

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**MARCOS MAIA DE SOUZA TRINDADE**

**ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS DA COVID-19 EM MINAS  
GERAIS**

**VIÇOSA**

**2023**

**MARCOS MAIA DE SOUZA TRINDADE**

**ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS DA COVID-19 EM MINAS  
GERAIS**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa, como requisito parcial para a obtenção do título de Conclusão do Curso de Bacharelado em Geografia.

Orientador: Dr. Reinaldo Onofre dos Santos (ICH/UFJF)

Coorientadora: Dra. Marilda Teles Maracci (DGE/UFV)

Viçosa

2023

**MARCOS MAIA DE SOUZA TRINDADE**

**ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS DA COVID-19 EM MINAS  
GERAIS**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia da Universidade  
Federal de Viçosa, como requisito para a obtenção do título de  
Conclusão do Curso de Bacharelado em Geografia

**Banca Examinadora**

---

Dr. Reinaldo Onofre dos Santos  
(Orientador - UFJF)

---

Dra. Marilda Teles Maracci  
(Coorientadora - UFV)

---

Dr. Leonardo Civale  
(Avaliador - UFV)

---

Me. Pablo Pereira da Silva  
(Avaliador - UFV)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus, cuja luz iluminou meu caminho e orientou minhas escolhas ao longo dessa jornada fascinante na Geografia, que agora se tornou parte integral da minha vida.

À minha família, em especial à minha mãe Andrea, meu pai Benedito Marcos e minha irmã Juliana, não há palavras suficientes para expressar minha gratidão pelo apoio incondicional e pelo significado profundo que têm em minha vida. Vocês foram meu pilar constante, sempre me dando força e compartilhando minha alegria em cada conquista alcançada.

À Marina, por nosso companheirismo e amor, e por sua generosidade, compreensão e paciência em lidar com as inúmeras idas e vindas de Viçosa, acompanhando-me nessa trajetória.

Ao meu orientador, Reinaldo, quero expressar minha profunda admiração e gratidão. Você foi mais do que um guia acadêmico, mas também um mentor e amigo, desempenhando um papel fundamental na minha formação e crescimento.

À minha coorientadora Marilda, expresso minha gratidão por sua competência e dedicação em desempenhar seu papel nessa monografia.

Aos amigos, colegas e professores que a Geografia e a UFV me proporcionaram, sou imensamente grato por contribuírem para minha formação como geógrafo e como ser humano. Suas experiências, trocas e apoio foram inestimáveis ao longo dessa jornada acadêmica.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta monografia, meu sincero agradecimento. Seu apoio e encorajamento foram fundamentais para o sucesso deste trabalho.

"Se mais de nós valorizássemos a comida, a alegria e a música acima do ouro acumulado, o mundo seria mais alegre."

J.R.R. Tolkien, O Hobbit

## **Resumo**

A presente monografia tem como objetivo investigar e analisar os padrões e tendências na distribuição espacial da COVID-19 em diferentes períodos da pandemia (2020-2023). A compreensão dessas configurações espaciais é fundamental para compreender as dinâmicas e relações que se desdobram no espaço. Para alcançar esse objetivo, são utilizadas técnicas e ferramentas de manipulação e visualização de dados da Geografia, Estatística e Epidemiologia, com destaque para a aplicação do Índice I de Moran Global e Local nos dados coletados e refinados da plataforma oficial do governo sobre a COVID-19. Através desses dados epidemiológicos são elaboradas taxas de incidência acumulada ao longo de períodos de 14 dias, permitindo mensurar a intensidade da doença no território. A partir dessas taxas, são aplicadas as estatísticas I de Moran, o que resulta na construção de 28 mapas que evidenciam a expressividade e a autocorrelação espacial da COVID-19. Os resultados revelam uma heterogeneidade espacial na distribuição e nos padrões configurados em diferentes intervalos de tempo, que podem ser influenciados por diversos fatores, como mobilidade urbana, acesso a sistemas de saúde, infraestrutura, densidade populacional, perfil demográfico e condições socioeconômicas distintas. A análise espacial mapeada proporciona uma visão mais nítida da pandemia e levanta questões relevantes que podem ser exploradas em estudos futuros, podendo contribuir para o aprimoramento das políticas públicas no campo da saúde.

### **Palavras-chave:**

COVID-19, análise espacial, Minas Gerais, políticas públicas.

## **Abstract**

The present dissertation aims to investigate and analyze patterns and trends in the spatial distribution of COVID-19 during different periods of the pandemic (2020-2023). Understanding these spatial configurations is crucial to comprehend the unfolding dynamics and relationships within the space. To achieve this objective, techniques and tools from Geography, Statistics, and Epidemiology were employed, with a particular emphasis on the application of the Global and Local Moran's I Index on the collected and refined data from the official government platform on COVID-19. Based on these epidemiological data, cumulative incidence rates were calculated over 14-day periods to measure the disease's intensity within the territory. Subsequently, the Moran's I statistics were applied, resulting in the construction of 28 maps that highlight the significance and spatial autocorrelation of COVID-19. The findings reveal spatial heterogeneity in the distribution and patterns observed during different time intervals, influenced by factors such as urban mobility, access to healthcare systems, infrastructure, population density, demographic profile, and socioeconomic conditions. The mapped spatial analysis provides a clearer perspective on the pandemic and raises relevant questions that can be further explored in future studies, thereby contributing to the enhancement of public health policies.

**Keywords:** COVID-19, spatial analysis, Minas Gerais, public policies.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEDE - Análise Exploratória de Dados Espaciais
CDC – Centers for Disease Control and Prevention
COVID – Corona Vírus Disease
DataSUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LISA - Local Indicators of Spatial Autocorrelation
OMS – Organização Mundial da Saúde
SES/MG – Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais
SIG - Sistema de Informação Geográfica
UF – Unidades federativas do Brasil

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> – Minas Gerais: Macrorregiões de Saúde.....	14
<b>FIGURA 2</b> – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 09/04/2020.....	32
<b>FIGURA 3</b> – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 04/06/2020.....	33
<b>FIGURA 4</b> – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 03/07/2020.....	35
<b>FIGURA 5</b> – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 31/12/2020.....	36
<b>FIGURA 6</b> – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 07/01/2021.....	38
<b>FIGURA 7</b> – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 15/01/2021.....	39
<b>FIGURA 8</b> – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 23/11/2021.....	41



<b>FIGURA 9</b> – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 17/09/2021.....	42
<b>FIGURA 10</b> – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 20/04/2022.....	44
<b>FIGURA 11</b> – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 27/06/2022.....	45
<b>FIGURA 12</b> – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 27/09/2022.....	47
<b>FIGURA 13</b> – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 08/08/2022.....	48
<b>FIGURA 14</b> – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 01/01/2023.....	50
<b>FIGURA 15</b> – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 05/01/2023.....	51
<b>FIGURA 16</b> – Panorama temporal: Evolução da taxa de incidência da COVID-19 em Minas Gerais por 100.000 habitantes.....	52
<b>FIGURA 17</b> – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 09/04/2020.....	54
<b>FIGURA 18</b> – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 04/06/2020.....	55
<b>FIGURA 19</b> – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 03/07/2020.....	57
<b>FIGURA 20</b> – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 31/12/2020.....	58
<b>FIGURA 21</b> – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 07/01/2021.....	60
<b>FIGURA 22</b> – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 15/01/2021.....	61
<b>FIGURA 23</b> – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 23/11/2021.....	63
<b>FIGURA 24</b> – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 17/09/2021.....	64
<b>FIGURA 25</b> – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 20/04/2022.....	66
<b>FIGURA 26</b> – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 27/06/2022.....	67
<b>FIGURA 27</b> – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 27/09/2022.....	69
<b>FIGURA 28</b> – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 08/08/2022.....	70

<b>FIGURA 29</b> – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 01/01/2023.....	72
<b>FIGURA 30</b> – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 05/01/2023.....	73
<b>FIGURA 31</b> – Panorama temporal: Transformação dos <i>clusters</i> e <i>outliers</i> da COVID-19 em Minas Gerais.....	74

### **LISTA DE GRÁFICOS**

<b>GRÁFICO 1</b> - Coeficiente de Incidência da COVID-19 em Minas Gerais.....	24
---	----

### **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1</b> - Renda média domiciliar Per capita por Ano segundo Unidade da Federação (2010).....	12
<b>TABELA 2</b> - Renda média domiciliar. Per capita por Ano segundo Macrorregião de Saúde (MG - 2010).....	13
<b>TABELA 3</b> - Maiores e menores valores de incidência da COVID-19 em Minas Gerais por Ano/Semestre.....	23

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1-7
2. MINAS GERAIS: O ESPAÇO E A COVID-19.....	8-15
3. EPIDEMIOLOGIA.....	16-20
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	21-30
4.1 FONTES DE DADOS.....	21-22
4.2 TAXA DE INCIDÊNCIA.....	22-25
4.3 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS.....	24-30
4.3.1 INVERSO DA DISTÂNCIA AO QUADRADO.....	25-26
4.3.2 DISTÂNCIA EUCLIDIANA.....	26
4.3.3 ÍNDICE DE MORAN GLOBAL.....	27-28
4.3.4 ÍNDICE DE MORAN LOCAL.....	29-30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31-76
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77-78
7. REFERÊNCIAS.....	79-83

# 1 INTRODUÇÃO

A pandemia da COVID-19 tem gerado preocupações em todo o mundo, destacando a necessidade de respostas rápidas e impactantes por parte dos governos. No entanto, nem sempre essas respostas foram efetivamente implementadas e bem-sucedidas na minimização da disseminação do vírus. Dentre outras dimensões, como a econômica e a epidemiológica, a compreensão da dinâmica espacial de distribuição da COVID-19 é fundamental para a formulação de estratégias governamentais efetivas. Esse entendimento não apenas contribui para uma análise retrospectiva, mas também para o monitoramento da situação atual e a gestão futura do território, principalmente no que se refere à saúde pública.

A análise da relação entre saúde e espaço tem sido tema de diversos estudos que destacam a importância de se considerar o contexto geográfico para compreender as condições de saúde da população (CARVALHO & SANTOS, 2005; CZERESNIA & RIBEIRO, 2000; FARIA & BORTOLOZZI, 2009; FERREIRA 1991; SANTOS, 2003). Neste sentido, a abordagem geográfica é fundamental para compreender a saúde de uma população, como argumenta Milton Santos (2000), a saúde é um reflexo das condições sociais e econômicas de uma determinada região e, portanto, não pode ser compreendida isoladamente da análise do espaço geográfico. Assim sendo, esta monografia busca contribuir para o campo da Geografia da Saúde ao analisar a dinâmica espacial da COVID-19 no estado de Minas Gerais.

A COVID-19 é transmitida principalmente por meio de gotículas respiratórias (BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE), o que a torna altamente contagiosa e com um padrão espacial que varia de acordo com a circulação de indivíduos entre regiões. Em suma, pode-se dizer que é uma doença que se resume ao contato e a circulação de pessoas. Nessa perspectiva, remete-se a Primeira Lei da Geografia, elaborada por Tobler (1970), que afirma que todas as coisas estão relacionadas entre si, mas objetos mais próximos estão mais intensamente relacionados do que objetos distantes.

Na conjuntura atual da globalização e da crescente interdependência entre as regiões, as relações entre objetos têm se tornado cada vez mais complexas e difíceis de serem capturadas pelos procedimentos estatísticos tradicionais de autocorrelação espacial. Como destaca Baggio (2014), as transformações sociais e territoriais que acompanham a globalização têm redefinido a experiência de tempo e espaço. Nesse sentido, faz-se necessário repensar a Primeira Lei da Geografia elaborada por Tobler, como sugerido por Escolano-Utrilla e Salvador-Oliván (2022)

ao destacar a intensidade das relações entre os objetos mais conectados, independentemente de sua proximidade. Portanto, essa reformulação tem implicações importantes para a análise de dinâmicas espaciais de fenômenos sociais, como no caso analisado, a disseminação da COVID-19. Assim, é crucial repensar as abordagens metodológicas e conceituais que são utilizadas para análise de eventos isolados, a fim de melhor compreender suas implicações para a sociedade e para o território.

Nesse contexto, o objetivo desta monografia é analisar a distribuição e o padrão espacial da COVID-19 em diferentes períodos da pandemia (2020 - 2023) no estado de Minas Gerais. O intuito é identificar e compreender os padrões espaciais na disseminação do vírus ao longo do tempo, utilizando técnicas de estatística espacial e cartografia. Ao explorar esses dados, espera-se interpretar as tendências de propagação da doença em diferentes regiões do estado, fornecendo informações valiosas para a saúde pública. Esse estudo pode contribuir para o início de possíveis investigações futuras sobre a distribuição da COVID-19 no estado de Minas Gerais, bem como sua relação com os aspectos espaciais e epidemiológicos.

