

Mário Círio Nogueira<sup>1</sup>  
Henrique Lage de Paula<sup>2</sup>  
Isabel Cristina Gonçalves Leite<sup>1</sup>  
Maria Teresa Bustamante-Teixeira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Saúde Coletiva,  
Faculdade de Medicina, Universidade  
Federal de Juiz de Fora, Brasil.

<sup>2</sup>Programa de Iniciação Científica,  
Faculdade de Medicina, Universidade  
Federal de Juiz de Fora, Brasil.

✉ **Mário Círio Nogueira**

NATES, Campus Universitário, R. José  
Lourenço Kelmer, s/n, São Pedro, Juiz de  
Fora, Minas Gerais  
CEP: 36036-900  
✉ mario.cirio.nogueira@gmail.com

Submetido: 13/08/2021  
Aceito: 02/12/2021

## RESUMO

**Introdução:** No Brasil, a epidemia de COVID-19 teve início nos grandes centros urbanos e se disseminou para os demais municípios ao longo dos meses seguintes. **Objetivo:** Descrever a distribuição espacial da incidência de casos notificados e da mortalidade por COVID-19 nos municípios da macrorregião de saúde Sudeste de Minas Gerais segundo a tipologia de municípios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Material e Métodos:** Estudo ecológico que teve os municípios da macrorregião de saúde Sudeste de Minas Gerais como unidades de análise. Foram obtidos os dados de COVID-19 de plataforma virtual da Universidade Federal de Viçosa e calculadas as taxas de incidência e de mortalidade para cada um dos municípios da macrorregião entre março de 2020 e fevereiro de 2021. Também foram obtidas variáveis socioeconômicas (provenientes do Censo 2010) e assistenciais (provenientes do site do DATASUS) referentes a esses municípios. Foram feitas comparações entre as variáveis epidemiológicas, socioeconômicas e assistenciais, por tipos de município, por meio do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. **Resultados:** A distribuição dos indicadores socioeconômicos e epidemiológicos entre os municípios que compõem a macrorregião mostrou-se heterogênea. Os municípios predominantemente urbanos apresentaram maior incidência e mortalidade por COVID-19 do que os rurais adjacentes. Contudo, os municípios rurais adjacentes apresentaram, em geral, piores indicadores socioeconômicos quando comparados aos predominantemente urbanos. Não houve diferença significativa entre os intermediários adjacentes e os demais tipos no que tange aos indicadores avaliados. **Conclusão:** Embora a epidemia de COVID-19 tenha atingido primeiro os municípios maiores, mais urbanizados e com maior comunicação com grandes centros urbanos, ao longo do tempo foi se interiorizando e acabou por atingir todos os municípios da região.

Palavras-chave: COVID-19; Análise Espacial; Vulnerabilidade em Saúde.

## ABSTRACT

**Introduction:** The COVID-19 epidemic in Brazil began in large urban centers and spread to other municipalities over the following months. **Objective:** To describe the spatial distribution of the incidence of notified cases and mortality by COVID-19 in the municipalities of the Southeastern Minas Gerais health macro-region, according to the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) municipality typology. **Material and Methods:** Ecological study that had the municipalities of the Southeastern Minas Gerais health macro-region as units of analysis. COVID-19 data were obtained from the virtual platform of the Federal University of Viçosa and the incidence and mortality rates were calculated for each of the municipalities in the macro-region between March 2020 and February 2021. Socioeconomic variables (from the 2010 Census) and health-care variables (from the DATASUS website) were also obtained for these municipalities. Comparisons were made between epidemiological, socioeconomic, and healthcare variables, by types of municipalities, using the non-parametric Kruskal-Wallis test. **Results:** The distribution of socioeconomic and epidemiological indicators among the municipalities that make up the macro-region was heterogeneous. Predominantly urban municipalities had higher incidence and mortality from COVID-19 than adjacent rural ones. However, adjacent rural municipalities presented, in general, worse socioeconomic indicators when compared to predominantly urban ones. There was no significant difference between adjacent intermediates and other types regarding the indicators evaluated. **Conclusion:** Although the COVID-19 epidemic first reached the largest, most urbanized and with greater communication with large urban centers municipalities, over time it has been internalized and eventually reached all municipalities in the region.

Key-words: COVID-19; Spatial Analysis; Health Vulnerability.

## INTRODUÇÃO

O primeiro caso de COVID-19 no Brasil foi confirmado no dia 25 de fevereiro de 2020, na cidade de São Paulo.<sup>1</sup> Inicialmente, a doença se manteve concentrada sobretudo nos grandes centros urbanos do país, localidades com maior densidade populacional e grande número de conexões com outras cidades do Brasil e do mundo. Entretanto, rapidamente ocorreu a interiorização do vírus, fazendo com que, em um curto período, todas as unidades federativas do país e grande parte de seus municípios apresentassem casos confirmados e óbitos pela COVID-19.<sup>1,2</sup>

As condições socioeconômicas, culturais, ambientais e de assistência à saúde influenciam de forma significativa no processo saúde-doença. Em linhas gerais, esse conceito está contido no que se entende por determinação social da saúde.<sup>3</sup> No contexto da pandemia de COVID-19, isso não é diferente. Vários artigos têm ressaltado, desde a progressão inicial da doença, a importância de compreender a relação e a magnitude da associação entre variáveis demográficas, socioeconômicas, ambientais e assistenciais e os padrões de morbimortalidade e disseminação espacial da COVID-19.<sup>4,5</sup>

Os principais fatores relacionados à incidência, mortalidade e letalidade da COVID-19 na literatura podem ser agrupados nas seguintes categorias: demográficos, tais como a densidade populacional e a composição étnica;<sup>1,6-13</sup> educacionais, como o grau de escolaridade da população;<sup>9,10,13-16</sup> habitacionais, como a porcentagem de domicílios localizados em áreas de pobreza;<sup>6,9-12,14,16-18</sup> emprego, como o grau de informalidade do trabalho;<sup>6,10,12</sup> renda, como a renda média *per capita* e a proporção de domicílios em extrema pobreza;<sup>6,9-11,13-16</sup> assistência à saúde, como a disponibilidade de médicos, leitos de Unidade de Terapia Intensiva (UTI) e respiradores.<sup>6-8,12</sup> Além destas variáveis citadas, alguns estudos utilizaram, também, indicadores compostos em suas análises, como o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).<sup>6,10,12-18</sup>

Em estudo realizado no estado de São Paulo, foi explorado o quanto o padrão de urbanização, a localização geográfica e a conectividade dos municípios se relacionavam com parâmetros epidemiológicos da COVID-19. Nesta análise, os municípios do estado em questão foram agrupados em diferentes categorias e, em seguida, realizadas comparações entre os grupos no tocante a variáveis epidemiológicas da COVID-19, como a taxa de incidência de casos notificados e o tempo decorrido até a introdução da doença.<sup>19</sup> Não há, contudo, outros estudos que tenham avaliado essa temática em outras Unidades da Federação.

