: social, environmental, and climatic factors related to the occurrence of COVID-19 in Brazil, published between 2020 and 2022.

Authors	Year / location	Demographic	Socioeconomic	Climate and Environmental
Assis et al. ⁸³	2020 / Acre			
Konstantyner et al. ⁶²	2021 / Cidade de São Paulo			
Guedes et al. ⁸⁴	2021 / Brasil			
Baggio et al. ⁸⁵	2021 / Alagoas			
Rafael et al. ⁸⁶	2020 / Cidade do Rio de Janeiro			
Li et al. ⁶⁰	2021 / Estado de São Paulo			
Rodrigues et al. ⁶⁷	2022 / Brasil			
Fofana et al. ⁸¹	2022 / Salvador			
Ferreira ⁸⁷	2020 / Cidade de São Paulo			
Souza et al. ⁸⁸	2022 / Recife			
Viezzler e Biondi ⁷⁵	2021 / Floresta Amazônica			

Authors	Year / location	Demographic	Socioeconomic	Climate and Environmental
Quinino et al. ⁸⁹	2021 / Pernambuco			
Merêncio et al. ⁷³	2021 / Santa Catarina			
Nakada e Urban ⁹⁰	2021 / Cidade de São Paulo			
Silva et al. ⁹¹	2021 / Pernambuco			
Castro et al. ⁹²	2021 / Brasil			
Ibarra-Espinosa et al. ⁹³	2022 / Cidade de São Paulo			
Habib et al. ⁷¹	2021 / Brasil + 10 Países			
Pequeno et al. ⁷⁰	2020 / Brasil			
Gomes et al. ⁹⁴	2020 / Nordeste do Brasil			
Souza et al. ⁹⁵	2020 / Pernambuco			
Silva et al. ⁹⁶	2021 / Pernambuco			
Lima et al. ⁹⁷	2021 / Amapá			
Fortaleza et al. ⁶⁶	2020 / Estado de São Paulo			
Castro-Alves et al. ⁹⁸	2022 / Brasil			
Assis et al. ⁶⁵	2021 / Nordeste do Brasil			
Wag et al. ⁹⁹	2021 / Santa Catarina			
Lima et al. ¹⁰⁰	2021 / Brasil			
Siqueira et al. ¹⁰¹	2021 / Brasil			
Magalhães et al. ¹⁰²	2020 / Pernambuco			
Lino et al. ⁶⁹	2021 / Jundiaí			
Figueiredo et al. ⁶⁸	2020 / Brasil			
Andrade et al. ¹⁰³	2022 / Nordeste do Brasil			
De Negri et al. ¹⁰⁴	2021 / Estado do Rio de Janeiro			
Villela ¹⁰⁵	2021 / Brasil			
Silva e Ribeiro-Alves ¹⁰⁶	2022 / Cidade do Rio de Janeiro			
Leichtweis et al. ⁷⁴	2021 / 52 Países (Brasil)			
Yin et al. ¹⁰⁷	2022 / Brasil			
Sharif et al. ¹⁰⁸	2021 / Cidade de São Paulo			
Martínez et al. ¹⁰⁹	2021 / Brasil			
Crema ¹¹⁰	2021 / Estado do Amazonas			

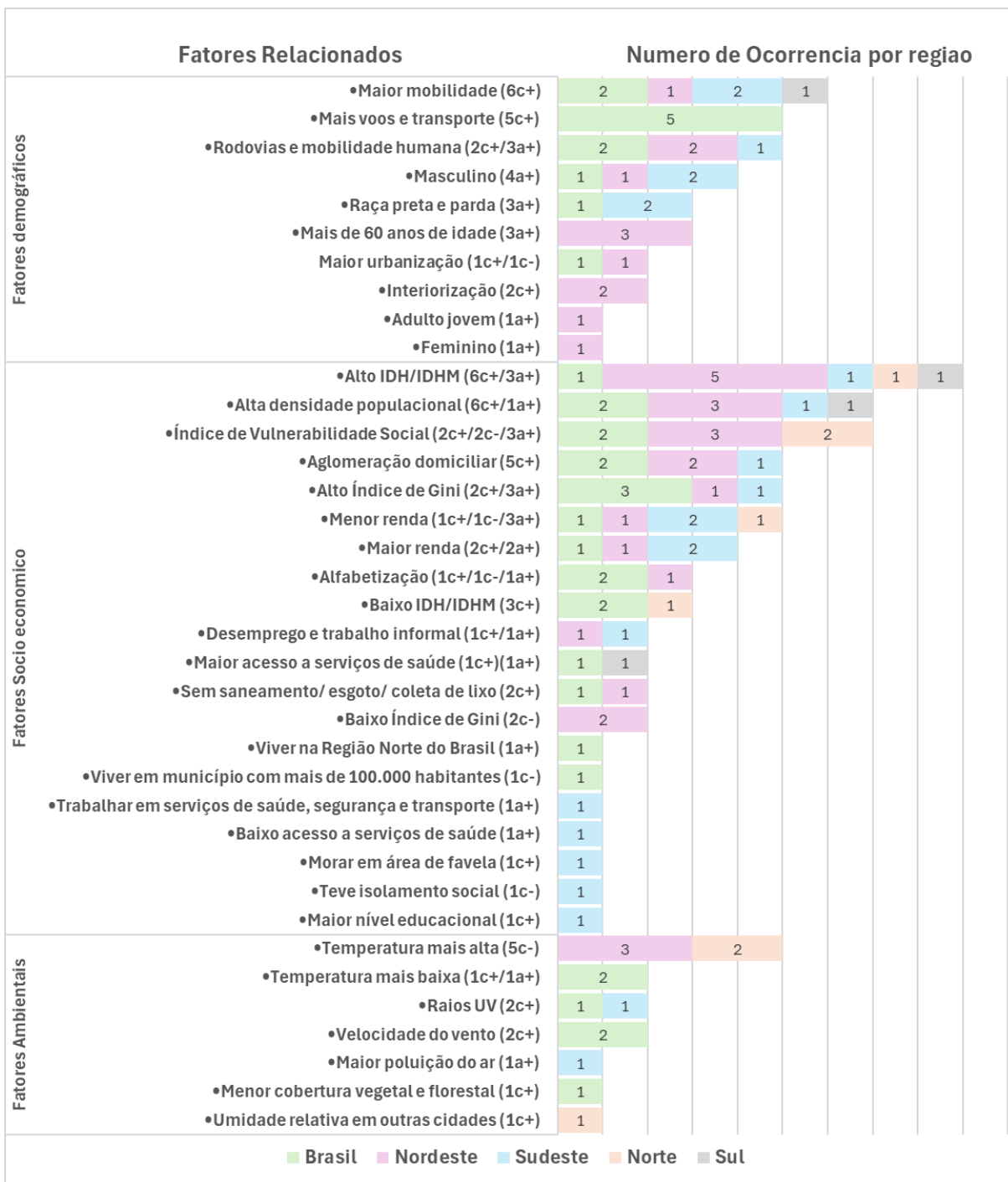


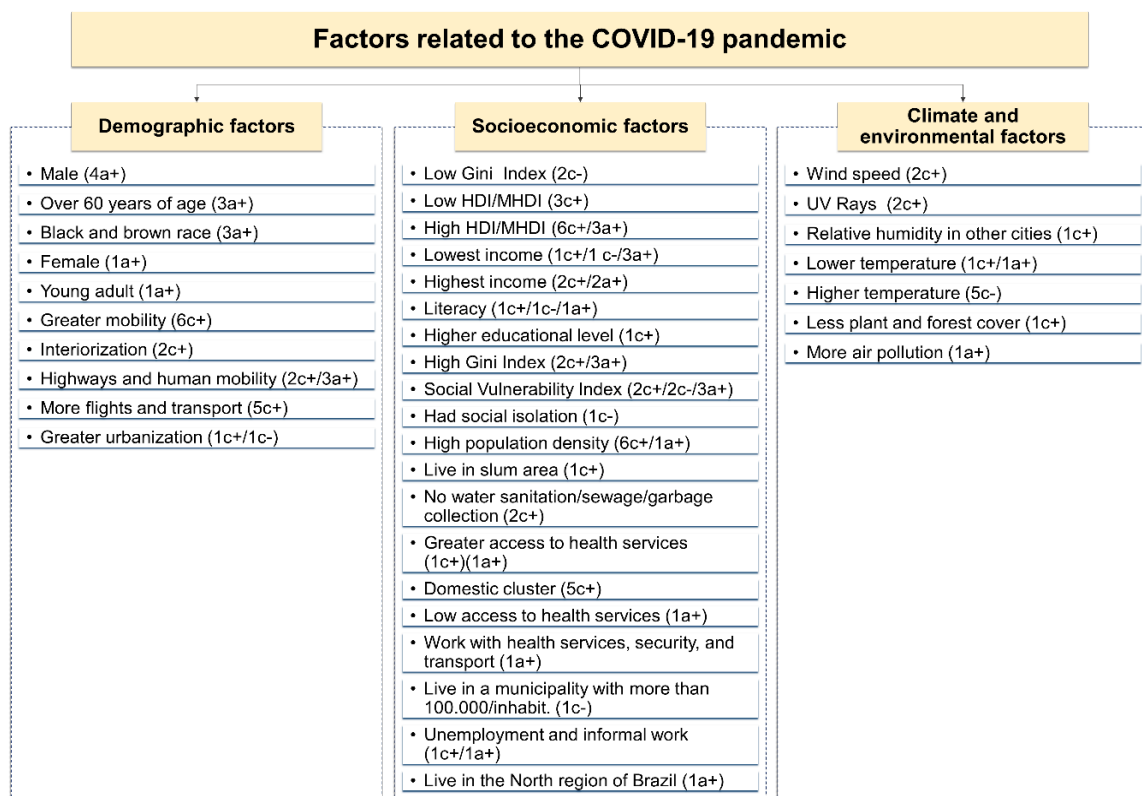
Figure 2 : Fatores sociais, ambientais e climáticos relacionados à ocorrência da COVID-19 no Brasil por região, publicados entre 2020 e 2022

3.2 Demographic factors

3.2.1 Data related to individuals

Age, sex, and race/color were demographic factors consistently related to epidemiological patterns of COVID-19 in Brazil (Figure 2). The highest incidence of

COVID-19 was observed among males [10, 11], Black individuals [12,13], and those over 60 years of age [11, 14]. Black (OR 1.41) and Brown (OR 1.46) individuals presented higher chances for hospitalization and deaths in a study conducted in São Paulo [15] and in Brazil [16]. A study in Salvador found a higher chance among women (OR 1.51) and young adults (OR 1.38) of SARS-CoV-2 seropositivity [17]. Another study reported a positive correlation between incidence and individuals over 60 years of age [18]. Additionally, another study found a strong positive correlation ($r = 0.85$) for the increase in COVID-19 cases among individuals aged over 60 years.



Legend: c+ variable with positive correlation; c- variable with negative correlation; a+ variable with positive association (higher chance); a- variable with negative association (lower chance).

Figure 3. Factors related to the occurrence of COVID-19 in Brazil, as identified in studies published between 2020 and 2022.

3.2.2 Urbanization

Studies evaluating variables related to environmental factors (Figure 2) found a positive correlation between case numbers and areas with higher urbanization [20, 21] and a negative correlation between urban index (population and absolute built area) and COVID-19 mortality rate [20].

3.2.3 Interiorization and Human Mobility

Commuting patterns among workers showed a positive correlation [10] with the spread of COVID-19 into Brazil's inland areas. Studies in Pernambuco [21], Santa Catarina [22], and São Paulo [23] identified a positive correlation between the number of COVID-19 cases and increased population mobility toward more distant cities located along major highways, with a statistically significant association (OR = 1.72) observed for this pattern of movement [24]. Human mobility was further associated with the spread of COVID-19 cases to areas near highways [23, 25], with the mobility index showing a positive correlation with both case and deaths rates [26]. A positive correlation was also found between higher incidence rates and locations with greater transport connectivity [27] and increased air traffic [28]. The spread of the disease was also positively correlated to inland regions [29], with new cases emerging in other locations following the relaxation of isolation measures [30].

3.3 Socioeconomic factors

3.3.1 Human Development Index and Municipal Human Development Index

One study that evaluated the Municipal Human Development Index (MHDI) found a positive correlation between more severe cases of COVID-19 in children and regions with a low MHDI in the less developed areas [31], as well as correlation with excess risk [24], and SARS COVID-19 detection [21]. The lower MHDI also showed a positive correlation in places with the highest incidence [30] and an association with the recording of deaths from the disease [25]. The higher MHDI was associated with increased COVID-19 mortality among the elderly [32]. Studies identified [34,36] a positive correlation between higher MHDI and the number of reported COVID-19 cases in municipalities that tend to rely less on aid from higher authorities, and cities with higher travel potential at the beginning of the pandemic [35].

3.3.2 Population Density

Higher population density was positively correlation [21, 32] and positively associated [25] with a greater number COVID-19 cases. In Santa Catarina, there was a positive correlation with both case and death counts [35]. Other studies similarly found that higher mortality rates were positively correlated [20, 33, 37] with higher population density.

A study in São Paulo reported that households located in poor and densely populated neighborhoods showed a positive correlation with a higher incidence of COVID-19 [19]. Living in the North and Northeast regions of Brazil was also associated with increased chance of mortality(OR 1.37) [15]. In contrast, a negative correlation was observed for mortality rates

and municipalities with more than 100,000 inhabitants and better socio-economic conditions [20].

3.3.3 Income

Income inequality was associated with COVID-19 in several studies [30, 31]. Individuals with a lower income were more likely to become infected with COVID-19 (OR 1.03) [18], particularly among women [17]. Lower income also showed a positive correlation with COVID-19 mortality [19] and was associated with death from the disease (OR 2.45) [16]. A negative correlation was observed between low income and maternal mortality due to COVID-19 in municipalities with fewer health resources and greater social inequalities [38].

Some studies reported a positive correlation between higher income and higher cumulative incidence in Rio de Janeiro [14] as well as with mortality nationwide [33]. In Pernambuco, one study [39] identified an association between incidence and higher-income neighborhoods, while another, conducted in Jundiai, São Paulo [40], found a weak positive association between average per capita income and COVID-19 cases. Only one study, carried out in Brazilian capitals between February and March 2020, reported that low income was not statistically significant for COVID-19 cases numbers. An increase in cases was recorded in cities with a higher number of incoming flights [28].

3.3.3 Literacy

Regarding literacy, illiterate individuals were positively correlated with a higher incidence of COVID-19 [25]. Illiteracy was also positively associated with mortality (OR 1.6) [16] while another study found a negative correlation between illiteracy and lethality of the disease [19], in regions with greater social vulnerability. In contrast, higher education levels were positively correlated with COVID-19 mortality in nationwide study. Conducted with aggregated data from municipalities, without considering individual data [34].

3.3.4 Gini Index

Studies analyzing the progression of the disease in 2021 found higher Gini Index values positive associated with greater mortality [25] and an association with increased lethality [41]. In Brazil, there was a positive correlation between maternal mortality from COVID-19 and municipalities with fewer health resources and greater socioeconomic inequalities [38].

3.3.5 Social Vulnerability Index

Studies evaluating a high Social Vulnerability Index found associations with increased mortality [25] and lethality [13, 42]. A positive correlation was identified between higher COVID-19 incidence in favelas [18] while a negative correlation was observed in lacking access to water, treated sewage, and without garbage collection services, demonstrating the spatial spread of COVID-19 from well-developed areas to areas with low-income populations [19]. The highest lethality rates were negatively correlated with the absence of piped water and sewage systems, which showed that 59.8% of the variation in incidence and 57.9% of mortality were explained by social inequality. [41]. Additionally, severe cases of COVID-19 in children were positively correlated with social inequality [31].

3.3.6 Access to Health Services

A study carried out in São Paulo showed an association with death from SARS COVID-19 (OR 1.40) and hospitalization in public healthcare facilities compared to private hospitals, which was attributed to unequal access to care [15]. A study conducted in the federative units of Brazil showed that cities with Primary Health Care coverage below 50% recorded nine times more COVID-19 cases compared to federative units with higher PHC coverage ($B = 9.08$). [12].

3.3.7 Work

Other social factors, such as unemployment and lack of formal employment, also had a positive correlation with a higher number of cases recorded [36]. In the same sense, people who worked in transportation, security, and health (PR 2.66) [43] showed an association with deaths from COVID-19 in health (OR 2.46) and security (OR 2.25) [43].

3.3.8 Densification of households

Excessive household density showed a positive correlation with a higher incidence of COVID-19 [19, 41, 44]. Higher lethality and mortality were also associated (RR 1.57) [45] and positively correlated with crowding [36, 41]. Social isolation showed a negative correlation with a higher number of COVID-19 cases recorded [23].

3.4 CLIMATE AND ENVIRONMENTAL FACTORS

3.4.1 Temperature

Three studies were identified concerning climate factors and COVID-19 (Figure 2). The variable higher temperatures showed a negative correlation with the transmission of COVID-19 [23, 46], and lower temperatures were associated with a higher number of cases of

the disease [28]. In a study conducted in Brazil [47] and São Paulo [48], a positive correlation was found between cases and deaths [48] due to COVID-19 occurring at lower temperatures (20° and 22°) [47, 48]. In a study in Brazil, there was no significant correlation with transmission (R_0). Climatic data from Brazil were evaluated, and the variation was small, with no increase in temperature that could explain the change in transmission [49].

3.4.2 Wind Speed

The wind speed variable (K/h) showed a negative correlation with transmission and a higher number of COVID-19 cases in a study in São Paulo [47, 48].

3.4.3 Ultraviolet rays

One study found a negative correlation between ultraviolet (UV) rays and a higher number of COVID-19 cases [46, 48]. In another study, no statistically significant result was found between ultraviolet rays and the occurrence of COVID-19 cases [28].

3.4.4 Relative Humidity

Studies conducted in Brazil and in the state of São Paulo have demonstrated a positive correlation between higher levels of humidity and increased transmission of SARS-CoV-2 [50]. Another study identified a negative correlation between lower humidity and a rise in new COVID-19 cases [47]. Other studies on relative humidity have not shown a significant correlation with the number of COVID-19 cases and with the risk of virus transmission (R_0) [49].

Precipitation was not correlated with the number of recorded COVID-19 cases in a study that analyzed different regions of Brazil [28].

3.4.5 Vegetation

Having less absolute vegetation and forest cover showed a positive correlation with higher mortality from the disease, cities with greater urbanization [20].

3.4.6 Air Pollution

The air pollution (with an increase of 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^3$ of PM 2.5 and O₃) showed an association (RR 1.14) with a higher number of cases of COVID-19 [26].

3. Discussion

The COVID-19 emergence required the urgent organization of the healthcare network and demonstrated that the dynamics of the disease patterns were influenced for environmental

conditions, such as climate and temperature, on the transmission of respiratory diseases. SARS is continuously monitored to ensure early identification and assistance, as well as to support decision-making and preparedness and response efforts. COVID-19 required adaptation of PHE plans to deal with an unusual event and to strengthen the preparedness and response capacity of health services.

The PHE plans demonstrate a greater impact on populations with higher social, economic, and environmental vulnerability [1]. Among the main variables analyzed, demographic and socioeconomic factors stood out, such as population density, Human Development Index (HDI and Municipal HDI), Gini Index, and availability of health services. These variables are essential for understanding the distribution of COVID-19, as they reflect structural inequalities that influence both exposure to the virus and access to diagnosis and treatment. Climatic variables were also included, such as temperature, relative humidity, wind speed, precipitation, and solar radiation, which may affect the dynamics of virus transmission, although the results observed vary across regions. Studies that investigated environmental factors, including human mobility and urbanization, showed that these characteristics are also associated with the occurrence of COVID-19 cases and deaths, which may have impacted the health crisis in Brazil.

A higher incidence and risk of dying from COVID-19 were found among Black individuals [14, 15, 19], males [10, 11, 12, 13], those over 60 years of age [13, 19], with a higher illiteracy rate [16, 19, 24], and with a lower income [17, 19, 28, 29, 36], corroborating a study conducted in Finland which showed that COVID-19 cases were concentrated in areas with lower income groups, a higher number of foreigners, low levels of education, and a higher number of unemployed individuals [51]. In studies in Rio de Janeiro [14], São Paulo [40], and Brazil [33], more cases were recorded in areas with higher income. These results corroborate a study in São Paulo that showed a higher risk of COVID-19 cases associated with census sectors with higher per capita income, due to greater access to diagnosis [52].

The first cases [20, 21] and deaths [20] due to COVID-19 generally occurred in municipalities with greater urbanization, followed by cities on highway routes [23, 25] due to the population mobility [27] of the population. Another study also found similar results, where cities with greater routes and flow of travelers presented the first cases of COVID-19, followed by cities with lower flows, characterizing the disease's interiorization [53].

The analysis of the studies revealed that areas with higher population density showed increased numbers of COVID-19 cases [21, 25, 31], deaths [35], and mortality rates [20, 32, 36]. Additionally, greater household density was associated with a higher incidence [19, 40, 43] and deaths from COVID-19 [35, 36, 40]. This corroborates a study carried out in 17 cities in the province of Hubei (China) and in cities in the USA, which indicated an association between higher population density and illness and mortality due to COVID-19 [54].

The Lower Human Development Index (HDI) and Municipal Human Development Index (MHDI) were associated with higher incidence [13] and deaths from COVID-19 [25], as well as deaths due to SARS-CoV-2 among children [30], a result also reported in another study [24]. Areas with lower HDI and higher Gini Index showed higher mortality and lethality rates due to COVID-19 [35, 37, 40]. A study conducted in 157 countries demonstrated that countries with lower HDI (measured by literacy rates and gross national income) [54] had a higher cumulative incidence of cases, deaths, and lethality due to COVID-19.

The lower COVID-19 incidence rates observed in areas with high population density and irregular housing conditions [39] may have been influenced by a lack of information and underreporting. When comparing COVID-19 cases across different countries, one study showed that Europe and North America had a higher incidence, as developed countries conducted more diagnostic testing [55]. A study carried out in countries across Europe, Asia, Africa, South America, North America, and Oceania observed an association between income inequality and COVID-19 infection and mortality rates [56, 57]. Income inequality significantly influenced COVID-19 mortality rates. Even in areas with higher GDP, there was no protection against high mortality, especially when local economic activity and demographic characteristics are considered [58].

The spread of COVID-19 occurred in areas without access to sanitation and in slums [18, 19, 40], in addition to a higher incidence and lethality in places with greater levels of social vulnerability [13, 25, 41]. Similar results were found in India, where the highest incidence of COVID-19 was associated with having homes without drinking water and sewage [59].

The review showed that greater primary care coverage was associated with increased diagnoses, promoting better care and reporting of the disease [12]. Another study carried out

in Indonesia showed that the number of health interventions and proximity to a referral hospital were associated with lower mortality caused by COVID-19 [60].

Working in the health, transportation, and security sectors was associated with greater prevalence, increased risk of death, and a higher incidence of COVID-19 [42]. Another study in the USA reported a higher risk of death (RR 3.40) among healthcare professionals [61].

Regarding climate variables, our study identified locations with lower temperatures [23, 28, 44, 46, 47, 48] and higher relative humidity [50], which provided a scenario for a higher incidence of COVID-19. A similar finding was observed globally, showing that areas with milder climates and higher relative humidity had an increase in COVID-19 records [62]. Globally, a higher number of cases were observed under conditions of lower wind speed [46]. In Shanghai, China, a study showed that a lower average wind speed and a higher relative humidity led to an increase in confirmed cases of COVID-19 [63]. Municipalities with Atlantic Rainforest coverage in Brazil showed that lower absolute vegetation and forest coverage were associated with higher mortality rates due to COVID-19 [20]. A similar result was found in a study in the USA, where the Vegetation Index showed that increased vegetation was associated with a 6% decrease in the incidence rate of COVID-19, but no reduction in disease-related mortality [64].

4. Conclusions

The response to the COVID-19 pandemic required coordination, and rapid action to reduce morbidity and mortality. A Public Health Emergency (PHE) Preparedness Action Plan is necessary, tailored to the reality of each location. Therefore, the findings of this study showed the need to structure and implement effective actions that target populations in situations of greater socioeconomic vulnerability. Since Brazil is a large and diverse territory, it is necessary to consider local specificities and adapt control measures to each location in order to be more efficient and equitable. The experience gained with COVID-19, and the findings of this study should be considered for future rapid responses and service adaptation in the event of new public health emergencies.

The findings are relevant to public health emergency preparedness and response. They also reveal regional specificities, which may represent a limitation of the study when considering the reality of other areas of Brazil, given the country's demographic, socioeconomic, and structural heterogeneity. Therefore, each locality should take its own specific characteristics into account.

Author contributions: A.M.V.: conceptualization, analysis and selection of the studies, data extraction, writing—original draft, writing—review and editing; G.R.A. analysis and selection of the studies, data extraction, writing—original draft; S.C.S.: conceptualization, analysis and selection of the studies, data extraction, writing—review and editing; A.D.F.S.: analysis and selection of the studies, data extraction, writing—review and editing; I.F.V.: analysis and selection of the studies, data extraction, writing—review and editing; D.S.B.: conceptualization, analysis and selection of the studies, data extraction, writing—review and editing. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript

Funding: This research received no external funding.

Data Availability Statement: No new data were created or analyzed in this study. Data sharing is not applicable to this article.