A aplicação de técnicas de estatística espacial no contexto de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) desempenha um papel crucial na avaliação do impacto da doença. O presente estudo adota uma metodologia que permite analisar o padrão de distribuição da doença e identificar a presença de autocorrelação espacial entre as variáveis, utilizando o Índice de Moran Local e Global<sup>1</sup>. É importante salientar que serão utilizados dados de saúde em nível municipal e estadual, contribuindo para a elaboração da taxa de incidência da doença. Essa taxa mostra-se como um prognóstico fundamental, pois fornece informações sobre a proporção de casos em relação à população, permitindo uma compreensão mais precisa da intensidade e da distribuição geográfica do vírus.

É possível inferir que os padrões espaciais estabelecidos irão depender, principalmente, do mecanismo epidêmico, da mobilidade humana e das estratégias de controle (GROSS *et al.*, 2020). Por isso, é importante salientar que houve inúmeras discordâncias entre as esferas de gestão (municipal, estadual e federal) quanto as propostas sanitárias recomendadas pelos

---

<sup>1</sup> O Índice de Moran é uma medida estatística utilizada para avaliar a autocorrelação espacial de uma variável. Ele analisa a relação entre os valores dessa variável em determinada localidade e os valores em suas vizinhanças, indicando se existe uma tendência de associação espacial entre eles. O Índice de Moran Local permite identificar clusters e outliers espaciais, destacando áreas com padrões semelhantes (clusters) e áreas que se destacam dos seus vizinhos (outliers). O Índice de Moran Global avalia a autocorrelação espacial em todo o conjunto de dados.

profissionais da saúde, o que contribuiu para o agrave da situação de calamidade pública no país.

As contradições inerentes às relações de poder, que se manifestam na esfera política, frequentemente resultam em decisões que priorizam interesses econômicos de uma elite em detrimento da saúde pública e do bem-estar social. Essa lógica inflexível do sistema capitalista, movida pelo objetivo de obter lucro, muitas vezes coloca em risco a integridade física e psicológica das pessoas, assim como suas condições de vida, tornando-as mais vulneráveis (BAGGIO, 2014). Esses aspectos revelam a banalização da morte e um sistema de manutenção de poder e controle social que permeia a coletividade, determinando quem tem o direito de viver, como viver e quem é considerado descartável.

Nesse contexto, a forma como o governo federal lidou com a pandemia, aliada às políticas neoliberais adotadas, pode ser enquadrada no conceito de necropolítica, conforme proposto por Mbembe (2017). Esse conceito se refere ao uso do poder estatal para determinar quais vidas são valorizadas e quais são sacrificadas. Estudos recentes têm mostrado a influência da afiliação política no comportamento em resposta à pandemia, como evidenciado por Allcott et al. (2020) em sua pesquisa intitulada "*Polarization and public health: Partisan differences in social distancing during the coronavirus pandemic*" ("Polarização e saúde pública: diferenças partidárias no distanciamento social durante a pandemia de coronavírus"). Essa pesquisa analisou dados de telefones celulares de uma amostra representativa de mais de 15 milhões de pessoas nos Estados Unidos e constatou que áreas com maior divergência política por parte de grupos alinhados à direita, apresentavam uma menor adesão às diretrizes de distanciamento social recomendadas pelas autoridades de saúde pública.

No estudo mencionado, é relevante destacar que os democratas, que geralmente uma postura menos alinhada à direita em comparação aos republicanos, demonstraram uma adesão mais expressiva às medidas recomendadas pelas autoridades de saúde. Por outro lado, os republicanos, com tendências à extrema direita, adotaram comportamentos contraditórios e negacionistas em relação às medidas de contenção da COVID-19. Esses resultados suscitam questionamentos sobre a possível semelhança da dinâmica política observada nos Estados Unidos com a situação no Brasil, onde partidos de direita também tendem a adotar esse tipo de desonestidade intelectual. Essa hipótese é relevante e merece ser explorada em discussões futuras, especialmente diante da ascensão de líderes políticos da extrema direita, teorias

conspiratórias que se disseminam como filosofias e ao aumento do nacionalismo exacerbado, entre outros fatores que precisam ser investigados.

Embora essa monografia não tenha como foco a abordagem aprofundada desses aspectos, é fundamental reconhecer que a dinâmica da pandemia demanda a análise das questões políticas subjacentes, incluindo as relações de poder e os atores envolvidos. A pesquisa em questão contribui para a compreensão da distribuição do vírus, por meio da identificação e interpretação dos padrões espaciais manifestados pela COVID-19 nos municípios de Minas Gerais. É importante reconhecer a interconexão entre fatores políticos e de saúde pública, a fim de desenvolver estratégias mais efetivas para enfrentar essa crise sanitária.

Considerando a rápida disseminação da COVID-19 ao redor do mundo, o Brasil registrou seu primeiro caso na metrópole de São Paulo em 26 de fevereiro de 2020, um local com forte interação internacional. A partir desse ponto, a doença se espalhou para outras regiões do país, incluindo a cidade de Divinópolis em 8 de março, marcando o início do processo de interiorização no estado de Minas Gerais (SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE E AMBIENTE, 2020). É provável que a distribuição característica do vírus ao longo do território tenha sido influenciada pelas desigualdades socioeconômicas presentes no estado mineiro. Embora esta monografia não tenha como objetivo analisar essas desigualdades, é importante ressaltar a sua possível interseção com os dados relacionadas à COVID-19. Considerar essa abordagem, que explora a relação entre as desigualdades socioeconômicas e a propagação da doença, pode ser uma perspectiva interessante para uma análise mais abrangente no futuro.

Nesse sentido, a heterogeneidade socioeconômica do território mineiro sugere a configuração de padrões singulares de distribuição da incidência do vírus no território. Esses contrastes podem evidenciar como as condições socioeconômicas de cada região se relacionam com a dinâmica da pandemia, destacando os desafios enfrentados na contenção vírus. Portanto, ao analisar as disparidades sociais e econômicas que se manifestam no espaço, é possível compreender melhor como essas vulnerabilidades afetam a distribuição da COVID-19 em Minas Gerais e a resposta à pandemia.

Para Milton Santos (2008), é preciso entender o espaço geográfico como um produto da ação humana; resultante das relações sociais e de poder que se estabelecem em determinado contexto histórico. Nessa perspectiva, a análise da distribuição espacial da COVID-19 em Minas Gerais também se mostra importante para compreender como as condições socioeconômicas de cada região estão relacionadas com a dinâmica da pandemia. Dessa forma,

é possível estabelecer uma conexão entre as condições preexistentes à chegada do vírus com as desigualdades regionais, tais como as disparidades socioeconômicas, a infraestrutura precária de saúde e a falta de acesso a informações e serviços de saúde.

O estudo realizado por Kadt *et al.* (2020) investiga temas semelhantes na África do Sul, identificando fatores de risco que podem dificultar a adoção de medidas de higiene, distanciamento social, uma realidade também presente no contexto brasileiro. Dessa forma, é fundamental considerar as dificuldades enfrentadas no transporte público, como a superlotação e restrições de mobilidade nas áreas urbanas, resultantes da privatização e precarização dos serviços de transporte público. Outra questão importante são as ferramentas de comunicação, frequentemente utilizadas para deturpar informações e espalhar desinformação, também conhecidas como “fake news”. O sociólogo Manuel Castells (2012) explora a importância da comunicação na formação e propagação de ideias e opiniões, destacando como a desinformação pode afetar a participação e a legitimidade dos movimentos sociais, assim como influenciar a opinião pública. Ele ressalta que as redes sociais representam tanto um espaço de democratização quanto de manipulação e controle, enfatizando a necessidade de compreender o funcionamento dessas redes na era digital. Nesse contexto, a questão central envolve o controle dos meios de comunicação, tanto em termos técnicos quanto políticos, e as dinâmicas de poder relacionadas.

A análise exploratória de dados espaciais (AEDE) desempenha um papel fundamental na compreensão dos padrões de distribuição da COVID-19. No entanto, é importante ressaltar que a falta de acesso a medidas de higiene e distanciamento social pode ser influenciada por fatores complexos que podem não ser diretamente abordados pela AEDE. Para entender essas questões, pode ser necessário recorrer a outras metodologias e fontes de dados complementares, como pesquisas socioeconômicas, estudos de acesso a serviços de saúde e análises qualitativas

Diversos estudos têm empregado a AEDE para analisar questões no âmbito socioeconômico, saúde e ambiental. Por exemplo, um estudo realizado por Baptista e Santos (2008), a análise exploratória de dados espaciais foi utilizada para analisar a incidência de pobreza na Ilha de Santiago, em Cabo Verde. Outro estudo, realizado por Moura e Lira (2011), utilizou essa técnica para identificar diferentes arranjos urbano-regionais no Brasil. Já em um estudo realizado por Santos *et al.* (2015), a AEDE foi empregada para analisar os preços das terras agrícolas no estado de São Paulo. Estes exemplos ilustram a importância da análise exploratória de dados espaciais na identificação de padrões e tendências em dados



georreferenciados. Além disso, exprimem a diversidade de aplicações dessa técnica em diferentes áreas do conhecimento, pois a AEDE pode contribuir para a formulação de políticas públicas mais efetivas, bem como para o avanço do conhecimento científico sobre diferentes fenômenos ao espacializa-los.

Esta monografia se baseará em métodos estatísticos para espacializar a distribuição da COVID-19 no estado de Minas Gerais, utilizando os muitos modelos de organização espacial desenvolvido pelos geógrafos. Esses modelos permitem a elaboração de diagnósticos numéricos detalhados sobre as características e tendências de evolução e regressão dos fenômenos presentes no espaço (MORAES, 2005). No entanto, é importante salientar que as análises realizadas nesta pesquisa serão limitadas, uma vez que os dados brutos não são suficientes para compreender as complexidades e vivências desse espaço social. Como bem destaca Corrêa (2005), o espaço social está intrinsecamente relacionado a práxis social, não devendo, portanto, ser visto apenas como um espaço absoluto ou produto da sociedade. Por isso, esta pesquisa se propõe a contribuir para a discussão sobre as complexidades e vivências presentes no estado de Minas Gerais, buscando compreender as formas espaciais evidenciadas pelo padrão de distribuição da COVID-19 no estado.

Em "*Espaço & Método*", Milton Santos (1988) utiliza importantes categorias de análise para compreender o espaço, dentre eles: forma, função, estrutura e processo. A forma refere-se à configuração espacial resultante das relações entre os elementos que a compõem, sendo o resultado de diferentes processos de (re)construção. A função está relacionada às atividades humanas que ocorrem no espaço, expressando as relações socioeconômicas desenvolvidas em um determinado contexto espacial. A estrutura reflete as condições materiais e sociais que possibilitam a organização e reprodução das relações sociais no espaço, sendo o resultado das formas e funções. Por fim, o processo se refere às transformações que ocorrem no espaço ao longo do tempo, sendo dinâmico e contínuo.

Nesta monografia, será dedicada exclusivamente à análise das formas espaciais, ou seja, à investigação das mudanças nas configurações espaciais, principalmente no que se refere à distribuição da COVID-19 através das taxas de incidência ao longo do tempo. É evidente a importância das demais categorias de análise propostas por Milton Santos e a indissociabilidade entre elas, porém, neste trabalho, é necessário estabelecer limites em relação ao escopo da pesquisa. Considerando as restrições temporais e as características de uma monografia, o enfoque será especificamente para a análise das formas espaciais.

É fundamental ressaltar que uma análise do espaço geográfico requer considerar todas as dimensões do real, conforme identificado por Milton Santos (2006), em que o espaço geográfico é compreendido como um conjunto indissociável de sistemas de objetos e ações. A escolha de abordar apenas a categoria forma neste estudo não nega a importância das demais categorias, mas reflete as delimitações e possibilidades desta pesquisa, levando em consideração a necessidade de operacionalizar políticas públicas no contexto da pandemia. Assim sendo, os aspectos espaciais e epidemiológicos da distribuição da COVID-19 no estado de Minas Gerais podem ser explorados por meio deste estudo, fornecendo uma base sólida para investigações futuras sobre o tema.

## 2 MINAS GERAIS: O ESPAÇO E A COVID-19

Os estudos geográficos sobre espaço e região são essenciais para a compreensão das transformações sociais no decorrer do tempo. A categoria de análise da região permite analisar as diferentes partes que compõem um todo, que é o território. Desde seu surgimento como uma subdivisão do espaço na corografia, até sua evolução como uma categoria de análise da organização espacial, diferentes autores têm abordado o tema de espaço e região.

O desenvolvimento destes estudos tem contado com a contribuição de diferentes autores, como Santos (2008) que destaca a importância da compreensão do espaço como uma relação entre técnica, tempo, razão e emoção. Corrêa (2000) aborda a relação entre região e organização espacial, enquanto Tuan (1983) ilustra a perspectiva da experiência em relação à percepção do espaço e lugar. Não apenas, Folmer *et al.* (2020) utilizam a região como categoria de análise do espaço agrário. Outros autores, como Haesbaert (2019) e Carlos (2002) discutem a região a partir de perspectiva críticas e enfatizam a importância da análise da região na compreensão da organização espacial.