Dessa forma, ao investigar o fenômeno de disseminação da COVID-19, torna-se essencial compreender as diferenças existentes entre os

municípios que compõem determinada região. Nesse sentido, uma proposta de categorização dos municípios em diferentes tipos, elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2017, é uma ferramenta que pode ser utilizada de maneira relevante.<sup>20</sup> A classificação em questão foi desenvolvida com o objetivo de aprofundar os conhecimentos acerca do território brasileiro, caracterizando de maneira detalhada os espaços urbanos e rurais do país. Tal proposta fornece embasamento científico para estudos que abordam aspectos geográficos e espaciais em suas metodologias. Considerando variáveis relacionadas à densidade demográfica, localização e acessibilidade aos centros urbanos mais estruturados, os municípios brasileiros foram classificados em cinco diferentes tipos: predominantemente urbano; intermediário adjacente; intermediário remoto; rural adjacente; rural remoto.

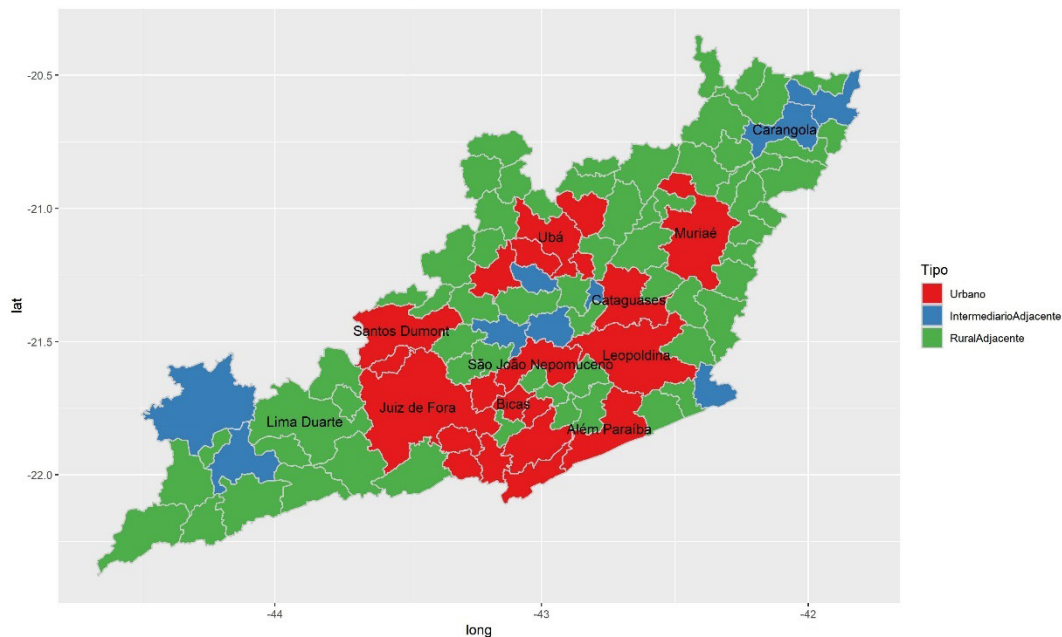
Desta forma, o objetivo deste estudo foi descrever a distribuição espacial da incidência de casos notificados e da taxa de mortalidade por COVID-19 nos municípios da macrorregião de saúde Sudeste de Minas Gerais segundo a tipologia de municípios do IBGE citada anteriormente.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Desenho e território de estudo

Estudo ecológico que teve os municípios da macrorregião de saúde Sudeste de Minas Gerais como unidades de análise. Regiões de saúde são espaços geográficos compostos por municípios contíguos que possuem características socioeconômicas, culturais e de infraestrutura semelhantes. São agrupados dessa maneira com o objetivo de integrar a organização, o planejamento e a oferta de serviços de saúde.<sup>21</sup> Esta macrorregião é composta por 94 municípios, sendo Juiz de Fora seu município-polo principal, com outros 10 municípios considerados polos de microrregiões (figura 1). Segundo estimativa disponibilizada na plataforma do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) na internet, a macrorregião contava em 2020 com 1.685.436 habitantes.<sup>22</sup>

Os municípios que compõem a macrorregião estudada foram agrupados em categorias distintas de acordo com proposta de tipologia municipal elaborada pelo IBGE.<sup>20</sup> Segundo a tipologia em questão, a macrorregião de saúde Sudeste de Minas Gerais possui, em sua maioria, municípios classificados como rurais adjacentes, localidades que possuem população pequena e baixo grau de urbanização. Os municípios tipificados como predominantemente urbanos são, de maneira geral, os municípios-polo das microrregiões que compõem a macrorregião Sudeste, com elevado número de habitantes e grau de urbanização. Os demais municípios foram tipificados como intermediários



**Figura 1:** Mapa dos municípios da macrorregião de saúde Sudeste de Minas Gerais categorizados por tipos e identificação dos municípios-polo, 2021.

adjacentes, unidades com população de tamanho intermediário e grau de urbanização moderado (figura 1).

Portanto, não existem na macrorregião avaliada municípios intermediários remotos ou rurais remotos, duas outras categorias que fazem parte da proposta do IBGE, o que se deve ao fato de todo o território da macrorregião estar localizado em espaço que dispõe de acessibilidade aos centros urbanos estruturados.

### Fontes de dados e variáveis

Os dados referentes ao número de casos e de óbitos por COVID-19 foram coletados por meio de plataforma virtual de pesquisador da Universidade Federal de Viçosa (UFV), que compila informações fornecidas pelas secretarias de saúde dos estados e tem sido usada por outros grupos de pesquisa no Brasil. Foram utilizados os dados referentes aos 12 meses iniciais da epidemia em Minas Gerais, entre março de 2020 e fevereiro de 2021, antes portanto dos impactos esperados da vacinação contra a doença.<sup>23</sup>

Foram calculadas taxas de incidência e de mortalidade por 100.000 habitantes para cada município, obtidas por meio da divisão das frequências de casos e óbitos pela população disponibilizada pelo DATASUS (estimada para 2020). Foi também calculado o tempo, em dias, desde a confirmação do primeiro caso de COVID-19 no Brasil, em 25 de fevereiro de 2021, até o primeiro caso confirmado em cada município.