Acknowledgments: All authors would like to express their sincere gratitude to the library staff of the School of Medicine at the Federal University of Minas Gerais (UFMG) for their valuable support in conducting the literature search for this systematic review.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

Abbreviations:

ESP	Public health emergency.
COVID-19	Coronavírus Disease
BVS	Virtual Health Library
MEDLINE	Medical Literature Analysis and Retrieval System Online
IDH	Human Development Index
IDHM	Municipal Human Development Index
BR ;	Brazil
SRAG	Severe Acute Respiratory Syndrome
UV	Ultraviolet Rays
PRISMA	Systematic Reviews and Meta Analyses
RM	Metropolitan area
WOS	Web of Science

References

1. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Plano de Resposta às Emergências em Saúde Pública – Brasília : Ministério da Saúde, 2014. 44 p. : il. Acesso em 30/04/2025.
https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_resposta_emergencias_saude_publica.pdf

2. Brasil. Ministério da Saúde. Plano de Ação de Preparação para a Emergência em Saúde Pública Estadual/municipal de Dezembro de 2024. Vigilância em Saúde e Ambiente. Acesso em 30/04/2025.
[https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/resposta-a-emergencias/publicacoes/resposta/plano-de-acao-preparacao.docx/view#:~:text=Este%20plano%20de%20a%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9,%C3%A9Anico%20de%20Sa%C3%BAde%20\(SUS\).](https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/resposta-a-emergencias/publicacoes/resposta/plano-de-acao-preparacao.docx/view#:~:text=Este%20plano%20de%20a%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9,%C3%A9Anico%20de%20Sa%C3%BAde%20(SUS).)
3. Brasil. Secretaria de Saúde Indígena. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Departamento do Programa Nacional de Imunizações. Plano de enfrentamento das ações de Vigilância em Saúde da Covid-19 no período pós-emergência em saúde pública nacional e internacional [recurso eletrônico]. Brasília, 2024. 32 p.: il
<https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/covid-19/plano-de-enfrentamento-da-covid-19-pela-oms-em-2023.pdf>
4. Souza C DF, Machado M F. Airports, highways and COVID-19: Analysis of spatial dynamics in Brazil. Elsevier Public Emergency Collection. 2021. 21:101067
<https://doi.org/10.1016/j.jth.2021.101067>
5. Organização Pan-Americana da Saúde. Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações / Rede Interagencial de Informação para a Saúde - Ripsa. – 2. ed. – Brasília:, 2008. 349 p.: il.
6. Brasil. Ministério da Saúde e Ministério da Educação. Caderno temático do Programa Saúde na Escola : saúde ambiental. Brasília, 2022. 42 p. : il.
7. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Mudanças climáticas para profissionais de saúde : guia de bolso [Available from]
<https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/guias-e-manuais/2024/guia-mudancas-climaticas-para-profissionais-da-saude.pdf>
8. International Prospective Register of Systematic Reviews.
<https://www.crd.york.ac.uk/prospero/>
9. Page MJ. et al., 2021. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021; 372 <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
10. Assis EL, Morais AJD, Eichenberga JO, Assis VRA, Macedo H, Deus MBB, et al. Evolution of COVID-19 during the epidemiological week 16/53 of 2020 in the state of Acre Western Amazonia, Brazil. Journal of Human Growth and Development, 2021; 31(3). <http://dx.doi.org/10.36311/jhgd.v31.12611>
11. Konstantyner TCRO, Martins CB, Luppi CG, Yashiro SM, Pissaia S, Cohs FM et al. Baseline factors associated with death in a COVID-19 hospital cohort, São Paulo, 2020. Rev Saúde Pública. 2021; 55:76. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2021055003684>
12. Guedes MBOG, Assis SJC, Sanchis,GJB, Araujo DN, Oliveira AGR, Mikael Lopes JM. COVID-19 in Brazilian cities: Impact of social determinants, coverage and quality of primary health care, 2021; 16(9): e0257347.<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257347>

13. Baggio JAO, Machado MF, Carmo RF, Armstrong AC, Santos AD, Souza CDF. COVID-19 in Brazil: spatial risk, social vulnerability, human development, clinical manifestations and predictors of mortality - a retrospective study with data from 59 695 individuals. *EpidemiolInfect.* 2021; 149: e100. <https://doi.org/10.1017/S0950268821000935>
14. Rafael RMR, Neto M, Depret DG, Gil AC, Fonseca MHS, Souza-Santos R. Efeito da renda sobre a incidência acumulada de COVID-19: um estudo ecológico. *Rev Latino-Am. Enfermagem*, 2020; 28:e3344. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdaa279>
15. Li SL, Pereira RHM, Prete Jr CA, Zarebski AE, Emanuel L, Alves PJH et al Higher risk of death from COVID-19 in low-income and non-White populations of São Paulo, Brazil. *BMJ Glob Health.* 2021; 6(4): e004959. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2021-004959>
16. Rodrigues W, Frizzera HC, Trevisan DMQ, Prata D, Reis GR, Resende RA. Social, Economic, and Regional Determinants of Mortality in Hospitalized Patients with COVID-19 in Brazil. *Front Public Health.* 2022; 10: 856137. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.856137>
17. Fofana MO, Nery Jr N, Ticona JPA, Belitardo EMMA, Victoriano R, Anjos RO et al. Structural factors contributing to SARS-CoV-2 infection risk in the urban slum setting. *PLoS Med.* 2022.19(9): e 1004093. <https://doi.org/10.1101/2022.02.13.22270856>
18. Ferreira MC. Spatial association between the incidence rate of COVID-19 and poverty in the São Paulo municipality, Brazil. *Geopast Health.* 2020 Nov 26;15(2). <https://doi.org/10.4081/gh.2020>
19. Souza APG, Mota CMM, Rosa AGF, (FIGUEIREDO CJJ, Candeias ALB. A spatial-temporal analysis at the early stages of the COVID-19 pandemic and its determinants: The case of Recife neighborhoods, Brazil. 2022; 17(5): e0268538. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268538>
20. Viezzer J, Biondi D. The influence of urban, socio-economic, and eco-environmental aspects on COVID-19 cases, deaths and mortality: A multi-city case in the Atlantic Forest, Brazil. *Sustain Cities Soc.* 2021 Jun; 69: 102859. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102859>
21. Quinino LRM, Vasconcelos FHM, Diniz IS, Aguiar LR, Ramos YTM, Bastiani F. Spacial and temporal aspects and factors associated with the spread of Covid-a9 to the interior of the State of Pernambuco, Brazil. *Ciênc. Saúde Coletiva.* Jun 2021; 26 (6). <https://doi.org/10.1590/1413-81232021266.00642021>
22. Merêncio I, Monteiro GM, VieiraCAO. Aglomerados ativos de COVID-19 em Santa Catarina, Brasil, e tendência de mobilidade dos locais de trabalho. *Cad. Saúde Pública.* 2021;37 (6). <https://doi.org/10.1590/0102-311X00301620>
23. Nakada LYK, Urban Rodrigo C. COVID-19 pandemic: environmental and social factors influencing the spread of SARS-CoV-2 in São Paulo, Brazil. *EnvironSciPollut Res Int.* 2021; 28(30): 40322–40328. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10930-w>

24. Silva APSC, Maia LTS; Souza WV. Síndrome Respiratória Aguda Grave em Pernambuco: comparativo dos padrões antes e durante a pandemia de COVID-19. *Ciênc. Saúde coletiva*; out 2020; 25 Suppl 2. <https://doi.org/10.1590/1413-812320202510.2.29452020>
25. Castro RR, Santos RSC, Souza GJB, Pinheiro, YT, Martins RRIM, Pereira MLD et al. Spatial dynamics of the COVID-19 pandemic in Brazil. *Epidemiol Infect* 2021; 149: e60.2022<https://doi.org/10.1017/S0950268821000479>
26. Ibarra-Espinosa S, Freitas ED, Ropkins K, Dominici F, Rehbein A. Negative-Binomial and quasi-poisson regressions between COVID-19, mobility and environment in Sao Paulo, Brazil. *Environ Res [Internet]*. 2022 Mar; 204: 112369. doi: 10.1016/j.envres.2021.112369
27. Habib Y, Xiaa E, Hashmibd S H, Fareedc Z. Non-linear spatial linkage between COVID-19 pandemic and mobility in ten countries: A lesson for future wave. *Journal of Infection and Public Health*,2021. 14(10): 1411–1426doi: 10.1016/j.jiph.2021.08.008
28. Pequeno P, Mendel B, Rosa C, Bosholn M, Souza JL, Baccaro Fet al. Air transportation, population density and temperature predict the spread of COVID-19 in Brazil. *Peer Journal Like & Environment*, 2020; 8:e9322. <https://doi.org/10.7717/peerj.9322>
29. Gomes DS, Andrade LA, Ribeiro CJN, Peixoto MVS, Lima SVMA, Duque AM. Risk clusters of COVID-19 transmission in northeastern Brazil: prospective space-time modelling. *Epidemiology and Infection*. 2020; 148. <https://doi.org/10.1017/S0950268820001843>
30. Souza WV, Martelli CMT, Silva APSC, Maia LTS, Braga MC, Bezerra LCA et al. Cem dias de COVID-19 em Pernambuco, Brasil: a epidemiologia em contexto histórico. *Cad. Saúde Pública*; 2020; 36 (11). <https://doi.org/10.1590/0102-311X00228220>
31. Silva APSC, Holanda ER, Abreu PD, Freitas MV. COVID-19 in children in the state of Pernambuco: Spatial analysis of confirmed severe cases and the Human Development Index. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 2021; 54. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0782-2020>
32. Lima DL, Morais TC, Daboin BG, Cavalcanti MPE, Mesarocho A, Silva HMR et al. Epidemiological perspective of the evolution of the COVID-19 pandemic in Amapá State. *J. Hum. Growth Dev. set./dez.* 2021;31(3)<http://dx.doi.org/10.36311/jhgd.v31.126100>
33. (FORTALEZA CMCB, GuimarãesRB, Almeida GB, M. Pronunciate, Ferreira CP. Taking the inner route: spatial and demographic factors affecting vulnerability to COVID-19 among 604 cities from inner São Paulo State, Brazil. *Epidemiol Infect*;2020; 148: e118. <https://doi.org/10.1017/S095026882000134X>
34. Castro-Alves J, Silva, LS, Lima JP, Ribeiro-Alves M. Were the socio-economic determinants of municipalities relevant to the increment of COVID-19 related deaths

- in Brazil in 2020? PLoS One 2022;17(4):e0266109.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266109>
35. Assis SJC, Lopes JM, Lima Filho BF, Sanchis GJB, (GUEDES TSR, Cavalcanti RL et al. Dissemination of COVID-19 in inland cities of Northeastern Brazil. Plos One 2021; 16(7): e0253171 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253171>
 36. Wag W, Vasarhelyi MA, Rosa F, Freitas MM. The Relationship between Pandemic Circumstances and Socioeconomic Factors and Implications for the Government. Adm. Publica Gest. Soc. 2021;13(4):21, 2021.
 37. Lima SS, Queiroz ALF, Machado LFA, Vallinoto ACR, Ishak MOG, Ishak R. Retrospective epidemiology of the SARS-CoV-2 (and COVID-19) epidemic among 27 Brazilian cities. Journal of Clinical Virology plus. 2021 Dec; 1(4):100053.8.
<https://doi.org/10.1016/j.jcvp.2021.100053>
 38. Siqueira TS, Silva JRS, Souza MR, Leite DCF, Edwards T, Martins-Filho, 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 Reg Health Am. 2021 Nov; 3: 100076. <https://doi.org/10.1016/j.lana.2021.100076>
 39. Magalhães JJF, Mendes RPG, Silva CTA, Silva SJR, Guarines KM, Pena L et al. Epidemiological and clinical characteristics of the first 557 successive patients with COVID-19 in Pernambuco state, Northeast Brazil. Travel Med Infect Dis. 2020 November-December; 38: 101884. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101884>
 40. Lino CM, Tenani CF, Batista MJ. COVID-19 in Jundiaí/SP: temporal dynamics of notifications and spatial analysis of seroepidemiological prevalence. Rev. epidemiol. Controle infecç ; abr.-jun. 2021;11(2): 1-20. <https://doi.org/10.17058/reci.v11i2.15903>
 41. Figueiredo AM, Figueiredo DCMM, Gomes LB, Massuda A, Gil-García E, Vianna RPT, et al. Determinantes sociais da saúde e infecção por COVID-19 no Brasil: uma análise da epidemia. Rev. Bras. Enferm.; 2020;73 Suppl2.
<https://doi.org/10.1590/0034-7167-2020-0673>
 42. Andrade LA, Paz WS, Lima AGCF, Araujo DC, Duque AM, Peixoto MVS et al. Spatiotemporal Pattern of COVID-19–Related Mortality during the First Year of the Pandemic in Brazil: A Population-based Study in a Region of High Social Vulnerability. Am J Trop Med Hyg 2022 Jan; 106(1): 132–141.
<https://doi.org/10.4269/ajtmh.21-0744>
 43. De Negri F, Galiezz R, Miranda P, Koeller P, Zucoloto G, Costa J, et al. Socioeconomic factors and the probability of death by Covid-19 in Brazil. J Public Health (Oxf). 2021 Jan 27: fdaa279. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdaa279>
 44. Villela DAM. Household crowding hampers mitigating the transmission of SARS-CoV-2. Rev. Soc. Bras. Med. Trop. 2021;54.
<https://doi.org/10.1590/0037-8682-0821-2020>
 45. Silva J, Ribeiro-Alves M. Social inequalities and the pandemic of COVID-19: the case of Rio de Janeiro. J Epidemiol Community Health 2021. 75(10):975-979.
<http://dx.doi.org/10.1136/jech-2020-214724>

46. Leichtweis BG, Silva LF, Silva FL, Peternelli LA. How the global health security index and environment factor influence the spread of COVID-19: A country level analysis. *One Health*. 2021; 12:100235. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100235>
47. Yin C, Zhao W, Pereira P. Meteorological factors' effects on COVID-19 show seasonality and spatiality in Brazil. *Environ Res*. 2022; 208:112690. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112690>
48. Sharif N, Sarkar MK, Ahmed SN, Ferdous RN, Nobel NU, ParvezAK et al. Environmental correlation and epidemiologic analysis of COVID-19 pandemic in ten regions in five continents. *Heliyon*. 2021 Mar; 7(3): e06576 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06576>
49. Martínez LF, Morales CDM. La propagación de la Covid-19 en España y Brasil según tiempo y clima. *Revista Brasileira em Promoção da Saúde*. 2021; 34:12455. <https://doi.org/10.5020/18061230.2021.12455>
50. Crema E. The SARS-COV-2 outbreak around the Amazon rainforest: The relevance of the airborne transmission. *Sci Total Environ*. 2021 Mar 10; 759: 144312. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144312>
51. Siljander M, Uusitalo R, Pellikka P, Isosomppi S, VapalahtiOI. (SARS-CoV-2) infections in Helsinki, Finland. *SpatSpatiotemporalEpidemiol*. 2022 Jun; 41:100493. <https://doi.org/10.1016/j.sste.2022.100493>
52. Carrea WMSJ, Buss LF, Candido DS, Li S, Zarebsku AE, Prete CA et al. Epidemiological and clinical characteristics of the COVID-19 epidemic in Brazil. *Nat Hum Behav*. 2020 Aug;4(8):856-865.
53. Coura-Vital W, Cardoso DT, Ker FTO, Magalhães FC, Bezerra JMT, Viegas AM et al. Spatiotemporal dynamics and risk estimates of COVID-19 epidemic in Minas Gerais State: analysis of an expanding process. *Rev. Inst. Med. trop. S. Paulo*. 2021. <https://doi.org/10.1590/S1678-9946202163021>
54. Yin H, Sun T, Yao L, Jiao Y, Ma L, Lin L et al. Association between population density and infection rate suggests the importance of social distancing and travel restriction in reducing the COVID-19 pandemic. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2021; 28(30): 40424–40430. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12364-4>
55. Mirahmadizadeh A, Ghelichi-Ghojoh M, Vali M, Jokari K, Ghaem H, Hemmati A, et al. Correlation between human development index and its components with COVID-19 indices: a global level ecologic study. *BMC Public Health* 2022; 22: 1549. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13698-5>
56. Shokri A, Mahmoodi H, Piroozi B, Moradi Y, Moradpour F, Moradi G et al. An assessment of the relationship between national rates of Covid-19 incidence and mortality as reported to an international comparison database: An ecological study. *Health Sci Rep*. 2023 May 27;6(5):e1306. <https://doi.org/10.1002/hsr2.1306>
57. SunD; AlshehriK; Pagán J. Income inequality and the disease burden of COVID-19: Survival analysis of data from 74 countries. 2022 Jun; 27: 101828. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2022.101828>

58. Dibyachintan S, Nandy P, Vinjanampathy S; Mitra, M K. Unequal lives: a sociodemographic analysis of COVID-19 transmission and mortality in India. 2023 Jan; 214: 133–139. <https://doi.org/10.1101/2020.09.06.2018950610.1371/journal.pone.0247794>
59. Abbasi AF, Dehkordi NK, Azar NS, Benis MR, Nojomi M. Gini coefficient, GDP per capita and COVID-19 mortality: a systematic review of ecologic studies. BMC Public Health. 2025 May 27;25:1960. <https://doi.org/0.1186/s12889-025-22921-y>
60. Sociodemographic characteristics and health access associated with COVID-19 infection and death: a cross-sectional study in Malang District, Indonesia 2022; 12(5): e052042. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021052042>
61. Lin S, Deng X, Ryan I, Zhang K, Zhang W, Oghaghare E, etl. COVID-19 Symptoms and Deaths among Healthcare Workers, United States. Emerg Infect Dis. 2022 Aug;28(8):1624–1632. <https://doi.org/10.3201/eid2808.212200>
62. Zhang S, Wang b, Yin l, Wang S, Hu W, Song X et al. Novel Evidence Showing the Possible Effect of Environmental Variables on COVID-19 Spread. Geohealth. 2022 Mar; 6(3): e2021GH000502. <https://doi.org/10.1029/2021GH000502>
63. Tong l, Ji L, Li D, Xu H. The occurrence of COVID-19 is associated with air quality and relative humidity. Journal Medicine Virology, 2021. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jmv.27395>
64. Klompmaker JO, Hart JE, Holland I, Sabath MB, Wu, X, Laden F et al. County-level exposures to greenness and associations with COVID-19 incidence and mortality in the United States. Elsevier Public Health Emergency Collection. 2021; 199, 111331. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.1113>

6.2 Artigo Original 2

Article

Territorial Vulnerabilities and Healthcare Capacity During the COVID-19 Pandemic: A Spatiotemporal Study of Hospitalizations and Mortality in a Large Metropolitan Area in Brazil

Ana Maria Viegas ^{1,2,3,4}, Selma Costa Sousa ^{1,4}, Diogo Tavares Cardoso ^{1,2,3}, Aline Dayrell Ferreira Sales ^{2,3}, Isabela Farnazi Veloso ^{4,5} and David Soeiro Barbosa ^{1,2,*}

¹ Laboratory of the Epidemiology of Infectious and Parasitic Diseases, Department of Parasitology, Institute of Biological Sciences, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte 31270-901, Brazil; aviegas@ufmg.br (A.M.V.); scs2007@ufmg.br (S.C.S.); diogo.tavares0@yahoo.com.br (D.T.C.); davidsoeiro@icb.ufmg.br (D.S.B)

² Graduate Program in Public Health, School of Medicine, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte 30130-100, Brazil; dayrell@ufmg.br

³ Belo Horizonte Urban Health Observatory, School of Medicine, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte 30130-100, Brazil

⁴ Health Department of Contagem, Minas Gerais, 32210-110 Brazil; ifveloso@gmail.com

⁵ Health Department of Betim, Minas Gerais, 32600-412, Brazil

* Correspondence: davidsoeiro@icb.ufmg.br

Abstract

Objective: This study aimed to identify priority areas, social vulnerability, and healthcare capacity and networks while considering hospitalization and mortality rates due to Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) caused by COVID-19 during the public health emergency period. **Materials and Methods:** A spatiotemporal analysis was performed to assess hospitalization, mortality, and case fatality rates among hospitalized patients due to severe COVID-19 across the municipalities of the Metropolitan Region of Belo Horizonte (MRBH), Brazil, between 2020 and 2022. The findings were contextualized by considering the social vulnerability of the population as well as the healthcare infrastructure and organizational characteristics of municipalities and health regions. **Results:** Municipalities located in the central area of the MRBH showed higher hospitalization rates, corresponding to areas with a greater concentration of healthcare infrastructure. However, mortality and case fatality rates among hospitalized patients were higher in municipalities with more limited healthcare infrastructure and greater social vulnerability. **Conclusion:** The spatiotemporal disparities in hospitalization and mortality risks suggest health inequities that seem to be influenced by social determinants and healthcare system vulnerabilities. These findings emphasize the imperative for public health emergency responses to prioritize the strengthening of health system organization and the establishment of effective care pathways to enhance access and service delivery, particularly in municipalities exhibiting higher levels of social vulnerability.

Keywords: health services accessibility; public health; social vulnerability; health equity

Academic Editor(s): Paul B. Tchounwou, André Ricardo Ribas Freitas

Received: 19 June 2025
 Revised: 14 July 2025
 Accepted: 23 July 2025
 Published: date

Citation: Viegas, A.M.; Sousa, S.C.; Cardoso, D.T.; Sales, A.D.F.; Veloso, I.F.; Barbosa, D.S. Territorial Vulnerabilities and Healthcare Capacity During the COVID-19 Pandemic: A Spatiotemporal Study of Hospitalizations and Mortality in a Large Metropolitan Area in Brazil. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2025**, *22*, x. <https://doi.org/10.3390/xxxxx>

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Public Health Emergencies (PHEs) are situations that require measures to prevent, control, and contain risks, damage, and harm to public health. These conditions include epidemiological situations such as disease outbreaks and epidemics, as well as disasters that limit the care that can be provided to the general population [1]. A health risk situation is considered to occur when epidemiological data demonstrate the potential risk of a PHE, along with information regarding the installed capacity of the healthcare network that shows the possibility of health services being overloaded, situations of natural or technological disasters, and climate crises [2].

The PHE of the COVID-19 pandemic generated a great demand for diagnoses and care, challenging the health system and, in turn, requiring reorganization of the hospital and outpatient network to care for those affected by the disease and to diminish the case fatality rate among hospitalized patients. This reorganization presented a challenge concerning the local specificities of population density and rearrangements of regional health departments, such as in the Metropolitan Region of Belo Horizonte (MRBH).

The MRBH is the third largest urban agglomeration in Brazil (population of 5,893,004 inhabitants) [3], and is considered a rural–urban fringe, with 1.89% of the population residing in rural areas [4]. The region features industrial activity and zones with elevated levels of particulate matter pollution [5]. Located in the central region of Minas Gerais [6], it has 50 municipalities with a large circulation of people [3]. The geographic coordinates of Belo Horizonte, the largest city in the region, are latitude 19.9245° S and longitude 43.9352° W [7]. The agglomeration of people and the mobility between municipalities from large cities to their outskirts favored the dispersion of COVID-19 and the spread of the disease [8].

The state of Minas Gerais has health regions with an infrastructure that includes hospital beds and admissions [9]. The health regional offices provide services and beds according to local availability. There are procedures that require the transfer of patients to other health regional offices. During the pandemic, each health region organized the deployment of hospital beds and health services according to the population's needs [9]. The Metropolitan Region of Belo Horizonte (MRBH) is composed of nine health microregions. The number of general hospitals in each region is as follows: Belo Horizonte, 75; Betim, 7; Contagem, 7; Itabira, 2; Itaúna, 2; Pará de Minas, 1; Sete Lagoas, 4; and Vespasiano, 6 [9].

COVID-19 patients sometimes progressed to Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS), hospitalization and, in some cases, intensive care [10]. Severe COVID-19 cases were defined based on the guidelines established by the Brazilian Ministry of Health, which served as the standard for notification and classification across the country, including the state of Minas Gerais. According to these guidelines, severity is defined by the presence of respiratory distress, oxygen saturation below 95% in ambient air, respiratory rate ≥ 24 breaths per minute, imaging evidence of pneumonia (especially bilateral infiltrates), the need for supplemental oxygen or ventilatory support, and/or hemodynamic instability requiring vasopressor support [10]. While case definitions were standardized, hospital and ICU admission criteria showed variation across municipalities due to bed availability, healthcare infrastructure differences [11] between rural and urban areas, and local protocols that incorporated additional screening criteria based on comorbidities and age. With the introduction of vaccination in January 2021, there was a reduction in hospitalizations and mortality. However, the emergence of the new SARS-CoV-2 variants Delta and Omicron did not reduce morbidity [12].

After the pandemic and the challenges faced by the health system, it became imperative to identify locations with the highest risk of hospitalization and deaths and to reflect on which factors had the greatest impact on the occurrence of unfavorable health outcomes, especially from the perspective of social vulnerability and the organization of

the care network. Understanding this is essential in order to propose effective strategies for future PHEs that aim to expand access to health services and reduce mortality and inequities in access between municipalities.

This study sought to identify priority areas, considering social vulnerability and health networks, through spatial and spatiotemporal analyses of hospitalization and death rates in PHEs in the municipalities of the MRBH from 2020 to 2022.

2. Materials and Methods

2.1. Study Design and Data Sources

This work was an ecological study, with data extracted from the Influenza Epidemiological Surveillance Information System (SIVEP-Gripe), made available by the Health Department of the state of Minas Gerais, and general population data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) CENSUS 2023.

SIVEP-Gripe is an information system used to monitor and record cases of severe COVID-19, including surveillance for respiratory viruses such as influenza and coronavirus (SARS-CoV-2), and consists of secondary data from public and private health establishments. Data quality assurance procedures were implemented, comprising duplicate elimination, temporal data validation, and categorical variable standardization.

This study was conducted in accordance with the ethical guidelines of the Brazilian National Health Council (Resolution No. 510/2016), which regulates research involving secondary and anonymized data. It was approved by the Research Ethics Committee of the Universidade Federal de Minas Gerais under CAAE 55149621.2.0000.5149.

2.2. Study Area

The MRBH was selected for this study as it is the most populous region in the state of Minas Gerais [3]; it has a metropolitan collar and core, organized into two macroregions and seven health microregions for referrals for hospitalization and healthcare [6] (Figure 1).

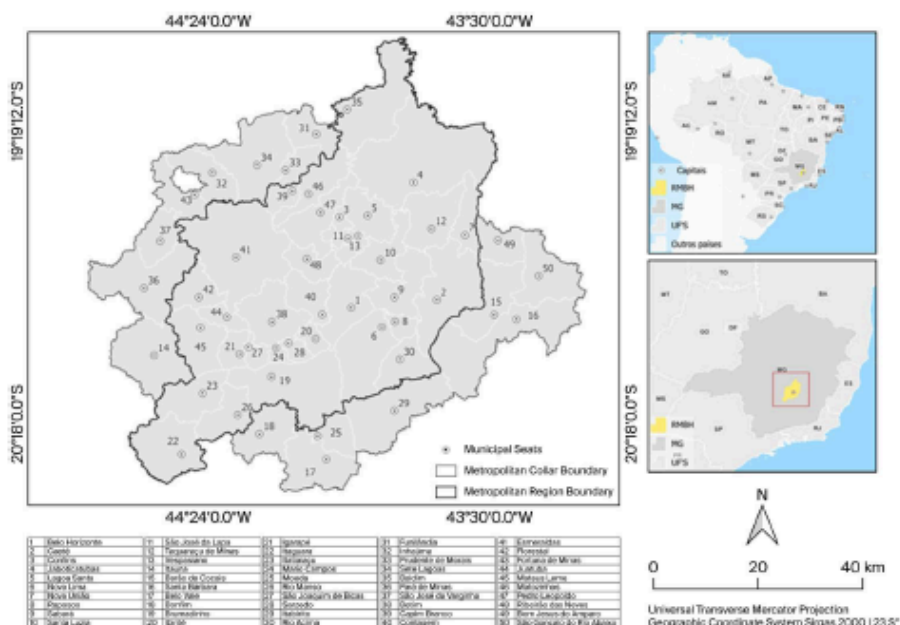


Figure 1. Location of Minas Gerais, Brazil. Metropolitan Region of Belo Horizonte, metropolitan collar, and division between areas with the identification of municipalities.

2.3. Outcome Variables

Data on hospitalizations and deaths due to severe COVID-19, available in the SIVEP-Gripe database of the Health Department of the state of Minas Gerais, were analyzed, and from these data, the hospitalization rates, case fatality rate of hospitalized patients, and mortality rates per year were calculated and aggregated by municipalities of residence, considering the geocode of each municipality.

The hospitalization rate was calculated by dividing the number of hospitalizations due to severe COVID-19 of residents of each municipality in the years 2020, 2021, and 2022 by the population of each municipality and multiplying by 10,000. The mortality rate was calculated by dividing the number of deaths due to severe COVID-19 per municipality by the population of each municipality and multiplying by 100,000. To calculate these rates, the 2022 Census/IBGE population count was employed. The case fatality rate among hospitalized patients was calculated by dividing the number of deaths due to severe COVID-19 by the number of hospitalizations due to severe COVID-19 per year of occurrence multiplied by 100.

2.4. Spatial and Spatiotemporal Analyses

For statistical analysis of spatial dependence, the Moran Autocorrelation Index was used, calculating both the Global Moran Index, which informs the level of spatial interdependence between the study areas (polygons), and the Local Moran Index, which analyzes the covariance between a given polygon and a neighborhood defined as a function of a distance in order to investigate the patterns of spatial dependence at the local level. To verify dependence between the areas, a first-order neighborhood matrix (Queen) was created, considering neighboring areas as bordering areas. The Global Moran Index analyzed the spatial distribution pattern of each variable by municipality. The values of the Global Moran Index range from -1 to 1 , with positive values indicating positive autocorrelation, negative values indicating negative autocorrelation, and values close to zero indicating no correlation. The Local Moran Index tests local autocorrelation and detects spatial objects influenced by the Global Moran Index, giving the value of the unit of analysis, whether it is related to its neighbors, and whether positive values are present. Thus, the Moran map shows four quadrants, where quadrants Q1 and Q2 indicate clusters with high-high (AA) and low-low (BB) positive autocorrelation. Our study verified the presence or absence of spatial dependence and the existence of spatial clusters. To visualize clusters of municipalities, Moran maps were created, which present statistically significant results ($p < 0.05$ and 95% CI) for the absolute number of hospitalizations, hospitalization rates, the case fatality rates of hospitalized patients, and mortality rates for severe COVID-19 cases in the period from 2020 to 2022. The Global and Local Moran Indices [13] were calculated and constructed using GeoDa Software, version 1.10.

Spatiotemporal analysis was used to define epidemiological risk. This is a technique that enables analysis through the gradual scanning of spatiotemporal information, indicating the number of observed and expected events within each location. The statistical scanning analysis centers circles in each location and compares the proportion of events (hospitalization rate, case fatality rate of hospitalized patients, and mortality rate) both inside and outside of these. Spatial clusters were identified using the discrete Poisson model, which is suitable for analyzing count data, such as the number of hospitalizations and deaths, which are discrete events occurring within a defined population over a specific period. To calculate the scanning statistics, the following parameters were used: 1. no geographic overlap of clusters; 2. a maximum spatial cluster size set at 50% of the exposed population to allow the detection of both small, localized outbreaks and broader regional patterns within the diverse metropolitan area; 3. the

maximum temporal clusters were also set to 50% of the study period to capture both the short-term peaks and longer waves of the pandemic. A temporal precision of one year was applied to align with annual data variations and trends. Circular scanning windows were used to ensure methodological neutrality, and 999 Monte Carlo replications were performed to ensure robust significance testing [14]. We chose to maintain these default settings to avoid arbitrary parameterization. In the context of a densely populated and heterogeneous metropolitan area, these choices allowed the method to detect clusters across a wide range of scales while maintaining a balance between sensitivity and specificity.

Spatial clusters were identified using the discrete Poisson model. This model is particularly appropriate for analyzing count data, such as the number of hospitalizations and deaths, which are discrete events occurring within a defined population over a specific period. To calculate the spatial scan statistics, the following settings were used: no occurrence of geographic overlap of clusters; clusters with a maximum size equal to 50% of the exposed population (chosen to identify both small, localized outbreaks and broader regional patterns within the diverse metropolitan area); maximum size of temporal clusters equal to 50% of the study period (allowing for the detection of clusters spanning various durations, from short-term peaks to longer waves of the pandemic); and standardized temporal precision of one year (to align with annual data variations and trends), with circular sets (a standard, unbiased scanning window shape) and 999 repetitions (to ensure robust statistical significance testing through Monte Carlo simulations) [14]. We chose to use the default mode settings in the analysis so that the choice is not arbitrary, and this parameterization allowed SaTScan to effectively evaluate clusters of varying scales, from very small to very large, thereby balancing detection sensitivity and specificity within the high population density of the study area.