De forma semelhante, o conceito de região é uma classificação ampla e dinâmica que pode assumir diferentes definições a depender do contexto. Na esfera administrativa, região é entendida como uma unidade territorial e, no conhecimento científico, como uma determinada classe de fenômenos (GOMES, 2005). No entanto, qualificar ou limitar um conceito na Geografia é uma tarefa complexa, já que cada realidade é única (LOPES, 2022). Nessa perspectiva, no contexto do conhecimento científico e da distribuição da COVID-19 em Minas Gerais, busca-se identificar diferentes regiões que apresentem características semelhantes em relação à intensidade do vírus, a fim de auxiliar no desenvolvimento de políticas públicas mais efetivas e justas, levando em consideração as necessidades de cada grupo regional.

Civale (2012) ressalta que o desafio central do geógrafo consiste em compreender as circunstâncias a partir de uma abordagem teórica e técnica, levando em consideração a complexidade das múltiplas dimensões do espaço. Nesse sentido, esta monografia se situa no âmbito tanto teórico quanto técnico, buscando compreender as particularidades relacionadas à dimensão espacial na distribuição da COVID-19. No aspecto teórico, serão explorados os fundamentos conceituais e as hipóteses explicativas que permitirão interpretar e compreender algumas das relações espaciais presentes no estado de Minas Gerais. Já no aspecto técnico, será adotada uma abordagem embasada na utilização de métodos, técnicas e ferramentas para a coleta, análise e representação de dados epidemiológicos.

No exercício de espacialização da relação da COVID-19 com os municípios de Minas Gerais, serão atribuídos fatores de localização e intensidade. Já no processo de regionalização, os critérios de agrupamento serão definidos por meio de clusters de autocorrelação espacial. Esses procedimentos serão realizados por meio de ferramentas de SIG e softwares de programação, em conjunto com técnicas de estatística espacial e cartografia que vão proporcionar a elaboração de mapas temáticos que evidenciem os padrões espaciais da COVID-19 ao longo do tempo.

Os aspectos de espacialização e regionalização na Geografia compreendem diferentes tipos de fenômenos naturais e antropogênicos, pertinentes aos padrões de diferenciação espacial, processos evolutivos e mecanismos de interação entre elementos geográficos (LÜ et al., 2018). Neste estudo, serão considerados apenas os dados publicados pelo Ministério da Saúde no portal da COVID-19 e as informações estatísticas, geográficas e cartográficas publicadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com exceção da taxa de incidência acumulada, que será elaborada no software de programação R e explicada detalhadamente no capítulo de metodologia (ver capítulo 4.2).

O IBGE é o órgão responsável pelos estudos das divisões regionais no território desde 1941, a necessidade da atualização dos planos regionais com o passar dos anos se dá em virtude das transformações socioeconômicas, ambientais, demográficas e políticas que sucedem no espaço. Nessa perspectiva, é importante ressaltar que os arranjos regionais possuem objetivos científicos e, portanto, estão sujeitos a mudanças que ocorrem no campo teórico-metodológico da Geografia e que afetam o próprio conceito de região. Dessa forma, os modelos de divisão regional são adotados a partir de diferentes abordagens conceituais que precisam ser periodicamente revisadas para sua validação (IBGE, 2017). Os modelos referentes à organização do território, em particular à organização dos estados e da malha municipal de Minas Gerais, estão disponíveis no site do próprio IBGE na seção de "Geociências".

Nessa perspectiva, Ribeiro *et al.*, (2012) aborda as mudanças na estrutura demográfica de Minas Gerais nas últimas décadas e suas implicações para as políticas públicas. O estudo mostra que a população está envelhecendo, com aumento da expectativa de vida e redução da taxa de fecundidade, além do exponencial processo de concentração da população em grandes cidades e regiões metropolitanas. Estas mudanças evidenciam os desafios para o planejamento e execução de políticas públicas, como o aumento da demanda por serviços de saúde,

previdência, assistência social e a necessidade de planejamento urbano e desenvolvimento regional.

Na relação ambiente e saúde, é possível observar tais transformações pelo campo legislativo, onde estamos vivenciando, cada vez mais, a flexibilização e o desmonte das leis ambientais, valorizando o capital em detrimento dos impactos ambientais e sociais. Nessa ótica, a dicotomia do licenciamento ambiental brasileiro pode ser observada como um ciclo, ora empenhando-se em revigorar as leis, ora propondo o enfraquecimento delas, como é o caso do Projeto de Lei nº 3.729/2004, votado e aprovado no dia 13 de maio de 2021, que deu trâmite no Senado para o Projeto de Lei nº 2159/2021 que acabou com a aplicação dos instrumentos de avaliação, prevenção e controle dos impactos socioambientais de obras e empreendimentos no país.

É importante ressaltar que o interesse pelas questões espaciais ao longo dos anos foi estimulado pelos recursos financeiros do Estado, dentre as estruturas de ajuda à pesquisa, de órgãos do sistema de planejamento e das forças armadas, bem como de fundações vinculadas às grandes corporações industriais e financeiras (CORRÊA, 2005). Nessa perspectiva, faz-se necessário análises constantes e comprometidas com a coesão territorial do país e com a busca das diferenças e diversidades, almejando a compreensão das redes urbanas e da disposição da infraestrutura que conecta essas redes (IBGE, 2017). Diante da importância atribuída às questões espaciais pelo Estado, a espacialização do fenômeno da COVID-19 assume um papel de extrema relevância para o governo no âmbito estadual e municipal. Ao identificar os municípios mais afetados pelo vírus e os agrupamentos (*clusters*) presentes no estado com base na taxa de incidência, essa análise auxilia no planejamento e implementação de políticas públicas efetivas para o enfrentamento da doença.

Dado os objetos de estudo desta monografia, faz-se necessário apresentar algumas características relevantes dos aspectos geográficos e socioeconômicos do estado que implicam, direta ou indiretamente, na distribuição da COVID-19. Nesse sentido, é importante destacar que Minas Gerais é o quarto maior estado brasileiro em extensão territorial (528,29 km<sup>2</sup>) e possui a maior malha viária do país. Divide seus limites com os estados da Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo. Ademais, o território mineiro possui o maior número de municípios no Brasil, com um total de 853 (IBGE); é o segundo estado mais populoso do país, com uma população estimada em cerca de 21,4 milhões de habitantes em 2021 e com uma densidade demográfica de 36 habitantes por km<sup>2</sup>, de acordo com

o IBGE. É um estado heterogêneo em termos socioeconômicos, a economia mineira é bastante diversificada, com destaque para a agropecuária, mineração e indústria (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2021).

Ao estudar o processo de autocorrelação da COVID-19 com os municípios de Minas Gerais, ressaltou a constante necessidade de analisar o passado e o presente de forma crítica, a fim de precaver o futuro de contratempos semelhantes. Sobretudo, naquilo que se concerne a função do estado de assegurar políticas que visem a redução do risco de doenças e outros agravos. Logo, estudos como este, no plano prático, têm o potencial de orientar como e onde os sistemas de planejamento público e privado podem alocar seus recursos.

No artigo “*Políticas Públicas: Uma Revisão da Literatura*”, Souza (2008) destaca a importância das políticas públicas na sociedade, enfatizando que elas são instrumentos essenciais para a promoção da igualdade social, econômica e política. No que diz respeito à evolução histórica das políticas públicas, destaca-se o papel do Estado na garantia de direitos básicos aos cidadãos, principalmente na área da saúde. Por exemplo, ao se estabelecer uma estrutura de gastos e de prioridades no que concerne a COVID-19, é possível estipular as políticas sanitárias prioritárias e, assim, configurar um mínimo de serviços básicos a toda população ou a um grupo demográfico com comorbidades específicas (PEREIRA, 1995).

A Geografia desempenha um papel fundamental na compreensão da distribuição da COVID-19, ao investigar como, onde, em quais condições e por que ocorre esse processo. Ao correlacionar e interpretar as principais dimensões de análise dos fenômenos epidemiológicos, como lugar, pessoas e tempo, podemos entender as conexões entre grupos populacionais com diferentes características socioeconômicas e diferentes modelos de risco e proliferação do vírus. Em virtude dos estudos de doenças transmitidas por vetores que a abordagem espacial pôde ser mais objetiva, evidenciando a relação entre o espaço e a ocorrência de doenças; a partir dessa caracterização mais estruturada entre o espaço e a circulação de agentes, em conjunto com o avanço teórico da Geografia, desenvolveram-se diferentes vertentes explicativas no campo da epidemiologia (CZERESNIA, 2000).

Existem diferentes desigualdades regionais em Minas Gerais que se configuram desde a formação histórica do estado, como o desequilíbrio no âmbito da economia, em que grandes concentrações de riqueza encontram-se nas mãos de poucos indivíduos. De acordo com o último

Censo Demográfico realizado em 2010 pelo IBGE, o rendimento médio domiciliar per capita de Minas Gerais era de 733,24 reais, encontrando-se abaixo da média nacional (767,02 reais).

**Tabela 1** – Renda média domiciliar Per capita por Ano segundo Unidade da Federação (2010).

<b>Unidade da Federação</b>	<b>2010</b>
Maranhão	348,72
Piauí	408,27
Alagoas	421,32
Pará	429,57
Ceará	445,88
Paraíba	462,29
Bahia	481,18
Acre	497,44
Sergipe	508,2
Amazonas	508,28
Pernambuco	508,82
Rio Grande do Norte	531,56
Tocantins	571,51
Amapá	575,42
Roraima	578,38
Rondônia	646,78
<b>Minas Gerais</b>	<b>733,24</b>
Mato Grosso	735,32
Mato Grosso do Sul	784,97
Goiás	785,17
Espírito Santo	795,33
Paraná	870,59
Rio Grande do Sul	940,28
Santa Catarina	967,45
Rio de Janeiro	993,21
São Paulo	1036,51
Distrito Federal	1665,42
<b>Total</b>	<b>767,02</b>

Fonte: IBGE, 2010. Org.: TRINDADE, M. M. S.

No intuito de explorar os dados em uma escala mais detalhada no estado e, ir além de informações gerais, é possível explorar a renda média domiciliar Per capita pelas Macrorregiões de Saúde. A utilização desse modelo de regionalização, estabelecido pela Secretaria Estadual de Saúde (SES/MG), refere-se a um espaço geográfico definido por um conjunto de municípios circunvizinhos. Essas regiões são caracterizadas pela presença de um município polo, que atrai e absorve fluxos populacionais devido à oferta de equipamentos urbanos e de saúde mais

desenvolvidos, capazes de fornecer serviços com maior incorporação tecnológica e diferenciação (MALACHIAS *et al.*, 2010). Essa abordagem regional proporciona uma análise direcionada para o gerenciamento dos dados relacionados à saúde, incluindo a análise de distribuição da COVID-19. Além disso, ao examinar o estado de Minas Gerais através desse modelo, é possível observar as particularidades socioeconômicas entre as regiões, sugerindo uma possível influência na relação de espacialização do vírus. Por exemplo, a região Norte, Jequitinhonha e Nordeste concentra a maioria dos municípios com baixa renda média domiciliar per capita, enquanto a região Sudeste, Triângulo e Centro possui uma situação oposta. Essas diferenças entre as macrorregiões tornam ainda mais relevante a utilização desse modelo para compreender a dinâmica da pandemia e promover a implementação de políticas públicas efetivas.