Para a caracterização socioeconômica dos municípios, foram utilizados dados do Censo Demográfico

2010, obtidos a partir de duas plataformas disponíveis na internet. Da plataforma do DATASUS, foram coletadas as seguintes variáveis: proporção de idosos (maiores de 60 anos); renda média domiciliar *per capita*; proporção de pessoas com baixa renda (até  $\frac{1}{2}$  do salário mínimo); proporção de pessoas com muito baixa renda (até  $\frac{1}{4}$  do salário mínimo); taxa de analfabetismo; percentual de indivíduos com serviço de abastecimento de água. Da plataforma do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, as seguintes variáveis foram obtidas: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM); Índice de Gini; grau de urbanização; grau de formalização do trabalho das pessoas maiores de 18 anos; percentual da população que reside em domicílio com densidade superior a duas pessoas por dormitório; percentual da população residente em domicílios vulneráveis à pobreza que se desloca por mais de uma hora para chegar ao trabalho.<sup>24</sup>

As variáveis socioeconômicas utilizadas foram selecionadas de acordo com suas possíveis relações, diretas ou indiretas, com a COVID-19. A proporção de idosos na população, em geral, está relacionada a uma maior mortalidade por diversas doenças, entre elas a COVID-19. O IDHM, o Índice de Gini, a renda média domiciliar *per capita*, a proporção de pessoas com renda baixa e muito baixa e a taxa de analfabetismo são indicadores que avaliam o status socioeconômico da população, que poderia ter relação com os desfechos relacionados à COVID-19. O percentual de indivíduos com abastecimento de água diz respeito à condição de saneamento básico da população, que poderia impactar na aplicação de medidas de higiene importantes no

combate à COVID-19, como a lavagem de mãos. A variável relacionada à densidade domiciliar foi selecionada considerando o fato de que uma elevada concentração de pessoas em uma mesma residência poderia facilitar a transmissão da doença. O grau de formalização do trabalho poderia estar relacionado à estabilidade e à segurança do emprego dos indivíduos, favorecendo, por exemplo, a capacidade de se manter em distanciamento social e de trabalhar a partir de casa. Por fim, a variável relacionada ao deslocamento foi utilizada considerando que um maior deslocamento até o trabalho, muitas vezes realizado por meio do transporte público, poderia interferir na possibilidade de exposição e contágio pela doença.

Para a caracterização assistencial hospitalar dos municípios em 2020, foram obtidas da plataforma do DATASUS as seguintes variáveis, que se referem à microrregião de saúde a que cada município pertence: leitos de internação por 1.000 habitantes; leitos de UTI por 1.000 habitantes; número de respiradores por 1.000 habitantes. Para cada uma das variáveis assistenciais supracitadas, foram coletados dados referentes aos meses de janeiro (prévio ao início da epidemia) e agosto (após o início da epidemia), incluindo o Sistema Único de Saúde (SUS) e a rede privada. Além disso, foi obtida da plataforma e-Gestor Atenção Básica a cobertura, para cada município, da Estratégia Saúde da Família (ESF) no ano de 2020.<sup>25</sup>

## Análise estatística

Para todas as variáveis, foram elaboradas tabelas com a sua distribuição estatística (medidas de tendência central e dispersão) e foi feito o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Foram construídos gráficos de barra com a distribuição temporal da incidência e mortalidade na macrorregião e mapas temáticos com a distribuição espacial destes indicadores nos municípios.

Foram feitas comparações por tipos de municípios entre as variáveis socioeconômicas, assistenciais e epidemiológicas, por meio do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Para comparações múltiplas entre os tipos, foi usado o teste de Dunn. Foram considerados significativos valores de  $p$  menores que 0,05. Todas as análises e mapas foram feitas no programa R v. 3.6.1.<sup>26</sup>

## Aspectos éticos

Esta pesquisa usou dados secundários disponíveis publicamente, por isso foi dispensada de aprovação por comitê de ética em pesquisa, conforme resolução do CONEP nº 510, de 07 de abril de 2016. Apesar dessas considerações, as normas internacionais de ética envolvendo pesquisa com seres humanos e a Resolução nº 466/2012, do Ministério da Saúde, foram

rigorosamente respeitadas.

## RESULTADOS

Durante o período estudado, foram notificados na macrorregião Sudeste 69.209 casos de COVID-19 e registrados 1.816 óbitos pela doença. Diante disso, a taxa de incidência de casos notificados na região foi de 4.106,30 casos/100.000 habitantes e a taxa de mortalidade de 107,75 óbitos/100.000 habitantes.

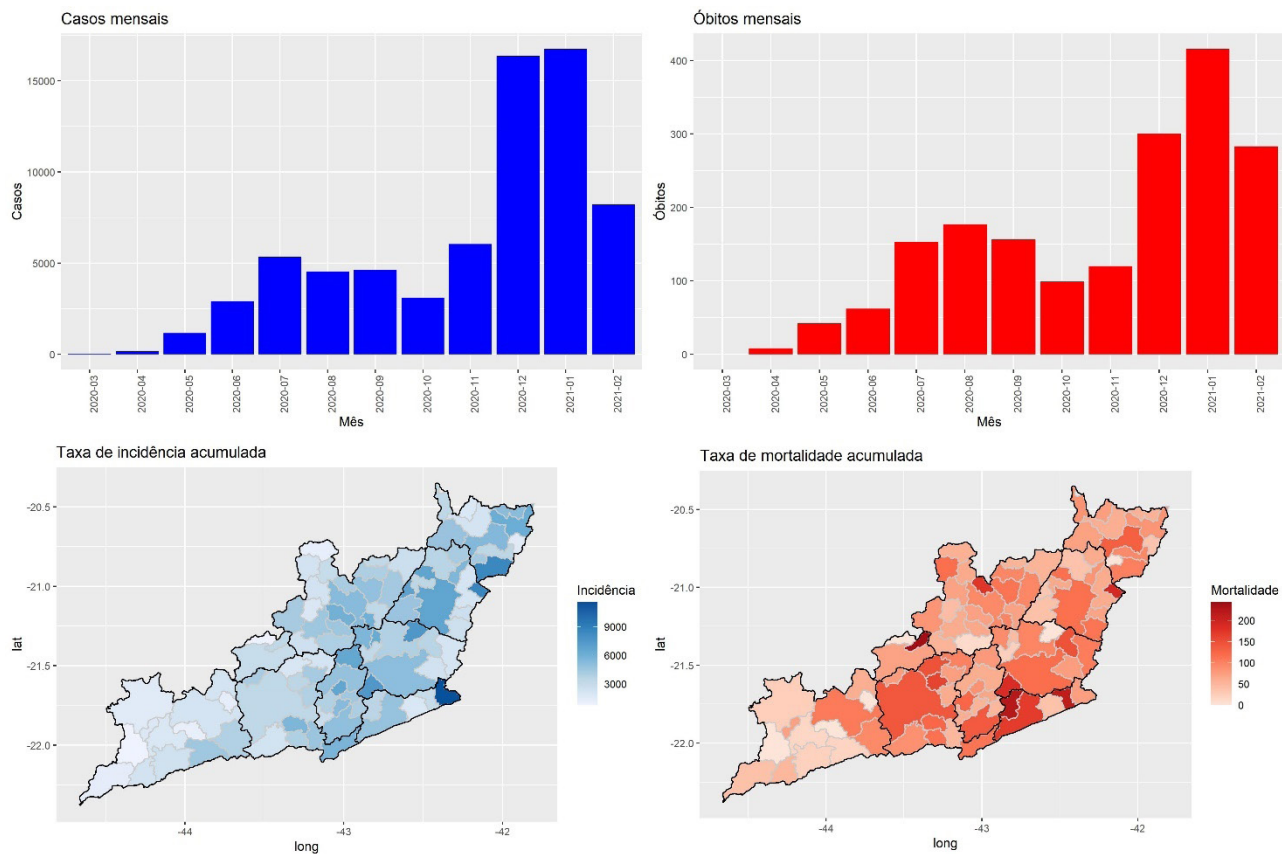
A distribuição mensal dos casos e óbitos por COVID-19 na macrorregião mostra um padrão em duas ondas, a primeira entre março e outubro de 2020, e a segunda entre novembro de 2020 e fevereiro de 2021, apesar de a epidemia não ter sido suprimida entre as duas ondas. A distribuição espacial das taxas de incidência e de mortalidade nos municípios da macrorregião se deu de maneira heterogênea, com variações entre as unidades avaliadas (figura 2).