This model considered the space and time in which hospitalizations, mortality, and fatality occurred. Clusters with $p \leq 0.05$ were considered significant. The technique was configured to identify high-risk and low-risk clusters. To compare the areas, the program presented the relative risk (RR) of each cluster. To identify spatiotemporal clusters, scan statistics were applied using SaTScan software, version 9.4.4 [14], and maps were constructed in QGIS software, version 3.10.

3. Results

A total of 67,091 hospitalizations due to severe COVID-19 were recorded from 2020 to 2022, with the highest number of hospitalizations occurring in the capital of Minas Gerais, Belo Horizonte ($n = 34,894$, 52.0%). In the MRBH, the hospitalization rates ranged from 40.51/10,000 inhabitants (Nova União) to 146.91/10,000 inhabitants (Belo Horizonte). Mortality rates ranged from 1.00/100,000 inhabitants (Fortuna de Minas) to 4.36/100,000 inhabitants (Mário Campos). Finally, the case fatality rate among hospitalized patients ranged from 5.28% (Baldim) to 2.13% (Belo Vale).

3.1. Spatial Autocorrelation of Hospitalizations, Deaths, Hospitalization Rates, Mortality Rates, and Case Fatality Among Patients Hospitalized for Severe COVID-19

Positive spatial autocorrelation and spatial dependence were observed in the years 2020, 2021, and 2022 for the absolute number of hospitalizations ($I = 0.094$, $I = 0.115$, $I = 0.094$), hospital admission rates ($I = 0.394$, $I = 0.302$, $I = 0.308$), absolute number of deaths ($I = 0.118$, $I = 0.141$ and $I = 0.091$), mortality rates ($I = 0.138$, $I = 0.078$, $I = 0.086$), and the case fatality rate among hospitalized patients ($I = 0.172$ in 2021) due to severe COVID-19 in the MRBH. In the Moran maps, statistically significant clusters of municipalities stood out ($p < 0.05$) (Figure 2). In 2020, for the absolute number of hospitalizations due to severe COVID-19, a high-high cluster with four municipalities was observed comprising Belo Horizonte, Contagem, Ribeirão das Neves, and Santa Luzia; this cluster expanded with

the addition of the municipality of Ibirité in 2021 and Nova Lima in 2022 (a cluster of six municipalities).

Regarding the hospitalization rate, in 2020 a high–high pattern was observed in a cluster of six municipalities: Belo Horizonte, Contagem, Ibirité, Nova Lima, Ribeirão das Neves, and Sabará. This pattern was observed in a cluster with five municipalities (Ibirité, Sarzedo, Brumadinho, Moeda, and Belo Vale) in 2021 and in a cluster with seven municipalities (Belo Horizonte, Ibirité, Brumadinho, Nova Lima, Moeda, Belo Vale, and Itabirito) in 2022 (Figure 2).

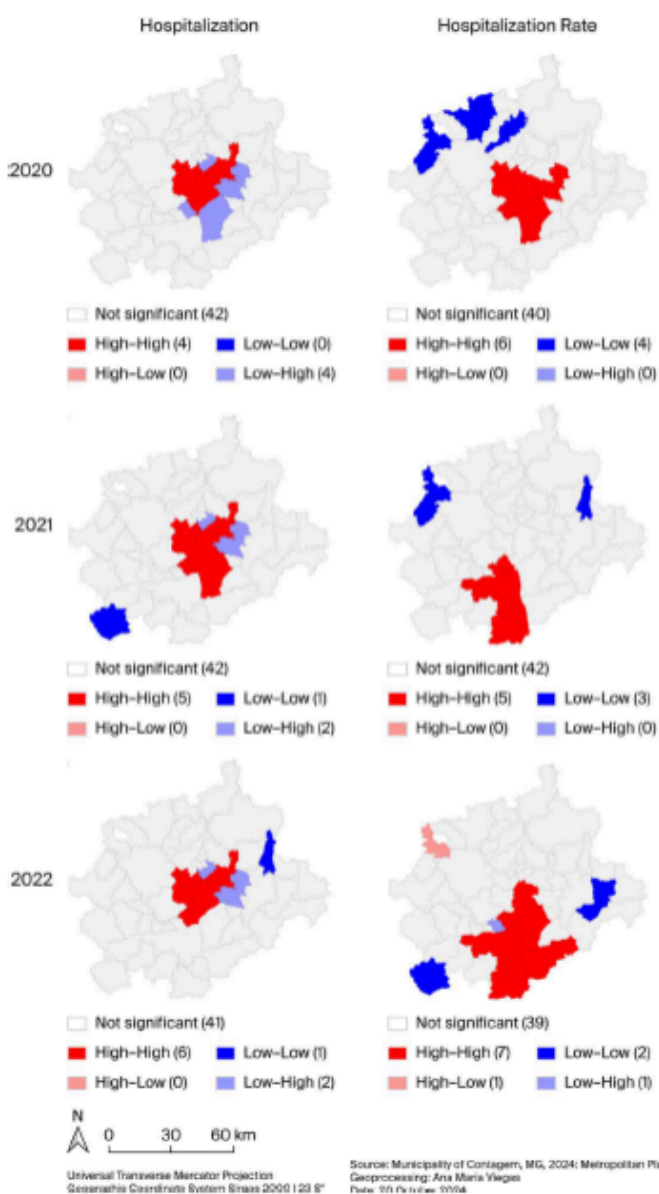


Figure 2. Moran maps of the absolute number of hospitalizations and hospital admission rates for severe COVID-19 in the municipalities of the MRBH with high, medium, and low significance, 2020 to 2022.

In 2020 and 2021, a high–high pattern was observed for death outcome in a cluster with five municipalities: Belo Horizonte, Contagem, Ibirité, Ribeirão das Neves, and Santa Luzia. In 2022, this pattern was found in a cluster with four municipalities: Belo Horizonte, Contagem, Ribeirão das Neves, and Santa Luzia. For mortality rates, in 2020, the high–high pattern was observed in a cluster with six municipalities (Betim, Ibirité, Mário Campos, Nova Lima, Raposos, and Sabará), while in 2022 it was observed in the Moeda cluster (Figure 3). The case fatality rate among hospitalized patients showed a high–high pattern in the Baldim cluster in 2020 and in the Sete Lagoas cluster in 2021; however, this pattern was not evident in 2022 (Figure 3).

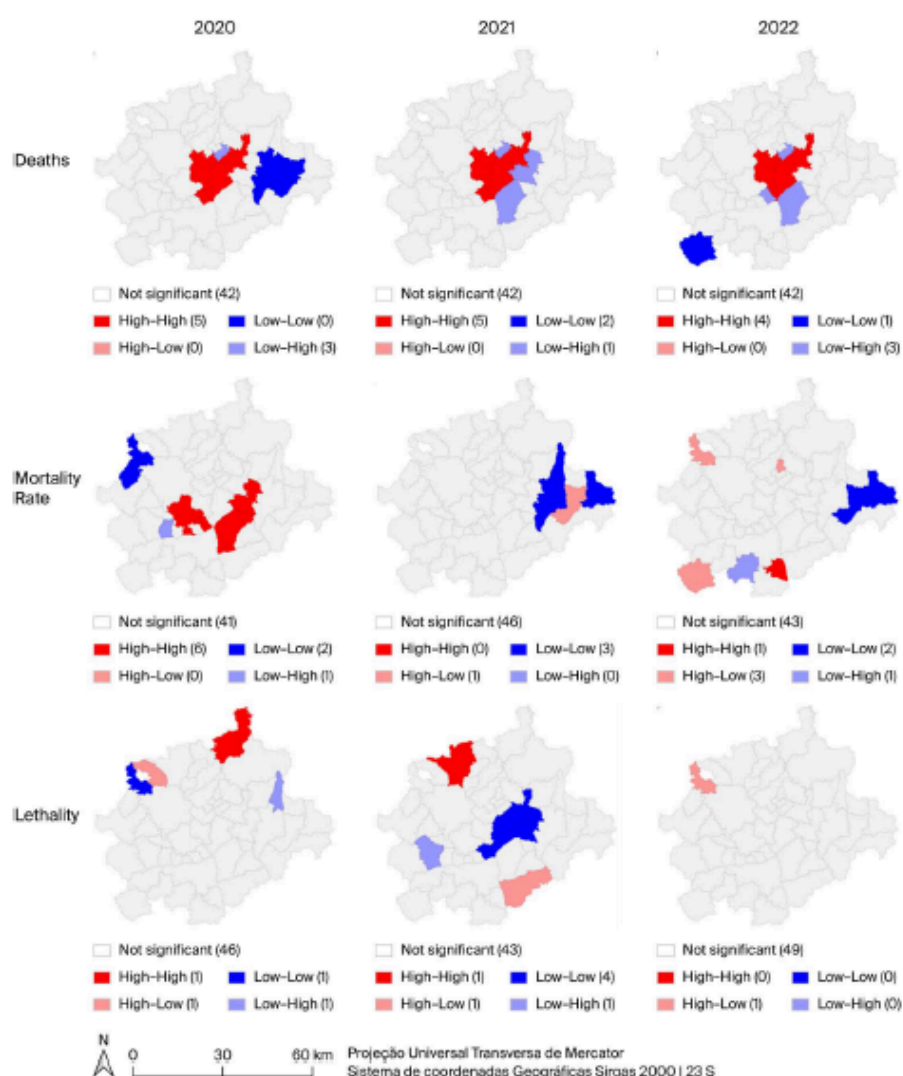


Figure 3. Moran maps of deaths, mortality rates, and case fatality rates among those hospitalized due to severe COVID-19 from 2020 to 2022 in municipalities of the MRBH with high, medium, and low significance.

3.2. Spatiotemporal Scan Analysis

In the analysis of the spatiotemporal risk scan ($p \leq 0.05$) for hospitalization rates in 2021, a cluster with a higher risk of hospitalization ($RR = 4.10$) was identified (Betim, Contagem, Ibirité, Igarapé, Mário Campos, Juatuba, Sarzedo, Ribeirão das Neves and São Joaquim de Bicas) (Figure 4a).

The spatiotemporal scan analysis for mortality rates due to severe COVID-19 detected a high-risk cluster ($RR = 5.96$) (Sete Lagoas, Fortuna de Minas, Inhaúma, Funilândia, Prudente de Morais, Matozinhos, Pedro Leopoldo, and Capim Branca) in 2021 (Figure 4b). In the scanning analysis of the case fatality rate among those hospitalized for severe COVID-19, six local clusters were detected, with 36 municipalities having a higher risk of death (RR) ($p \leq 0.05$) among those hospitalized compared with other municipalities in the MRBH. Clusters with RR s of 2.42 (Itabirito and Rio Acima), 2.28 (Mário Campo and Sarzedo), 2.09 (13 municipalities in the Sete Lagoas microregion), 1.85 (8 municipalities in the Betim and Itaúna microregions), 1.50 (10 municipalities in the Belo Horizonte and Itabira microregions) and 1.40 (Ribeirão das Neves) were observed (Figure 4c).

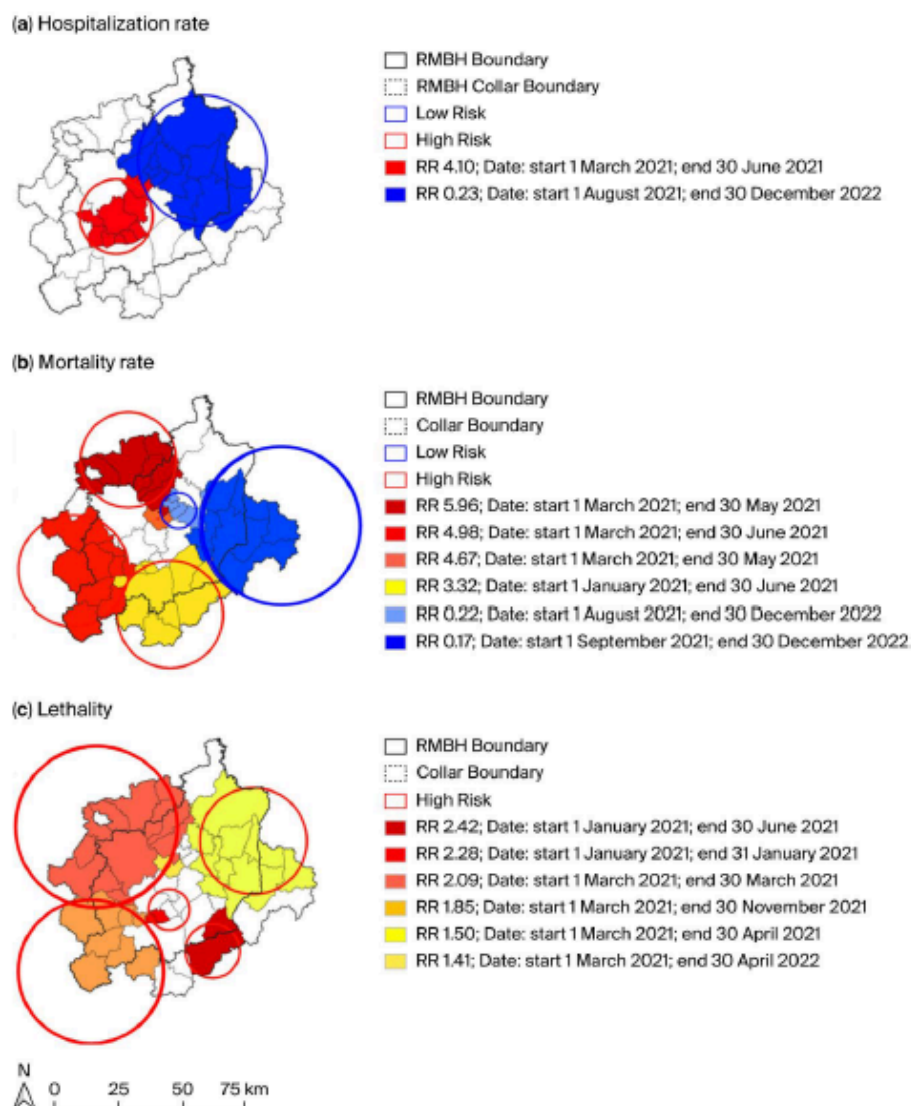


Figure 4. Spatiotemporal permutation analysis of the hospitalization rate (a), mortality rate (b), and case fatality rate among hospitalized patients (c) due to severe COVID-19 in the MRBH, 2020 to 2022.

4. Discussion

The implementation of a Public Health Emergency Response Plan [15] required an efficient reorganization of the healthcare network to meet the high demand for clinical and intensive care hospital beds in the fight against the COVID-19 pandemic. The significant increase in the need for hospitalizations represented a major challenge for healthcare systems. The crisis also highlighted the vulnerability of the population, social inequalities [16], and difficulties in access to healthcare. This study describes the patterns of severe COVID-19 occurrence in the MRBH (the third most populous region in Brazil)

from 2020 to 2022, illustrating that, although the risk of hospitalization was higher in the central region, the risk of death was higher in areas that were more peripheral.

The municipalities in the central area of the MRBH, especially the most populous ones with better infrastructure [10], recorded higher numbers of hospitalizations, hospitalization rates, and a higher absolute number of deaths from severe COVID-19 in the study period. However, the distribution pattern of the mortality and case fatality rates among hospitalized patients did not necessarily follow that observed for the risk of hospitalization, especially in regard to the formation of clusters with higher numbers of hospitalizations and deaths. Only in 2020 was the mortality rate higher in the more central municipalities. In the other two years, there was no distribution pattern for the mortality rate. In contrast, the case fatality rate among hospitalized patients followed a peripheral distribution pattern in municipalities with a less structured public health network.

During the study period, the highest rates of hospitalization due to severe COVID-19 were concentrated in the central region of the MRBH, whereas the most peripheral municipalities of the MRBH had lower numbers of hospitalizations due to severe COVID-19 at the beginning of the pandemic. Municipalities in the central area of the MRBH had a higher risk of hospitalization among their local residents in the early months of 2021, a period representing the beginning of vaccination against COVID-19 [12]. After this period, no municipality presented a high risk of hospitalization. An increase was observed in the number of hospital beds in the municipalities with the highest hospitalization rates, such as Belo Horizonte and Contagem, which had the largest increases in 2020. Belo Horizonte increased the number of hospital beds in 2021 [9], which was a period when there was a high rate of hospitalization and a predominance of the Alpha variant [12]. In general, reductions or smaller increases in the number of hospital beds occurred during the period in which vaccination began in 2021 [12]. Other municipalities also increased the supply of hospital beds in 2021 [9] when the second wave occurred and there was a high demand for hospital beds and increased mortality due to the Gamma variant [12]. In 2022 [9], there was another increase in the number of hospital beds when the third wave occurred; this period was characterized by lower mortality and higher morbidity due to the emergence of the Omicron variant [12].

While our analyses were conducted using annual data (2020, 2021, and 2022), it is important to highlight that each of these years was characterized by the predominance of different SARS-CoV-2 variants in Brazil. In the MRBH, as in other regions of the country, the Alpha variant predominated in early 2021, followed by the Gamma variant during the second wave, while the Omicron variant became dominant in early 2022 [12]. Although we did not stratify our results by variant or viral lineage, the differences observed in hospitalization and mortality rates over time may partially reflect the distinct characteristics of each wave, including differences in transmissibility and virulence, as well as the introduction of vaccination.

Municipalities with higher hospitalization rates tend to have access to health actions and services [17], enabling higher levels of diagnosis and hospitalization [9]. These municipalities also exhibit better healthcare structures [10]. A study carried out in three municipalities in Brazil showed differences between the municipalities in their response actions during the pandemic [18].

The highest mortality rate was found in residents of municipalities with greater social vulnerability (Betim, Ibirité, Mário Campos, Sabará, and Raposos in 2020 and in Moeda in 2022). A higher risk of mortality was also observed in the microregional municipalities of Sete Lagoas and Vespasiano. Sete Lagoas and Betim are microregion hubs and have higher numbers of hospital beds [9]. The other municipalities have less developed health infrastructure and more socially vulnerable populations [10]. This corroborates a prior study that showed higher mortality in more vulnerable regions [19,20,21,22]. These findings highlight the need for a health plan aimed at expanding health access to more vulnerable populations. One study in Brazil showed that inequalities affected the

course of the pandemic and that policies are needed to protect people with greater socioeconomic vulnerability [23]. Our study found a higher risk of case fatality due to severe COVID-19 among hospitalized patients in residents of eight peripheral municipalities of the MRBH, encompassing the Sete Lagoas and Vespasiano health microregions [6] during a period in which there was an increase in deaths related to the Alpha, Gamma, and Omicron variants [12]. The case fatality rate among hospitalized patients was higher among residents of municipalities with greater social vulnerability (Rio Acima, Itabirito, Sarzedo, and Mário Campos), as well as in thirteen municipalities of the Sete Lagoas, Betim, Pará de Minas, and Vespasiano health microregions [6]. This finding is also corroborated by other studies conducted in Brazilian cities. In the Northeast of Brazil, municipalities with greater social vulnerability exhibited higher case fatality rates among hospitalized patients [20]. Another study showed higher mortality rates in the North and Northeast of the country in municipalities in the countryside, and some patients who died had not been hospitalized [24]. The prevention and control measures adopted in each state of the Northeast region of Brazil were different during the pandemic and impacted the number of deaths and the morbidity and mortality of the elderly residents of these regions [25]. The municipalities of Pará de Minas, Nova Lima, and Sete Lagoas [6] are hubs of health microregions and had high case fatality rates among hospitalized patients, demonstrating the need to strengthen surveillance actions and the management of public health emergency actions, such as planning effectiveness [26].

In contrast, the hospitalized patient mortality rate was lower in the central region of the MRBH, where preventive measures had a greater impact. Belo Horizonte demonstrated the ability to respond quickly to PHEs according to the needs of the population and was able to plan and organize the health system response through the provision of services. These data show how the greater capacity to respond to a PHE influenced the outcome in the central area of the MRBH [27].

One study carried out in the state of São Paulo during the COVID-19 pandemic highlighted the need for municipal actions to strengthen the healthcare network, such as opening new intensive care units (ICUs) and infirmary beds, reorganizing existing hospital beds, and regionalizing healthcare [28]. Other studies have shown that having access to beds and health services resulted in lower mortality rates [29,30]. Health surveillance provides information that allows managers to assess the need to adopt new management strategies [1].

In the MRBH, it was observed that the increase in the number of private hospital beds was larger than that of public hospital beds, even in Belo Horizonte, where the largest number of hospital beds was made available during the pandemic [9]. One study even illustrated that there were fewer public hospital ICU beds than private ones, indicating an inequality in access to hospital beds [31]. Such states as Maranhão, Rio Grande do Sul, and Espírito Santo, as well as cities like Curitiba and São Paulo, reorganized the health network in partnership with the Unified Health System (SUS) and the private sector [31]. The supply of hospital beds in Brazil during the COVID-19 pandemic showed that regionalization is a form of organization in routine situations, but that the large displacement of patients to access health services compromised the health and lives of patients with more serious disease [32].

The differences in the performance of managers and in the organization of health networks resulted in varied outcomes among municipalities. Service organizations that operate in routine situations have proven to be inefficient in public health emergencies [32]. This study provides evidence of the need for an efficient Public Health Emergency Response Plan that supports surveillance and response actions and is capable of meeting the actual demands of the population. The distribution of hospitalizations and deaths due to severe COVID-19 in the MRBH presented distinct spatial and spatiotemporal patterns that reflect the structural health inequalities between municipalities. While municipalities in the central area, such as Belo Horizonte, had the largest number of hospitalizations,

peripheral municipalities showed higher mortality and fatality rates due to severe COVID-19. These findings suggest the need for specific and regional preparation and responses to mitigate the impacts of PHEs. Disparities in access to health and service capacities in more vulnerable regions require more agile actions by managers to increase the number of hospital beds so as to reduce mortality rates. This study has certain limitations, including the potential for differences in data completeness, missing data, and data quality due to the system's reliance on notification records and the database management practices employed by various municipalities, which have different infrastructure and technical capacities, as well as the exclusion of hospital admission waiting times, hospital bed occupancy rates, and individual-level factors such as age, comorbidities, and vaccination status, which could provide additional context for interpreting the observed spatiotemporal patterns. Furthermore, our analysis was not stratified by specific SARS-CoV-2 variants and assessment of the potential differential impacts of variant waves on the mortality and case fatality rates among hospitalized patients was not feasible. Another limitation concerns the lack of information distinguishing between public and private healthcare services, as differences in infrastructure, such as ICU bed availability, care protocols, and access to timely treatment, across these sectors may have influenced hospitalization and mortality outcomes but could not be explored due to data constraints. Finally, as an ecological study based on aggregated data, our findings cannot be interpreted as causal relationships at the individual level.

5. Conclusions

The spatiotemporal disparities in hospitalization and mortality rates revealed health inequities that may be influenced by social determinants of health and structural vulnerabilities within healthcare systems. These patterns reflect differential exposure to risk factors, unequal access to quality healthcare services, and varying capacity for disease prevention and management across different populations and geographic areas. It was possible to identify priority areas that require special attention in the regional planning of the care network, especially with regard to referral and counter-referral flows. In non-PHE periods, these flows operate with known limitations; however, in PHE contexts, such as pandemics, these weaknesses intensify and contribute to the unequal healthcare impacts between territories. It is therefore essential that planning be carried out in advance and based on evidence, such as that presented herein, allowing the reorganization of care flows and the allocation of resources to occur in a timely manner. This preparation must be conducted in an interconnected manner, i.e., integrating the municipal and state levels, with support from the federal government, and must involve intersectoral strategies that consider the social determinants of health and the complexities of regional networks in order to ensure a more equitable and efficient response to future PHEs. Our study contributes to a critical reflection of the organization of the health system by revealing inequalities in health outcomes that are linked to healthcare capacity and local vulnerabilities.

Author Contributions: A.M.V.: conceptualization, methodology, analysis, writing and editing; S.C.S.: conceptualization, methodology, analysis, review and editing; A.D.F.S.: methodology, analysis, review, editing and validation; D.T.C.: methodology and review; I.F.V.: methodology, review, editing and validation; D.S.B.: conceptualization, methodology, analysis, editing and validation. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Institutional Review Board (or Ethics Committee) of UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (CAAE: 55149621.2.0000.5149/protocol code 5.239.884 and date of approval: 11 February 2022).

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The data were made available by the State Health Department of Minas Gerais, Brazil. The data are nominal and may be made available by the authors upon request.

Acknowledgments: The authors would like to thank the State Health Department of Minas Gerais, especially the Coordination of Acute Communicable Disease Surveillance Programs, for providing the data for this research.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

Abbreviations

IBGE	Brazilian Institute of Geography and Statistics
ICU	Intensive care unit
MRBH	Metropolitan Region of Belo Horizonte
PHEs	Public Health Emergencies
SARS	Severe Acute Respiratory Syndrome
SIVEP-GRIPE	Influenza Epidemiological Surveillance Information System
SUS	Unified Health System

References

1. Brasil. Ministry of Health. Health Surveillance Secretariat. Public Health Emergency Response Plan , Brasília, 2014 44 p. Available online: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/resposta-a-emergencias>(accessed on April 30 2025).
2. Brasil. Ministry of Health. Health and Environmental Surveillance Secretariat. Public Health Emergency Preparedness Action Plan - State/Municipal (Plano de Ação de Preparação para a Emergência em Saúde Pública Estadual/Municipal), 2024 Available online: [\(https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/resposta-a-emergencias/publicacoes/resposta/plano-de-acao-preparacao.docx/view#:~:text=Este%20plano%20de%20a%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9,%C3%A9Anico%20de%20Sa%C3%BAde%20\(SUS\)](https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/resposta-a-emergencias/publicacoes/resposta/plano-de-acao-preparacao.docx/view#:~:text=Este%20plano%20de%20a%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9,%C3%A9Anico%20de%20Sa%C3%BAde%20(SUS))) (accessed on April 30, 2025).
3. Brazilian Institute of Geography and Statistics. Available online: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg.html> (accessed on April 20,2025).
4. Brazilian Institute of Geography and Statistics. Methodological Proposal for Classifying Rural, Urban, and Natural Spaces in Brazil. In Geography Coordination; Brazilian Institute of Geography and Statistics: Rio de Janeiro, Brazil, 2023; p. 174. Available online: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2102019> (accessed on December 15, 2024)
5. Institute of Energy and Environment. Air quality in the Belo Horizonte Metropolitan Region; Institute of Energy and Environment: São Paulo, Brazil, 2023; 16p. Available online : https://energiaambiente.org.br/wp-content/uploads/2023/07/IEMA_qualidadedoarRMBH_2023.pdf. (accessed on December 15, 2024)
6. Minas Gerais. State Department of Health. Regionalization Master Plan. Available online: <http://vigilancia.saude.mg.gov.br/index.php/regionalizacao-minas-gerais/?wpdmc=regionalizacao> (accessed on January 10, 2025).
7. Brazilian Institute of Geography and Statistics. Regional Division of Brazil into Immediate and Intermediate Geographic Regions. 2017. Available online: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100600.pdf> (accessed on 6 July 2025).
8. Fortaleza, C.M.C.B.; Guimarães, R.B.; Almeida, G.B.; Pronunciante, M; Ferreira, C.P. Taking the inner route: Spatial and demographic factors affecting vulnerability to COVID-19 among 604 cities from inner São Paulo State, Brazil. *Epidemiol. Infect.* 2020, 148, e118. <https://doi.org/10.1017/S095026882000134x>. (accessed on October 10, 2024)
9. Brazil. Ministry of Health. National Register of Health Establishments. Brasília, DF: Ministry of Health, 2025. Available online: https://cnes2.datasus.gov.br/Mod_Ind_Tipo_Leito.asp?VEstado=31&VMun=316720&VComp=202101 (accessed on 24 April 2025).
10. Brazil. Ministry of Health. Executive Secretariat (SE), Secretariat of Specialized Health Care, Secretariat of Primary Health Care, Secretariat of Health Surveillance, Secretariat of Work and Education Management in Health, Secretariat of Science, Technology and Strategic Inputs, and Special Secretariat for Indigenous Health. Guidance on the Management of Patients with COVID-19. [Available online: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/c/covid-19/publicacoes-tecnicas/recomendacoes/orientacoes-para-manejo-de-pacientes-com-covid-19/view> (accessed on 6 July 2025).
11. João Pinheiro Foundation. Minas Gerais Social Responsibility Index. Available online: <https://imrs.fjp.mg.gov.br/> (accessed on 14 April 2025).
12. Moura, E.C.; Cortez-Escalante, J.; Cavalcante, F.V.; Barreto, I.C.H.C.; Sanchez, M.N.; Santos, L.M.P. Covid-19: Temporal evolution and immunization in the three epidemiological waves, Brazil, 2020–2022. *Rev. Saúde Pública* 2022, 56, 105. <https://revistas.usp.br/rsp/article/view/205194> . (accessed on September 2, 2024)
13. Anselin, L. Local Indicators of Spatial Association—LISA. April 1995 Available online: <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338> (accessed on November 13, 2024).
14. Kulldorff, M. SatScan User Guide V9.4, Software for the Spatial, and Space Time Scan 2015. pp. 1–113. Available online: <https://www.satiscan.org/> (accessed on November 13, 2024)
15. Brasil. Ministry of Health. Health Surveillance Secretariat. Department of Environmental Health Surveillance and Occupational Health. Public Health Emergency Response Plan Brasília, 2014. 44 p. Available online: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_resposta_emergencias_saude_publica.pdf (accessed on May 7, 2025).
16. Polis Institute. City and pandemic: contributions to public policies in health crises/organized by Vitor Nisida, Lara Cavalcante, Danielle Kintowitz, 1st ed.; Polis Institute: São Paulo, Brazil, 2023. Available online: https://polis.org.br/wp-content/uploads/2023/07/Po%CC%81lis-54_Cidade-e-Pandemia_me%CC%81dia.pdf (accessed on April 24,2025).
17. Brazil, Ministry of Health. Hospitalization Rate. Available online: <http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/livroidb/ldb2010/d29.pdf> (accessed on April 11, 2025).
18. Tasca, R.; Carrera, M.B.M.; Malik, A.M.; Schiesari, L.M.C.; Bigoni, A.; Costa, C.F.; Massuda, A. Managing Brazil’s Health System at municipal level against Covid-19: a preliminary analysis. *Saúde Debate* 2022, 46, 1–18. <https://doi.org/10.1590/0103-11042022E101>. (accessed on November 13, 2024)
19. Castro, R.R.; Santos, R.S.C.; Souza, G.J.B.; Pinheiro, Y.T.; Martins, R.R.I.M.; Pereira, M.L.D.; Silva, R.A.R. Spatial dynamics of the COVID-19 pandemic in Brazil. *Epidemiol. Infect.* 2022, 149, e60. <https://doi.org/10.1017/S0950268821000479>. (accessed on September 10, 2024)
20. Andrade, L.A.; Paz, W.S.; Lima, A.G.C.F.; Araujo, D.C.; Duque, A.M.; Peixoto, M.V.S.; Góes, M.A.O.; de Souza, C.D.F.; Ribeiro, C.J.N.; Lima, S.V.M.A.; et al. Spatiotemporal Pattern of COVID-19—Related Mortality during the First Year of the Pandemic in