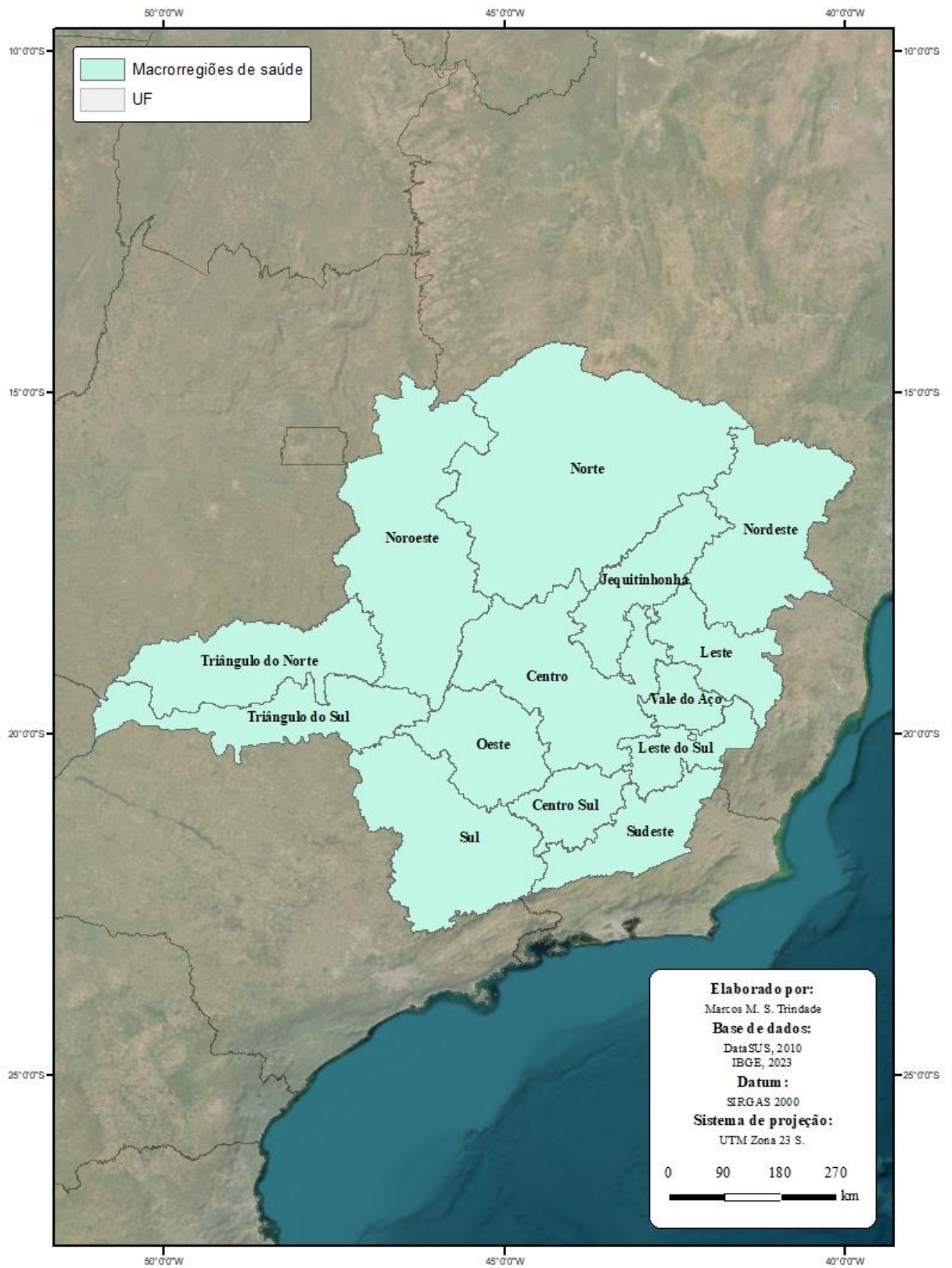
**Tabela 2** – Renda média domiciliar Per capita por Ano segundo Macrorregião de Saúde (MG - 2010).

<b>Macrorregião de Saúde</b>	<b>2010</b>
NORDESTE	369,78
JEQUITINHONHA	379,66
NORTE	410,53
LESTE	493,04
LESTE DO SUL	510,26
VALE DO ACO	626,98
CENTRO SUL	636,95
NOROESTE	643,41
SUL	696,34
OESTE	697,68
SUDESTE	728,03
TRIANGULO DO SUL	830,05
TRIANGULO DO NORTE	852,59
CENTRO	964,53
<b>Total</b>	<b>733,24</b>

Fonte: IBGE, 2010. Org.: TRINDADE, M. M. S.



**Figura 1 – Minas Gerais: Macrorregiões de Saúde**



Fonte: DataSUS (2010); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

Ao longo deste capítulo, foi possível compreender a importância do espaço e da região na análise da distribuição da COVID-19 em Minas Gerais. Embora a discussão de desigualdades regionais não tenha se aprofundado em detalhes, é fundamental reconhecer que elas existem e podem influenciar significativamente a incidência do vírus em todo o estado. É curioso notar que as regiões com menor renda média domiciliar per capita tenham apresentado dados mais brandos em relação à taxa de intensidade da COVID-19 e à configuração de agrupamentos (*clusters*) de baixa incidência (ver capítulos 5 e 6 para mais detalhes). O próximo capítulo, dedicado à epidemiologia, fornecerá um aprofundamento nos critérios da análise espacial apresentados neste capítulo, enriquecendo a compreensão desse método.

Estudos realizados em diferentes escalas mostram aproximações entre o excesso de mortalidade e a pandemia de COVID-19 entre 1 de janeiro de 2020 e 31 de dezembro de 2021, calculando cerca de 14,9 milhões de óbitos ao redor do globo (OPAS – ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2022). Além disso, a exorbitante quantidade de mortes excedentes, de mortes não explicadas diretamente pela COVID-19 e de mortes fora do hospital sugerem alta subnotificação de mortes por Coronavírus e reforça a intensa dispersão do vírus, mostrando a importante demanda de revisão de todas as causas de mortes associadas a sintomas respiratórios pelos serviços de vigilância epidemiológica (ORELLANA et al., 2020). Esse tipo de pesquisa suscita o início de um conjunto de investigações adicionais sobre a configuração da COVID-19 em Minas Gerais e sua conexão com os aspectos espaciais e epidemiológicos.

### 3. EPIDEMIOLOGIA

A epidemiologia é uma área de estudo essencial para avaliar as condições de saúde da população, identificar os agentes etiológicos das doenças e os fatores de risco envolvidos no seu surgimento (GOMES, 2015). Através de estudos realizados em diferentes escalas, a epidemiologia busca analisar as possibilidades de intervenção na saúde para o controle efetivo das doenças que afetam a população. No entanto, ao longo da história, diversos desafios foram enfrentados para o controle de epidemias.

Foi apenas no século XIX que a epidemiologia se tornou uma disciplina científica<sup>2</sup>, sobretudo, após a contribuição do médico John Snow. Ele é um exemplo clássico de como a epidemiologia pode ser utilizada para identificar e controlar a disseminação de doenças. Na época, acreditava-se que a cólera fosse transmitida pelo ar, porém, com suas investigações envolvendo a coleta de dados espaciais sobre os pacientes afetados e a qualidade da água dos poços que eles consumiam, foi possível identificar um padrão evidente de concentração de casos ao redor dos poços contaminados na cidade de Londres (ROUQUAYROL *et al.*, 2018).

Atualmente, a epidemiologia é uma ciência multidisciplinar que faz uso de ferramentas da Estatística e da Geografia para estudar a distribuição de doenças em diferentes populações e contextos. Isso tem sido especialmente importante no contexto da pandemia da COVID-19, uma doença infecciosa de rápida propagação, que se espalhou repentinamente pelo mundo, inclusive em Minas Gerais. Assim como no estudo da cólera de John Snow, onde a análise espacial dos dados foi fundamental para identificar os locais de concentração da doença, a presente monografia adotará uma abordagem equivalente, porém em uma escala mais abrangente. Portanto, será possível identificar os municípios com as maiores taxas de incidência do vírus ao longo do território mineiro, contribuindo para a compreensão e o controle da doença de forma mais efetiva.

Nesse contexto, verifica-se a importância da epidemiologia para o planejamento de políticas públicas de saúde e para o desenvolvimento de estratégias de prevenção e controle de doenças, inclusive a COVID-19. Entre os principais desafios enfrentados pela epidemiologia

---

<sup>2</sup> O primeiro registro de uma epidemia foi em 430 a. C., denominada a “Peste de Atenas”. Hipócrates, considerado o pai da medicina, foi um dos primeiros a realizar estudos sobre a epidemia e suas possíveis causas. Embora os pretextos dessa epidemia permaneçam desconhecidas, acredita-se que tenha sido causada por problemas de superlotação, más condições sanitárias e falta de higiene (HAYS, 2005).

atualmente, estão o aumento das doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs) e doenças cardiovasculares, a emergência de novas doenças infecciosas (como a COVID-19), e a desigualdade na distribuição de doenças entre diferentes grupos demográficos (JÚNIOR & SANTOS, 2021).

A interdisciplinaridade entre a Geografia e a Epidemiologia desempenha um papel crucial na análise da saúde da população. A Geografia da Saúde, como campo de estudo da Geografia, usa conceitos e métodos para explorar os fatores espaciais, sociais, econômicos e culturais que influenciam a saúde da população em diferentes escalas, incluindo questões de acessibilidade aos serviços de saúde, infraestrutura social urbana e qualidade de vida (SOUSA & SOUSA, 2019). Por outro lado, a Epidemiologia está centrada na investigação dos fatores de risco e dos determinantes da saúde, bem como na distribuição de doenças em populações específicas, incluindo sua distribuição geográfica e temporal (BARCELLOS, 2006).

A sinergia entre essas áreas é fundamental para uma compreensão abrangente e integrada da distribuição espacial das doenças e dos fatores que contribuem para sua ocorrência. Por exemplo, no caso da COVID-19, a análise espacial pode identificar áreas com maior incidência de casos e mortes, permitindo o direcionamento de esforços e recursos para prevenir e controlar a propagação da doença. Além disso, a Geografia da Saúde é fundamental para compreender como as desigualdades socioeconômicas afetam a saúde e como as políticas públicas podem ser direcionadas para melhorar a saúde das populações mais vulneráveis (SOUSA & SOUSA, 2019). A análise conjunta desses campos permite a criação de mapas, gráficos e outros produtos de visualização de dados que ajudam a compreender a distribuição de doenças e os fatores que contribuem para sua ocorrência. Essas ferramentas são valiosas para a tomada de decisões em saúde pública e para a comunicação de riscos à população (BARCELLOS, 2006).

O estudo da epidemiologia é fundamental para o entendimento dos aspectos etiológicos do processo saúde-doença e, por isso, é importante adotar modelos que representem adequadamente estes aspectos e auxiliem na escolha de indicadores adequados para análise (PEREIRA, 1995). No caso específico da COVID-19, é uma doença causada pelo Coronavírus SARS-CoV-2 e pode manifestar-se de formas variadas, desde infecções assintomáticas até quadros graves que afetam o sistema respiratório (BRASIL. MINISTÉRIO DA SAUDE). A doença surgiu na cidade de Wuhan, na China, em dezembro de 2019, e está relacionada a uma

ampla família de vírus que infectam diferentes espécies de animais, como morcegos, gatos, camelos e gado (BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE).

O principal desafio da COVID-19 é sua velocidade de propagação, o contato e a circulação de pessoas. Quanto mais integrados os territórios, maior é o convívio e fluxo de pessoas, o que resulta no aumento da propagação do vírus e na sobrecarga dos sistemas de saúde e nas infraestruturas que amparam a sociedade. Nesse sentido, é importante destacar a necessidade dos sistemas de informação, que possam subsidiar ações estratégicas de combate à pandemia e garantir a efetividade de políticas de saúde pública (PEREIRA, 1995).

É essencial que haja meios eficientes e confiáveis de coleta de dados na saúde, como o programa do governo DataSUS. Ele se provou como um recurso fundamental, possibilitando a análise objetiva da situação sanitária e na tomada de decisões baseada em evidências (DATASUS). Em suma, a coleta e análise de dados epidemiológicos são essenciais para o planejamento, implementação e avaliação de políticas e programas de saúde que visem à prevenção e controle de doenças, inclusive a COVID-19.

Os métodos de pesquisa em epidemiologia são essenciais para a compreensão do processo saúde-doença e para a tomada de decisões em saúde pública (ROUQUAYROL *et al.*, 2018). Dentre os principais métodos utilizados em epidemiologia e, no contexto da COVID-19, podemos destacar os estudos descritivos e os estudos analíticos (ADHIKARI *et al.*, 2020). Respectivamente, são úteis para conhecer a distribuição de uma determinada doença na população, identificando quem, onde e quando ocorre a doença. Já os estudos analíticos são utilizados para investigar a relação entre fatores de risco e o desenvolvimento de doenças, permitindo a identificação das possíveis causas (NETO *et al.*, 2018).

Lai *et al.*, (2020) analisou a produção científica sobre a COVID-19 entre dezembro de 2019 e março de 2020; verificou-se que a maioria dos estudos publicados se encaixava na categoria de estudos analíticos, sendo os estudos de coorte e caso-controle os mais frequentes. Os estudos de coorte permitem a identificação de fatores de risco associados ao desenvolvimento da doença. Já os estudos caso-controle permitem a identificação de fatores de risco associados à doença.

Ambos os métodos apresentam vantagens e desvantagens em relação a outros métodos de pesquisa em epidemiologia. Os estudos de coorte permitem a observação direta dos eventos, permitindo a obtenção de informações detalhadas sobre a exposição e a evolução da doença.

No entanto, podem ser dispendiosos e demorados. Por outro lado, os estudos caso-controle são mais rápidos e econômicos, mas podem apresentar viés de seleção e informação. (COSTA & BARRETO, 2003). É importante destacar que o método escolhido para análise da COVID-19 varia de acordo com a natureza do estudo e com os objetivos de pesquisa.

Dentro do cenário epidemiológico, encontram-se diferentes indicadores de saúde e medidas de frequência que auxiliam na avaliação epidemiológica nas populações. Não apenas, esses indicadores servem para expressar de maneira indireta a falta de infraestrutura e organização dos serviços de saúde, além da falta de educação e informação em saúde por parte da população (GOMES, 2015). Portanto, são grandezas que permitem avaliar a eficácia das ações de prevenção e controle de doenças em diferentes contextos.