Os mapas com frequências mensais de incidência e de mortalidade por municípios mostram o padrão de disseminação da epidemia na macrorregião. Inicialmente, a epidemia se concentrava nos municípios-polo, em geral maiores e mais urbanizados, com posterior disseminação para os pequenos municípios, até acometer todas as unidades que compõem a região (figura 3).

Os municípios analisados apresentaram variações em relação às suas características demográficas e socioeconômicas. A macrorregião Sudeste é composta de unidades heterogêneas, que vão desde municípios com menos de 10 mil habitantes até o município-polo da macrorregião, Juiz de Fora, com mais de 500 mil habitantes. Ficam evidentes, também, diferenças entre os municípios no que tange a outros indicadores socioeconômicos, como a renda média domiciliar per capita, a proporção de pobres, o grau de urbanização, a oferta de serviço de abastecimento de água e a taxa de analfabetismo (tabela 1).

Em relação às variáveis assistenciais do nível terciário, as diferentes microrregiões que compõem a macrorregião Sudeste apresentaram desigualdades nos valores dos indicadores avaliados. No entanto, de maneira geral, houve incremento na disponibilidade de recursos, sobretudo leitos de UTI e respiradores, entre janeiro e agosto de 2020, provavelmente em razão dos investimentos feitos para atender as demandas impostas pela COVID-19 (tabela 1).

As taxas de incidência e de mortalidade também apresentaram variações entre os municípios, com taxas maiores na segunda onda (novembro de 2020 a fevereiro de 2021) em comparação com a primeira onda (março a outubro de 2020). O primeiro município a confirmar um caso de COVID-19 na macrorregião, Juiz de Fora, o fez 18 dias após o primeiro caso confirmado no Brasil,



**Figura 2:** Gráficos dos casos e óbitos mensais e mapas das taxas de incidência e de mortalidade (por 100.000 mil habitantes) por COVID-19, acumulada de março de 2020 a fevereiro de 2021, nos municípios da macrorregião de saúde Sudeste de Minas Gerais.



**Figura 3:** Mapas com as frequências mensais de casos e óbitos por COVID-19 nos municípios da macrorregião de saúde Sudeste de Minas Gerais, março de 2020 a fevereiro de 2021.



**Tabela 1:** Distribuição estatística das variáveis nos municípios da macrorregião de saúde Sudeste de Minas Gerais, março de 2020 a fevereiro de 2021.

Variável	Média	DP	Min	Q1	Q2	Q3	Max
População	16667	54885	1671	3383	5319	10497	516247
Proporção de idosos	19,38	3,13	11,70	17,53	19,70	21,58	28,00
Urbanização	70,77	17,71	27,10	57,98	73,20	84,40	98,90
IDHM	0,67	0,04	0,56	0,65	0,67	0,70	0,78
Renda per capita	498,19	123,01	23700	430,95	488,10	562,80	1036,40
GINI	0,46	0,05	0,37	0,42	0,46	0,50	0,61
Proporção pobres	38,16	10,50	19,10	30,45	37,90	42,93	69,90
Proporção muito pobres	13,44	7,30	2,20	8,93	11,70	16,50	44,10
Taxa de analfabetismo	11,20	3,23	3,30	9,03	11,35	13,40	18,50
Formalização do trabalho	51,63	14,19	12,40	43,88	51,00	62,18	76,00
Densidade domiciliar	16,26	3,87	8,30	13,60	16,10	18,35	29,00
Deslocamento	0,90	1,04	0,00	0,24	0,63	1,16	6,62
Abastecimento de água	72,12	14,77	32,50	62,15	74,80	82,25	94,60
Cobertura ESF	90,55	21,14	0,00	95,50	100,00	100,00	100,00
Leitos enfermaria (jan) <sup>a</sup>	2,32	0,85	1,48	1,71	1,85	2,73	3,81
Leitos enfermaria (ago) <sup>a</sup>	2,42	0,85	1,48	1,76	2,05	2,88	3,83
Leitos UTI (jan) <sup>a</sup>	0,22	0,16	0,00	0,12	0,17	0,27	0,48
Leitos UTI (ago) <sup>a</sup>	0,30	0,20	0,01	0,24	0,28	0,35	0,61
Respiradores (jan) <sup>a</sup>	0,27	0,15	0,10	0,17	0,21	0,25	0,62
Respiradores (ago) <sup>a</sup>	0,34	0,15	0,20	0,23	0,25	0,38	0,64
Incidência acumulada	3901,38	1892,47	798,12	2345,94	3861,06	4882,73	11539,18
Incidência (mar-out)	878,75	764,54	0,00	407,67	706,72	1108,03	4474,56
Incidência (nov-fev)	3022,63	1575,26	0,00	1769,72	2920,35	3839,95	7750,47
Mortalidade acumulada	80,87	50,01	0,00	52,69	72,08	104,89	242,84
Mortalidade (mar-out)	26,66	23,56	0,00	0,00	25,08	43,70	87,85
Mortalidade (nov-fev)	54,21	42,24	0,00	28,20	45,96	70,70	242,84
Tempo até 1º caso (dias)	93	40	18	72	84	106	262

DP: Desvio-padrão. Min: mínimo. Q1: primeiro quartil (percentil 25). Q2: segundo quartil (mediana). Q3: terceiro quartil (percentil 75). Jan: janeiro. Fev: fevereiro. Mar: março. Ago: agosto. Out: outubro. Nov: novembro. <sup>a</sup>: tais indicadores se referem à microrregião de saúde a que cada município pertence.

enquanto mais da metade dos municípios levaram mais de 2 meses para ter a primeira confirmação. O último a confirmar o seu primeiro caso foi Pedro Teixeira, um pequeno município rural, 262 dias após o início da epidemia no país (tabela 1).