- Brazil: A Population-based Study in a Region of High Social Vulnerability. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2022, 106, 132–141. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.21-0744> (accessed on August 5, 2024)
21. Lins-Filho, P.C.; Araújo, M.M.S.d.; Macêdo, T.S.d.; Melo, M.C.F.d.; Ferreira, A.K.A.; Silva, E.L.M.S.d.; Freitas, J.d.M.; Caldas, A.d.F., Jr. The impact of socioeconomic vulnerability on COVID-19 outcomes and social distancing in Brazil. *SciELO Preprints* 2020, 1, 1–18. Available online: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/1126> (accessed on November 22, 2024).
 22. Baggio, J.A.O.; Machado, M.F.; Carmo, R.F.; Armstrong, A.C.; Santos, A.D.; Souza, C.D.F. COVID-19 in Brazil: Spatial risk, social vulnerability, human development, clinical manifestations and predictors of mortality – A retrospective study with data from 59 695 individuals. *Epidemiol. Infect.* 2021, 149, e100. <https://doi.org/10.1017/S0950268821000935>. (accessed on August 27, 2024)
 23. Rocha, R.; Atun, R.; Massuda, A.; Rache, B.; Spinola, P.; Nunes, L.; Lago, M.; Castro, M.C. Effect of socioeconomic inequalities and vulnerabilities on health-system preparedness and response to COVID-19 in Brazil: A comprehensive analysis. *Lancet Glob. Health* 2021, 9, e782–792. Available online: <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2214-109X%2821%2900081-4> (accessed on February 8, 2025).
 24. Silva, A.C.C.A.C.; Luiz, R.R.; Zeitoun, R.C.G.; Moraes, J.R.; Prata-Barbosa, A.; Moreira, J.P.L. The hidden severity of the COVID-19 pandemic in children and adolescents in Brazil: A territorial analysis of hospital mortality. *Ciênc. Saúde Coletiva* 2024, 29, 13. <https://doi.org/10.1590/1413-81232024295.02662023>. (accessed on November 18, 2024)
 25. Leite, V.M.C.; Ramos Jr, N.A.; Ferreira, A.F.; Costa, N.G.S.; Araújo, C.E.L. Decisions by state governments and their impact on health care for older adults during the COVID-19 pandemic in Northeast Brazil. *Cad. Saúde Pública* 2025, 41, 2. <https://doi.org/10.1590/0102-311XPT183023>. (accessed on November 22, 2024)
 26. de Souza, A.S.S.; Cavalcante, J.R.; Proença, R.; Frank, C.H.M.; Mendonça, T.B.; Costacurta, G.F.; Rodrigues, I.d.A.; da Fonseca, J.L.P.; de Freitas, D.R.C.; Filho, E.B.B.; et al. Brazil's response to public health emergencies in 2023: Lessons for the international community. *Rev. Panam. Salud Pública* 2025, 49, e15. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2025.15>. (accessed on November, 27, 2024)
 27. Andrade, M.V.; Noronha, K.; Turra, C.M.; Guedes, G.; Cimini, F.; Ribeiro, L.C.; Bernardes, A.T.; Domingues, E.; Ribeiro, M.M.; Botega, L.d.A.; et al. The first 80 days of the COVID-19 pandemic in the city of Belo Horizonte: from containment to reopening. *Nouv. Econ.* 2020, 30, 701–737. <https://doi.org/10.1590/0103-6351/6302>. (accessed on August 3, 2024)
 28. Meira, A.L.P.; Godoi, L.P.S.; Ibañez, M.; Viana, A.L.A.; Louvison, M.C.P. Regional management in the face of the COVID-19 pandemic: case study in São Paulo. *Saúde Debate* 2023, 47, 418–430. <https://doi.org/10.1590/0103-1104202313804>. (accessed on November 10, 2024).
 29. Sanchez, M.-A.; Vuagnat, A.; Grimaud, O.; Leray, E.; Philippe, J.-M.; Lescure, F.-X.; Boutonnet, M.; Coignard, H.; Hibon, A.R.; Sanchez, S.; et al. Impact of ICU transfers on the mortality rate of patients with COVID-19: Insights from comprehensive national database in France. *Ann. Intensive Care* 2021, 11, 151. <https://doi.org/10.1186/s13613-021-00933-2>. (accessed on August 11, 2024)
 30. Sujarwoto, S.; Maharani, A. Sociodemographic characteristics and health access associated with COVID-19 infection and death: A cross-sectional study in Malang District, Indonesia. *BMJ Open* 2022, 12, e052042. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-052042>. (accessed on August 20, 2024)
 31. Massuda, A.; Tasca, R.; Malik, A.M. Use of private hospital beds by public health systems in response to Covid-19. *Saúde Debate* 2020, 44, 248–260. Available online: <https://www.scielo.br/sj/sdeb/a/SfPqRtPtjL5nWhDdtQTv4zB/?format=pdf&lang=pt> (accessed on February 4, 2025).
 32. Noronha, K.V.M.d.S.; Guedes, G.R.; Turra, C.M.; Andrade, M.V.; Botega, L.; Nogueira, D.; Calazans, J.A.; Carvalho, L.; Servo, L.; Ferreira, M.F. The COVID-19 pandemic in Brazil: analysis of supply and demand of hospital and ICU beds and mechanical ventilators under different scenarios. *Cad. Saúde Pública* 2020, 36, e00115320. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00115320>. (accessed on August 18, 2024)

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

6.3 Artigo Original 3

O local de internação influencia na mortalidade por COVID-19? Evidências da Pandemia: uma análise multinível

Ana Maria Viegas ^{I,II,III}(ana.maria.v@pbh.gov.br) ORCID:

<https://orcid.org/0009-0005-9599-7986>

Diogo Tavares Cardoso ^I (diogo.tavares0@yahoo.com.br) ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-7375-4837>

Selma Costa Sousa ^I (selmadout@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6200-9743>

Isabela Farnezi Veloso ^{IV}(ifveloso@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8490-4856>

David Soeiro Barbosa ^{I,II} (davidsoeiro@gmail.com) ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-5241-5940>

Aline Dayrell Ferreira Sales ^{II,III}(dayrellferreira@yahoo.com.br) ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-7848-6835>

^ILaboratório de Epidemiologia das Doenças Infecciosas e Parasitárias, Departamento de Parasitologia, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-graduação em Saúde Pública Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brasil.

^{II}Doutoranda Programa de Pós-graduação em Saúde Pública Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brasil.

^{III}Observatório de Saúde Urbana de Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

^{IV}Epidemiologia da Secretaria de Saúde de Contagem, Epidemiologia da Secretaria de Saúde de Contagem, Minas Gerais, Brasil.

Autor correspondente: Aline Dayrell Ferreira Sales. Departamento de Medicina Preventiva Social da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (FM/UFMG). Av. Alfredo Balena, 190 (Departamento de Medicina Preventiva/FM/UFMG) Pampulha CEP: 30.130.100 - Belo Horizonte, MG – Brasil. Telephone: + 55 31 3409640. E-mail: dayrellferreira@yahoo.com.br

Conflito de interesse

Os autores informam que não há conflitos de interesse.

Financiamento

Esta pesquisa não recebeu nenhum subsídio específico de agências de fomento públicas, setores comerciais ou com fins lucrativos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Secretaria Municipal de Saúde de Contagem, em especial a Epidemiologia do município, pelo fornecimento dos dados para a pesquisa.

Colaboração individual dos autores

- Ana Maria Viegas: contribuiu com planejamento, definição dos objetivos, discussão metodológica, levantamento de dados, análise estatística, redação, discussão e revisão.
- Aline Dayrell Ferreira Sales: planejamento, definição dos objetivos, discussão metodológica, análise estatística, discussão e revisão.
- Diogo Tavares Cardoso planejamento, definição dos objetivos, discussão metodológica, análise estatística, discussão e revisão.
- Selma Costa de Sousa: planejamento, definição dos objetivos, discussão metodológica, análise estatística, redação, discussão e revisão.
- Isabela Farnezi Veloso: planejamento, definição dos objetivos, discussão metodológica, análise estatística, redação, discussão e revisão.
- David Soeiro Barbosa: planejamento, definição dos objetivos, discussão metodológica, análise estatística, discussão e revisão.

RESUMO

A pandemia da COVID-19 foi uma Emergência em Saúde Pública de Importância Internacional (ESPIN), que demandou organização dos serviços de vigilância, diagnóstico e atendimento de pacientes graves. Buscando uma melhor resposta futura em situações desta natureza, torna-se necessário analisar quanto o local de internação influenciou nas mortes por SRAG COVID-19 de pacientes internados. **Objetivo:** Analisar a influência de internação em hospitais de grande porte nos óbitos por Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG) COVID-19, considerando também fatores individuais, como idade e presença de comorbidades, entre pacientes residentes do município de Contagem (MG), durante o período de 2020 a 2022. **Métodos:** Estudo de coorte histórica com dados do SIVEP-Gripe da Secretaria Municipal de Saúde de Contagem, Minas Gerais. Realizou-se análise descritiva de dados sociodemográficos e mapas de fluxos dos locais de internação dos pacientes que evoluíram para óbito e análise multinível, para analisar fatores associados aos óbitos por SRAG COVID-19 de residentes de Contagem, de 2020 a 2022. As variáveis de primeiro nível foram relacionadas a fatores individuais: idade, presença de comorbidade(s), e no segundo nível características do local de internação. **Resultados:** Do total de 7.442 internações, 2.173 (29,2%) evoluíram para óbito. Hospitais de grande porte apresentaram maior chance de óbito. Cerca de 82% dos óbitos (1.787) ocorreram em hospitais de grande porte. Do total de óbitos, a maioria era do sexo masculino (1.190; 55%), maiores de 60 anos (1526; 70,5%), raça/cor preta (1.174; 54%), com ensino fundamental e sem escolaridade (1.425; 66%) e com ao menos uma comorbidade (1.838; 85%). Cerca de 9% da chance de óbitos foi explicada pelo local de internação. Quanto aos fatores individuais pacientes que tinham uma comorbidade apresentaram 83% mais chance de óbito (OR = 1,83), aqueles com duas, apresentaram quase três vezes mais (OR = 2,95), já nos indivíduos com três observou-se mais de quatro vezes (OR = 4,37) e aqueles pacientes com mais de três comorbidades apresentaram quase nove vezes a chance de evoluírem para óbito (OR = 8,84) quando comparados com os que não tinham comorbidades. Os mapas de fluxos mostraram maior deslocamento de indivíduos de áreas mais vulneráveis. **Conclusão:** Internar em hospital de grande porte refletiu a gravidade clínica do indivíduo. Observou-se, entretanto, grande variação nas taxas de letalidade entre os serviços: enquanto um hospital privado e dois hospitais de referência microrregionais apresentaram as maiores letalidades, outro hospital de referência em um grande município registrou uma letalidade quase quatro vezes menor. Esses achados indicam que os fatores institucionais influenciaram nos óbitos, reforçando a necessidade de políticas públicas que

promovam equidade e garanta a qualidade da rede assistencial em Emergências em Saúde Pública.

Palavras-chave: COVID-19, Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG), óbito, serviços de saúde, internação hospitalar.

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic was declared a Public Health Emergency of International Concern (PHEIC), demanding the organization of surveillance systems, diagnostic services, and care for critically ill patients. To improve preparedness for future scenarios of this nature, it is necessary to assess the extent to which the place of hospitalization influenced deaths from Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) due to COVID-19 among hospitalized patients.

Objective: To analyze the influence of admission to large hospitals on deaths from SARS due to COVID-19, also considering individual factors such as age and comorbidities, among residents of the municipality of Contagem (MG), Brazil, from 2020 to 2022. **Methods:** This was a historical cohort study using SIVEP-Gripe data from the Municipal Health Department of Contagem, Minas Gerais. Descriptive analyses of sociodemographic characteristics and flow maps of hospitalization sites for deaths were conducted, followed by multilevel analysis. First-level variables referred to individual factors (age and presence of comorbidities), while the second level referred to the admitting hospital. **Results:** Among 7,442 hospitalizations, 2,173 (29.2%) resulted in death. Large hospitals presented a higher likelihood of death, accounting for 82% (1,787) of fatal cases. Most deaths occurred among male patients (1,190; 55%), aged ≥ 60 years (1,526; 70.5%), of Black race/color (1,174; 54%), with low educational attainment (elementary school or no schooling) (1,425; 66%), and with at least one comorbidity (1,838; 85%). Approximately 9% of the odds of death were explained by admission to a large hospital at the individual level, but this did not explain the variation between hospitals. Higher mortality risk was observed among patients with comorbidities: one (OR = 1.83), two (OR = 2.95), three (OR = 4.37), and more than three (OR = 8.84), compared to those without comorbidities (95% CI). **The flow maps showed greater movement of individuals from more vulnerable areas.** **Conclusion:** Admission to large hospitals reflected the clinical severity of patients. However, there was considerable variation in case fatality across services: while a private hospital and two

regional reference hospitals presented the highest lethality, another reference hospital in a major municipality reported a case fatality rate nearly four times lower. These findings suggest that institutional factors significantly influenced mortality, reinforcing the need for public policies that promote equity and ensure the quality of healthcare networks during Public Health Emergencies.

Keywords: COVID-19, Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS), death, health services, hospital admission.

1. Introdução

A pandemia da COVID-19 foi uma Emergência em Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII) declarada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) no período de 2020 a 2022 [1]. No Brasil, o Ministério da Saúde declarou Emergência em Saúde de Importância Nacional (ESPIN) em fevereiro de 2020 [2]. Foi um desafio para a saúde pública, para os gestores, para a vigilância epidemiológica. E para a assistência a garantia de acesso equânime.

O protocolo assistencial da COVID-19 foi desenvolvido em 2020 para padronizar e orientar a prática assistencial, promover a qualidade, segurança e efetividade do cuidado prestado ao paciente, redução da mortalidade e a recuperação dos pacientes [3].

A COVID-19 possui amplo espectro clínico, variando de casos assintomáticos e leves até formas graves, com risco de óbito. Pacientes com síndrome respiratória aguda (SRAG) apresentam síndrome gripal (SG), e pelo menos um sinal de gravidade (dispnéia, desconforto respiratório, saturação de O₂ ≤ 94% e/ou cianose) e diagnóstico laboratorial detectável para SARS-CoV-2 [3]. Algumas condições individuais como idade avançada e comorbidades pré-existentes, gestantes, tabagistas e pessoas não vacinadas contra a COVID-19 aumentam o risco de gravidade, progressão e morte pela doença devido à menor resposta imunológica que eles apresentam [3].

O Brasil registrou números alarmantes de casos de óbito por COVID-19. Até 28 de maio de 2025, o país contabilizava 39.274.252 casos acumulados e 716.192 mortes em decorrência da COVID-19. Em Minas Gerais, foram registrados 4.370.261 casos acumulados e 67.158 óbitos e em Contagem 83.934 casos acumulados e 2.262 óbitos [4]. A redução de casos graves e óbitos foi verificada em todo o país, com o início da vacinação, em 2021 [5].

Contagem, município da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) com população de 621.863 habitantes (Figura 1), sendo a terceira mais populosa do estado de Minas Gerais-Brasil [6]. O município é dividido em oito distritos sanitários, que são regiões administrativas, sendo que Vargem das Flores possui a maior vulnerabilidade social [6]. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é 0,756 [6]. Sua rede primária tem cobertura de 100% equipe de saúde da família, cinco Unidades de Pronto Atendimento (UPA), um hospital geral e uma maternidade públicos; quatro hospitais e quatro pronto atendimentos privados.

Contagem é referência para municípios da microrregião de saúde no processo de regionalização da saúde, Sarzedo e Ibirité [7], com um hospital de grande porte. Os hospitais são classificados pelo porte conforme o número de leitos, sendo: até 50 leitos, pequeno, de 51 a 150 médio, de 151 a 500 grande e mais que 501 com capacidade extra [8]. Os hospitais de grande porte possuem alta complexidade [8]. Em todo período da pandemia da COVID-19 houve ampliação de leitos clínicos e 60 leitos em unidade de terapia intensiva [9].

O município, seguindo orientação do Ministério de Saúde, elaborou o Plano de Contingência pela Infecção Humana pela COVID-19, para dar resposta rápida à ESPIN. O plano propôs monitoramentos de casos novos, testagem para confirmação do diagnóstico e atendimento dos pacientes com sintomas leves nas Unidades Básicas de Saúde e com sintomas moderados e graves em UPA e internações em hospitais [9]. Em cenário pandêmico, alguns pacientes internaram em hospitais dentro ou fora do município.

O local de internação pode ter impacto no desfecho da doença. Contagem tem um hospital e uma maternidade de grande porte e seus residentes foram atendidos dentro e fora do município. Portanto, é importante avaliar a letalidade de pacientes com SRAG por COVID-19, considerando a internação em hospitais de grande porte e os fatores individuais de cada doente. Foram analisadas 7.442 internações, sendo 3.747 em hospital de grande porte. Do total de internações, 2.196 pacientes na ESPIN da COVID-19 evoluíram para óbito.

O objetivo foi analisar as internações hospitalares e o risco de óbito por SRAG COVID-19, nos hospitais do município e fora dele, de residentes de Contagem, de 2020 a 2022.

2. Métodos

2.1 Desenho e Fonte de dados

Trata-se de um estudo de coorte histórica, com análise descritiva e análise multinível, sendo no primeiro nível o indivíduo e no segundo nível o hospital de internação, de pacientes com SRAG COVID-19, residentes de Contagem–MG. Os dados foram obtidos junto à Secretaria Municipal de Saúde de Contagem, a partir dos registros do Sistema de Informação da Vigilância Epidemiológica da Gripe [10], contemplando todos os casos de SRAG por COVID-19 notificados e internados no período.

Foi analisando a completude da variável raça/cor, foi observado que o percentual (%) do preenchimento deste campo nos casos que evoluíram para cura e óbito foram, respectivamente: 69,4% (ruim) e 99,5% (excelente) para o ano 2020; 49,8% (ruim) e 99,5% (excelente) para 2021 e de 53,3% (ruim) e 99,1% (excelente) para 2022. A análise da variável escolaridade nos casos com evolução cura e óbito identificou uma completude de 14,3% (ruim) e 78,2% (regular) em 2020; de 0,5% (ruim) e 65,8% (ruim) em 2021 e de 21,2% (ruim) e 85,8% (regular) em 2022. A proporção de preenchimento dos campos sobre vacinação contra a Covid-19 em 2021 e 2022 foi 98,3% (excelente) e 99,8% (excelente), 99,7% (excelente) e 100% (excelente) nos casos que evoluíram para cura e óbito, respectivamente. A completude da variável evolução nos anos de 2020, 2021 e 2022 foi de 96,7% (excelente), 99,9% (excelente) e 99,9% (excelente), respectivamente.

2.2 Área de estudo

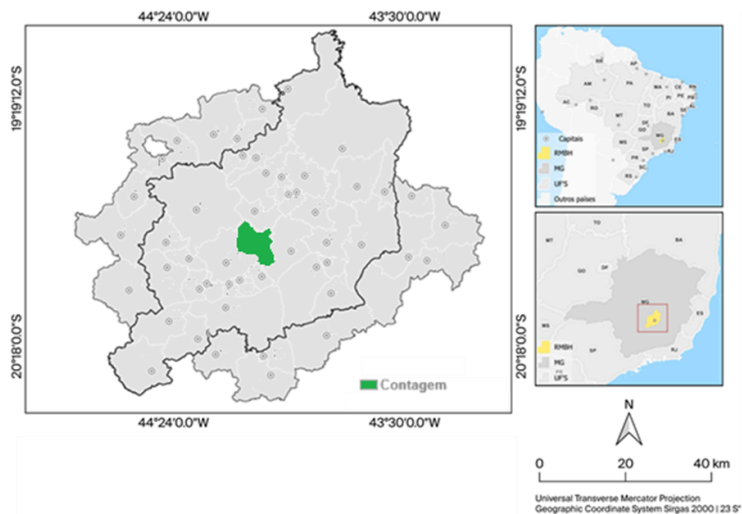
O município de Contagem possui uma população de 621.863 habitantes (Figura 1) [6]. Localizado na Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais. É a terceira cidade mais populosa do estado de Minas Gerais com 621.863 habitantes⁵⁵. O município é dividido em oito distritos sanitários, que são regiões administrativas. A rede de saúde local é composta por um hospital e uma maternidade pública de grande porte, dois hospitais privados de médio porte, cinco UPA públicas e quatro privadas. As UPAs públicas atendem urgências clínicas e se necessário encaminham os pacientes para internação nos hospitais de Contagem e municípios da macrorregião de saúde de Minas Gerais [7]. Já os prontos atendimentos privados referenciam para hospitais credenciados, dentro ou fora de Contagem.

2.3 População do estudo

Residentes de Contagem, internados de 2020 a 2022 por SRAG COVID-19 em qualquer unidade assistencial (pública ou privada de qualquer município) e notificados no SIVEP Gripe Contagem (n=17.385 internações). Do total de internações constantes na base

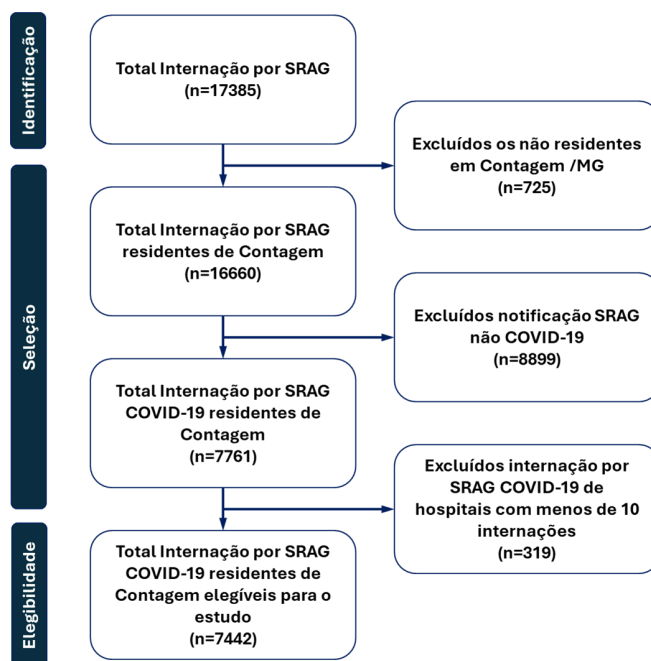
de dados, foram excluídos 725 de não residentes do município, 8.899 SRAG não COVID-19, 319 internados em hospitais com menos de 10 internações. Foram elegíveis 7.442 internações de todos os residentes de Contagem (Figura 2).

Figura 1. Região Metropolitana de Belo Horizonte e o município de Contagem



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 2. Fluxo do processo de inclusão dos registros de internação do SIVEP Gripe COVID-19 utilizados no estudo.



Fonte: SIVEP gripe.

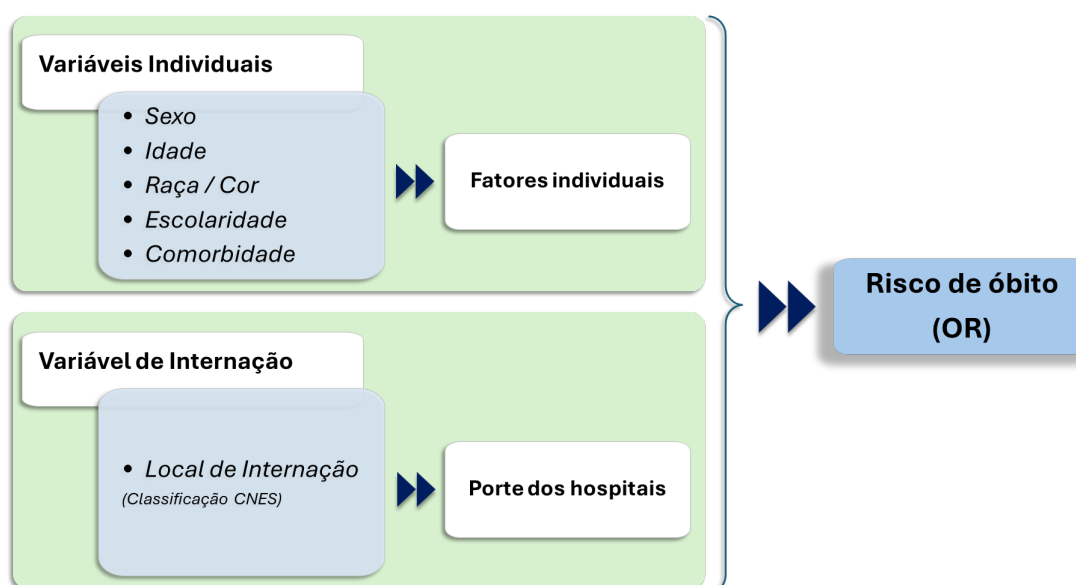
2.4 Variáveis

Foram avaliadas as variáveis explicativas individuais, incluindo sexo, idade, raça/cor de pele, escolaridade e comorbidades registradas na ficha de notificação de SRAG. A idade foi categorizada em menor que 60 anos e 60 anos e mais; a escolaridade foi categorizada em analfabeto/fundamental (devido à vulnerabilidade) [1] e ensino médio e superior; e as comorbidades em: sem comorbidades, uma, duas, três e mais de três comorbidades (Figura 3).

Também foi considerada a variável explicativa o porte dos hospitais de internação (Figura 3), conforme classificação do CNES [11]. Os hospitais são classificados por porte como: pequeno até 50 leitos; médio: 51 a 150 leitos; grande: 151 a 500 leitos; extra: acima de 500 leitos de capacidade [8, 12]. Para as análises, as unidades de saúde eram definidas em grande porte (hospitais de grande porte e capacidade extra) e outros (pequeno e médio porte e UPA).

A variável desfecho foram os óbitos por SRAG COVID-19 com diagnóstico de confirmação laboratorial para SARS-CoV-2 [3] de residentes de Contagem, com internação ocorrida dentro e fora do município de 2020 a 2022.

Figura 3. Variáveis de interesse



2.5 Fluxo de deslocamento para os locais de internação que ocorreram os óbitos

Para análise do fluxo de internação dos pacientes que evoluíram para óbito foram elaborados mapas temáticos, calculado os centróides dos bairros de residência dos pacientes e a distância de deslocamento para o local de internação. Foram identificados hospitais e UPA públicos e privados através do Google Earth. Os dados de bairros foram disponibilizados pela Secretaria Municipal de Tecnologia e Informação de Contagem devido às áreas de ocupação irregulares do município [13]. Os dados foram armazenados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica, por meio do *software* QGIS, versão 3.12.