De acordo com Lima *et al.* (2018), os índices são grandezas que indicam a frequência de um evento em relação a uma determinada população, como o número absoluto de casos de uma doença. Já os indicadores, são grandezas compostas que relacionam duas ou mais variáveis, permitindo avaliar associação entre elas, como a taxa de mortalidade da COVID-19, que pode ser relacionada com os óbitos por elevados níveis de citocinas pró-inflamatórias ou por Síndrome Respiratória Aguda (BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE). Os coeficientes são grandezas padronizadas que permitem comparar diferentes populações ou períodos, ajustando as diferenças entre elas. Por exemplo, o coeficiente de mortalidade da COVID-19 é obtido dividindo-se o número de mortes por COVID-19 pelo número total de habitantes de uma população, no caso, os municípios de Minas Gerais e multiplicando-se o resultado por 100.00 habitantes. Por fim, as taxas são uma forma de coeficiente que calculam a frequência de um evento em uma população em um determinado intervalo de tempo, permitindo avaliar a evolução temporal da COVID-19. No caso, a taxa de incidência da COVID-19 é obtida dividindo-se o número de casos novos da doença pelo número total de pessoas expostas ao vírus em um intervalo de tempo de 14 dias e multiplicando-se o resultado por 100.000 habitantes. Em suma, enquanto o índice auxilia na descrição, o indicador contribui na tomada de decisão para a ação; já os coeficientes servem para descrever os fenômenos observados, enquanto as taxas auxiliam no cálculo dos fenômenos esperados (LIMA, *et al.*, 2018).

Os processos endêmicos e epidêmicos são temas relevantes para a compreensão e controle de doenças (ROUQUAYROL *et al.*, 2018). Um processo endêmico é caracterizado pela presença constante de uma doença ou infecção em um determinado local ou população, com uma taxa de incidência relativamente estável ao longo do tempo. Já um processo epidêmico

é caracterizado por um aumento abrupto na ocorrência de uma doença em uma população em um curto intervalo de tempo, como a COVID-19 antes de ser disseminada mundialmente.

No caso da COVID-19, a investigação epidemiológica prova-se como ferramenta importante no controle da doença. Nesse contexto, existem dois tipos de vigilância, ativa e passiva, que por sua vez, são estratégias utilizadas para identificar casos suspeitos e confirmados, bem como para monitorar a evolução da doença e suas consequências. A vigilância ativa consiste na busca proativa de casos suspeitos em hospitais, clínicas e outros locais de atendimento médico. Enquanto a vigilância passiva envolve a notificação de casos por profissionais de saúde, laboratórios e outros meios de comunicação.

As duas estratégias foram possibilitadas através da integração das Secretarias Estaduais de Saúde e do processo de atualização de informações nos municípios e estados pelo DataSUS. Nesse sentido, fica claro a importância da coleta e análise de dados epidemiológicos para o planejamento de medidas de prevenção e controle da doença, bem como para a identificação de grupos de risco e de fatores associados ao aumento da transmissão.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 FONTES DE DADOS

Para coletar informações sobre a COVID-19, utilizou-se a plataforma oficial do governo brasileiro<sup>3</sup>, responsável por monitorar e publicar dados epidemiológicos sobre a doença no país. A plataforma atualiza essas informações diariamente, disponibilizando diversas variáveis, como o número de casos confirmados, óbitos, população e outros dados relevantes. As informações foram baixadas em formato “.csv” (Comma Separated Values) e importadas para o software de programação R, onde foram pré-processadas, incluindo funções de limpeza, organização, eliminação de dados ausentes e/ou desnecessários, além de padronização de informações. Nesse processo, foi criada a taxa de incidência acumulada em um período de 14 dias, explicada no próximo tópico.

A segunda etapa da metodologia pode ser segmentada em duas fases distintas para uma análise mais completa. A primeira, consiste na cartografia da taxa de incidência acumulada nos diferentes municípios de Minas Gerais. Essa etapa foi realizada no software ArcGIS, utilizando-se de tabelas e estatísticas descritivas para examinar a distribuição espacial do vírus. A partir dos dados disponíveis, foi possível mapear e visualizar a variação da taxa de incidência ao longo do território em diferentes intervalos de tempo, identificando localidades com maior e menor ocorrência da doença.

Após a análise da distribuição espacial da taxa de incidência, a terceira etapa da metodologia envolve a aplicação de indicadores estatísticos de Moran para avaliar o padrão e a autocorrelação espacial da COVID-19. Os indicadores de Moran são ferramentas que permitem identificar se existe uma dependência espacial entre as taxas de incidência nos municípios. Eles ajudam a identificar se há agrupamentos espaciais de casos semelhantes (clusters) ou se existem áreas com concentração de casos altos cercadas por áreas com casos baixos (outliers).

Essa análise estatística permite compreender a existência de padrões espaciais na distribuição do vírus, ajudando a assimilar a dinâmica da pandemia em diferentes municípios do estado. Essas informações são importantes para subsidiar a tomada de decisões e a definição de políticas de combate à pandemia em níveis municipais e regionais.

---

<sup>3</sup> Plataforma oficial do governo brasileiro sobre a COVID-19, disponível em: <<https://covid.saude.gov.br/>>. Acesso em: 10 abr. 2023.



O IBGE foi a fonte consultada para a elaboração desta etapa no ArcGIS, sua ampla base de dados estatísticos, geográficos e cartográficos foram utilizadas como referência, sobretudo na aquisição e composição de arquivos “shapefiles” referentes a organização do território, especialmente no que se concerne as unidades da federação brasileira e da malha municipal de Minas Gerais, adquiridos no portal de downloads de geociências do IBGE<sup>4</sup>.

#### 4.2 TAXA DE INCIDÊNCIA

Com o intuito de avaliar a intensidade da COVID-19 em diferentes municípios num determinado intervalo de tempo, calcula-se a taxa de incidência. No presente estudo, é utilizada a taxa de incidência acumulada em um intervalo de 14 dias, pois corresponde com o período de incubação do vírus e com o isolamento recomendado para indivíduos infectados (BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE). Essa medida permite que os profissionais da saúde acompanhem a progressão da doença nos municípios, avaliem a eficácia das intervenções de saúde pública e tomem medidas para conter a disseminação da doença. No Brasil, temos autores (CARVALHO & SANTOS, 2005; CZERESNIA & RIBEIRO, 2000; FARIA & BORTOLOZZI, 2009; FERREIRA 1991; SANTOS, 2003) de diferentes áreas que têm contribuído significativamente para o avanço do conhecimento sobre a incidência de doenças e sua relação com a Geografia e a saúde pública; suas pesquisas e propostas metodológicas tem auxiliado na identificação de áreas de risco, na formulação de políticas de prevenção e controle de doenças e na melhoria da saúde pública como um todo.

A taxa de incidência é calculada dividindo o número de novos casos confirmados da COVID-19 por município, dividido pelo tamanho da população no mesmo período, e o resultado é multiplicado por 100 mil.

$$\text{Taxa de Incidência} = \frac{\text{n}^{\circ} \text{ de casos novos da COVID - 19 nos últimos 14 dias}}{\text{população do município no mesmo período}} \times 100.000$$

Nesse estudo, a taxa é interpretada como o número novos caso de COVID-19 nos últimos 14 dias para cada 100.000 habitantes. Ela será utilizada para sinalizar a intensidade de ocorrência da doença.

Para analisar o padrão espacial de incidência da COVID-19 em Minas Gerais, foi priorizado uma seleção de datas específicas que representassem os períodos de maior e menor

---

<sup>4</sup> Portal de downloads de geociências do IBGE, disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

incidência por ano/semestre. Essa escolha foi feita considerando que seria impraticável analisar todo o período de estudo de uma vez, devido à extensão dos dados. Portanto, foram identificadas as datas com os maiores e menores valores de incidência por ano/semestre, a fim de compreender o padrão espacial nessas datas representativas. Essa abordagem permitiu um enfoque nas variações mais significativas e esclarecer a distribuição geográfica em momentos-chave da evolução do vírus.

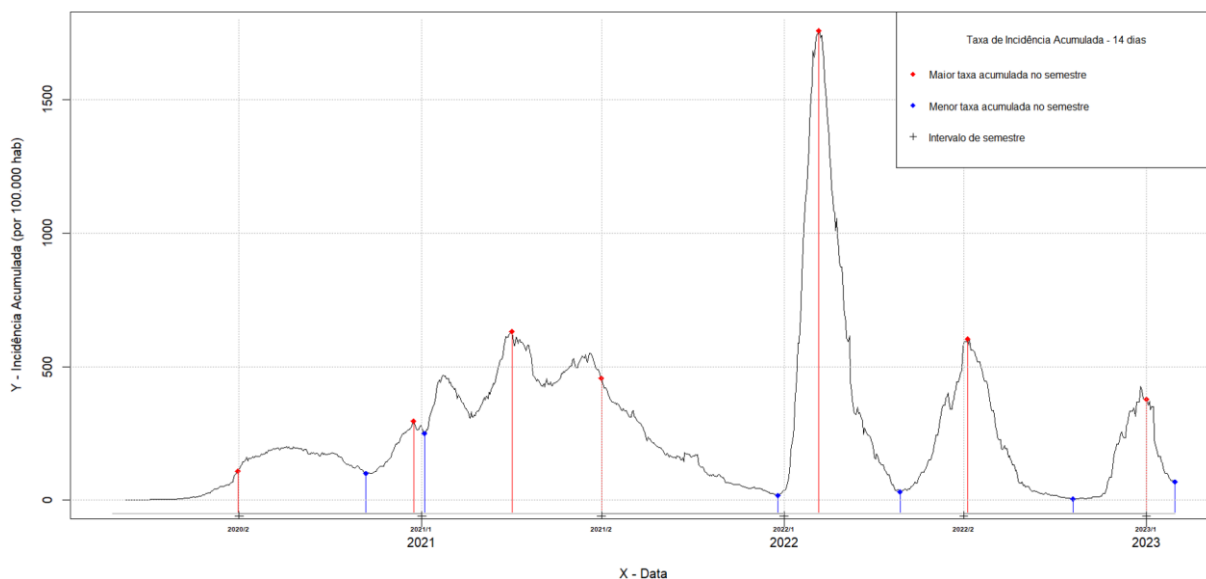
**Tabela 3** – Maiores e menores valores de incidência da COVID-19 em Minas Gerais por Ano/Semestre

<b>Data</b>	<b>Semestre</b>	<b>Valor</b>
09/04/2020	1º	Mínimo
04/06/2020	1º	Máximo
03/07/2020	2º	Mínimo
31/12/2020	2º	Máximo
07/01/2021	1º	Mínimo
15/01/2021	1º	Máximo
23/11/2021	2º	Mínimo
17/09/2021	2º	Máximo
20/04/2022	1º	Mínimo
27/06/2022	1º	Máximo
27/09/2022	2º	Mínimo
08/08/2022	2º	Máximo
01/01/2023	1º	Mínimo
05/01/2023	1º	Máximo

Fonte: DataSUS (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

Ademais, foi elaborado um gráfico que mostra o coeficiente de incidência da COVID-19 no estado em diferentes intervalos de tempo, distinguindo os pontos por período de maior e menor incidência por ano/semestre. Essa análise temporal permite uma compreensão mais detalhada do comportamento do vírus ao longo do tempo. O gráfico foi elaborado no software de programação R e foi útil para selecionar as datas de análise da pesquisa, permitindo uma visão geral das tendências de incidência da doença em Minas Gerais. É importante notar que esses pontos de máximos e mínimos são explorados em conjunto com a análise espacial apresentada, a fim de entender como a COVID-19 distribuiu-se pelo estado em diferentes períodos e municípios.

**Gráfico 1** – Coeficiente de Incidência da COVID-19 em Minas Gerais



Fonte: DataSUS (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

Para ajudar na visualização do gráfico, esse parágrafo irá interpretar os seus elementos visuais. O gráfico apresenta a incidência acumulada da COVID-19 por 100.000 habitantes ao longo do período pandêmico (2020 a 2023). No eixo vertical (Y), são exibidas quatro linhas horizontais que representam os valores da incidência acumulada, começando do ponto 0 e seguindo para os valores de 500, 1000 e 1500. No eixo horizontal (X), estão as datas correspondentes aos diferentes períodos de análise. Esses períodos foram distinguidos por ano/semestre, portanto, são representados de forma cronológica a fim de evidenciar o começo/fim de cada um, seguindo: “2020/2”, “2021/1”, “2021/2”, “2022/1”, “2022/2”, “2023/1”. Ademais, o gráfico também inclui linhas verticais coloridas em vermelho e azul. As linhas vermelhas representam as maiores taxas acumuladas de incidência no ano/semestre, enquanto as linhas azuis destacam os períodos com as menores taxas acumuladas de incidência no ano/semestre.