Na comparação entre os municípios de acordo com a tipologia proposta pelo IBGE, dentre as variáveis socioeconômicas, apenas a proporção de idosos, o índice de Gini e a variável de deslocamento não apresentaram diferenças significativas entre os grupos (tabela 2). Dentre as variáveis que apresentaram diferenças significativas, os municípios rurais adjacentes apresentaram valores menores do que os predominantemente urbanos, exceto na taxa de analfabetismo, na proporção de pobres e na proporção de muito pobres, que apresentaram valores maiores para os municípios rurais adjacentes. Quando

comparados aos intermediários adjacentes, os municípios rurais adjacentes apresentaram valores menores para as variáveis população, grau de urbanização, IDHM e abastecimento de água, além de valores maiores para a variável taxa de analfabetismo. Só houve diferença significativa entre os tipos predominantemente urbano e intermediário adjacente para as variáveis formalização do trabalho e densidade domiciliar, com valores maiores para o primeiro tipo.

As variáveis assistenciais não apresentaram diferenças significativas entre os tipos de municípios. Em relação aos indicadores epidemiológicos, os municípios rurais adjacentes tiveram taxas de incidência e de mortalidade por COVID-19 menores e tempos até o primeiro caso maiores que os municípios predominantemente urbanos (tabela 2).

## DISCUSSÃO

O primeiro registro da COVID-19 no Brasil ocorreu no final do mês de fevereiro, no município de São Paulo – SP.<sup>1</sup> Diferentemente do observado na maioria dos estados do país, o primeiro caso registrado da doença em Minas Gerais se deu na cidade de Divinópolis, no início do mês de março de 2020.<sup>27</sup> No entanto, alguns estudos destacam que a circulação e a propagação do vírus no Brasil já ocorriam há algum tempo, antes mesmo do primeiro diagnóstico ser realizado.<sup>1,2</sup> Em análise retrospectiva realizada no Ceará, foi evidenciada a presença do vírus no estado mais de um mês antes da primeira confirmação de um caso da doença.<sup>28</sup> Tal fato pode ser explicado, provavelmente, pela escassez de testes diagnósticos e de protocolos bem definidos para a abordagem da epidemia, sobretudo em sua fase inicial.<sup>1</sup>

Várias medidas não farmacológicas de enfrentamento à COVID, como o distanciamento social, foram adotadas pelos diferentes estados e municípios do país logo que a epidemia teve início.<sup>1,2,29</sup> Apesar de terem contribuído para desacelerar a disseminação da doença em algumas localidades, elas não foram suficientes para controlar sua progressão pelo país.<sup>1,2</sup> É provável que a falta de coordenação e de sincronia entre as ações tomadas por diferentes esferas governamentais, principalmente no momento inicial da epidemia, tenha facilitado esse processo de progressão.<sup>2</sup>

Desde então, a epidemia se alastrou de maneira rápida e intensa, acometendo todos os municípios de Minas Gerais.<sup>27</sup> Na macrorregião de saúde Sudeste de Minas Gerais, houve crescimento no número de casos e de óbitos até, aproximadamente, meados dos meses de julho e agosto de 2020. Posteriormente, nos meses de setembro e outubro do mesmo ano, houve estabilização e queda nos níveis dos indicadores epidemiológicos. Diversos trabalhos identificaram padrões semelhantes em outras regiões do estado, na cidade de São Paulo e em mais localidades do país.<sup>1,2,9,15,27,29-31</sup>

Após o período de estabilidade da epidemia, entre os meses de setembro e o início de novembro de 2020, a incidência e a mortalidade por COVID-19 voltaram a crescer na macrorregião Sudeste. Até o mês de janeiro de 2021, os indicadores epidemiológicos se mantiveram em franca ascensão, atingindo os maiores níveis observados na epidemia até então. Apesar da transmissão não ter sido suprimida entre os dois momentos de maior gravidade, fica evidente um padrão da epidemia em duas ondas na macrorregião avaliada. É importante ressaltar que o número de casos e de óbitos foi consideravelmente maior no segundo momento do que no primeiro, indicando um maior descontrole e gravidade da situação.

Em estudo realizado na cidade de São Paulo, foi identificada queda na mortalidade por COVID-19 a

partir do mês de junho de 2020, após um período de crescimento acentuado desse indicador. No entanto, os autores destacam que nas semanas subsequentes a essa involução do indicador houve relaxamento das medidas de contenção da epidemia, fato que, possivelmente, poderia provocar um novo aumento do número de óbitos.<sup>15</sup> Essa é uma das hipóteses que poderia justificar o crescimento acentuado dos indicadores relativos à COVID-19 na macrorregião Sudeste após um momento de estabilidade, caracterizando a segunda onda da epidemia.

A introdução da COVID-19 no Brasil ocorreu a partir dos municípios maiores, que dispõem de grande massa populacional e de conexões com várias localidades do Brasil e do mundo.<sup>1,2</sup> Contudo, rapidamente houve a interiorização da epidemia, fazendo com que os municípios menores e com menor número de conexões logo fossem acometidos.<sup>2,8,19,27,32,33</sup> Tal premissa também se aplica à macrorregião Sudeste, em que os primeiros casos da doença foram identificados nos municípios de maior porte, como Juiz de Fora, e, posteriormente, se interiorizaram, como ilustrado nos mapas que apresentam a distribuição mensal dos casos e dos óbitos por COVID-19 nos municípios da macrorregião.

A análise do tempo decorrido até a confirmação do primeiro caso nas diferentes tipologias municipais da macrorregião evidencia que os municípios rurais tiveram a primeira confirmação, em média, 13 dias depois dos urbanos. Um estudo semelhante realizado no estado de São Paulo, que também categorizou os municípios de acordo com sua relevância e conectividade, identificou que o tempo de introdução da doença foi menor nos municípios que são centros regionais, seguido dos municípios com grande influência, dos com pequena influência e, por último, dos rurais.<sup>19</sup> Tal achado é compatível com o padrão identificado na macrorregião Sudeste do estado de Minas Gerais.

No processo de interiorização da epidemia, sobretudo em sua fase inicial, os aeroportos e as rodovias parecem ter sido meios importantes de progressão espacial da doença, contribuindo para sua disseminação pelo território.<sup>27,32,33</sup> Sendo assim, é importante analisar o grande número de conexões existentes na macrorregião Sudeste, que se relaciona intimamente com outras localidades do estado de Minas Gerais e com o estado do Rio de Janeiro.