2.6 Análise de dados

Foi realizada uma análise descritiva, com distribuição de frequência para as variáveis categóricas. Foram excluídos os dados de raça e escolaridade com a informação ignorada. Para uma abordagem exploratória dos dados, foi realizada a comparação do número de óbitos ocorridos em equipamentos de saúde localizados no município de Contagem e outros municípios pelo teste do qui-quadrado (χ^2), considerando um nível de significância foi de $p \leq 0,05$. As análises foram realizadas no R versão 4.5.1.

2.6.1 Modelo logístico multinível

Para a análise multinível, foram excluídos os não residentes de Contagem (725), SRAG não COVID-19 e locais de internação com menos de 10 internações, independente do desfecho por risco de viés de resultado. Para esta análise considerou-se todos os hospitais que internaram mais de 10 pacientes residentes em Contagem, independente do município em que o hospital é instalado com SRAG COVID-19. Foram analisados 7442 registros notificados no SIVEP Gripe COVID-19 (Figura 2).

Optou-se pela utilização do modelo logístico multinível estruturado em dois níveis, com a estrutura hierárquica dos dados: no primeiro nível o indivíduo e no segundo nível o local de internação [14]. No modelo vazio, realizou-se uma análise de componentes de variância para decompor a variância total do óbito pela COVID-19. Isso permite estimar a variância no nível contextual, indicando que a proporção da variância total de óbito pela COVID-19 pode ser atribuída ao hospital de internação.

Foi ajustado inicialmente o modelo vazio (sem variáveis) para avaliar a variância total de risco de óbito por SRAG COVID-19. Foram avaliadas todas as variáveis sociodemográficas (sexo, idade, raça, escolaridade), presença de comorbidades e realizada

análise bivariada. Após a análise bivariada, apenas idade (≥ 60 anos) e presença de comorbidades, que apresentaram $p \leq 0,20$, foram mantidas para compor o modelo multivariado. O modelo final utilizou-se o "Método de Backward". Depois, foi ajustado o modelo cheio com as variáveis independentes para o nível do indivíduo (idade e presença de comorbidades) e do local de internação. Foram mantidas as variáveis com nível de significância estatística ($p \leq 0,05$ e intervalo de confiança de 95%). Para definição dos modelos finais, foi utilizado o teste da razão da verossimilhança [14].

Os efeitos aleatórios foram expressos em termos de variância, que representa a dispersão dos efeitos entre os locais de internação; odds ratio mediana (ORM), que permite avaliar a magnitude das diferenças entre unidades; correlação intraclasse (ICC), que quantifica a homogeneidade dos resultados dentro de cada local de internação; e coeficiente de partição da variância (PCV), que expressa a proporção da variância explicada pela inclusão de variáveis no modelo.

O desempenho do modelo final ajustado foi avaliado pela área sob a curva ROC [14]. Para construção do modelo logístico multinível utilizou a biblioteca lme4. O tratamento da base e a análise dos dados foram conduzidos no software estatístico R versão 4.5.1.

3. Resultados

No período estudado, foram analisadas 7.442 internações, deste total 2.173 (29,1%) evoluíram para óbito. Dos indivíduos que evoluíram para óbito, em sua maioria, era do sexo masculino ($n=1.193$, 55%), idade de 60 anos e mais ($n=1.520$, 70%), cor de pele preta ($n=1.227$, 57%), analfabeto e ensino fundamental ($n=1.440$, 93%) e com ao menos uma comorbidade ($n=1.833$, 84%) (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização das Internações por SRAG COVID-19 do SIVEP-Gripe, em Contagem/MG de 2020 a 2022.

Variável	Internações		
	Cura - n(%)	Óbito - n(%)	Total - n(%)
Sexo			
Feminino	2462 (47%)	980 (45%)	3442 (46%)
Masculino	2807 (53%)	1193 (55%)	4000 (54%)
	5269	2173	7442
Idade			
< 60 anos	3143 (60%)	653 (30%)	3796 (51%)

≥ 60 anos	2126 (40%)	1520 (70%)	3646 (49%)
		2173	7442
* Raça / Cor			
Nao Preta	782 (21%)	932 (43%)	1714 (30%)
Preta	2867 (79%)	1227 (57%)	4094 (70%)
	3649	2159	5808
** Escolaridade			
Fundamental / Analfabeto	767 (86%)	1440 (93%)	2207 (90%)
Médio / Superior	123 (14%)	114 (7%)	237 (10%)
	890	1554	2444
Comorbidade			
Sem comorbidade	2083 (40%)	340 (16%)	2423 (33%)
1 comorbidade	1726 (33%)	562 (26%)	2288 (31%)
2 comorbidades	1034 (20%)	675 (31%)	1709 (23%)
3 comorbidades	350 (7%)	201 (9%)	551 (7%)
≥4 comorbidades	76 (1%)	395 (18%)	471 (6%)
	5269	2173	7442

*ignorados: raça/cor: 1634 **ignorados: escolaridade: 4998

Dos 7.442 pacientes residentes de Contagem, 3.747 das internações foram em hospitais de grande porte (50,3%). Destes, 2.065 (55,1%) em estabelecimento de saúde de Contagem que registraram uma letalidade dos internados de 49% (n=1.022). Das demais internações que ocorreram em outros municípios (n=1.672, 44,9%), 450 (26,9%) evoluíram para óbito. O óbito foi significativamente maior em pacientes internados em Contagem ($p \leq 0,001$). O mesmo padrão foi observado também para locais de pequeno e médio porte (Tabela 2).

Tabela 2. Internações e óbitos por SRAG COVID-19, de todos os residentes, em Contagem e outros municípios, de 2020 a 2022.

Grande Porte	Internações	Cura	Óbito	<i>p-value</i>
	n	n(%)	n(%)	
Contagem	2065	1043 (51%)	1022 (49%)	$p \leq 0,001$
Outros Municípios	1682	1232 (73%)	450 (27%)	
	3747	2275	1472	
Pequeno e médio porte	Internações	Cura	Óbito	<i>p-value</i>
	n	n(%)	n(%)	
Contagem	1582	1265 (80%)	317 (20%)	$p \leq 0,001$
Outros Municípios	2113	1729 (82%)	384 (18%)	
	3695	1667	349	

Na análise da letalidade de todos os hospitais de grande porte, a maior taxa foi em um hospital privado (60%), seguido de dois hospitais públicos (53,4 e 50%) que são referência para outros municípios. Um hospital de referência de outro grande município apresentou letalidade de 16,7%. A menor letalidade (1,9%) foi em hospital infantil e maternidade.

Na análise dos óbitos por porte dos hospitais: grande porte e outros, houve significância estatística para as variáveis escolaridade ($p=0,043$) e presença de comorbidades ($p\leq 0,000$) (Tabela 3).

Tabela 3. Descritiva das variáveis demográficas e comorbidades dos óbitos por SRAG COVID-19, hospitais grande porte, 2020 a 2022*

Variável	Porte			p-value
	Óbito - n(%)	Grande - n(%)	Outro - n(%)	
Sexo				
Feminino	980 (45%)	671 (46%)	309 (44%)	$p=0,540$
Masculino	1193 (55%)	801 (54%)	392 (56%)	
	2173	1472	701	
Idade				
< 60 anos	653 (30%)	431 (29%)	222 (32%)	$p=0,278$
≥ 60 anos	1520 (70%)	1041 (71%)	479 (68%)	
	2173	1472	701	
* Raça / Cor				
Nao Preta	932 (43%)	633 (43%)	299 (43%)	$p=1,000$
Preta	1227 (57%)	833 (57%)	394 (57%)	
	2159	1466	693	
** Escolaridade				
Fundamental / Analfabeto	1440 (93%)	962 (94%)	478 (91%)	$p=0,043$
Médio / Superior	114 (7%)	65 (6%)	49 (9%)	
	1554	1027	527	
Comorbidade				
Sem comorbidade	340 (16%)	203 (14%)	137 (20%)	$p\leq 0,001$
1 comorbidade	562 (26%)	338 (23%)	224 (32%)	
2 comorbidades	675 (31%)	465 (32%)	210 (30%)	
3 comorbidades	395 (18%)	302 (21%)	93 (13%)	
≥4 comorbidades	201 (9%)	164 (11%)	37 (5%)	
	2173	1472	701	

*ignorados: raça/cor:14 **ignorados: escolaridade: 619

Os mapas de fluxos de deslocamento, mostram que em 2020, o maior fluxo de internação dos pacientes que evoluíram para óbito foi para os hospitais públicos do município. E para hospitais privados o maior fluxo foi para Belo Horizonte. O fluxo de hospitais públicos é maior para internação em Contagem, quando comparado com outros municípios (Figura 4).

Há grande fluxo de pacientes para as UPA públicas do próprio município. Em UPA pública o maior fluxo foi para uma unidade em área central, que possui melhor acesso em Contagem. E para UPA privada somente um local recebeu todos os pacientes que evoluíram para óbito no município. Em 2021 mantém o mesmo padrão, mas com maior registro de deslocamento dos pacientes que evoluíram para óbitos, em Contagem e fora do município. Em 2022, há grande redução de deslocamento e sem registro de óbito em UPA privada (Figura 5).

Figura 4. Mapas de Fluxo de deslocamento de todos os óbitos por SRAG COVID-19, de 2020 a 2022: Hospitais Privados e Hospitais Públicos.

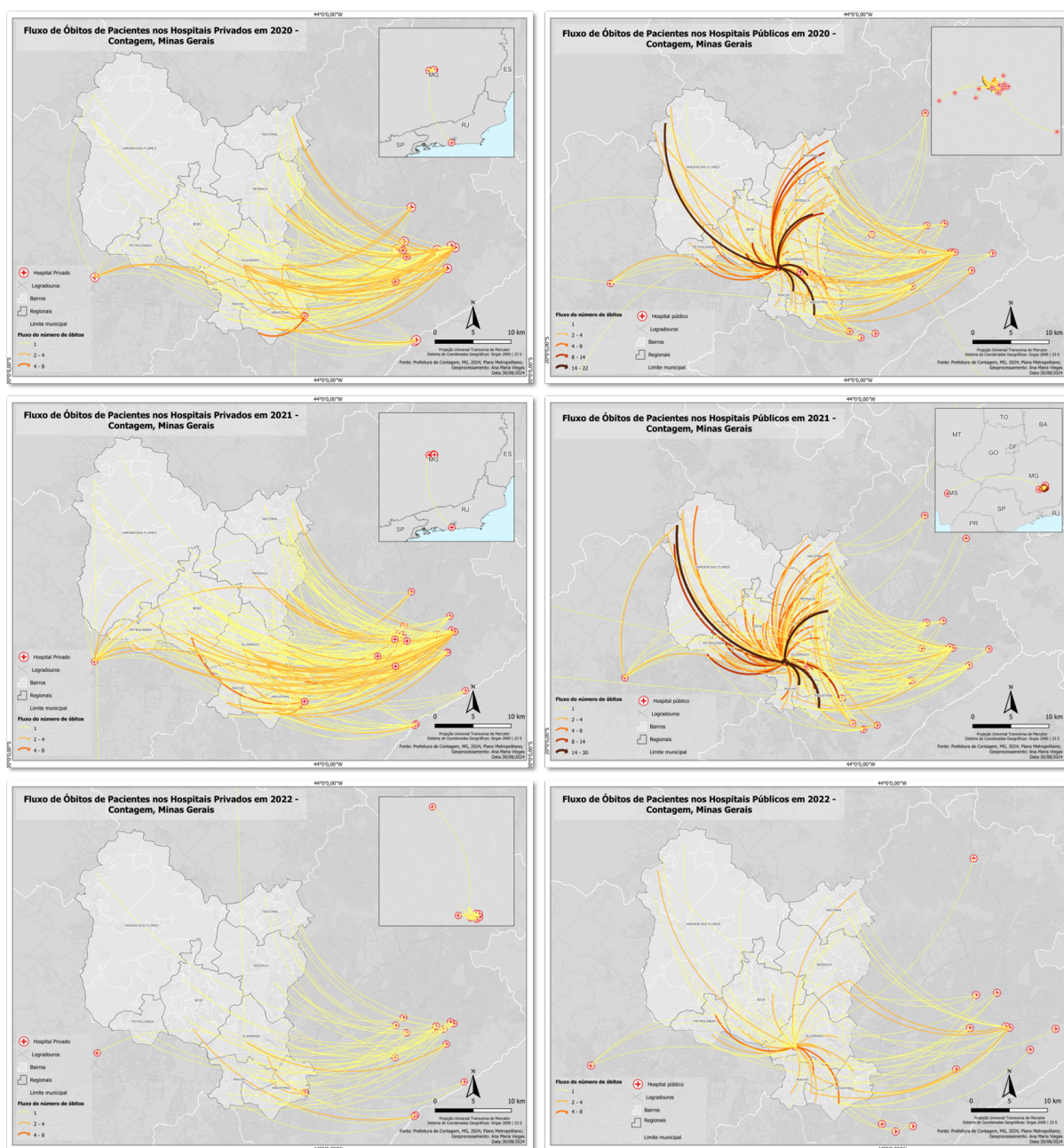
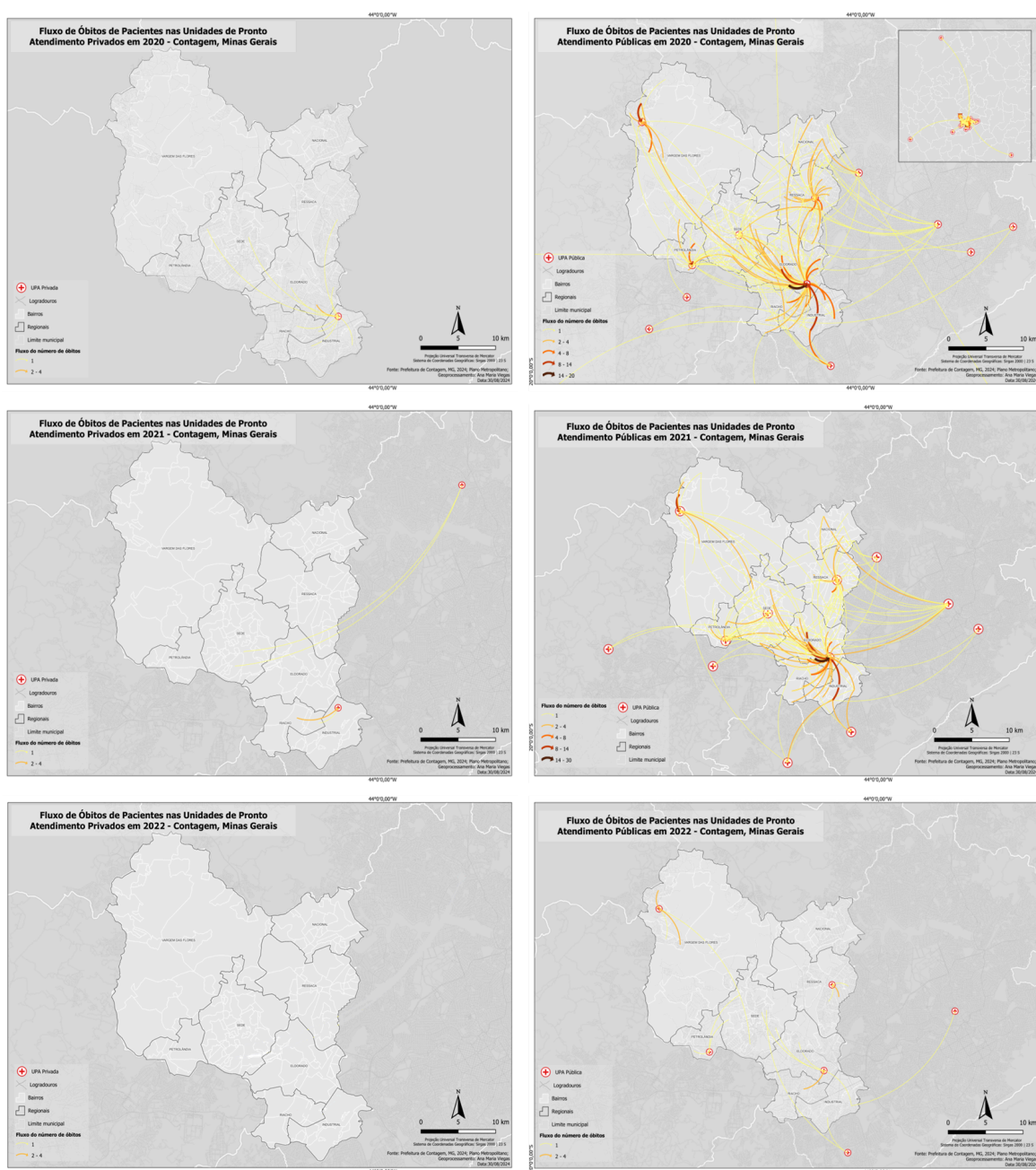


Figura 5. Mapas de Fluxo de deslocamento de todos os óbitos por SRAG COVID-19, de 2020 a 2022: Pronto Atendimento Privados e Pronto Atendimento Públicos.



3.1 Modelagem logística multinível

No modelo vazio o ICC inicial foi de 0,12, isso implica que 12% da probabilidade de evoluir para óbito está relacionado ao hospital internado, com ORM de 1,91, sugerindo que a mudança de hospital internado pode aumentar a probabilidade de óbito em até 1,9 vezes. O modelo cheio reduziu o ICC para 0,9, o que indica que 9% da probabilidade de evoluir para óbito por COVID-19 está relacionado ao hospital e ORM de 1,82. A mudança do PCV foi de

14,9, indicando que 14,9% da variância foi explicada pelas variáveis inseridas no modelo. Assim, parte da possibilidade de evoluir para óbito está relacionada ao local de internação.

Após o ajuste pelas variáveis individuais (modelo cheio), mostrou significância ($p < 0,05$), com IC de 95% e maior chance de óbitos em pacientes com idade maior que 60 anos (OR=2,28) e aqueles com comorbidades. Em relação a comorbidades observou-se que os pacientes que tinham uma comorbidade apresentaram 83% mais chance de óbito (OR = 1,83), aqueles com duas quase três vezes mais (OR = 2,93), os com três mais de de quatro vezes (OR = 4,34) e aqueles pacientes com mais de três apresentaram quase nove vezes a chance de evoluírem para óbito (OR = 8,76) em comparação com pacientes sem comorbidades. Hospital de grande porte (modelo 3) esteve associado a maior chance de óbito (OR=1,48) (Tabela 4).

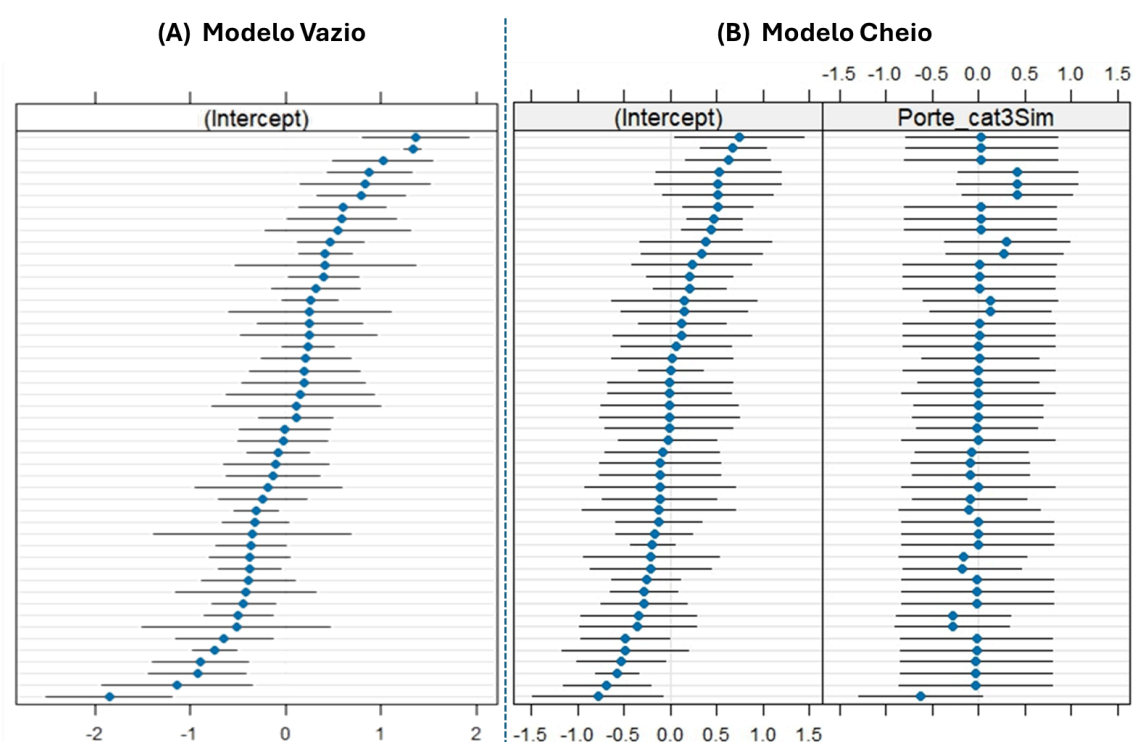
Tabela 4. Análise multinível das variáveis do primeiro nível: idade, número de comorbidades e hospitais de grande e os efeitos aleatórios.

Variáveis	Modelo Nulo OR (IC95%)	Modelo3 OR (IC95%)
Intercepto	0,30 (0,24–0,37)*	0,08 (0,06–0,10)*
Idade < 60 anos**	—	—
Idade ≥ 60 anos	—	2,28 (2,02–2,58)*
Sem comorbidade**	—	—
1 comorbidade	—	1,83 (1,56–2,14)*
2 comorbidades	—	2,93 (2,49–3,46)*
3 comorbidades	—	4,34 (3,53–5,32)*
≥4 comorbidades	—	8,76 (6,42–11,96)*
Hospital de médio e pequeno porte**	—	—
Hospital de grande porte	—	1,48 (1,02–2,14)*
AUC	0,7280,721	0,78928
Variância Residual	0,46	0,22
Variância relacionado ao porte		0,18
R2 Marginal/Condicional	0,00/0,124	0,173/0,246
ORM	1,91	1,82
PCV%		14,94%
ICC	0,12	0,09
AIC	8128,69	7378,99

* $p \leq 0,05$ ** Categoria de referência

A Figura 6 mostra os efeitos aleatórios para o intercepto para o modelo. No Modelo Vazio, os interceptos variam amplamente entre hospitais, evidenciando heterogeneidade significativa e justificando o uso de modelo multinível. No Modelo Cheio, houve redução dessa variação, indicando que parte da heterogeneidade foi explicada, por algumas variáveis, acrescentadas no primeiro nível. Para a variável porte, todos os intervalos de confiança cruzam o zero, indicando ausência de efeito estatisticamente significativo dessa variável nos diferentes hospitais, embora se observe variação na direção e magnitude dos coeficientes.

Figura 6. Dotplot dos modelos multinível (A) Modelo vazio (B) Modelo cheio



4. Discussão

Esse estudo da Emergência em Saúde Pública da COVID-19 amplia a capacidade técnica do profissional e potencializa sua atuação em crises sanitárias. E possibilita a contribuição da ciência na organização das políticas de saúde, com respostas mais eficazes.

O estudo identificou que hospitais de grande porte apresentaram associação significativa com maior risco de óbito no nível individual, mas sem redução da variabilidade entre os hospitais, o que pode ser explicado pelo fato de atenderem pacientes mais graves. Entretanto, observou-se heterogeneidade significativa entre os hospitais de grande porte, indicando que a maior complexidade clínica não implica, necessariamente, em letalidade

elevada. Esse achado reforça a possibilidade de reduzir a mortalidade mesmo em contextos de maior gravidade, a depender da forma como o cuidado é estruturado.

Os mapas de fluxos mostraram que os indivíduos que evoluíram para óbito em região de maior vulnerabilidade (Vargem das Flores), foram os que realizaram maior deslocamento para o hospital público de Contagem. Que mostra maior dificuldade de acesso. A cobertura de 100% de saúde da família na APS não garantiu o acesso ao leito hospitalar da população mais vulnerável.

As diferenças entre hospitais de grande porte podem estar relacionadas a múltiplos fatores estruturais e organizacionais, como gestão local, capacidade instalada, disponibilidade de leitos de UTI, tempo de espera por atendimento, incorporação tecnológica, implantação de protocolos e qualificação das equipes assistenciais. Assim, a análise sugere que a performance hospitalar não se restringe à gravidade dos casos admitidos, mas também à qualidade dos recursos e processos disponíveis para o cuidado.

Além de avaliar a oferta de leitos e a internação de residentes de Contagem em outros municípios, a gravidade dos pacientes, o número de leitos em Contagem, pode ter provocado o deslocamento de pacientes para outros municípios, considerando uma menor oferta frente à grande demanda para internação na ESPIN COVID-19. Essa condição observada pode ter impactado nos óbitos.

Houve diferença na letalidade dos hospitais de grande porte. Alguns hospitais apresentaram letalidade quase quatro vezes menor, quando comparado com dois hospitais referências para outros dois municípios. Hospitais de grande porte recebem pacientes mais graves, que demandam leitos de UTI e ventilação mecânica [15]. Essa diferença pode estar relacionada à disponibilidade de recursos e de leitos entre esses hospitais.

Considerando as condições de risco individual, houve risco associado ao local de internação. Mesmo após controlar por idade e comorbidades, 48% do risco dos óbitos foram explicados pela internação em hospitais de grande porte. Isso mostra que somente as variáveis individuais analisadas não explicaram as mortes por SRAG COVID-19 e que houve diferença entre esses hospitais. Os hospitais de grande porte concentram 77% dos leitos de UTI e 42% dos leitos hospitalares. Portanto, recebem pacientes mais graves, mostrando uma mortalidade hospitalar alta e diferenças entre os hospitais [15, 16].

Estudo no Brasil mostrou variação de 9 a 48% na mortalidade entre os hospitais. Que hospitais com mais médicos intensivistas em UTI, tiveram menor mortalidade que hospitais com médicos menos experientes [17].

Hospitais de grande porte dispõem de maior recursos, profissionais mais preparados e maior suporte para atendimento de casos graves. Além de acesso a maior tecnologia [8] e protocolos de atendimento sistematizados. A escolha do local de internação é feita por regulação do leito disponível e por critério de prioridade de cada paciente [18]. Porém, pode ter diferenças entre os hospitais como disponibilidade de recursos e capacidade de resposta em emergências em saúde pública. Também observada entre os hospitais públicos e privados.

Nosso estudo observou que houve diferença nas taxas de letalidade dos hospitais públicos e privados. Estas diferenças podem estar relacionadas a infraestrutura, rotinas assistenciais sistematizadas, tempo de espera para atendimento, disponibilidade de UTI, profissionais mais qualificados e eficiência na gestão hospitalar. Estudo realizado no Espírito Santos mostrou maior registro de óbitos em instituições públicas [19]. Em um hospital de alta complexidade no Nordeste de Brasil foi evidenciado alta mortalidade, porém em pacientes graves [20]. Houve heterogeneidade entre hospitais para organização de recursos e práticas clínicas na pandemia[21]. Portanto, deve ser considerado o perfil dos pacientes atendidos, e também o hospital onde ocorreu o óbito. Os resultados encontrados reforçam a necessidade de organização em ESP, propondo melhorias na infraestrutura e garantia de implementação de protocolos clínicos.

Os Planos de Emergência em Saúde Pública devem contemplar melhorias na infraestrutura de serviços de saúde, garantia de suprimentos, implantação de protocolos clínicos, treinamentos das equipes e garantia de internação em serviços que possam dar respostas adequadas às demandas de cada paciente, considerando que essa condição aumenta a vulnerabilidade das pessoas [24], como na ESPIN COVID-19. Além disso, o desenvolvimento de políticas públicas deve garantir acesso universal e equitativo aos serviços de grande porte em futuras emergências em saúde pública. A pandemia mostrou fragilidade, e mostrou a importância dos hospitais de grande porte. Essa condição reforça a necessidade de organização na assistência e na gestão dos serviços.

5. Conclusão

A Emergência em Saúde Pública de Importância Internacional da COVID-19 evidenciou a necessidade de organizar a assistência em todos os níveis. Hospitais de grande

porte possuem alta complexidade e dispõem de infraestrutura que possibilitam a adequação de processos para a diminuição da mortalidade e contribuir na redução das desigualdades em uma ESP. A grande demanda na ESPIN da COVID-19 pode ter limitado o desfecho positivo esperado em hospitais de grande porte.

O estudo apresenta limitações devido à disponibilidade de testes para diagnóstico no início da ESPIN COVID-19. Outra limitação refere-se ao uso de dados secundários podem gerar incompletude de variáveis clínicas. O tempo de espera por leitos de UTI e vacinação, não foram analisados.

Declaração do Comitê de Ética em Pesquisa: O estudo foi conduzido conforme a Declaração de Helsinque e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (ou Comitê de Ética em Pesquisa) da UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (CAAE: 55149621.2.0000.5149 // código do protocolo 5.239.884 e data de aprovação: 11 de fevereiro de 2022).