A análise temporal do coeficiente de incidência da COVID-19 em Minas Gerais, evidenciada pelo gráfico, permitiu identificar dois períodos com maiores incidências - o primeiro semestre de 2021 e o primeiro semestre de 2022, este último com um súbito aumento em relação às outras fases - e dois períodos de menor incidência no segundo semestre de 2021 e 2022. Esses períodos com diferentes níveis de incidência podem estar relacionados a fatores como políticas públicas, taxa de vacinação, circulação de variantes e comportamento da população em relação às medidas de prevenção. A identificação desses períodos por meio do

gráfico auxiliou na elaboração e compreensão dos mapas, permitindo uma análise mais completa e precisa da distribuição espacial dos casos de COVID-19 em Minas Gerais.

No capítulo 5 (“Resultados e Discussão”), são apresentados os mapas que evidenciam como os casos de COVID-19 se distribuíram em Minas Gerais ao longo dos diferentes períodos analisados. Esses mapas permitem visualizar como a doença se espalhou em diferentes municípios do estado, ajudando a entender melhor a evolução da pandemia em cada região. Além disso, a análise espacial realizada contribui para o planejamento e a tomada de decisões em relação às políticas de prevenção e controle da pandemia, tanto em âmbito municipal como estadual.

### **4.3 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS**

Esta seção do capítulo 4 (Materiais e Métodos), intitulada Análise Exploratória de Dados Espaciais, abrange um conjunto de técnicas e métodos que serão empregados para compreender as relações espaciais e o impacto da localização geográfica nos dados amostrais. Subsequentemente, serão apresentadas seções dedicadas a etapas específicas dessa análise, a saber: 4.3.1 - Inverso da Distância ao Quadrado, 4.3.2 - Distância Euclidiana, 4.3.3 - Índice de Moran Global e 4.3.4 - Índice de Moran Local. Essas etapas compõem a análise exploratória de dados espaciais, que desempenha um papel fundamental na identificação de padrões espaciais e na detecção de possíveis conglomerados (clusters) de incidência da doença

#### **4.3.1 INVERSO DA DISTÂNCIA AO QUADRADO**

Dentro do ArcGIS, existem diferentes abordagens para determinar os pesos das unidades geográficas próximas em uma análise de autocorrelação espacial, dentre elas: “*Inverse Distance*” (distância inversa), “*Zone of Indifference*” (zona de indiferença), “*Contiguity*” (contiguidade) e “*Get Spatial Weights From the File*” (pegue os pesos espaciais do arquivo).

O método “*Inverse Distance*” é uma abordagem simples que atribui mais peso para às unidades geográficas mais próximas e menos peso para as unidades mais distantes. No entanto, essa abordagem pode ser afetada por valores discrepantes e pode não levar em consideração a distribuição dos pontos ao redor da área de interesse. Já o método “*Zone of Indifference*” é baseado em uma distância limite na qual não há correlação espacial entre as unidades geográficas. As unidades dentro da zona de indiferença recebem pesos iguais, enquanto as unidades fora da zona de indiferença não recebem peso algum. O método “*Contiguity Edges*” é

baseado na proximidade geográfica dos pontos, ou seja, as unidades geográficas que compartilham uma fronteira recebem um peso maior do que as unidades mais afastadas. Já o método "*Get Spatial Weights From the File*" permite importar pesos espaciais personalizados de um arquivo externo, dando ao usuário a possibilidade de ajustar os pesos de acordo com as necessidades específicas da análise.

Neste estudo, foi utilizado o método "*Inverse Distance Squared*" (inverso da distância ao quadrado) que leva em consideração a influência da distância entre os pontos de análise na autocorrelação espacial, atribuindo novos pesos aos dados apresentados, conforme suas características. Portanto, locais mais próximos possuem um peso maior e os locais mais distantes possuem um peso menor, com base na distância inversa ao quadrado entre eles. Além disso, esse método considera a distribuição espacial dos pontos, o que pode levar a resultados mais precisos em análises de autocorrelação espacial; é um método frequentemente utilizado em análises deste tipo devido à sua capacidade de capturar a variação espacial dos dados e considerar a influência dos pontos mais próximos de cada localidade. No entanto, é importante ressaltar que a escolha do método mais apropriado depende das características específicas do conjunto de dados e das questões de pesquisa em análise.

#### **4.3.2 DISTÂNCIA EUCLIDIANA**

Outrossim, dentro do ArcGIS existem dois métodos para calcular a distância entre pontos em um espaço geográfico: a distância Euclidiana e a distância de Manhattan. Respectivamente, a primeira é calculada como a raiz quadrada da soma dos quadrados das diferenças entre as coordenadas dos pontos; a segunda é calculada como a soma das diferenças absolutas entre as coordenadas dos pontos. Em suma, o método utilizado para calcular a distância foi a "*Euclidean Distance*" (Distância Euclidiana), que é uma medida de distância entre dois locais em um espaço euclidiano e que representa a distância mais curta entre eles. Para uma análise de autocorrelação espacial da COVID-19, a distância Euclidiana se prova uma escolha mais eficaz, pois leva em consideração a distância real entre os pontos (municípios), sendo muito útil para avaliar o processo de disseminação da doença em um espaço contínuo; já a distância de Manhattan é frequentemente utilizada em análise de redes. A equação que define a distância Euclidiana é representada por:

$$d_{ab} = \sqrt{(Xb - Xa)^2 + (Yb - Ya)^2}$$

### 4.3.3 ÍNDICE DE MORAN GLOBAL

Posteriormente, estima-se, por meio do índice de Moran Global, a autocorrelação espacial da taxa de incidência acumulada. O Índice de Moran é uma das medidas mais comuns de autocorrelação espacial e é amplamente utilizado em análises de dados geográficos. Griffith (1987) destaca que o índice de Moran pode ser usado para avaliar a autocorrelação espacial em diferentes escalas espaciais. Nesse sentido, Mitchell (2005) ressalta que, além de avaliar a autocorrelação espacial, o índice de Moran também pode ser usado para identificar *clusters* espaciais de alta e baixa densidade. Ademais, uma das vantagens do Índice de Moran é que ele pode ser utilizado para avaliar a autocorrelação espacial em diferentes tipos de dados (GETIS & ORD, 1992). Assim sendo, uma das equações mais utilizadas para avaliar a autocorrelação espacial é o “*Moran’s I*”; essa equação é definida como a razão entre a autocovariância espacial e a variância espacial (GOODCHILD, 1986), representada da seguinte forma:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{i,j} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2}$$

Onde “ $z_i$ ” é o desvio de um atributo para a variável “ $i$ ” de sua média “ $x_i - \bar{x}$ ”, “ $\omega_{i,j}$ ” é o peso espacial entre a variável “ $i$ ” e “ $j$ ”, “ $n$ ” é igual ao número total de variáveis e “ $S_0$ ” é o agregado de todos os pesos espaciais:

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{i,j}$$

A pontuação  $z_I$  para a estatística é mensurada como:

$$z_I = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}}$$

Onde:

$$E[I] = -\frac{1}{n-1}$$

$$V[I] = E[I^2] - E[I]^2$$

Em suma, o índice de Moran Global é uma medida que avalia a presença ou ausência de autocorrelação dentre as unidades espaciais de análise. No ArcGIS, estes procedimentos retornam os valores de “*Moran’s Index*” (Índice de Moran), “*Expected Index*” (Índice Esperado) “*Variance*” (Variância), “*Z-Score*” (Pontuação Z) e “*P-Value*” (Valor P). Respectivamente, o “*Moran’s Index*” é um indicador que mensura a autocorrelação espacial dos dados, variando de -1 a +1, onde os valores positivos próximos a +1 indicam que os valores similares estão agrupados espacialmente (aglomeração) e valores negativos próximos a -1 indicam que os valores similares estão dispersos espacialmente (dispersão) e, os valores próximos a zero indicam ausência de autocorrelação espacial.

O “*Expected Index*” é o valor que se espera obter do Índice de Moran em uma distribuição espacial aleatória, sendo calculado a partir da matriz de pesos espaciais utilizada no cálculo do Índice de Moran. No entanto, é importante observar que, nas equações apresentadas anteriormente, não foi considerada a utilização da matriz de pesos espaciais para o cálculo do Índice Esperado. Portanto, o cálculo do “*Expected Index*” consistiu em uma estimativa do valor esperado, levando em consideração as características e a distribuição espacial dos dados analisados.

A “*Variance*” é uma medida de dispersão dos dados ao redor da média, é utilizada para calcular o desvio padrão e o “*Z-Score*”. Por sua vez, essa pontuação (*Z-Score*) é uma medida padronizada que indica quantos desvios padrão os valores observados estão acima ou abaixo da média esperada, ele é calculado dividindo-se o desvio padrão pelo Índice Esperado e, em seguida, subtraindo-se o resultado do Índice de Moran observado; valores positivos indicam aglomeração espacial significativa, enquanto valores negativos indicam segregação espacial significativa.

Por fim, o “*P-Value*” é a probabilidade de obter um Índice de Moran com um valor mais extremo do que o observado, assumindo-se que os dados seguem uma distribuição espacial aleatória, portanto, é utilizado para testar a significância estatística do Índice de Moran; valores baixos de “*P-Value*” indicam que é altamente improvável que o Índice de Moran observado seja resultado do acaso.

#### 4.3.4 ÍNDICE DE MORAN LOCAL

Com a finalidade de avaliar a autocorrelação espacial local, segue-se com o Índice Local de Moran (também conhecido como *LISA – Local Indicator of Spatial Autocorrelation*). Enquanto o Índice Global de Moran mede a autocorrelação espacial em toda a área de estudo, o *LISA* calcula a autocorrelação para cada unidade espacial individualmente, no caso, para cada município do estado de Minas Gerais. A princípio, seu critério é baseado na técnica de análise de clusters. Portanto, ele examina cada unidade espacial individual e seus vizinhos imediatos, calculando o coeficiente de autocorrelação para cada um deles. Dessa forma, se o município analisado e seus adjacentes tiverem valores semelhantes, o coeficiente de autocorrelação será alto e positivo, indicando uma autocorrelação espacial positiva (*cluster*). Nesse sentido, se a unidade de análise e seus vizinhos tiverem valores muito diferentes, o coeficiente de autocorrelação será baixo e negativo, indicando uma autocorrelação espacial negativa (dispersão). O cálculo do *LISA* envolve três componentes principais: a matriz de pesos espaciais (que define a relação de vizinhança entre as unidades espaciais), o valor médio dos dados observados (que serve como referência para a detecção de padrões de autocorrelação) e o desvio padrão dos dados observados (que permitem a identificação de valores extremos ou discrepantes); os resultados são interpretados através dos critérios de classificação que fornecem informações sobre a natureza e a intensidade da autocorrelação espacial em cada município analisado, os critérios mais comuns e também utilizados nesta monografia foram:

- *Alto-Alto (AA)*: unidades espaciais com altos valores de um atributo e que estão cercadas por outras unidades espaciais com altos valores do mesmo atributo;
- *Alto-Baixo (AB)*: unidades espaciais com altos valores de um atributo e que estão cercadas por outras unidades espaciais com baixos valores do mesmo atributo;
- *Baixo-Alto (BA)*: unidades espaciais com baixos valores de um atributo e que estão cercadas por outras unidades espaciais com altos valores do mesmo atributo;
- *Baixo-Baixo (BB)*: unidades espaciais com baixos valores de um atributo e que estão cercadas por outras unidades espaciais com baixos valores do mesmo atributo;
- *Não-Relevante (NR)*: unidades espaciais que não apresentam nenhum padrão significativo de autocorrelação espacial.

Conclui-se que a interpretação dos resultados do Índice Local de Moran é de grande utilidade na identificação de áreas de interesse que apresentam características similares ou contrastantes em relação aos seus vizinhos imediatos. Essa análise fornece informações



essenciais para o planejamento e tomada de decisões em diversos setores, incluindo o campo da saúde e a gestão pública abordados neste estudo. É importante ressaltar que, mesmo quando o Índice de Moran Global não demonstra significância estatística, o Índice de Moran Local desempenha um papel fundamental na identificação de padrões espaciais específicos e na compreensão das variações locais na distribuição de dados. Essa capacidade de análise localizada representa uma vantagem adicional desse método. Por fim, é válido ressaltar que todas as análises foram realizadas com a utilização do software ArcGIS<sup>5</sup> versão 3.1 e do RStudio Desktop<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> Software ArcGIS, versão gratuita para estudantes disponível em: <<https://www.esri.com/en-us/ig/training-and-services/learn-arcgis-education-trial>>.