Dois estudos que avaliaram a distribuição espacial da epidemia no estado de Minas Gerais destacaram a importância da macrorregião em questão, e de seu município-polo Juiz de Fora, no processo de progressão da COVID-19. A proximidade geográfica com o estado do Rio de Janeiro, a passagem pelo território da macrorregião de rodovias federais importantes, como a BR-040 e a BR-116, e a relevância regional exercida pelo município de Juiz de Fora parecem ter sido fatores que acentuaram o processo de progressão da epidemia

**Tabela 2:** Comparações entre os tipos de municípios para as variáveis socioeconômicas, assistenciais e epidemiológicas, macrorregião de saúde Sudeste de Minas Gerais, março de 2020 a fevereiro de 2021.

Variável	Predominantemente urbano		Intermediário Adjacente		Rural Adjacente		Valor de p*
	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	
População	15823	42355	10364	5672	4803	4326	<0,001
Proporção de idosos	19,20	2,20	19,50	2,80	20,10	4,13	0,054
Urbanização	89,40	13,30	85,30	5,10	68,15	22,13	<0,001
IDHM	0,71	0,05	0,70	0,02	0,67	0,04	<0,001
Renda per capita	604,60	129,20	523,40	41,30	462,85	119,83	<0,001
GINI	0,49	0,07	0,46	0,07	0,45	0,07	0,312
Proporção pobres	28,60	11,10	35,30	7,50	40,45	11,65	<0,001
Proporção muito pobres	8,80	4,20	11,60	4,10	12,80	7,73	0,001
Taxa de analfabetismo	7,50	3,80	9,30	0,90	12,45	3,60	<0,001
Formalização do trabalho	70,30	7,40	54,00	9,10	46,30	16,68	<0,001
Densidade domiciliar	17,90	4,60	14,20	1,60	15,80	4,63	0,004
Deslocamento	0,35	0,82	0,42	0,66	0,65	1,03	0,602
Abastecimento de água	87,30	9,80	81,80	4,40	68,65	16,73	<0,001
Cobertura ESF	100,00	12,70	100,00	1,70	100,00	2,10	0,402
Leitos enfermaria (jan) <sup>a</sup>	1,71	2,17	1,85	1,02	1,85	1,02	0,988
Leitos enfermaria (ago) <sup>a</sup>	1,78	2,14	2,09	1,10	2,09	1,14	0,947
Leitos UTI (jan) <sup>a</sup>	0,17	0,30	0,17	0,23	0,17	0,15	0,771
Leitos UTI (ago) <sup>a</sup>	0,30	0,37	0,26	0,31	0,28	0,11	0,659
Respiradores (jan) <sup>a</sup>	0,25	0,45	0,21	0,01	0,21	0,08	0,393
Respiradores (ago) <sup>a</sup>	0,25	0,39	0,25	0,11	0,25	0,15	0,352
Incidência acumulada	4839,87	1363,71	5431,52	4077,65	3291,19	2002,70	<0,001
Incidência (mar-out)	1218,94	1073,35	573,49	534,98	670,12	564,56	0,012
Incidência (nov-fev)	3421,35	1134,68	4005,95	3769,64	2202,49	1909,30	0,011
Mortalidade acumulada	97,96	46,69	74,27	38,27	68,48	51,54	0,028
Mortalidade (mar-out)	35,90	37,50	18,59	55,70	23,08	36,22	0,266
Mortalidade (nov-fev)	62,77	41,45	30,22	21,89	42,48	48,10	0,044
Tempo até 1º caso	77	30	79	41	91	46	<0,001

IIQ: intervalo interquartilico. Valor de p: teste de Kruskal-Wallis. Jan: janeiro. Fev: fevereiro. Mar: março. Ago: agosto. Out: outubro. Nov: novembro. <sup>a</sup>: tais indicadores se referem à microrregião de saúde a que cada município pertence.



dentro da macrorregião.<sup>27,32</sup> De acordo com pesquisa que avaliou o comportamento espacial da epidemia nos diferentes estados do país, o Rio de Janeiro foi o que apresentou o mais rápido e intenso processo de interiorização dos números de casos e de óbitos por COVID-19, fato que corrobora a hipótese de que relação estrita existente entre a macrorregião Sudeste e esse estado foi fator determinante para a progressão espacial da doença na unidade de análise do presente estudo.<sup>2</sup>

O município de Juiz de Fora é considerado um polo regional de saúde, o que pode ser compreendido como resultado da interação de uma série de fatores, notadamente a grande dinamicidade do setor terciário de sua economia, sua localização geográfica na fronteira com o estado do Rio de Janeiro e a grande oferta de serviços de saúde, sobretudo os de maior complexidade. Dessa forma, o município é referência para a população de grande parte da macrorregião Sudeste e de uma série de cidades do estado do Rio de Janeiro localizadas próximas à fronteira com Minas Gerais.<sup>34</sup>

A distribuição espacial das taxas de incidência e de mortalidade por COVID-19 foi bastante heterogênea entre os municípios da macrorregião Sudeste. Vários estudos realizados no Brasil, em níveis municipal,<sup>11,15,16,31</sup> estadual,<sup>8,19,27,32,33</sup> e nacional,<sup>2,12</sup> evidenciaram distribuição semelhante, com grandes variações na magnitude dos indicadores epidemiológicos entre as diferentes unidades estudadas em cada caso.

A análise da situação epidemiológica na macrorregião Sudeste, segundo a tipologia municipal proposta pelo IBGE, evidenciou valores maiores dos indicadores relacionados à COVID-19 nos municípios predominantemente urbanos em comparação com os rurais adjacentes. Para compreender essa heterogeneidade, é necessário investigar as características demográficas, socioeconômicas, ambientais e assistenciais de cada localidade, de maneira a formular hipóteses que expliquem os diferentes desfechos relacionados à epidemia nas várias regiões.

Nesse sentido, uma série de estudos foram realizados com o objetivo de investigar possíveis associações entre variáveis socioeconômicas e variáveis epidemiológicas relacionadas à COVID-19. Sendo assim, uma variedade de indicadores e índices relacionados à renda, educação, habitação, infraestrutura urbana e estruturas étnica e étnica da população foram avaliados com esse intuito.<sup>6,7,11-16,19,35</sup>

Até o momento, não há consenso na literatura acerca de quais são as variáveis socioeconômicas e demográficas relacionadas a um maior risco de infecção e óbito por COVID-19 a nível populacional. Entretanto, a análise da evolução espacial da epidemia nos mostra que, num primeiro momento, a doença se manifestou com mais intensidade em regiões com melhores condições socioeconômicas. Posteriormente, as maiores taxas de incidência e de óbitos migraram para as regiões

habitadas por populações mais vulneráveis social e economicamente.<sup>11-16,19</sup> Dessa forma, estes achados reforçam que as desigualdades de renda, escolaridade, habitação e assistência à saúde são importantes fatores a serem considerados ao se avaliar a disseminação no espaço e no tempo da epidemia de COVID-19.