Declaração de Consentimento Livre e Esclarecido: "Não aplicável" para estudos que não envolvam humanos.

Declaração de Disponibilidade dos Dados: Os dados foram disponibilizados pela Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais, Brasil. Os dados são nominais e podem ser disponibilizados pelos autores mediante solicitação.

Abreviaturas

IBGE:	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CNES	Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde
ESPII	Emergência em Saúde Pública de Importância Internacional
ESPIN:	Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional
UPA	Unidades de Pronto Atendimento
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
RMBH:	Região Metropolitana de Belo Horizonte
ESP:	Emergência em Saúde Pública
SRAG:	Síndrome Respiratória Aguda Grave
SIVEP-GRIPE:	Sistema de Informação e Vigilância Epidemiológica da Gripe
SUS:	Sistema Único De Saúde

Referências

1. Pan American Health Organization. Histórico da Emergência Internacional da COVID-19 [Internet]. [cited 2025 May 19]. Available from: <https://www.paho.org/pt/historico-da-emergencia-internacional-covid-19>
2. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 188, de 4 de fevereiro de 2020 [Internet]. [cited 2025 May 17]. Available from: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2020/prt0188_04_02_2020.html
3. Brasil. Ministério da Saúde. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Guia de vigilância integrada da covid-19, influenza e outros vírus respiratórios de importância em saúde pública [recurso eletrônico] . Brasília, 2024. 146 p.: il.. [cited 2025 May 17]. Available from: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/guias-e-manuais/2024/guia-vigilancia-integrada-da-covid-19-influenza-e-outros-virus-respiratorios-de-importancia-em-saude-publica/view>
4. Brasil. Ministério da Saúde. COVID-19 no Brasil [Internet]. [cited 2025 May 17]. Available from: https://infoms.saude.gov.br/extensions/covid-19_html/covid-19_html.html
5. Moura EC, Cortez-Escalante J, Cavalcante FV, Barreto ICHC, Sanchez MN, Santos LMP. Covid-19: evolução temporal e imunização nas três ondas epidemiológicas, Brasil, 2020–2022. Rev Saúde Pública. 2022;56:66. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2022056004907>
6. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Cidades: Contagem (MG) [Internet]. Available from: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/contagem/panorama>
7. Minas Gerais. Secretaria Estadual de Saúde. Plano Diretor de Regionalização - PDR [Internet]. [cited 2025 May 20]. Available from: <http://vigilancia.saude.mg.gov.br/index.php/regionalizacao-minas-gerais/?wpdmc=regionalizacao>
8. Brasil. Conselho Nacional de Secretários de Saúde. O papel dos hospitais nas redes de atenção à saúde. [Acesse 2025 Apr 6]. Available from: https://www.conass.org.br/consensus/wp-content/uploads/2019/04/Artigo_consensus_11.pdf

9. Contagem. Secretaria Municipal de Saúde. Plano de Contingência pela Infecção Humana pela COVID-19 p.46
10. Brasil. Ministério da Saúde. SRAG 2021 a 2025 - Banco de Dados de Síndrome Respiratória Aguda Grave - incluindo dados da COVID-19. Brasília: Ministério da Saúde; 2022. 131 p. [cited 2025 Mar 16]. Available from: <https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/srag-2021-e-2022>
11. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde [Internet]. Available from: https://cnes2.datasus.gov.br/Mod_Ind_Tipo_Leito.asp?VEstado=31&VMun=316720&VComp=202101
12. Minas Gerais. Secretaria Estadual de Saúde. Alta Complexidade [Internet]. [cited 2025 May 20]. Available from: <https://www.saude.mg.gov.br/altacomplexidade/>
13. Contagem. Secretaria Municipal de Tecnologia da Informação. GeoContagem. Acesso em 10/10/2024. Available from: <https://geoprocessamento.contagem.mg.gov.br/portal/apps/sites/#!/geocontagem/documentos/fb62abe2c0c44c0bbd527af3c91aaa68/about>
14. Snijders TAB, Bosker RJ. Multilevel analysis: an introduction to basic and advanced multilevel modeling. London: Sage; 1999.
15. Noronha KVMS, Guedes GR, Turra CM, et al. The COVID-19 pandemic in Brazil: analysis of supply and demand of hospital and ICU beds and mechanical ventilators under different scenarios. *Cad Saúde Pública*. 2020;36(6):e00115320. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00115320>
16. Ranzani OT, Bastos LSL, Gelli JGM, et al. Characterisation of the first 250,000 hospital admissions for COVID-19 in Brazil: a retrospective analysis of nationwide data. *Lancet Respir Med*. 2021;9(4):407–18. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30560-9](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30560-9)
17. Souza-Silva MVR, Ziegelmann PK, Nobre V, Gomes RMV, Etges APBS, Schwarzbald A, et al. Hospital characteristics associated with COVID-19 mortality: data from the multicenter cohort Brazilian Registry. *Intern Emerg Med*. 2022;17(8):2299–313. <https://doi.org/10.1007/s11739-022-03092-9>
18. Conselho Federal de Medicina. Resolução CFM N° 2.156/2016. Acesso em 03/08/2025. Disponível em: <https://sistemas.cfm.org.br/normas/visualizar/resolucoes/BR/2016/2156>
19. Maciel EL, Jabor P, Gouvêa EG Jr, Tristã-Sá R, Lima RCD, Reis-Santos B. Fatores associados ao óbito hospitalar por COVID-19 no Espírito Santo, 2020. *Epidemiol Serv Saúde*. 2020;29(4):e2020402. <https://doi.org/10.1590/S1679-49742020000400022>

20. Porto APM, Moreira FJF, Bezerra AB Jr, Dores CCC, Costa ARC Jr, Eulefeu FC. Mortalidade hospitalar por COVID-19 em um hospital terciário de referência no Nordeste Brasileiro: as principais diferenças entre 1^a e 2^a ondas. *Braz J Infect Dis*. 2022;26(S1):101736. <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2021.101805>
21. Campos PPZA, Souza GM, Midega T, Guimarães HP, Corrêa TD, Cordioli RL. Estudo nacional sobre recursos da saúde e práticas clínicas durante o início da pandemia da COVID-19 no Brasil. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2022;34(1):107–15. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20220005-pt>
22. Gupta K, Gandhi S, Mebane A, Singh A, Vishnuvardhan N, Patel E. Cancer patients and COVID-19: Mortality, serious complications, biomarkers, and ways forward. *Cancer Treat Res Commun*. 2020;26:100285. <https://doi.org/10.1016/j.ctarc.2020.100285>
23. Schilling MPR, Portela MC, Albuquerque MVA, Martins M. COVID-19 inpatient care performance in the unified health system, São Paulo state, Brazil: an application of standardized mortality ratio for hospitals' comparisons. *BMC Health Serv Res*. 2024;24:1125. <https://doi.org/10.1186/s12913-024-11496-w>
24. World Health Organization. Health Emergencies Programme [Internet]. [cited 2025 Jul 3]. Available from: <https://www.who.int/our-work/health-emergencies>

6. CONCLUSÃO

A pandemia da COVID-19 foi a maior ESPII global até o momento. Essa emergência permaneceu por mais de três anos, com grande impacto em número de casos e óbitos. Houve desafios para o Brasil e o mundo devido a alta transmissão, capacidade limitada dos sistemas de saúde, impactos socioeconômicos, desigualdades de acesso a vacinas e insumos e a desinformação. No Brasil, houve dificuldades pelas diferenças regionais e estruturais, sobrecarga do SUS, coordenação nacional e estadual frágeis, alta mortalidade e impacto social e econômico.

Observou-se que fatores relacionados com a disseminação da COVID-19 extrapolam as causas relacionadas à saúde. As populações de maior vulnerabilidade social, com menor capacidade de isolamento social, negros e pardos, com menor IDH e maior Índice de Gini, com menor acesso a serviços de saúde foram as mais impactadas durante a emergência de saúde pública pela COVID-19. Assim como condições climáticas e ambientais do país impactaram na disseminação, bem como na mortalidade e letalidade da doença.

Portanto, os achados deste estudo contribuem para uma melhor compreensão da influência destes diferentes fatores e proporcionam reconhecer que, sendo o Brasil um território amplo e diversificado, é necessário considerar as especificidades locais, e adequar as medidas de controle para cada localidade para serem de fato mais eficientes e equânimes.

A vivência da pandemia da COVID-19, mostrou as dificuldades de coordenar respostas rápidas e equitativas em uma emergência global. As desigualdades sociais, a sobrecarga do SUS e a fragilidade da coordenação da pandemia impactaram na alta mortalidade. Esses achados apontam para a necessidade de fortalecer nossa capacidade de resposta em situações de emergências em saúde pública.

A preparação de resposta a ESPIN COVID-19 foi o maior enfrentamento da saúde pública para a redução da morbimortalidade. Porém, os resultados desse estudo mostraram que, principalmente, em situação de maior vulnerabilidade socioeconômica, os impactos foram heterogêneos, o que torna necessário a adequação conforme as necessidades de cada região. As diferenças nas taxas de hospitalização e mortalidade mostraram as desigualdades relacionadas aos determinantes sociais e as fragilidades das estruturas de saúde e evidenciam que as exposições a fatores de risco e acesso a serviços de saúde de qualidade são desiguais. E que há necessidade de intervenções oportunas em situação de maior vulnerabilidade.

O acesso a hospitais de maior porte, com alta complexidade, maior infraestrutura e processos de trabalho e gestão mais estruturados, são capazes de reduzir a mortalidade.

Garantir acesso a esses serviços resulta na diminuição das desigualdades, como ESPIN da COVID-19.

Portanto, os achados desse estudo podem contribuir para formulação de políticas de saúde e planos de resposta rápida em situação de emergências em saúde pública. Para que os impactos em populações mais vulneráveis possam ser amenizados.

REFERÊNCIAS

1. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Plano de Resposta às Emergências em Saúde Pública [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde, 2014; Available from: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_resposta_emergencias_saude_publica.pdf
2. Pan American Health Organization. Histórico da emergência internacional de COVID-19 [Internet]. [citado 2025 set 10]; Available from: <https://www.paho.org/pt/historico-da-emergencia-internacional-covid-19>
3. World Health Organization. COVID-19 cases [Internet]. WHO. [citado 2025 set 10]; Available from: <https://data.who.int/dashboards/covid19/cases>
4. Brasil. Ministério da Saúde. Covid-19 - Casos e Óbitos [Internet]. 2025 [citado 2025 maio 17]; Available from: https://infoms.saude.gov.br/extensions/covid-19_html/covid-19_html.html
5. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados do Brasil [Internet]. [citado 2025 jan 21]; Available from: <https://cidades.ibge.gov.br/>
6. Fundação João Pinheiro. Índice Mineiro de Responsabilidade Social [Internet]. IMRS - Índice Mineiro de Responsabilidade Social - Fundação João Pinheiro. 2025 [citado 2025 set 11]; Available from: <http://imrs.fjp.mg.gov.br/>
7. World Health Organization. COVID-19 Epidemiological Update [Internet]. 2024; Available from: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/emergencies/20241224_covid-19_epi_update_special-edition.pdf?sfvrsn=b0a6ddaf_1&download=true
8. Secretaria de Saúde do Estado do Paraná. Plano de Resposta a Emergências em Saúde Pública – SESA-PR [Internet]. 2018, Available from: https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-04/pla_noderespostaespfinal310718.pdf
9. CDC. Emergency Preparedness and Response [Internet]. Emergency Preparedness and Response. 2025 [citado 2025 set 11]; Available from: <https://www.cdc.gov/emergency/index.html>
10. World Health Organization. Contact tracing in the context of COVID-19: interim guidance, 10 May 2020 [Internet]. World Health Organization, 2020 [citado 2025 set 11]; Available from: <https://iris.who.int/handle/10665/332049>
11. Brasil, Ministério da Saúde. Sistema Único de Saúde - SUS [Internet]. Ministério da Saúde. [citado 2025 set 12]; Available from: <https://www.gov.br/saude/pt-br/sus/sus>
12. Brasil. Ministério da Saúde. Lei 13.979 [Internet]. 2020 [citado 2024 abr 24]; Available from: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/113979.htm

13. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Guia de Vigilância Epidemiológica Covid-19: Emergência de Saúde Pública de Importância Nacional pela Doença pelo Coronavírus 2019 [Internet]. 2022 [citado 2025 abr 3]; Available from: <https://www.gov.br/saude>
14. Brasil, Ministério da Saúde. Brasil confirma primeiro caso do novo coronavírus [Internet]. Gov.br. 2020 [citado 2025 set 12]; Available from: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/saude-e-vigilancia-sanitaria/2020/02/brasil-confirma-primeiro-caso-do-novo-coronavirus>
15. Brasil, Ministério da Saúde. Coronavírus: 1 morte e 291 casos confirmados [Internet]. Gov.br. 2020 [citado 2025 set 12]; Available from: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2020/marco/coronavirus-1-morte-e-291-casos-confirmados>
16. Mizrahi B, Sudry T, Flaks-Manov N, et al. Long covid outcomes at one year after mild SARS-CoV-2 infection: nationwide cohort study. *BMJ* [internet] 2023 [citado 2025 set 11];380:e072529. Available from: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj-2022-072529>
17. Brasil, Ministério da Saúde. Orientações para manejo de pacientes com Covid-19 [Internet]. Gov.br. 2025 [citado 2025 set 12]; Available from: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/c/covid-19/publicacoes-tecnicas/recomendacoes/orientacoes-para-manejo-de-pacientes-com-covid-19/view>
18. Brasil, Ministério da Saúde. Painel Coronavírus [Internet]. Coronavírus Brasil. 2025 [citado 2025 set 11]; Available from: <https://covid.saude.gov.br/>
19. Wu Z, Harrich D, Li Z, Hu D, Li D. The unique features of SARS-CoV-2 transmission: Comparison with SARS-CoV, MERS-CoV and 2009 H1N1 pandemic influenza virus. *Rev Med Virol* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];31(2):e2171. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/rmv.2171>
20. Abdelrahman Z, Li M, Wang X. Comparative review of SARS-CoV-2, SARS-CoV, MERS-CoV, and influenza A respiratory viruses. *Front Immunol* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];11:552909. Available from: <http://dx.doi.org/10.3389/fimmu.2020.552909>
21. Teixeira CF de S, Soares CM, Souza EA, et al. A saúde dos profissionais de saúde no enfrentamento da pandemia de Covid-19. *Cien Saude Colet* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];25(9):3465–3474. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232020259.19562020>
22. Zheng J. SARS-CoV-2: an Emerging Coronavirus that Causes a Global Threat. *Int J Biol Sci* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];16(10):1678–1685. Available from: <http://dx.doi.org/10.7150/ijbs.45053>
23. Sharma A, Ahmad Farouk I, Lal SK. COVID-19: A review on the novel Coronavirus disease evolution, transmission, detection, control and prevention. *Viruses* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];13(2):202. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/v13020202>
24. Lu R, Zhao X, Li J, et al. Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet* [internet] 2020

- [citado 2025 set 11];395(10224):565–574. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30251-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30251-8)
25. Pan Y, Zhang D, Yang P, Poon LLM, Wang Q. Viral load of SARS-CoV-2 in clinical samples. *Lancet Infect Dis* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];20(4):411–412. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30113-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30113-4)
 26. Yesudhas D, Srivastava A, Gromiha MM. COVID-19 outbreak: history, mechanism, transmission, structural studies and therapeutics. *Infection* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];49(2):199–213. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s15010-020-01516-2>
 27. Cai J, Sun W, Huang J, Gamber M, Wu J, He G. Indirect virus transmission in cluster of COVID-19 cases, Wenzhou, China, 2020. *Emerg Infect Dis* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];26(6):1343–1345. Available from: <http://dx.doi.org/10.3201/eid2606.200412>
 28. Choi JY, Smith DM. SARS-CoV-2 variants of concern. *Yonsei Med J* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];62(11):961–968. Available from: <http://dx.doi.org/10.3349/ymj.2021.62.11.961>
 29. World Health Organization. The latest data for COVID-19 variants from the WHO COVID-19 dashboard [Internet]. Who Datadot. [citado 2025 set 12]; Available from: <https://data.who.int/dashboards/covid19/variants>
 30. Zhang S, Wang B, Yin L, et al. Novel evidence showing the possible effect of environmental variables on COVID-19 spread. *GeoHealth* [internet] 2022 [citado 2025 set 11];6(3):e2021GH000502. Available from: <http://dx.doi.org/10.1029/2021GH000502>
 31. Kandeel M, Mohamed MEM, Abd El-Lateef HM, Venugopala KN, El-Beltagi HS. Omicron variant genome evolution and phylogenetics. *J Med Virol* [internet] 2022 [citado 2025 set 11];94(4):1627–1632. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/jmv.27515>
 32. Brasil, Ministério da Saúde. Nota Técnica nº 51/2023-CGVVDI/DPNI/SVSA/MS [Internet]. 2023 [citado 2025 set 12]; Available from: <https://www.gov.br/saude>
 33. Chi W-Y, Li Y-D, Huang H-C, et al. COVID-19 vaccine update: vaccine effectiveness, SARS-CoV-2 variants, boosters, adverse effects, and immune correlates of protection. *J Biomed Sci* [internet] 2022 [citado 2025 set 11];29(1):82. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12929-022-00853-8>
 34. Saxena SK, Kumar S, Ansari S, et al. Transmission dynamics and mutational prevalence of the novel Severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 Omicron Variant of Concern. *J Med Virol* [internet] 2022 [citado 2025 set 11];94(5):2160–2166. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/jmv.27611>
 35. Wei WE, Li Z, Chiew CJ, Yong SE, Toh MP, Lee VJ. Presymptomatic transmission of SARS-CoV-2 - Singapore, January 23-March 16, 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];69(14):411–415. Available from: <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm6914e1>

36. Chen Y-C, Lu P-E, Chang C-S, Liu T-H. A time-dependent SIR model for COVID-19 with undetectable infected persons [Internet]. arXiv [q-bio.PE]. 2020 [citado 2025 set 11]; Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/TNSE.2020.3024723>
37. Araf Y, Akter F, Tang Y-D, et al. Omicron variant of SARS-CoV-2: Genomics, transmissibility, and responses to current COVID-19 vaccines. *J Med Virol* [internet] 2022 [citado 2025 set 11];94(5):1825–1832. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/jmv.27588>
38. Minas Gerais AL de. Decreto nº 47.891, de 20/03/2020 - Assembleia Legislativa de Minas Gerais [Internet]. Portal da Assembleia Legislativa de Minas Gerais. [citado 2025 set 12]; Available from: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/DEC/47891/2020/>
39. Corrêa PRL, Ishitani LH, Abreu DMX de, Teixeira RA, Marinho F, França EB. A importância da vigilância de casos e óbitos e a epidemia da COVID-19 em Belo Horizonte, 2020. *Rev Bras Epidemiol* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];23:e200061. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/1980-549720200061>
40. Organização Pan-Americana da Saúde. Atualização sobre a variante de interesse EG.5 e a variante sob vigilância BA.2.86 [Internet]. PAHO. 2023 [citado 2025 set 12]; Available from: <https://www.paho.org/pt/noticias/23-8-2023-atualizacao-sobre-variante-interesse-eg5-e-variante-sob-vigilancia-ba286>
41. Riccardo F, Ajelli M, Andrianou XD, et al. Epidemiological characteristics of COVID-19 cases and estimates of the reproductive numbers 1 month into the epidemic, Italy, 28 January to 31 March 2020. *Euro Surveill* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];25(49):2000790. Available from: <http://dx.doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.49.2000790>
42. Kirby T. South America prepares for the impact of COVID-19. *Lancet Respir Med* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];8(6):551–552. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30218-6](http://dx.doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30218-6)
43. Brasil, Ministério da Saúde. Ministério da Saúde reduz para 7 dias o isolamento de casos por Covid-19 [Internet]. 2022 [citado 2025 set 11]; Available from: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2022/janeiro/ministerio-da-saude-reduz-para-7-dias-o-isolamento-de-casos-por-covid-19>
44. Hafeez S, Din M, Zia F, Ali M, Shinwari ZK. Emerging concerns regarding COVID-19; second wave and new variant. *J Med Virol* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];93(7):4108–4110. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/jmv.26979>
45. Bin M, Cheung PYK, Crisostomi E, et al. Post-lockdown abatement of COVID-19 by fast periodic switching. *PLoS Comput Biol* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];17(1):e1008604. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pcbi.1008604>
46. Huang R, Liu M, Ding Y. Spatial-temporal distribution of COVID-19 in China and its prediction: A data-driven modeling analysis. *J Infect Dev Ctries* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];14(3):246–253. Available from: <http://dx.doi.org/10.3855/jidc.12585>

47. Melin P, Monica JC, Sanchez D, Castillo O. Analysis of spatial spread relationships of Coronavirus (COVID-19) pandemic in the world using self organizing maps. Chaos Solitons Fractals [internet] 2020 [citado 2025 set 11];138(109917):109917. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chaos.2020.109917>
48. Ribeiro MHD, Silva RG da, Mariani VC, Coelho LDS. Short-term forecasting COVID-19 cumulative confirmed cases: Perspectives for Brazil. Chaos Solitons Fractals [internet] 2020 [citado 2025 set 11];135(109853):109853. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chaos.2020.109853>
49. Brasil, Ministério da Saúde. Covid-19 no Brasil [Internet]. Ministério da Saúde. 2025 [citado 2025 set 12]; Available from: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/c/covid-19/covid-19>
50. Minas Gerais, Secretaria Estadual de Saúde. Boletim Epidemiológico COVID-19: Doença causada pelo coronavírus. 10 de maio de 2020 [Internet]. 2020 [citado 2020 maio 10]; Available from: https://www.agenciaminas.mg.gov.br/ckeditor_assets/attachments/8190/10_05_2020_boletim_epidemiologico_covid-19_mg.pdf
51. Minas Gerais, Secretaria Estadual de Saúde. Boletim Epidemiológico COVID-19: Doença causada pelo coronavírus 19 de Julho de 2020 [Internet]. 2020 [citado 2020 jul 19]; Available from: https://www.agenciaminas.mg.gov.br/ckeditor_assets/attachments/8847/boletim_epidemiologico_covid-19_19_07_2020_1.pdf
52. Minas Gerais, Secretaria Estadual de Saúde. Boletim Epidemiológico COVID-19: Doença causada pelo coronavírus. 27 de julho de 2020 [Internet]. 2020 [citado 2020 jul 27]; Available from: https://www.agenciaminas.mg.gov.br/ckeditor_assets/attachments/8900/boletim_epidemiologico_covid-19_27_07_2020.pdf
53. Coura-Vital W, Cardoso DT, Ker FT de O, et al. Spatiotemporal dynamics and risk estimates of COVID-19 epidemic in Minas Gerais State: analysis of an expanding process. Rev Inst Med trop S Paulo [internet] 2021 [citado 2025 set 11];63:e21. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-9946202163021>
54. Contagem, Prefeitura Municipal. GeoContagem [Internet]. [citado 2025 set 11]; Available from: <https://geoprocessamento.contagem.mg.gov.br/portal/apps/sites/#!/geocontagem/pages/geo>
55. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Cidades [Internet]. [citado 2025 set 11]; Available from: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/contagem/panorama>
56. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022: Primeiros Resultados de População e Domicílios [Internet]. 2022; Available from: <https://static.poder360.com.br/2023/06/Primeiros-Resultados-de-Populacao-e-Domicilios-Apresentacao.pdf>
57. Contagem, Prefeitura Municipal. Planos de Contingência [Internet]. [citado 2025 set 11]; Available from: <https://portal.contagem.mg.gov.br/planos-de-contingencia/>

58. Beyerstedt S, Casaro EB, Rangel ÉB. COVID-19: angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) expression and tissue susceptibility to SARS-CoV-2 infection. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];40(5):905–919. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s10096-020-04138-6>
59. Zou X, Chen K, Zou J, Han P, Hao J, Han Z. Single-cell RNA-seq data analysis on the receptor ACE2 expression reveals the potential risk of different human organs vulnerable to 2019-nCoV infection. *Front Med* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];14(2):185–192. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s11684-020-0754-0>
60. Li SL, Pereira RHM, Prete CA Jr, et al. Higher risk of death from COVID-19 in low-income and non-White populations of São Paulo, Brazil. *BMJ Glob Health* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];6(4):e004959. Available from: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjgh-2021-004959>
61. Singh R, Rathore SS, Khan H, et al. Association of obesity with COVID-19 severity and mortality: An updated systemic review, meta-Analysis, and meta-regression. *Front Endocrinol (Lausanne)* [internet] 2022 [citado 2025 set 11];13:780872. Available from: <http://dx.doi.org/10.3389/fendo.2022.780872>
62. Konstantyner TCR de O, Martins CB, Luppi CG, et al. Baseline factors associated with death in a COVID-19 hospital cohort, São Paulo, 2020. *Rev Saúde Pública* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];55:76. Available from: <http://dx.doi.org/10.11606/s1518-8787.2021055003684>
63. Yang X, Yu Y, Xu J, et al. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study. *Lancet Respir Med* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];8(5):475–481. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30079-5](http://dx.doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30079-5)
64. Farshbafnadi M, Kamali Zonouzi S, Sabahi M, Dolatshahi M, Aarabi MH. Aging & COVID-19 susceptibility, disease severity, and clinical outcomes: The role of entangled risk factors. *Exp Gerontol* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];154(111507):111507. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.exger.2021.111507>
65. Costa de Assis SJ, Lopes JM, Lima Filho BF de, et al. Dissemination of COVID-19 in inland cities of Northeastern Brazil. *PLoS One* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];16(7):e0253171. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0253171>
66. Fortaleza CMCB, Guimarães RB, Almeida GB de, Pronunciate M, Ferreira CP. Taking the inner route: spatial and demographic factors affecting vulnerability to COVID-19 among 604 cities from inner São Paulo State, Brazil. *Epidemiol Infect* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];148(e118):e118. Available from: <http://dx.doi.org/10.1017/S095026882000134X>
67. Rodrigues W, Costa Frizzera H da, Trevisan DM de Q, Prata D, Reis GR, Resende RA. Social, economic, and regional determinants of mortality in hospitalized patients with COVID-19 in Brazil. *Front Public Health* [internet] 2022 [citado 2025 set 11];10:856137. Available from: <http://dx.doi.org/10.3389/fpubh.2022.856137>
68. Figueiredo AM de, Figueiredo DCMM de, Gomes LB, et al. Social determinants of health and COVID-19 infection in Brazil: an analysis of the pandemic. *Rev Bras Enferm*

- [internet] 2020 [citado 2025 set 11];73(Suppl 2):e20200673. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167-2020-0673>
69. Lino CM, Tenani CF, Batista MJ. COVID-19 em Jundiaí/SP: dinâmica temporal das notificações e análise espacial da prevalência soropidemiológica. *Rev Epidemiol Control Infect* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];11(2). Available from: <http://dx.doi.org/10.17058/reci.v11i2.15903>
 70. Pequeno P, Mendel B, Rosa C, et al. Air transportation, population density and temperature predict the spread of COVID-19 in Brazil. *PeerJ* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];8(e9322):e9322. Available from: <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.9322>
 71. Habib Y, Xia E, Hashmi SH, Fareed Z. Non-linear spatial linkage between COVID-19 pandemic and mobility in ten countries: A lesson for future wave. *J Infect Public Health* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];14(10):1411–1426. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jiph.2021.08.008>
 72. Urban RC, Nakada LYK. GIS-based spatial modelling of COVID-19 death incidence in São Paulo, Brazil. *Environ Urban* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];33(1):229–238. Available from: <http://dx.doi.org/10.1177/0956247820963962>
 73. Merêncio I, Monteiro GM, Vieira CAO. Active COVID-19 clusters in Santa Catarina, Brazil, and workplace mobility trends. *Cad Saúde Pública* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];37(6):e00301620. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311X00301620>
 74. Leichtweis BG, Faria Silva L de, Silva FL da, Peternelli LA. How the global health security index and environment factor influence the spread of COVID-19: A country level analysis. *One Health* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];12(100235):100235. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100235>
 75. Viezzer J, Biondi D. The influence of urban, socio-economic, and eco-environmental aspects on COVID-19 cases, deaths and mortality: A multi-city case in the Atlantic Forest, Brazil. *Sustain Cities Soc* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];69(102859):102859. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2021.102859>
 76. Organização Pan-Americana da Saúde. Manejo Clínico da COVID-19. Orientação provisória, 27 de maio de 2020 [Internet]. 2020 [citado 2025 set 11];Available from: <https://www.paho.org/pt/documents/clinical-management-covid-19-interim-guidance-who>
 77. Brasil, Ministério da Saúde. Fluxos Assistenciais [Internet]. Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares. [citado 2025 set 11];Available from: <https://www.gov.br/ebserh-intensifica-assistencia-a-distancia-como-estrategia-de-combat-e-a-covid-19/pt-br/hospitais-universitarios/regiao-nordeste/ch-ufc/assistencia/documento-s-covid-19-1/huwc/fluxos-assistenciais-1>
 78. Minas Gerais. Secretaria Estadual de Saúde. Fast Track para os Serviços de Urgência e Emergência [Internet]. 2021 [citado 2023 abr 27];Available from: https://coronavirus.saude.mg.gov.br/images/1_2021/04-abril/13-04-fast_track_26-03.pdf
 79. Shenoy P, Ahmed S, Paul A, et al. Hybrid immunity versus vaccine-induced immunity against SARS-CoV-2 in patients with autoimmune rheumatic diseases. *Lancet*