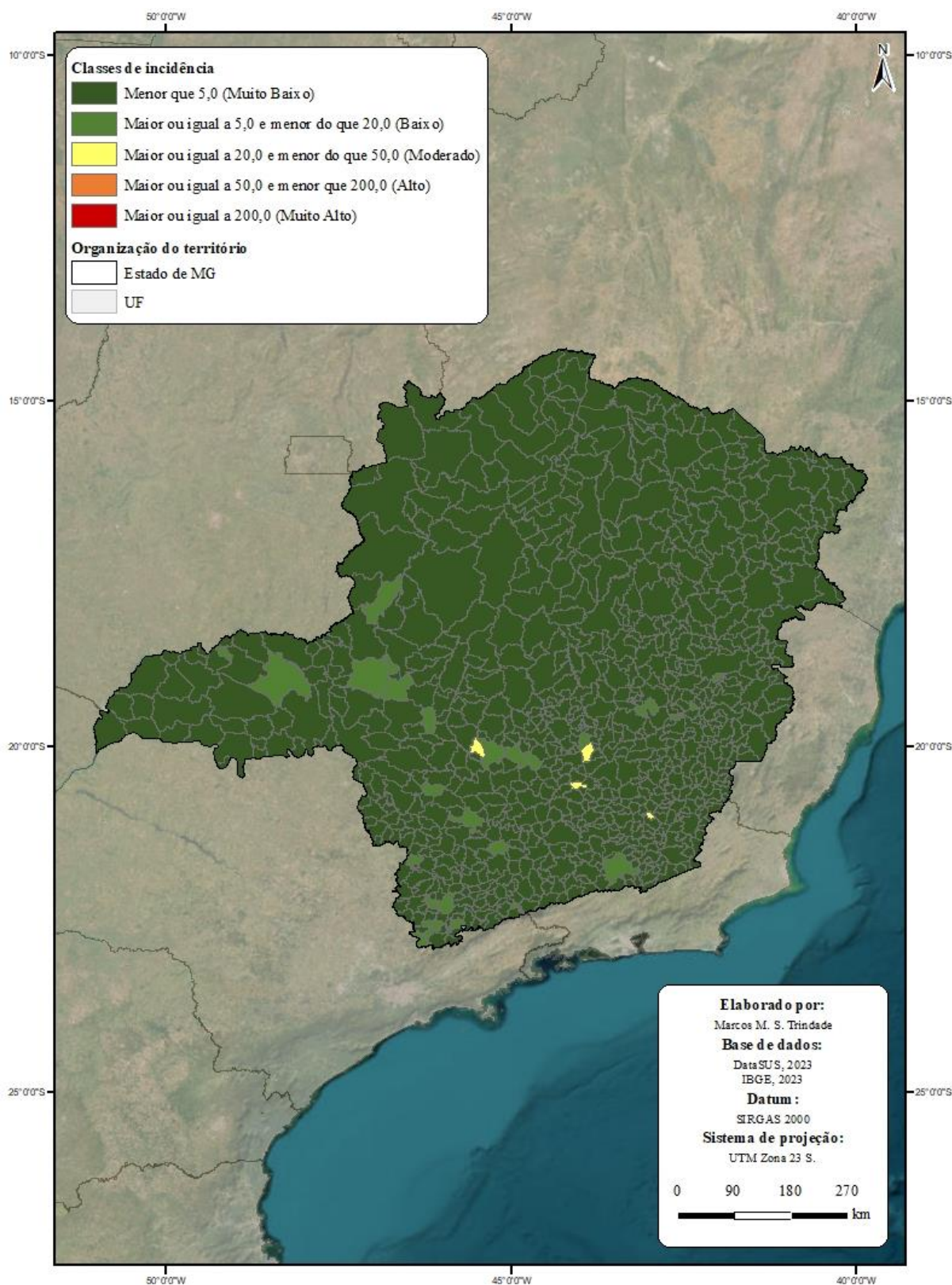
<sup>6</sup> RStudio Desktop, software gratuito disponível em: <<https://posit.co/download/rstudio-desktop/>>.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão apresentados os resultados da análise espacial realizada nos municípios de Minas Gerais, utilizando o Índice de Moran Local. A análise resultou na composição de 14 mapas que permitem identificar clusters e outliers em cada município, contribuindo para a compreensão da distribuição espacial da COVID-19 no estado. Além disso, também foram elaborados outros 14 mapas que demonstram a taxa de incidência da COVID-19 seguindo os critérios do “*Centers for Disease Control and Prevention*” (CDC). Essa análise permite comparar a distribuição espacial da doença de acordo com diferentes parâmetros e identificar se os *clusters* e *outliers* identificados pelo Índice de Moran Local também estão presentes seguindo os critérios do CDC, fornecendo informações importantes sobre a eficácia das medidas de controle e prevenção da doença.

A combinação desses resultados permite uma compreensão mais completa da dinâmica da pandemia no estado de Minas Gerais, o que abre possibilidades para discussões mais aprofundadas sobre os fatores socioeconômicos e demográficos que contribuem para a disseminação do vírus. Com isso, é possível identificar áreas que requerem maior atenção e cuidado por parte das autoridades sanitárias, a fim de orientar ações mais efetivas para o controle da pandemia.

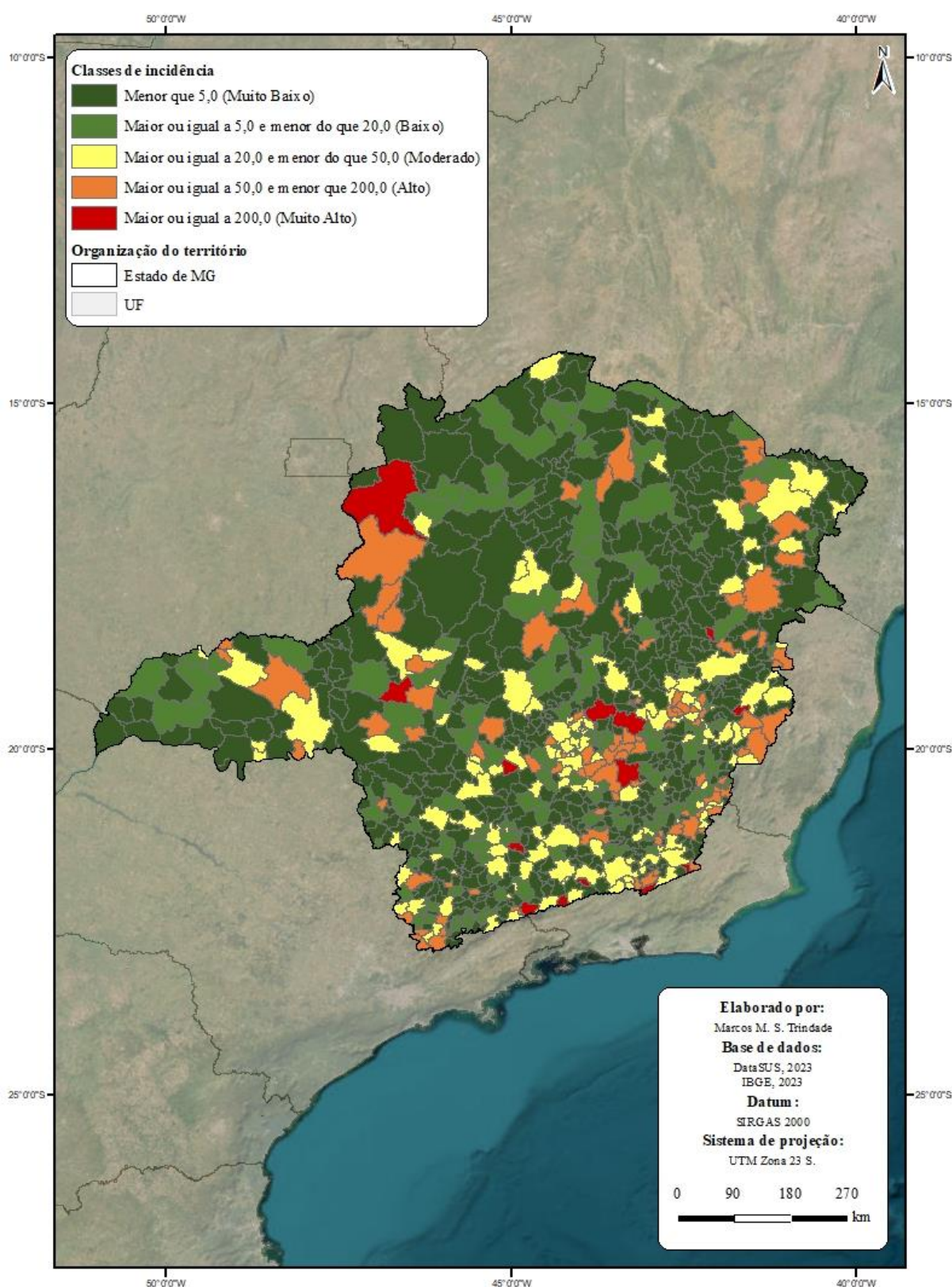
**Figura 2** – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes –  
09/04/2020



Nota: período de menor incidência registrado no primeiro semestre de 2020.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

**Figura 3** – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes –  
04/06/2020

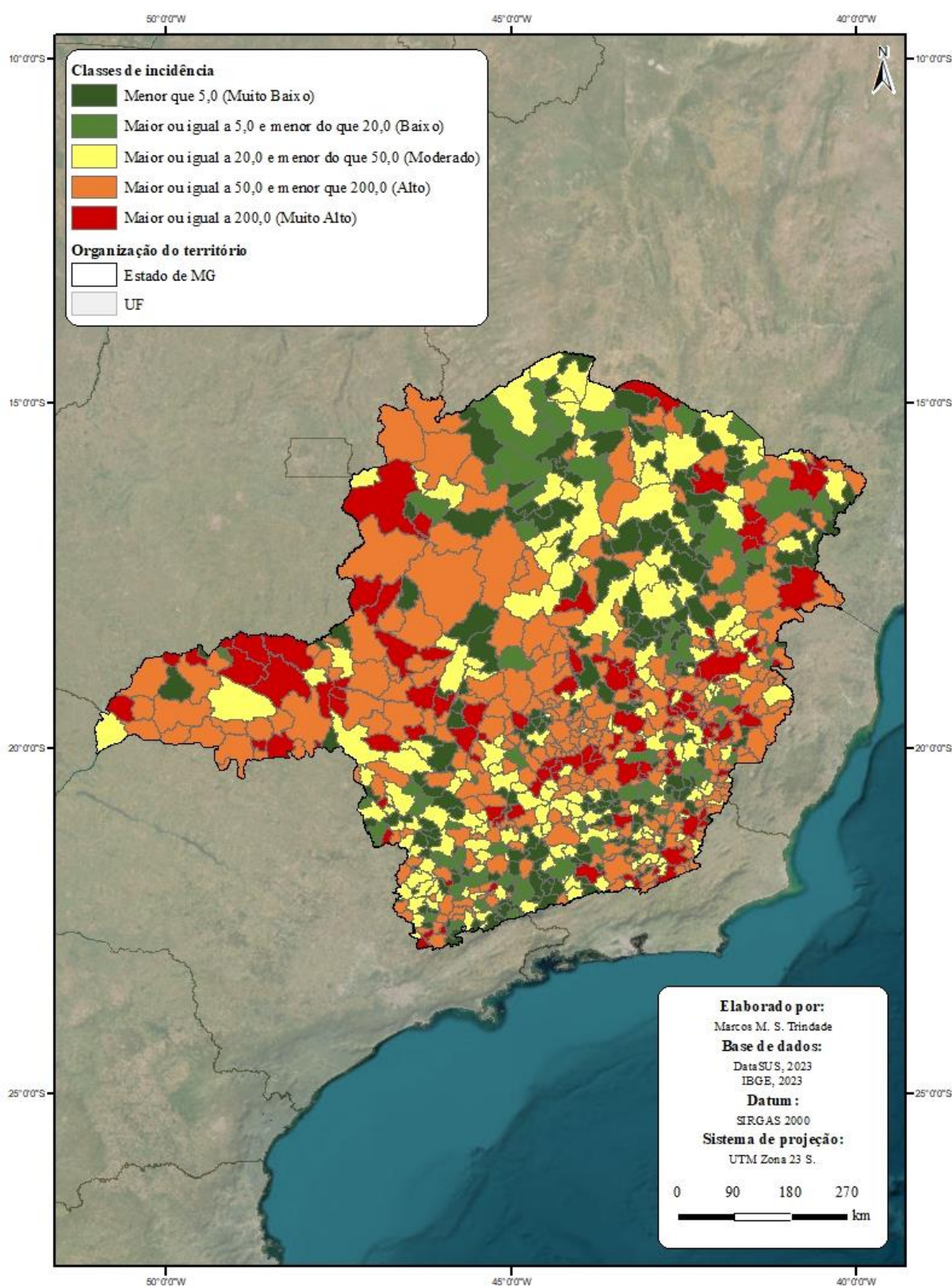


Nota: período de maior incidência registrado no primeiro semestre de 2020.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

No primeiro semestre de 2020, principalmente na data de menor incidência (09/04/2020), podemos observar o início da disseminação do vírus, principalmente nas regiões centrais (Centro e Centro-Oeste) e no Sul (Sudoeste e Sudeste). Nessa época, havia poucas áreas classificadas como "*Baixo*" e "*Moderado*". Já na data de maior incidência (04/06/2020), o vírus já se espalhou significativamente pelo estado, com incidências de todos os níveis (de "*Muito Baixo*" a "*Muito Alto*"). A distribuição é heterogênea, destacando-se as classes "*Muito Baixo*" e "*Moderado*" como as mais sobressalentes no mapa.