A macrorregião Sudeste é composta por municípios com características heterogêneas, fato que pode ser evidenciado pela análise dos indicadores socioeconômicos e assistenciais para cada município obtidos neste estudo e pelas diferenças dessas variáveis entre as categorias de municípios distintos. Sendo assim, acredita-se que houve influência dessas características no padrão desigual de disseminação e de gravidade da epidemia na macrorregião.

As maiores taxas de incidência e de mortalidade ficaram concentradas nos municípios urbanos. No entanto, o pior nível dos indicadores socioeconômicos verificado nos municípios rurais e o crescimento acentuado dos indicadores epidemiológicos nessas regiões entre as duas ondas da epidemia (proporcionalmente maior do que o verificado nos outros tipos de municípios) indica uma vulnerabilidade dessas localidades a desfechos negativos relacionados à epidemia. É importante, portanto, ressaltar que o planejamento das ações de enfrentamento à COVID-19 deve ser realizado considerando as características e as demandas específicas de cada local, de forma a tornar as medidas adotadas mais efetivas.

Em análises espaciais realizadas na Itália, local que na primeira metade do ano de 2020 era um dos epicentros da epidemia, foi traçado o padrão de disseminação da COVID-19 no país.<sup>36,37</sup> A doença se instalou, inicialmente, nas maiores cidades da região norte do país, localizadas próximo à fronteira com outros países do continente europeu. Em seguida, de maneira rápida, ocorreu a progressão da epidemia para as cidades próximas aos focos iniciais e para a região central e sul do país. Na China, local onde foram registrados os primeiros casos da COVID-19, a disseminação da doença ocorreu a partir da cidade de Wuhan, sobretudo para as localidades próximas aos primeiros registros e para as grandes cidades do país asiático.<sup>38</sup> Padrão semelhante de progressão espacial e temporal da COVID-19 foi identificado no Irã.<sup>39</sup> Tais achados se assemelham ao que foi observado na macrorregião de saúde Sudeste de Minas Gerais, território de análise do presente estudo.

As limitações deste estudo relacionam-se à utilização de dados secundários, sujeitos a problemas de subnotificação de eventos relacionados à COVID-19, como já foi evidenciado em outros estudos.<sup>1,2,31</sup> Uma análise realizada na cidade de São Paulo indicou que, nas regiões mais periféricas do município, habitadas por população com menores condições socioeconômicas, o diagnóstico de Síndrome Respiratória Aguda Grave de etiologia indeterminada cresceu substancialmente

com o início da epidemia.<sup>1</sup> Tal fenômeno fala a favor da subnotificação de eventos relacionados à COVID-19 existente no país, sobretudo nas áreas de maior vulnerabilidade socioeconômica. Apesar disso, os achados do presente trabalho são confiáveis, já que foram utilizados em sua análise dados oficiais e os fenômenos identificados na macrorregião estudada foram semelhantes no tempo e no espaço a outras localidades do país e do mundo.

O padrão de disseminação e de gravidade da epidemia nos diferentes estados e municípios do país foi bastante heterogêneo, variando de acordo com características da população e do território e com as intervenções adotadas por cada governo local no intuito de controlar a progressão da doença.<sup>2</sup> Nesse sentido, é de suma importância conhecer a realidade de cada região, para, desse modo, compreender os impactos do fenômeno a nível local e elaborar intervenções eficazes para àquela realidade em particular. Nesse aspecto, o presente estudo é de grande valia, já que realiza uma descrição detalhada da epidemia na macrorregião de saúde Sudeste de Minas Gerais e explora possíveis fatores associados a ela.

## CONCLUSÃO

A epidemia de COVID-19 atingiu, inicialmente, os municípios maiores e mais urbanizados da macrorregião Sudeste de Minas Gerais, que possuem maior comunicação com os grandes centros urbanos. Gradualmente, ocorreu a interiorização da doença, acometendo os municípios de tipo intermediário adjacente e, em sequência, os rurais adjacentes, que são a maioria na macrorregião estudada. Por fim, a COVID-19 se fez presente em todos os municípios da macrorregião. Isso mostra a importância do planejamento em saúde regionalizado, que leve em conta as características do território e as interdependências assistenciais e econômicas dos municípios.

## REFERÊNCIAS

1. Souza WM, Buss LF, Candido DS, Carrera JP, Li S, Zarebski AE et al. Epidemiological and clinical characteristics of the COVID-19 epidemic in Brazil. *Nat Hum Behav.* 2020; 4(8):856-65. doi: 10.1038/s41562-020-0928-4
2. Castro MC, Kim S, Barberia L, Ribeiro AF, Gurzenda S, Ribeiro KB et al. Spatiotemporal pattern of COVID-19 spread in Brazil. *Science.* 2021; 372(6544):821-6. doi: 10.1126/science.abh1558
3. Fleury-Teixeira P. Uma introdução conceitual à determinação social da saúde. *Saúde em Debate.* 2009; 33(83):380-9.
4. Burström B, Tao W. Social determinants of health and inequalities in COVID-19. *Eur J Public Health.* 2020; 30(4):617-8. doi: 10.1093/eurpub/ckaa095
5. Dorn A van, Cooney RE, Sabin ML. COVID-19 exacerbating inequalities in the US. *The Lancet.* 2020; 395(10232):1243-4. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30893-X
6. Ramalho Barros J, Barbara Gioia T, Silva Vasques H. Proposta de índice para avaliação de situação de vulnerabilidade social ao COVID-19. *Hygeia Rev Bras Geogr Médica Saúde.* 2020; 361-9. doi: 10.14393/Hygeia0054537
7. Soares da Silva MH, Dubos Raoul M, Ribeiro Oquendo Cabrero D. Análise sobre risco e vulnerabilidade à COVID-19 no estado de Mato Grosso do Sul. *Hygeia Rev Bras Geogr Médica E Saúde.* 18 de junho de 2020; 164-74. doi: 10.14393/Hygeia0054402
8. Alcântara E, Mantovani J, Rotta L, Park E, Rodrigues T, Campos Carvalho F, et al. Investigating spatiotemporal patterns of the COVID-19 in São Paulo State, Brazil. *Geospatial Health.* 2020; 15(2). doi: 10.4081/gh.2020.925
9. Ribeiro KB, Ribeiro AF, Veras MASM, Castro MC. Social inequalities and COVID-19 mortality in the city of São Paulo, Brazil. *Int J Epidemiol.* 2021; 50(3):732-42. doi: 10.1093/ije/dyab022
10. Souza CDF, Machado MF, Carmo RF. Human development, social vulnerability and COVID-19 in Brazil: a study of the social determinants of health. *Infect Dis Poverty.* 2020; 9(1):124. doi: 10.1186/s40249-020-00743-x
11. Ferreira MC. Spatial association between the incidence rate of COVID-19 and poverty in the São Paulo municipality, Brazil. *Geospatial Health.* 2020; 15(2). doi: 10.4081/gh.2020.921
12. Rocha R, Atun R, Massuda A, Rache B, Spinola P, Nunes L et al. 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(6):e782-92. doi: 10.1016/S2214-109X(21)00081-4
13. Maciel JAC, Castro-Silva II, Farias MR. Análise inicial da correlação espacial entre a incidência de COVID-19 e o desenvolvimento humano nos municípios do estado do Ceará no Brasil. *Rev Bras Epidemiol.* 2020; 23:e200057. doi: 10.1590/1980-549720200057
14. Martins-Filho PR, de Souza Araújo AA, Quintans-Júnior LJ, Santos VS. COVID-19 fatality rates related to social inequality in Northeast Brazil: a neighbourhood-level analysis. *J Travel Med.* 2020; 27(7):taaa128. doi: 10.1093/jtm/taaa128
15. Bermudi PMM, Lorenz C, Aguiar BS de, Failla MA, Barrozo LV, Chiaravalloti-Neto F. Spatiotemporal ecological study of COVID-19 mortality in the city of São Paulo, Brazil: shifting of the high mortality risk from areas with the best to those with the