- Rheumatol [internet] 2022 [citado 2025 set 11];4(2):e80–e82. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S2665-9913\(21\)00356-8](http://dx.doi.org/10.1016/S2665-9913(21)00356-8)
80. Minas Gerais, Secretaria de Saúde do Estado. Plano Diretor de Regionalização Minas Gerais [Internet]. Portal da Vigilância em Saúde. [citado 2025 set 11]; Available from: <http://vigilancia.saude.mg.gov.br/index.php/regionalizacao-minas-gerais/?wpdmc=regionalizacao>
 81. Fofana MO, Nery N Jr, Aguilar Ticona JP, et al. Structural factors contributing to SARS-CoV-2 infection risk in the urban slum setting. medRxiv [internet] 2022 [citado 2025 set 11];2022.02.13.22270856. Available from: <http://dx.doi.org/10.1101/2022.02.13.22270856>
 82. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ [internet] 2021 [citado 2025 set 11];372:n71. Available from: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.n71>
 83. Lima de Assis E, José de Deus Morais M, De Oliveira Eichemberg J, et al. Evolution of COVID-19 during the epidemiological week 16 to 53 of 2020 in the state of Acre Western Amazonia, Brazil. J Hum Growth Dev [internet] 2021 [citado 2025 set 11];31(3):425–435. Available from: <http://dx.doi.org/10.36311/jhgd.v31.12611>
 84. Guedes MBOG, Assis SJC de, Sanchis GJB, Araujo DN, Oliveira AGRDC, Lopes JM. COVID-19 in Brazilian cities: Impact of social determinants, coverage and quality of primary health care. PLoS One [internet] 2021 [citado 2025 set 11];16(9):e0257347. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0257347>
 85. Baggio JAO, Machado MF, Carmo RF do, Armstrong A da C, Santos ADD, Souza CDF de. COVID-19 in Brazil: spatial risk, social vulnerability, human development, clinical manifestations and predictors of mortality - a retrospective study with data from 59 695 individuals. Epidemiol Infect [internet] 2021 [citado 2025 set 11];149:e100. Available from: <http://dx.doi.org/10.1017/S0950268821000935>
 86. Rafael R de MR, Neto M, Depret DG, Gil AC, Fonseca MHS, Souza-Santos R. Effect of income on the cumulative incidence of COVID-19: an ecological study. Rev Lat Am Enfermagem [internet] 2020 [citado 2025 set 11];28:e3344. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/1518-8345.4475.3344>
 87. Ferreira MC. Spatial association between the incidence rate of COVID-19 and poverty in the São Paulo municipality, Brazil. Geospat Health [internet] 2020 [citado 2025 set 11];15(2). Available from: <http://dx.doi.org/10.4081/gh.2020.921>
 88. Souza APG de, Mota CM de M, Rosa AGF, Figueiredo CJJ de, Candeias ALB. A spatial-temporal analysis at the early stages of the COVID-19 pandemic and its determinants: The case of Recife neighborhoods, Brazil. PLoS One [internet] 2022 [citado 2025 set 11];17(5):e0268538. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0268538>
 89. Quinino LR de M, Vasconcellos FHM, Diniz IS, Aguiar LR, Ramos YT de M, Bastiani FD. Aspectos espacial e temporal e fatores associados à interiorização da Covid-19 em Pernambuco, Brasil. Cien Saude Colet [internet] 2021 [citado 2025 set


- 11];26(6):2171–2182. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232021266.00642021>
90. Nakada LYK, Urban RC. COVID-19 pandemic: environmental and social factors influencing the spread of SARS-CoV-2 in São Paulo, Brazil. *Environ Sci Pollut Res Int* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];28(30):40322–40328. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1007/s11356-020-10930-w>
 91. Silva AP de SC, Maia LT de S, Souza WV de. Síndrome Respiratória Aguda Grave em Pernambuco: comparativo dos padrões antes e durante a pandemia de COVID-19. *Cien Saude Colet* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];25(suppl 2):4141–4150. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1590/1413-812320202510.2.29452020>
 92. Castro RR, Santos RSC, Sousa GJB, et al. Spatial dynamics of the COVID-19 pandemic in Brazil. *Epidemiol Infect* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];149(e60):e60. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1017/S0950268821000479>
 93. Ibarra-Espinosa S, Dias de Freitas E, Ropkins K, Dominici F, Rehbein A. Negative-Binomial and quasi-poisson regressions between COVID-19, mobility and environment in São Paulo, Brazil. *Environ Res* [internet] 2022 [citado 2025 set 11];204(Pt D):112369. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2021.112369>
 94. Gomes DS, Andrade LA, Ribeiro CJN, et al. Risk clusters of COVID-19 transmission in northeastern Brazil: prospective space-time modelling. *Epidemiol Infect* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];148(e188):e188. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1017/S0950268820001843>
 95. Souza WV de, Martelli CMT, Silva AP de SC, et al. Cem dias de COVID-19 em Pernambuco, Brasil: a epidemiologia em contexto histórico. *Cad Saúde Pública* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];36(11):e00228220. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00228220>
 96. Silva AP de SC, Holanda ER de, Abreu PD de, Freitas MV de A. COVID-19 in children in the state of Pernambuco: Spatial analysis of confirmed severe cases and the Human Development Index. *Rev Soc Bras Med Trop* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];54:e0782-2020. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1590/0037-8682-0782-2020>
 97. Lima DL, Morais TC, Daboin BEG, et al. Epidemiological perspective of the evolution of the COVID-19 pandemic in Amapá State, Northern Brazil. *J Hum Growth Dev* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];31(3):414–424. Available from:
<http://dx.doi.org/10.36311/jhgd.v31.126100>
 98. Castro-Alves J, Silva LS, Lima JP, Ribeiro-Alves M. Were the socio-economic determinants of municipalities relevant to the increment of COVID-19 related deaths in Brazil in 2020? *PLoS One* [internet] 2022 [citado 2025 set 11];17(4):e0266109. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0266109>
 99. Wang W, Vasarhelyi MA, Rosa F, Freitas MM de. The relationship between pandemic circumstances and socioeconomic factors and implications for the government. *Adm Pública Gest Soc* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];13(4). Available from:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=351568433008>

100. Lima SS, Queiroz MAF, Machado LFA, Vallinoto ACR, Ishak M de OG, Ishak R. Retrospective epidemiology of the SARS-CoV-2 (and COVID-19) epidemic among 27 Brazilian cities. *J Clin Virol Plus* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];1(4):100053. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcvp.2021.100053>
101. Siqueira TS, Silva JRS, Souza M do R, 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 Reg Health Am* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];3(100076):100076. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lana.2021.100076>
102. Magalhães JJF de, Mendes RPG, Silva CTA da, et al. Epidemiological and clinical characteristics of the first 557 successive patients with COVID-19 in Pernambuco state, Northeast Brazil. *Travel Med Infect Dis* [internet] 2020 [citado 2025 set 11];38(101884):101884. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101884>
103. Almeida Andrade L, Silva da Paz W, Fontes Lima AGC, et al. Spatiotemporal pattern of COVID-19-related mortality during the first year of the pandemic in Brazil: A population-based study in a region of high social vulnerability. *Am J Trop Med Hyg* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];106(1):132–141. Available from: <http://dx.doi.org/10.4269/ajtmh.21-0744>
104. De Negri F, Galiezz R, Miranda P, et al. Socioeconomic factors and the probability of death by Covid-19 in Brazil. *J Public Health (Oxf)* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];43(3):493–498. Available from: <http://dx.doi.org/10.1093/pubmed/fdaa279>
105. Villela DAM. Household crowding hampers mitigating the transmission of SARS-CoV-2. *Rev Soc Bras Med Trop* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];54:e08212020. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/0037-8682-0821-2020>
106. Silva J, Ribeiro-Alves M. Social inequalities and the pandemic of COVID-19: the case of Rio de Janeiro. *J Epidemiol Community Health* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];75(10):975–979. Available from: <http://dx.doi.org/10.1136/jech-2020-214724>
107. Yin C, Zhao W, Pereira P. Meteorological factors' effects on COVID-19 show seasonality and spatiality in Brazil. *Environ Res* [internet] 2022 [citado 2025 set 11];208(112690):112690. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2022.112690>
108. Sharif N, Sarkar MK, Ahmed SN, et al. Environmental correlation and epidemiologic analysis of COVID-19 pandemic in ten regions in five continents. *Heliyon* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];7(3):e06576. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06576>
109. Martínez LF, Morales CD-M. La propagación de la COVID-19 en España y Brasil según tiempo y clima. *Rev bras em promoção saúde* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];34:1–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.5020/18061230.2021.12455>
110. Crema E. The SARS-COV-2 outbreak around the Amazon rainforest: The relevance of the airborne transmission. *Sci Total Environ* [internet] 2021 [citado 2025 set 11];759(144312):144312. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144312>

111. SaTScan - Software for the spatial, temporal, and space-time scan statistics [Internet]. 2015 [citado 2025 set 11]; Available from: <https://www.satscan.org/>
112. Brasil. Conselho Nacional de Secretários de Saúde. O papel dos hospitais nas redes de atenção à saúde. Elementos para pensar uma agenda Estratégica para o SUS [Internet]. 2019 [citado 2025 abr 6]; Available from: https://www.conass.org.br/consensus/wp-content/uploads/2019/04/Artigo_consensus_11.pdf

ANEXOS

Anexo 1 - Ficha de Notificação Síndrome Respiratória Aguda Grave Hospitalizado

		Nº					
 MINISTÉRIO DA SAÚDE SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE				SIVEP-Gripe - SISTEMA DE INFORMAÇÃO DA VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA DA GRIPE FICHA DE REGISTRO INDIVIDUAL - CASOS DE SÍNDROME RESPIRATÓRIA AGUDA GRAVE HOSPITALIZADO - 25/05/2023.			
CASO DE SÍNDROME RESPIRATÓRIA AGUDA GRAVE (SRAG-HOSPITALIZADO): Indivíduo com SG que apresente: dispneia/desconforto respiratório OU pressão persistente no tórax OU saturação de O ₂ menor que 95% em ar ambiente OU coloração azulada dos lábios ou rosto. Para efeito de notificação no SIVEP-Gripe, devem ser considerados os casos de SRAG hospitalizados ou os óbitos por SRAG independente de hospitalização.							
1	Data do preenchimento da ficha de notificação: ____/____/____			2	Data de 1ºs sintomas ____/____/____		
3	UF: ____	4	Município: _____		Código (IBGE): ____/____/____		
5	Unidade de Saúde: _____			Código (CNES): ____/____/____			
6			Tem CPF? <input type="checkbox"/> 1-Sim 2-Não		7		
8			Estrangeiro <input type="checkbox"/> 1-Sim 2-Não		CPF: ____/____/____		
9			Cartão Nacional de Saúde (CNS): ____/____/____				
10			Nome: _____		11		
12			Data de nascimento: ____/____/____		13		
15			Raça/Cor: <input type="checkbox"/> 1-Branca 2-Preta 3-Amarela 4-Parda 5-Indígena 9-Ignorado		14		
16			Se indígena, qual etnia? _____		18		
17			É membro de povo ou comunidade tradicional? <input type="checkbox"/> 1-Sim 2-Não		Se sim, qual? _____		
19			Escolaridade: <input type="checkbox"/> 0-Sem escolaridade/Analfabeto 1-Fundamental 1º ciclo (1ª a 5ª série) 2-Fundamental 2º ciclo (6ª a 9ª série) 3-Médio (1ª ao 3º ano) 4-Superior 5-Não se aplica 9-Ignorado				
20			Ocupação: _____		21		
22			CEP: ____-____/____		Nome da mãe: _____		
23			UF: ____		24		
25			Município: _____		Código (IBGE): ____/____/____		
26			Bairro: _____		27		
28			Logradouro (Rua, Avenida, etc.): _____		Nº: _____		
29			Complemento (apto, casa, etc.): _____		29		
30			(DDD) Telefone: ____-____/____		31		
32			Zona: <input type="checkbox"/> 1-Urbana 2-Rural 3-Periurbana 9-Ignorado				
33			País: (se residente fora do Brasil) _____				
34			Trata-se de caso nosocomial (infecção adquirida no hospital)? <input type="checkbox"/> 1-Sim 2-Não 9-Ignorado				
35			Paciente trabalha ou tem contato direto com aves, suínos, ou outro animal? <input type="checkbox"/> 1-Sim, aves e/ou suínos 2-Não, nenhum 3-Sim, outros, qual _____ 9-Ignorado				
36			Sinais e Sintomas: 1-Sim 2-Não 9-Ignorado <input type="checkbox"/> Febre <input type="checkbox"/> Tosse <input type="checkbox"/> Dor de Garganta <input type="checkbox"/> Dispneia <input type="checkbox"/> Desconforto Respiratório <input type="checkbox"/> Saturação O ₂ < 95% <input type="checkbox"/> Diarreia <input type="checkbox"/> Vômito <input type="checkbox"/> Dor abdominal <input type="checkbox"/> Fadiga <input type="checkbox"/> Perda do olfato <input type="checkbox"/> Perda do paladar <input type="checkbox"/> Outros _____				
37			Possui fatores de risco/comorbidades? <input type="checkbox"/> 1-Sim 2-Não 9-Ignorado Se sim, qual(is)? (Marcar X) <input type="checkbox"/> Puérpera (até 45 dias do parto) <input type="checkbox"/> Doença Cardiovascular Crônica <input type="checkbox"/> Doença Hematológica Crônica <input type="checkbox"/> Tabagismo <input type="checkbox"/> Síndrome de Down <input type="checkbox"/> Doença Hepática Crônica <input type="checkbox"/> Asma <input type="checkbox"/> Diabetes mellitus <input type="checkbox"/> Doença Neurológica Crônica <input type="checkbox"/> Outra Pneumopatia Crônica <input type="checkbox"/> Outros _____ <input type="checkbox"/> Imunodeficiência/Imunodepressão <input type="checkbox"/> Doença Renal Crônica <input type="checkbox"/> Obesidade, IMC _____				
38			Recebeu vacina COVID-19? <input type="checkbox"/> 1-Sim 2-Não 9-Ignorado		37		
39			Data da dose vacina COVID-19: Data da 1ª dose: ____/____/____ Data da dose reforço: ____/____/____ Data da 2ª dose: ____/____/____ Data da 2ª dose reforço: ____/____/____ Data da dose adicional: ____/____/____ Data dose reforço bivalente: ____/____/____		39		
40			Fabricante vacina COVID-19: Fabricante 1ª dose: _____ Fabricante 2ª dose: _____ Fabricante dose reforço: _____ Fabricante 2ª dose reforço: _____ Fabricante dose adicional: _____ Fabricante dose reforço bivalente: _____		41		
41			Recebeu vacina contra Gripe na última campanha? <input type="checkbox"/> 1-Sim 2-Não 9-Ignorado		Data da vacinação: ____/____/____		
42			Se < 6 meses: a mãe recebeu a vacina? <input type="checkbox"/> 1-Sim 2-Não 9-Ignorado Se sim, data: ____/____/____ a mãe amamenta a criança? <input type="checkbox"/> 1-Sim 2-Não 9-Ignorado		Se >= 6 meses e <= 8 anos: Data da dose única 1/1: ____/____/____ (dose única para crianças vacinadas em campanhas de anos anteriores) Data da 1ª dose: ____/____/____ (1ª dose para crianças vacinadas pela primeira vez) Data da 2ª dose: ____/____/____ (2ª dose para crianças vacinadas pela primeira vez)		
43			Usou antiviral para gripe? <input type="checkbox"/> 1-Sim 2-Não 9-Ignorado		44		
45			Qual antiviral? <input type="checkbox"/> 1-Oseltamivir 2-Zanamivir 3-Outro, especifique: _____		Data início do tratamento: ____/____/____		
46			Recebeu tratamento antiviral para covid-19? <input type="checkbox"/> 1-Sim 2-Não 9-Ignorado		47		
48			Qual antiviral? <input type="checkbox"/> 1-Nirmatrevir/ritonavir (Padovid *) 2-Baricitinibe (Olumiant*) 3- Outro, especifique _____		Data início do tratamento: ____/____/____		
49			Houve internação? <input type="checkbox"/> 1-Sim 2-Não 9-Ignorado		49		
51			Data da internação por SRAG: ____/____/____		50		
52			Município de internação: _____		UF de internação: _____		
53			Unidade de Saúde de internação: _____		Código (CNES): ____/____/____		
54			Internado em UTI? <input type="checkbox"/> 1-Sim 2-Não 9-Ignorado		54		
55			Data da entrada na UTI: ____/____/____		55		
56			Data da saída da UTI: ____/____/____		Data da saída da UTI: ____/____/____		

Anexo 2 - Parecer Consubstanciado do CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Padrões de transmissão, fatores associados e abordagem integrada na priorização de áreas para vigilância e controle da epidemia de COVID-19 em municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte-MG, Brasil

Pesquisador: DAVID SOEIRO BARBOSA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 55149621.2.0000.5149

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.239.884

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um estudo ecológico em municípios da RMBH e Contagem, tendo como unidades de análise divisões municipais e por setor censitário em Contagem com informações sobre casos de COVID-19 no período de 2020, 2021 e 2022.

INTRODUÇÃO: Em dezembro de 2019 na China, na cidade de Wuhan, província de Hubei foram registrados vários casos de uma nova pneumonia. Os casos de foram informados à Organização Mundial da Saúde (OMS) uma vez que estavam provocando doenças graves e morte (DUZ et al, 2020). De acordo com OMS, até 17 de setembro 2021 foram 226.844.344 casos de COVID-19 com 4.666.334 óbitos (WHO, 2021). O Brasil registrou o primeiro caso confirmado de COVID-19 em 26 de fevereiro de 2020. Houve uma expansão de casos para vários estados. E em 17 de março de 2020 ocorreu o registro do primeiro óbito. (BRASIL, 2020-3). A COVID-19 (do inglês, Coronavirus Disease 2019), é provocada pelo vírus SARS-CoV-2. Os sintomas mais frequentes são: febre, fadiga e tosse seca. Alguns pacientes desenvolvem a forma mais grave da doença, a Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG) (BRASIL, 2020-1). Diferente das SARS, MERS e influenza, o vírus SARS-CoV-2 tem maior disseminação e gravidade à população. Portanto, as ações em saúde pública demandam preparação, prontidão e resposta. (WHO, 2020-3). A transmissibilidade do vírus é alta. Em 80% dos casos o paciente pode desenvolver sintomas leves da infecção e o quadro de síndrome respiratória aguda grave ocorre de 5 a 10% dos casos (BRASIL,

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 ç 2º. Andar ç Sala 2005 ç Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 5.239.884

20202-1). O vírus SARS-CoV-2, é transmitido por aerossóis e secreção. As formas mais graves da doença ocorrem com mais frequência em idosos e portadores de comorbidades, como doenças dos aparelhos cardiovascular e respiratório, diabetes, hipertensão e imunossupressão (MINAS GERAIS, 2020-1). Os profissionais de saúde também são grupo de alto risco, devido ao risco de contaminação (TEIXEIRA et al, 2020). O que faz aumentar os números das epidemias. Há uma preocupação com este público, pois além de impactar no bemestar destes profissionais, causa prejuízo na assistência à saúde. Portanto, há necessidade de adotar medidas de prevenção e controle dos riscos para não gerar ausências de profissionais no atendimento, que pode comprometer a qualidade do serviço (MINAS GERAIS, 2020). A letalidade da COVID-19 varia de acordo com a faixa etária, sendo que em paciente de 60 a 69 anos é de 3,6%, pacientes de 70 a 79 anos de 8,0 e de 14,8% para pacientes com 80 anos ou mais (BRASIL, 2020-1). A OMS (2020) propõe ações críticas de prontidão e resposta para COVID-19. Vários países demonstraram que a transmissão da COVID-19 de uma pessoa para outra pode ser lenta ou rápida. As ações propostas pela OMS salvaram vidas e fornecem ao resto do mundo mais tempo para se preparar para o controle da COVID-19. Essas ações podem ser descritas como: sistemas prontos de resposta a emergências; aumentar a capacidade de detectar e cuidar de pacientes; garantir os hospitais com disponibilidade de leitos e com suprimentos e pessoal necessário; e desenvolver intervenções médicas que salvam vidas. Cada país deve tomar todas as medidas necessárias para reduzir a transmissão do vírus e evitar que seus sistemas de saúde se tornem sobrecarregados e como resultado terem pacientes gravemente doentes por COVID19 (WHO, 2020-3). Para conter a epidemia não basta fazer o rastreamento de contato humano, porque quase metade das infecções ocorre antes do aparecimento dos primeiros sintomas. Portanto, para um resultado favorável no controle da transmissão, é necessário que se identifique e isole todas as pessoas potencialmente expostas (BRASIL, 2020-2). Uma estratégia para identificar a doença são os testes molecular e sorológico. A Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais definiu parâmetros de testagem com RT PCR para casos de óbito por SRAG e suspeitos de COVID 19 e pessoas com sintomas gripais dos seguintes grupos: profissionais de saúde e segurança; de atividades prioritárias durante a fase de maior transmissão (onda vermelha) como supermercados e outros; privados de liberdade e adolescentes em cumprimento de medidas sócio educativas; Populações ou grupos sociais de alta vulnerabilidade como: indígenas, quilombolas, ciganos, circenses e população em condições de rua (MINAS GERAIS, 2020-8). Em 2019 foi identificado um beta coronavírus. A partir da análise do material genético isolado do vírus, constatou-se que se trata de um novo betacoronavírus, que a Organização Mundial da Saúde (OMS) inicialmente denominou de 2019-nCoV. Posteriormente o

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 ç 2º. Andar ç Sala 2005 ç Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 5.239.884

vírus recebeu a denominação de SARS-CoV-2 (do inglês Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2) (ZHENG, 2020). Este vírus é classificado como betacoronavírus pertence ao subgênero sarbecovírus da família Coronaviridae. O SARS-COV-2 possui sequência de genoma 89% idêntica ARS-like -CoVZXC21 e 82% idêntica a SARS-CoV humana. O SARV-CoV-2 usa o mesmo receptor de entrada de célula, ACE2, que o SARS-CoV para infectar humanos. Portanto, parece haver mais variáveis, já que a clínica em casos graves não é semelhante. O SARS-CoV-2 é uma espécie de vírus, como centenas de vírus conhecidos e predominantemente isolados de humanos e diversos morcegos. (PAN et al, 2020). A classificação dos coronavírus é representada por 39 espécies em 27 subgêneros, cinco gêneros e duas subfamílias que pertencem à família Coronaviridae, subordem Cornidovirineae, ordem Nidovirales e reino Riboviria. Quatro coronavírus humanos, incluindo 229E, OC43, NL63 e HKU1, são predominantes e geralmente causam sintomas comuns de resfriado em indivíduos imunocompetentes. O SARS-CoV, que causa o SARS, possui uma patogênese única, pois causa infecções no trato respiratório superior e inferior. Foi relatado que 2019-nCoV usa o mesmo receptor de entrada de célula, ACE2, para infectar seres humanos, como SARS-CoV. Seria de esperar similaridade clínica entre os dois vírus, principalmente em casos graves. Notavelmente, existem sinais, dos dados ainda muito limitados, de que as características clínicas do SARS-CoV-2 parecem ser mais variáveis. (ZHENG, 2020). A transmissão do SARS-CoV-2 é eficiente de pessoa para pessoa, o que aumenta a disseminação em larga escala. O SARS-CoV-2 é transmitido diretamente de uma pessoa à outra por gotículas respiratórias e também por contato e por fômites. Além disso, durante o período de incubação, que é estimado em 1 a 14 dias da doença, onde o indivíduo é assintomático, pode ocorrer transmissão (CAI J et al, 2020). O estudo de PAN (2020) mostrou o que o exame de RT-PCR é específico para o gene N do vírus. Foram avaliadas cargas virais nas amostras de swab de nariz e garganta, sendo que o pico foi atingido cerca de 5 a 6 dias após o início dos sintomas. Foram observados resultados positivos no RT-PCR antes do início dos sintomas, sugerindo que indivíduos infectados podem ser infecciosos antes de se tornarem sintomáticos. No estudo de WEI et al (2020) mostrou transmissão após contato com o paciente fonte 1-3 dias antes do início dos sintomas. Para se estimar a transmissão é preciso calcular o número básico de reprodução do vírus que é representado pelo R_0 que é definido pelo número médio de pessoas que irão se infectar a partir de outra pessoa infectada (CAI J et al, 2020). Há três possibilidades para a disseminação ou o declínio de uma doença, conforme valor de R_0 . Se R_0 for menor que 1, cada pessoa infecta menos de 1 indivíduo, portanto, a doença reduz e eventualmente desaparecerá. Se R_0 igual a 1, a doença permanece ativa, mas não haverá epidemia. Se R_0 for maior que 1, os casos crescem exponencialmente. A OMS estima que o R_0 de

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar 2 Sala 2005 2 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 5.239.884

1,4-2,5 para a COVID-19 e declarou um surto (CAI J et al, 2020). Chen J (2020) estima um valor de R 0 de 2,30 se considerar uma pessoa como reservatório e para a transmissão de pessoa para pessoa. Portanto, a estimativa considerada um número de transmissão de um único indivíduo infectado e para uma população suscetível. A Epidemiologia é o estudo que permite avaliar a ocorrência, distribuição e fatores determinantes da COVID. O estudo nas populações da RMBH, com ênfase em Contagem, pode contribuir com o perfil de saúde e adoecimento destes indivíduos. Através da análise epidemiológica pode ser descrito fatores relacionados à predisposição e a proteção relacionado a COVID. Um estudo ecológico possibilita avaliar características da poluição em relação à incidência da COVID. As características da população podem mostrar risco para a infecção da COVID (GORDIS, 2017). Em 31 de dezembro 2019, as autoridades chinesas alertaram a OMS sobre casos de pneumonia em Wuhan (PAHO, 2020-2). Em janeiro houve a identificação de um novo Coronavírus pelos chineses (PAHO, 2020-2). Em 30 de janeiro de 2020 a OMS declarou surto COVID-19 e uma situação de Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional, com o mais alto nível de alerta de acordo com Regulamento Sanitário Internacional. Em 11 de março de 2020, a COVID-19 foi caracterizada pela OMS como uma pandemia (PAHO, 2020). O Ministério da Saúde declarou Emergência em Saúde Pública no Brasil pela infecção do novo Coronavírus em 3 de fevereiro 2020 (BRASIL, 2020-6). Em Minas Gerais, o governo do estado declarou Emergência de Saúde em 13 de março de 2020 (MINAS GERIAS, 2020-8). No Brasil, os casos de COVID-19 registrados como Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG) hospitalizados são notificados no Sistema de Informação da Vigilância Epidemiológica da Gripe (SIVEP-Gripe) e os casos de Síndrome Gripal, considerados como casos leves de COVID-19, são registrados no Sistema de Informação eSUS VE. Além disso, os casos graves e óbitos pelo SIRAG são investigados pela vigilância epidemiológica local e pela assistência (BRASIL, 2020-2). O banco de dados do eSUS é qualificado sistematicamente. Os resultados de exames são lançados, bem como fechados com qualificação e evolução dos casos. Os óbitos registrados apresentam uma curva por data de ocorrência, que se modifica conforme a investigação e confirmação dos casos de COVID-19 (BRASIL, 2020-2). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (2021), até 17 de setembro de 2021, foram confirmados 226.844.344 casos de COVID-19 com 4.666.334 óbitos no mundo. O número de pessoas vacinadas contra a COVID-19 até esta data foi de 5.634.533.040 no mundo. Os EUA é o país que registra maior número de casos de COVID-19 até 17 de setembro com 41.395.425 casos e 663.141 óbitos, seguido da Índia com 33.381.728 casos confirmados e 444.248 óbitos (WHO, 2021). Neste período o Brasil registra 21.230.325 casos confirmados e 590.508 óbitos (BRASIL, 2021). Até o dia 17 de setembro 2021 as Américas registraram 87.430.315 casos confirmados e

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 ç 2º. Andar ç Sala 2005 ç Campus Pampulha