- worst socio-economic conditions. *Travel Med Infect Dis.* 2021; 39:101945. doi: 10.1016/j.tmaid.2020.101945
16. Rizzatti M, Spode PLC, Batista NL, Erthal DB, Faria MR. Evolução e periferização da COVID-19 na área urbana de Santa Maria, RS: traçando padrões espaciais. *Hygeia Rev Bras Geogr Médica Saúde.* 2020; 441-9. doi: 10.14393/Hygeia0054554
17. Souza CDF, Carmo RF, Machado MF. The burden of COVID-19 in Brazil is greater in areas with high social deprivation. *J Travel Med.* 2020; 27(7):taaa145. doi: 10.1093/jtm/taaa145
18. Nayak A, Islam SJ, Mehta A, Ko Y-A, Patel SA, Goyal A et al. Impact of social vulnerability on COVID-19 incidence and outcomes in the United States. *Public and Global Health.* 2020. doi: 10.1101/2020.04.10.20060962
19. Fortaleza CMCB, Guimarães RB, de Almeida GB, 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.* 2020; 148:e118. doi: 10.1017/S095026882000134X
20. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BR). Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE; 2017.
21. Decreto nº 7,508, 28 de junho de 2011 [Internet]. [citado em 2021 jul. 29]. Acesso em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/decreto/d7508.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/d7508.htm).
22. Informações de Saúde (TABNET) [Internet]. Brasília; 2020. População residente. [ citado 4 Mar 21] Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/populacao-residente>
23. Número de casos confirmados de COVID-19 no Brasil [Internet]. Viçosa; 2021. [citado 15 Mar 21]. Disponível em: <https://covid19br.wcota.me/>
24. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil [Internet]. Brasília; 2020. [citado 15 Mar 21]. Disponível em: <https://atlasbrasil.org.br/>
25. Cobertura da Atenção Básica. Brasília; 2021. [citado 16 Mar 21]. Disponível em: <http://egestorab.saude.gov.br/>
26. The R Project for Statistical Computing. Auckland; 2021. [citado 20 Mar 21]. Disponível em: <https://www.r-project.org/>
27. 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 São Paulo.* 2021; 63:e21. doi: 10.1590/s1678-9946202163021
28. Kerr L, Kendall C, Silva AAM, Aquino EML, Pescarini JM, Almeida RLF et al. COVID-19 no Nordeste brasileiro: sucessos e limitações nas respostas dos governos dos estados. *Ciênc Saúde Coletiva.* 2020; 25(suppl 2):4099-120. doi: 10.1590/1413-812320202510.2.28642020
29. Melo CMLD, Silva GAS, Melo ARS, Freitas ACD. COVID-19 pandemic outbreak: the Brazilian reality from the first case to the collapse of health services. *An Acad Bras Ciênc.* 2020; 92(4):e20200709. doi: 10.1590/0001-3765202020200709
30. Candido DS, Claro IM, de Jesus JG, Souza WM, Moreira FRR, Dellicour S et al. Evolution and epidemic spread of SARS-CoV-2 in Brazil. *Science.* 2020; 369(6508):1255-60. doi: 10.1126/science.abd2161
31. Orellana JDY, Cunha GM, Marrero L, Moreira RI, Leite IC, Horta BL. Excesso de mortes durante a pandemia de COVID-19: subnotificação e desigualdades regionais no Brasil. *Cad Saúde Pública.* 2021; 37(1):e00259120. doi: 10.1590/0102-311x00259120
32. Batella W, Koiti Miyazaki V. Relações entre rede urbana e COVID-19 em Minas Gerais. *Hygeia Rev Bras Geogr Médica e Saúde.* 2020; 102-10. doi: 10.14393/Hygeia0054622
33. Rex FE, Borges CA de S, Käfer PS. Spatial analysis of the COVID-19 distribution pattern in São Paulo State, Brazil. *Ciênc Saúde Coletiva.* 2020; 25(9):3377-84. doi: 10.1590/1413-81232020259.17082020
34. Jacometti EJ e M, Stephan-Souza AI. Espaço, território e região: conceitos-chave para a compreensão da atratividade de Juiz de Fora no processo de regionalização da saúde na macrorregião Sudeste de Minas Gerais. *Rev APS.* 2010; 13(supl.1):S-15-S25.
35. Quinino LRM, Vasconcellos FHM, Diniz IS, Aguiar LR, Ramos YTM, Bastiani FD. Aspectos espacial e temporal e fatores associados à interiorização da Covid-19 em Pernambuco, Brasil. *Ciênc Saúde Coletiva.* 2021; 26(6):2171-82. doi: 10.1590/1413-81232021266.00642021
36. Distante C, Piscitelli P, Miani A. Covid-19 outbreak progression in Italian regions: approaching the peak by the end of March in Northern Italy and first week of April in Southern Italy. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17(9):3025. doi: 10.3390/ijerph17093025
37. Milano M, Cannataro M. Statistical and network-based analysis of Italian COVID-19 data: communities detection and temporal evolution. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17(12):4182. doi: 10.3390/ijerph17124182
38. 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.* 2020; 14(03):246-53. doi:

10.3855/jidc.12585

39. Hazbavi Z, Mostfazadeh R, Alaei N, Azizi E. Spatial and temporal analysis of the COVID-19 incidence pattern in Iran. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2020; 1-11. doi: 10.1007/s11356-020-11499-0