Bairro: Unidade Administrativa II

CEP: 31.270-901

UF: MG

Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 5.239.884

2.163.219 óbitos, a Europa 67.977.169 casos confirmados e 1.307.512 óbitos, o Sudeste da Ásia 42.385.258 casos e 666.763 óbitos, o Mediterrâneo Oriental 15.377.433 casos confirmados e 281.195 óbitos, na África 5.893.789 e 141.863 óbitos e na região do Pacífico Ocidental 5.893.789 casos e 105.769 óbitos (WHO, 2021). A China, primeiro país a registrar caso de COVID-19, controlou a epidemia com 35 dias, com sucesso. Adotou o distanciamento social, investigou a história do paciente, caso a caso, e bloqueando a província de Hubei e colocando de fato as outras províncias em quarentena restringindo o movimento de pessoas (SAIF, 2020). A China registrou 90.695 casos de COVID-19, com 4.741 óbitos até 14 de setembro 2020 (WHO, 2020-6). Na Itália, até fevereiro de 2020, havia 62.843 casos de COVID-19. O primeiro caso identificado de COVID-19 de transmissão comunitária foi na Lombardia, Itália. Houve uma disseminação rápida da doença neste país. Dos casos identificados 71,6% foram relatados em três regiões (Lombardia, Veneto e Emilia-Romagna). As estimativas de R0 foram de entre 2,5 na Toscana e 3 na Lácio. Até este período, a Itália registrou 5.760 casos em profissionais de saúde e 5.541 mortes associadas ao COVID-19 relatadas, 49% ocorreram em pessoas com 80 anos ou mais (RICARDO, 2020). A Itália registrou até 14 de setembro 2020 287.753 casos de COVID-19 e 35.610 mortes (WHO, 2020-6). Outros países da América do Sul registram números menores de casos, mas o número de testagem para COVID-19 é menor que na Europa e EUA o que pode acarretar uma subnotificação dos casos. Houve aumento de internações no mês de março 2020, por gripe e agravos com sintomas semelhantes no Brasil de quase 10 vezes mais quando comparado com o ano anterior (THE LANCET, 2020-1). Não há evidência de imunidade permanente pelo SARS-Cov-2. Manter a população em isolamento social por muito tempo tem resultado em impacto na economia e adoecimento da população. O fim do isolamento social tem levado países da Europa, EUA e outros países a uma segunda onda da COVID-19 (THE LACENT, 2020-2). Até 14 de setembro de 2020 a Região das Américas registrou 14.815.178 casos de COVID-19 e 511.427 óbitos (WHO, 2020-6). A partir do registro do primeiro caso no Brasil, em 26 de fevereiro, o Ministério da Saúde desenvolve ações em parceria com as Secretarias de Saúde dos Municípios, Estados e Distrito Federal e adota medidas de mitigação para controle da pandemia. As ações desenvolvidas nas regiões são diversas devidos as diferenças regionais como densidade demográfica, urbanização, sistema de saúde local e condições sociais e econômicos que definem proporção das ações locais que devem ser implementadas por cada município. (BRASIL, 2020-3). As medidas não farmacológicas recomendadas pelo Ministério da Saúde para conter a transmissão são: higienização das mãos, a etiqueta respiratória, o distanciamento social seletivo ou ampliado e até mesmo o bloqueio total (lockdown) (BRASIL, 2020-3). Até 17 de setembro de 2021 foram registrados no 21.230.325 casos

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 ç 2º. Andar ç Sala 2005 ç Campus Pampulha
 Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
 UF: MG Município: BELO HORIZONTE
 Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 5.239.884

confirmados e 590.508 óbitos. Foram vacinadas 134.644.226 com primeira dose e 75.496.720 com esquema completo (segunda dose e dose única) (BRASIL, 2021). O maior registro de casos no Brasil foi na SE nº12 com 539.903 notificações de COVID-19 e a SE nº 14 maior número de óbitos com 21.141. O mês de março foi o que registrou maior número de casos e óbitos desde o início da pandemia (BRASIL, 2021). São Paulo registrou o primeiro caso de COVID-19 em 28 de fevereiro e um óbito, o primeiro óbito do país, em 17 de março 2020. Depois foram registrados casos na Bahia, Distrito Federal, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Em 22 de março 2020 foi registrado caso em Roraima, que foi o último estado a ter caso de COVID-19. O Brasil apresenta o desenvolvimento da pandemia em várias fases. E cada região desenvolve as estratégias de acordo com seu cenário. São Paulo e Rio de Janeiro foram os estados mais afetados pela COVID-19 naquele período (BRASIL, 2020 -4). O Estado de Minas Gerais registrou o primeiro caso de COVID-19 em 09 de março de 2020 e até o dia 17 de setembro de 2021 foram registrados 463.705 casos confirmados e 13.695 óbitos. Até esta data foram vacinadas contra a COVID-19, em Minas Gerais, 14.299.332 pessoas com primeira dose, 6.727.898 com a segunda dose e 482.499 com dose única. O mês de março de 2021 (SE 11) apresentou o maior registro da COVID no estado. A taxa de letalidade foi de 2,6%. No perfil dos óbitos, 67% tinham comorbidades, com predomínio de cardiopatias (22.767), seguido de diabetes (16.014) e obesidade (5.807). A SE nº 10 de 2021 registrou internações 9.475 por SRAG, sendo o maior desde o início da pandemia. (MINAS GERAIS, 2021). Modelos preditivos foram propostos para uma previsão dos números de casos da COVID-19 em Minas Gerais em curto prazo. Nesta proposta, o modelo avalia uma previsão de séries temporais com um, três e seis dias antes para COVID-19, o que confirma casos cumulativos em Minas Gerais e outros estados brasileiros apontando alta incidência diária (RIBEIRO, et al, 2020). A RMBH é uma metrópole com 50 municípios e que possuiu grande circulação de pessoas. Possui uma população de 5.916.189 habitantes (IBGE, 2010). Até a semana 16 de 2020, mais da metade dos municípios não haviam registrados casos de COVID-19. Na SE epidemiológica 27 de 2020, a Região Centro registrou 33,4% dos casos de COVID-19 de Minas Gerais. Os municípios da RMBH, Belo Horizonte (43,1%), Contagem (9,7%), Betim (4,6%), Nova Lima (3,3%) e Ribeirão das Neves (3,2%) eram responsáveis por 63,9% dos casos da Região Centro (MINAS GERAIS, 2020-4). Esta tendência de variação se manteve da SE 30 para 31, sendo em Belo Horizonte (25,9%), Contagem (33,8%), Betim (19,2%), Ribeirão das Neves (16,6%) e Nova Lima (24,5%)(MINAS GERAIS, 2020-6). Na SE 31 de 2020 a região macrocentro, onde está localizada a RMBH registrou 35,1% dos casos de COVID-19 de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2020-6). A testagem para COVID-19 na rede pública e privada, mostrou aumento quando ampliou a rede de laboratórios de Minas Gerais que realizam o

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º Andar Sala 2005 Campus Pampulha

Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901

UF: MG Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 5.239.884

exame de PCR e testes sorológicos (MINAS GERAIS, 2020-9). A positividade dos testes apresentou uma ascendência, sendo que na SE 27 houve o maior aumento, em 35% dos exames realizados (MINAS GERAIS, 2020-5). O município de Contagem (MG), registrou até o dia 17 de setembro de 2021, 46.865 casos confirmados da COVID e 1.934 óbitos (CONTAGEM, 2021). As medidas implementadas no município seguem as recomendações da OMS e do MS com ações de distanciamento social, fechamento do comércio, escolas, empresas e priorização de atendimento na saúde para casos de síndrome gripal e suspeita de COVID-19 (CONTAGEM, 2020-1). Em relação à ocupação de leitos de Unidade de Terapia Intensiva (UTI), foi observado também aumento de internação. Em 01 de junho a taxa de ocupação estava em 95% (CONTAGEM, 2021). Em 17 de setembro de 2021 a taxa de ocupação de leitos de UTI foi de 60%, um número ainda alto (CONTAGEM, 2021). Contagem possuiu um IDH de 0,756 (IBGE, 2020 e possui muitas áreas de vulnerabilidade social (CONTAGEM, 2019). Os primeiros casos registrados na cidade ocorreram em áreas de menor risco social. Com a evolução dos casos começou a ter registros em comunidades com aglomerações de pessoas. Atualmente um dos maiores desafios é compreender esta expansão de casos na cidade e desenvolver ações que possam efetivamente intervir na contenção de casos nestas áreas. Medidas sanitárias são implantadas para limpeza das áreas públicas, uso de máscaras e orientações em saúde para medidas de precaução (CONTAGEM, 2020). Conhecer a evolução da doença no município permite medidas de prevenção mais intensas para proteção da população mais vulnerável. Fang et al (2020), descreveu em seu estudo dos 52 pacientes internados em UTI com COVID-19, que 32 apresentavam comorbidades e não sobreviveram. Yang et al em estudo de históricos de internações e análise de todos os registros médicos, avaliou pacientes críticos, que eram caracterizados por hipoxemia grave (61,5%) e considerando os que haviam morrido aos 28 dias de UTI e que necessitavam de ventilação mecânica e foram identificados com pneumonia por SARS Cov-2. A maioria (70%) eram homens que apresentaram febre no início dos sintomas, que apresentaram linfopenia, e febre e dispneia no início dos sintomas. No estudo de Xiaobo Yang et al (2020) demonstrou 40% dos pacientes internados em UTI tinham doenças crônicas, e pacientes com mais de 65 anos tinham risco aumentado de morte, e que 13,5% tinham doenças cerebrovasculares e 17% tinham diabetes. E os pacientes críticos desenvolveram pneumonia grave por SARS-COV-2 e apresentaram mortalidade considerável. Pacientes críticos foram definidos como aqueles admitidos com frequência respiratória 30 / min, saturação de oxigênio 93%, presença de comorbidades, leucocitose, aumento do dímero D, aumento no PCR e menor porcentagem de linfócitos (ZHANG et al). O estudo de Wu C et al (2020), também demonstrou que idade avançada foi associada a um maior risco de desenvolvimento de

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º Andar 2 Sala 2005 2 Campus Pampulha

Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901

UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 5.239.884

SRAG e morte, provavelmente devido a uma resposta imune menos rigorosa. Embora a febre alta tenha sido associada ao desenvolvimento da SRAG, também foi associada a melhores resultados entre os pacientes com SRAG. No estudo de Huang, et al (2020) sobre a distribuição espaço-temporal da COVID-19 nas diferentes províncias da China demonstrou em mapa de calor os casos confirmados em diferentes províncias. A doença mostrou características regionais na distribuição nas 31 províncias e cidades da China, demonstrando aglomerações espaciais. Houve correlação espacial significativa, onde foi utilizado Índice de Moran, que demonstrou aumento de casos confirmados de COVID-19 em uma região inevitavelmente levou ao aumento de casos em regiões adjacentes. Na cidade de Hubei houve uma situação epidemiológica mais grave e a infecção apresentou uma tendência crescente. A região de Hubei mostrou aumento de pneumonia e os casos cresceram para as regiões adjacentes, mostrando efeito de transbordamento positivo. A correlação espacial testada indica que a direção de propagação se deu em áreas adjacentes independente da distância entre elas. As medidas adotadas pelo governo chinês de isolamento social possibilitaram o controle da epidemia. O isolamento social possibilitou uma propagação mais fraca da COVID-19 para outras províncias e cidades da China, demonstrando que a propagação da doença diminuiu. O que mostrou relevância da análise de modelagem estatística da COVID-19. E subsidiou informações para a tomada de decisão dos gestores da públicos(Huang, et al, 2020). Outro estudo realizado por Melin et al (2020) usou mapas auto-organizados de Kohonen para formar agrupamentos ou grupos de países do mundo. Utilizou a classificação de gravidade da doença como muito alto, alto, médio e baixo organizados em clusters, considerando o número de casos de COVID-19. Como resultado os EUA foram considerados como: alto: Brasil, França, Alemanha, Itália, Rússia, Espanha, Turquia e Reino Unido.

HIPÓTESE: O número elevado de óbitos, decorrentes da alta incidência e sobrecarga dos serviços de saúde, da rápida expansão da doença, da concentração de casos e possível expansão a partir da Região Metropolitana de Belo Horizonte e em Contagem, sendo que a proximidade dos municípios pode favorecer a expansão da doença nesta região.

METODOLOGIA PROPOSTA: A área de estudo englobará municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) com ênfase em Contagem. Com uma população de 5.313.480 habitantes no núcleo metropolitano e 5.916.189 habitantes incluindo a população do colar metropolitano conforme a estimativa de julho de 2018 (IBGE, 2018). A RMBH a terceira maior aglomeração urbana do Brasil (LARGEST CITIES OF THE WORLD, 2019), é constituída por 34 municípios em seu núcleo, além de outros 16 municípios no colar metropolitano que nesse estudo será considerado juntamente com a RMBH. O município de Contagem está situado na RMBH, Estado de Minas Gerais,

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 ; 2º. Andar ; Sala 2005 ; Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 5.239.884

fazendo limites ao norte com Ribeirão das Neves e Esmeraldas, ao leste com Belo Horizonte, ao sul com Ibité e parte de Betim e a oeste com o município de Betim, Esmeraldas, Ribeirão das Neves e Ibité. Tem uma área de 195.268 km², densidade de 3.375,21 habitantes/km², altitude de 858 m e clima tropical de altitude. A população estimada do município para 2019 foi de 663.855 habitantes (CONTAGEM, 2009; IBGE, 2019).

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVO PRIMÁRIO: Analisar a distribuição espaço-temporal, o perfil clínico epidemiológico dos casos de internação hospitalar e óbito por COVID-19 em municípios da RMBH, assim como análises da situação epidemiológica espacial do município de Contagem, no período de março de 2020 a dezembro de 2022. **OBJETIVO SECUNDÁRIO:** Analisar, em nível regional, o perfil epidemiológico dos casos confirmados, internações e óbitos da COVID-19 e sua distribuição espaço-temporal, observando o comportamento da doença. Analisar a evolução temporal e espacial da incidência de COVID-19 em municípios da RMBH com ênfase no município de Contagem. Analisar fatores associados entre as variáveis socioeconômicas, ambientais e às condições de saúde da população municípios da RMBH com ênfase no município de Contagem. Identificar municípios prioritários e de alto risco para vigilância e controle da doença e propor abordagem integrada na priorização de áreas para vigilância e controle da epidemia de COVID-19 em municípios da RMBH com ênfase no município de Contagem. Analisar incidência da COVID-19 em Contagem em áreas de aglomerados subnormais

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

RISCOS: Os riscos desta pesquisa estão relacionados ao respeito do sigilo e confidencialidade dos dados, porém estes serão minimizados pelo uso de codificação evitando a identificação dos participantes do estudo. Somente o pesquisador principal e o epidemiologista responsável pela limpeza do banco de dados terão acesso ao banco de dados completo, pois os dados de identificação individual são importantes para a remoção de duplicidades na etapa inicial. Da mesma forma, os dados relativos ao endereço utilizados para o georeferenciamento serão utilizados de forma a não permitir a localização exata da moradia dos indivíduos. **BENEFÍCIOS:** Colaborar com os gestores nas avaliações de risco e na identificação de casos de COVID-19. Deste modo, medidas de proteção e de prevenção poderiam ser adotadas nas áreas classificadas como prioritária na análise, e fornecer subsídios para futuras políticas de saúde pública.

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º Andar Sala 2005 Campus Pampulha
 Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
 UF: MG Município: BELO HORIZONTE
 Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 5.239.884

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de projeto que propõe a análise de dados do SIVEP - Gripe - Notificações de Síndromes Respiratórias Agudas Graves (SRAG). O pesquisador informa que serão utilizados os casos no período de 2020, 2021 e 2022, notificados e confirmados, por acesso a bancos de dados abertos provenientes da Secretaria Estadual de Minas Gerais e Secretaria Municipais da RMBH. Propõe o uso de dados fechados da Secretaria Municipal de Saúde de Contagem. O proponente apresenta solicitação de dispensa de TCLE, considerando que o projeto utilizará elevado número amostral com utilização de dados secundários retroativos. O projeto envolve a obtenção de informações de banco de dados público e disponíveis de forma agregada. Coleta de dados prevista para fevereiro de 2022.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados:

- Folha de Rosto assinada pelo Diretor do Instituto de Ciências Biológicas (ICB) -UFMG
- Formulário de Informações Básicas
- Parecer consubstanciado do projeto
- Aprovação do parecer consubstanciado pela Câmara Departamental do Departamento de Parasitologia – ICB/UFMG
- Projeto Completo
- Anuência da Secretaria Municipal de Contagem
- Solicitação de dispensa de TCLE

Recomendações:

-

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

SMJ, o projeto está aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista a legislação vigente (Resolução CNS 466/12), o CEP-UFMG recomenda aos Pesquisadores: comunicar toda e qualquer alteração do projeto e do termo de consentimento via emenda na Plataforma Brasil, informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa (via documental encaminhada em papel), apresentar na forma de notificação relatórios parciais do andamento do mesmo a cada 06 (seis) meses e ao término da pesquisa encaminhar a este Comitê um sumário dos resultados do projeto (relatório final).

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 à 2ª. Andar à Sala 2005 à Campus Pampulha

Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901

UF: MG Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 5.239.884

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1831103.pdf	19/01/2022 09:29:47		Aceito
Outros	ParecerDepar.pdf	19/01/2022 09:29:19	DAVID SOEIRO BARBOSA	Aceito
Outros	ofciodepar.pdf	19/01/2022 09:28:40	DAVID SOEIRO BARBOSA	Aceito
Folha de Rosto	FolhadeRosto_COVID.pdf	24/11/2021 10:59:32	DAVID SOEIRO BARBOSA	Aceito
Solicitação registrada pelo CEP	Parecer_Projeto_CEP.pdf	18/11/2021 11:05:07	ANA MARIA VIEGAS	Aceito
Declaração de concordância	anuencia.pdf	18/10/2021 17:35:48	ANA MARIA VIEGAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	termoCOEP.pdf	18/10/2021 17:34:40	ANA MARIA VIEGAS	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	18/10/2021 17:32:27	ANA MARIA VIEGAS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.pdf	18/10/2021 17:32:04	ANA MARIA VIEGAS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 11 de Fevereiro de 2022

Assinado por:
Críssia Carem Paiva Fontainha
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar 2 Sala 2005 2 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
UF: MG Município: BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Anexo 3 - Registro no Próspero

Social, climatic and environmental factors in the dynamics of COVID-19 in Brazil

Citation

Ana Viegas, Miss Giovanna Rotondo Araujo, Selma Costa Sousa, Izabela Famezi Veloso, Aline Dayrell Ferreira Sales, David Sociro Barbosa. Social, climatic and environmental factors in the dynamics of COVID-19 in Brazil. PROSPERO 2022 CRD42022360100 Available from: https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display_record.php?ID=CRD42022360100

Review question

How can social, climatic and environmental factors affect the dynamics of COVID-19 in Brazil?

Searches

References are being searched in the following databases: VHL, the Cochrane Library, PubMed and WOS (Web of Science). As inclusion criteria, references will be considered that are original articles with abstract available in English, Spanish, French or Portuguese published after 2020: population-based epidemiological studies that discuss social, environmental and climatic factors that affect the dynamics of COVID-19. Studies carried out: experimental studies, dissertations, theses and articles published in symposia or congresses, or whose timing does not match the international emergency.

Types of study to be included

Observational or experimental studies: Descriptive studies, analytical studies.

Condition or domain being studied

We are experiencing an unprecedented global public health crisis resulting from the spread of COVID-19. Unlike SARS, MERS and influenza, COVID-19 despite having similar symptoms, the SARS-CoV-2 virus, which develops the disease, has greater spread and severity to the population. Therefore, public health actions demand preparation, readiness and response. The transmissibility of the virus is high. In 80% of cases, the patient may develop mild symptoms of the infection and severe acute respiratory syndrome occurs in 5 to 10% of cases. The analysis of social, climatic and environmental factors in the dynamics of COVID-19 can improve the response in future crises.

Participants/population

People of both sexes, different age groups and races, as well as different social conditions that are characterized in the studies, will be included in the systematic review. As inclusion criteria, all those living in Brazil will be included.

Intervention(s), exposure(s) [2 changes]

Social, climatic and environmental factors will be discussed as exposures. Please see some variables that we will consider: socioeconomic variables as population density and income, population growth rate, proportion of people living in poverty, lower income per capita, lower proportion of the population in households with bathrooms and running water, Gini index, population with access to piped water, number of literate people; environmental variables as existence of highways and marginal roads, presence of particulate matter released by industries; climatic variables as temperature, relative humidity and average sunspots per month and others. Also, implemented interventions in different contexts will

be considered.

Comparator(s)/control

Not applicable.

Context

The predictability of epidemic processes such as COVID-19 provides reliability in decision-making in health emergencies, subsidizing the formulation, implementation and evaluation of public actions. Knowledge is strategic in facing similar epidemic processes. As a consequence, a reduction in the costs of the population exposed to risks and, consequently, a reduction in the costs of the public sector in life.

Main outcome(s) [2 changes]

The main results of the systematic review are currently in the early stages of analysis. The results will be defined by studies that measure positive/negative association/correlation between the occurrence of COVID-19 incidence in Brazil and socioeconomic, climatic and environmental conditions. Socioeconomic variables to be considered: population density and income, population growth rate, proportion of people living in poverty, lower per capita income, lower proportion of the population in households with bathrooms and running water, Gini index, population with access to piped water, number of literate people; environmental variables: existence of highways and marginal roads, presence of particulate matter released by industries; climatic variables: temperature, relative humidity and average sunspots per month. And if controlling these factors, it is possible to reduce the incidence of COVID. And, based on these results, improve case surveillance in populations exposed to these factors and control disease transmission. All information available in selected studies on social, climatic and environmental factors in the dynamics of COVID-19 in Brazil will be duly recorded in a table for further data analysis. The procedure will be performed by two independent researchers to verify agreement and/or disagreement with the requested information.

Measures of effect

Additional outcome(s)

None.

Data extraction (selection and coding)

Two researchers will search for references at different times, based on the same initially defined descriptors. Then, the two researchers will do the initial reading of all the titles searched separately. Only titles related to social, environmental and climatic factors associated with the dynamics of COVID-19 will remain in the study. Studies that focus on an individual level will be excluded. After this step, the two researchers will meet to compare the number of those who will remain in the study and reread the references, this time focusing on the abstract.

Once again, they will meet to compare the number of references that will remain in the study. If there is disagreement between the two researchers regarding the inclusion and/or exclusion of any title in the reported steps, a third researcher will be consulted to resolve the impasse. After this step, the references resulting from the previous step will be read. In this complete reading, the following information will be collected: authorship, year of publication, study location (city), study design and objective, sociodemographic characteristics and control/surveillance outcomes, including incidence chances.

Risk of bias (quality) assessment

As two researchers will do the research simulation and separate the appropriate titles to answer the research question, we assume that there will be a considerable decrease in the bias in this study. The two researchers will search for references based on the same descriptors initially defined. Then, they will read all titles and selected abstracts and full texts

separately, meet to discuss the selected articles at each step, if there is a disagreement between the two researchers regarding the inclusion and/or exclusion of any title, a third researcher will be consulted to resolve the impasse. To reduce the risk of bias, further research on the gray literature may be carried out.

In addition to the procedures described, to be part of the systematic review, evaluations of the qualities of the study will be carried out according to the Downs and Black Quality Assessment Checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions.

Strategy for data synthesis [2 changes]

The results obtained in the systematic review will be grouped to better present the social, climatic and environmental factors in the dynamics of COVID-19. Spreadsheets will be built to describe the characteristics of each study, such as type of study, authorship, published journals, methodology adopted, results obtained and conclusions. The positive/negative correlation/association analysis will be based on variables related to socioeconomic, environmental and climatic factors. The summarized data referring to the variables are: socioeconomic variables: population density and income, population growth rate, proportion of people living in poverty, lower per capita income, lower proportion of the population in households with bathrooms and running water, Gini index, population with access to piped water, number of literate people; environmental variables: existence of highways and marginal roads, presence of particulate matter released by industries; climatic variables: temperature, relative humidity and average sunspots per month, combined in a table in Microsoft Excel and subsequent statistical analysis. After this organization process, the quantitative results will be extracted to be included in the next software, Medcalc. At this stage, the program statistically evaluates the results of these studies, in addition to being the tool for the construction of graphs, which will serve to prepare the meta-analysis.

Analysis of subgroups or subsets

Some characteristics that will be investigated are: authorship; year of publication; study location (city/region); study design and objective; study site and results. Not just one factor of interest will be detailed in this systematic review, but information related to the factors studied. All information about the social, environmental and climatic factors that interfere in the dynamics of the disease.

Contact details for further information

Ana Maria
ana.maria.v@pbh.gov.br

Organisational affiliation of the review

Universidade Federal de Minas Gerais
<https://ufmg.br/>

Review team members and their organisational affiliations [2 changes]

Ms Ana Viegas. Universidade Federal de Minas Gerais
Miss Giovanna Rotondo Araujo. Universidade Federal de Minas Gerais
Dr Selma Costa Sousa. Universidade Federal de Minas Gerais
Dr Izabela Farnazi Veloso. Prefeitura Municipal de Contagem
Dr Aline Dayrell Ferreira Sales. Universidade Federal de Minas Gerais
David Soeiro Barbosa. Universidade Federal de Minas Gerais

Collaborators [2 changes]

Mr Gesner Francisco Xavier Júnior. Universidade Federal de Minas Gerais

Type and method of review

Epidemiologic, Review of reviews, Systematic review

Anticipated or actual start date

31 May 2022

Anticipated completion date

30 November 2022

Funding sources/sponsors

None

Conflicts of interest

None. The authors do not have conflicts of interest.

None known

Language

English, Portuguese-Brazil

Country

Brazil

Stage of review

Review Ongoing

Subject index terms status

Subject indexing assigned by CRD

Subject index terms

Brazil; COVID-19; Climate; Humans; Population Dynamics

Date of registration in PROSPERO

17 October 2022

Date of first submission

16 September 2022

Stage of review at time of this submission

Stage	Started	Completed
Preliminary searches	Yes	No
Piloting of the study selection process	No	No
Formal screening of search results against eligibility criteria	No	No
Data extraction	No	No
Risk of bias (quality) assessment	No	No
Data analysis	No	No

The record owner confirms that the information they have supplied for this submission is accurate and complete and they understand that deliberate provision of inaccurate information or omission of data may be construed as scientific misconduct.

The record owner confirms that they will update the status of the review when it is completed and will add publication details in due course.

Versions

17 October 2022

Anexo 4 - Ata de qualificação

11/09/2025, 10:12

SEI/UFMG - 2336843 - Ata do Exame de Qualificação



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE MEDICINA
CENTRO DE PÓS GRADUAÇÃO
ATA DO EXAME DE QUALIFICAÇÃO
ANA MARIA VIEGAS
ORIENTADOR: DAVID SOEIRO BARBOSA

Realizou-se, no dia 25 de maio de 2023, às 14:00 horas, pela plataforma Teams, da Faculdade de Medicina da UFMG, da Universidade Federal de Minas Gerais, a apresentação do exame de qualificação de doutorado da aluna ANA MARIA VIEGAS, número de registro 2021657536, intitulado "Padrões de transmissão, fatores associados e abordagem integrada na priorização de áreas para vigilância e controle da epidemia de COVID-19 em municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte", perante a Comissão Examinadora composta pelos professores: Prof(a). David Soeiro Barbosa - Orientador (UFMG), Prof(a). Isabela Farnezi Veloso (Secretaria Municipal de Saúde - Betim), Prof(a). Aline Dayrell Ferreira Sales (UFMG), Prof(a). Úrsula Ruchkys de Azevedo (UFMG), Prof(a). Mariangela Leal Cherchiglia (UFMG), Prof(a). Fernanda do Carmo Magalhaes (UFMG). Terminada a apresentação, foi considerada APROVADA e, para constar, foi lavrada a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada pelos membros da Comissão.

Belo Horizonte, 25 de maio de 2023.

Assinatura dos membros da banca examinadora:

Prof(a). David Soeiro Barbosa - Orientador (UFMG)

Prof(a). Isabela Farnezi Veloso (Secretaria Municipal de Saúde - Betim)

Prof(a). Aline Dayrell Ferreira Sales (UFMG)

Prof(a). Úrsula Ruchkys de Azevedo (UFMG)

Prof(a). Mariangela Leal Cherchiglia (UFMG)

https://sei.ufmg.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=2521603&infra_sistema=100000100&infra_unidade_atual=110001072&infra_hash=8103d1f07... 1/2

11/09/2025, 10:12

SEI/UFMG - 2336843 - Ata do Exame de Qualificação

Prof(a). Fernanda do Carmo Magalhães (UFMG)



Documento assinado eletronicamente por Mariangela Leal Cherchiglia, Professora do Magistério Superior, em 26/05/2023, às 11:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Aline Dayrell Ferreira Sales, Professora do Magistério Superior, em 26/05/2023, às 13:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Fernanda do Carmo Magalhães, Professora Magistério Superior-Substituta, em 29/05/2023, às 14:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Isabela Farnezi Veloso, Usuária Externa, em 31/05/2023, às 16:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Ursula Ruchkys de Azevedo, Chefe de departamento, em 02/06/2023, às 10:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por David Soeiro Barbosa, Professor do Magistério Superior, em 02/06/2023, às 16:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 2336843 e o código CRC 38D1CCFF.

Referência: Processo nº 23072.232061/2023-91

SEI nº 2336843

https://sei.ufmg.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=2521603&infra_sistema=100000100&infra_unidade_atual=110001072&infra_hash=8103d1f07... 2/2