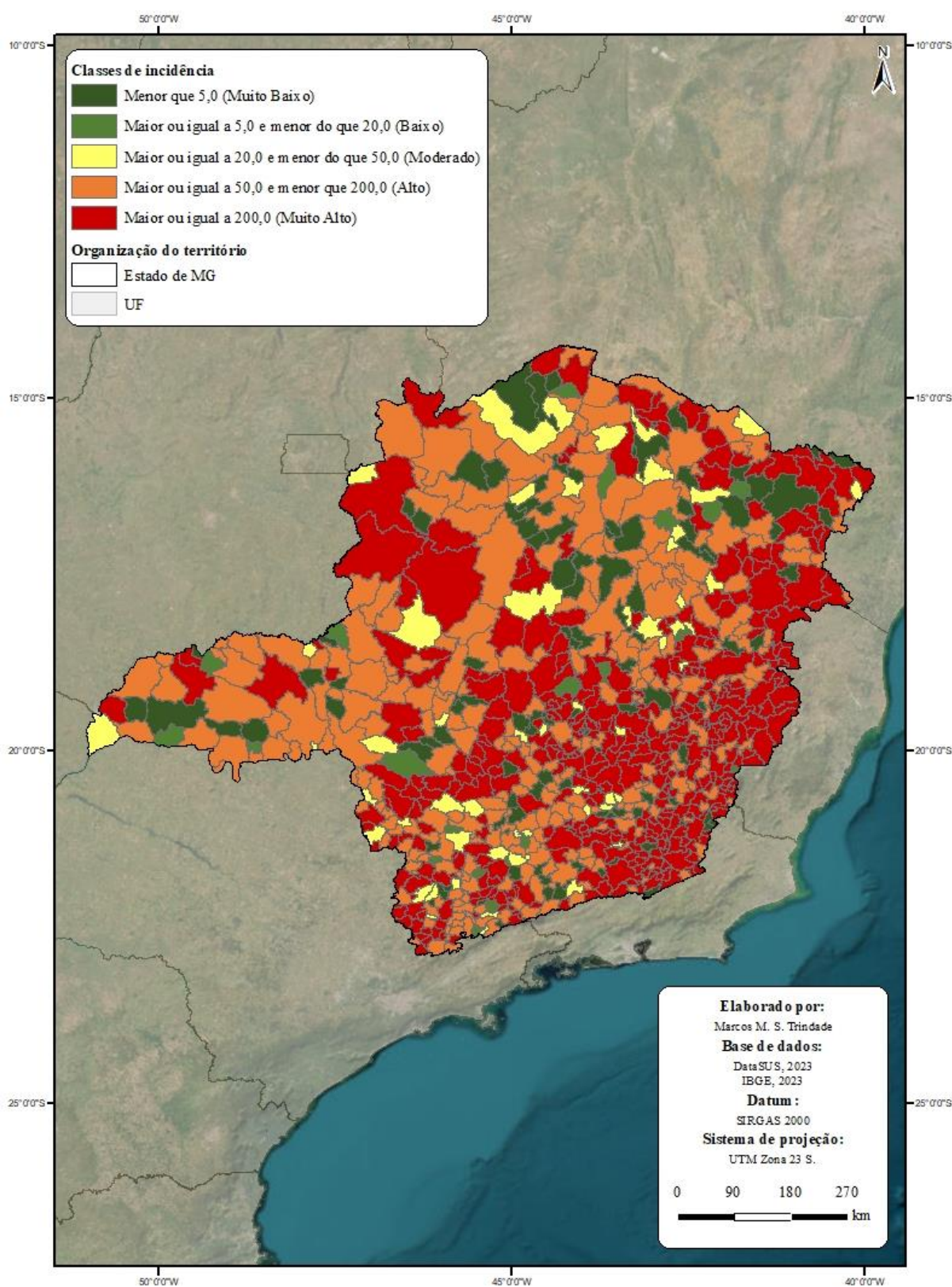
**Figura 4** – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes –  
03/07/2020



Nota: período de menor incidência registrado no segundo semestre de 2020.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

**Figura 5** – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes –  
31/12/2020



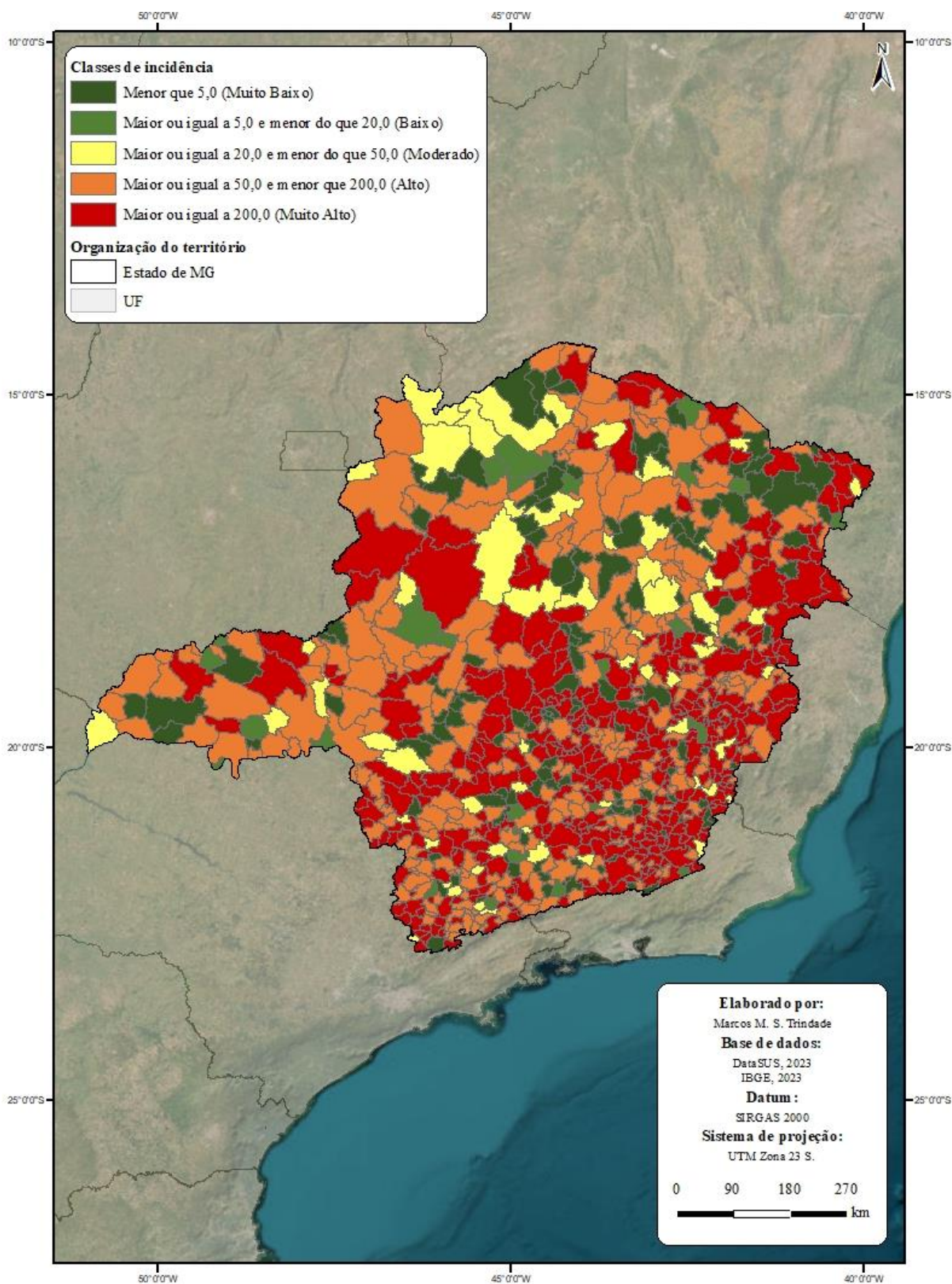
Nota: período de maior incidência registrado no segundo semestre de 2020.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

No segundo semestre de 2020, especialmente na data de menor incidência (03/07/2020), já podemos observar uma propagação alarmante da COVID-19, com incidências de todos os níveis predominando na classe "*Alto*", representada pela cor laranja. Apesar da rápida disseminação, algumas regiões, como o Norte, Nordeste e o extremo Sudoeste, apresentam incidências mais baixas, com classes de "*Muito Baixo*" e "*Baixo*" em relação ao restante do estado. Na data de maior incidência (31/12/2020), o vírus afeta praticamente todo o território, com predominância das classes "*Muito Alto*" e "*Alto*", exceto por alguns municípios distribuídos de forma heterogênea pelo estado, principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.



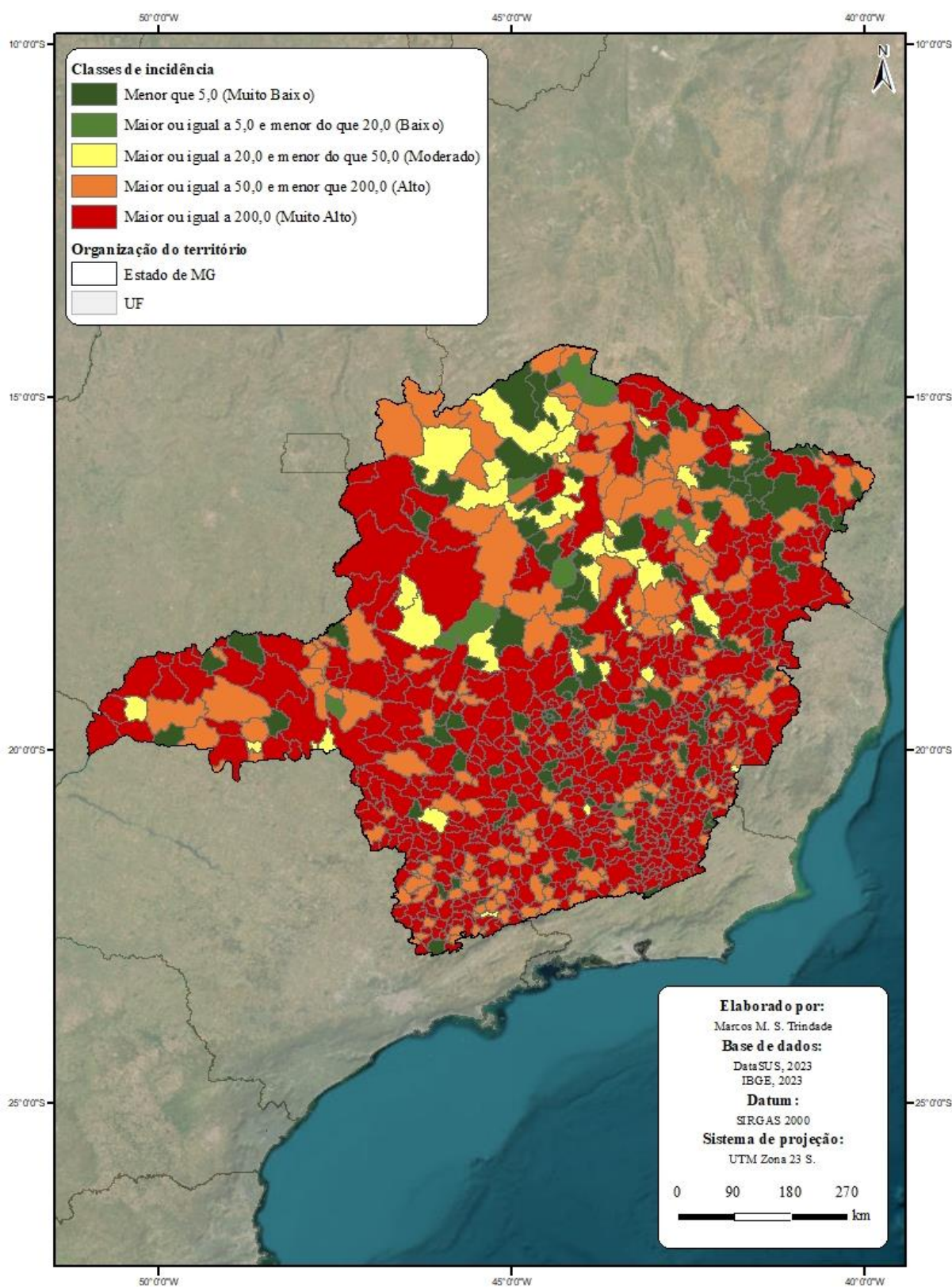
**Figura 6** – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes –  
07/01/2021



Nota: período de menor incidência registrado no primeiro semestre de 2021.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

**Figura 7** – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes –  
15/01/2021

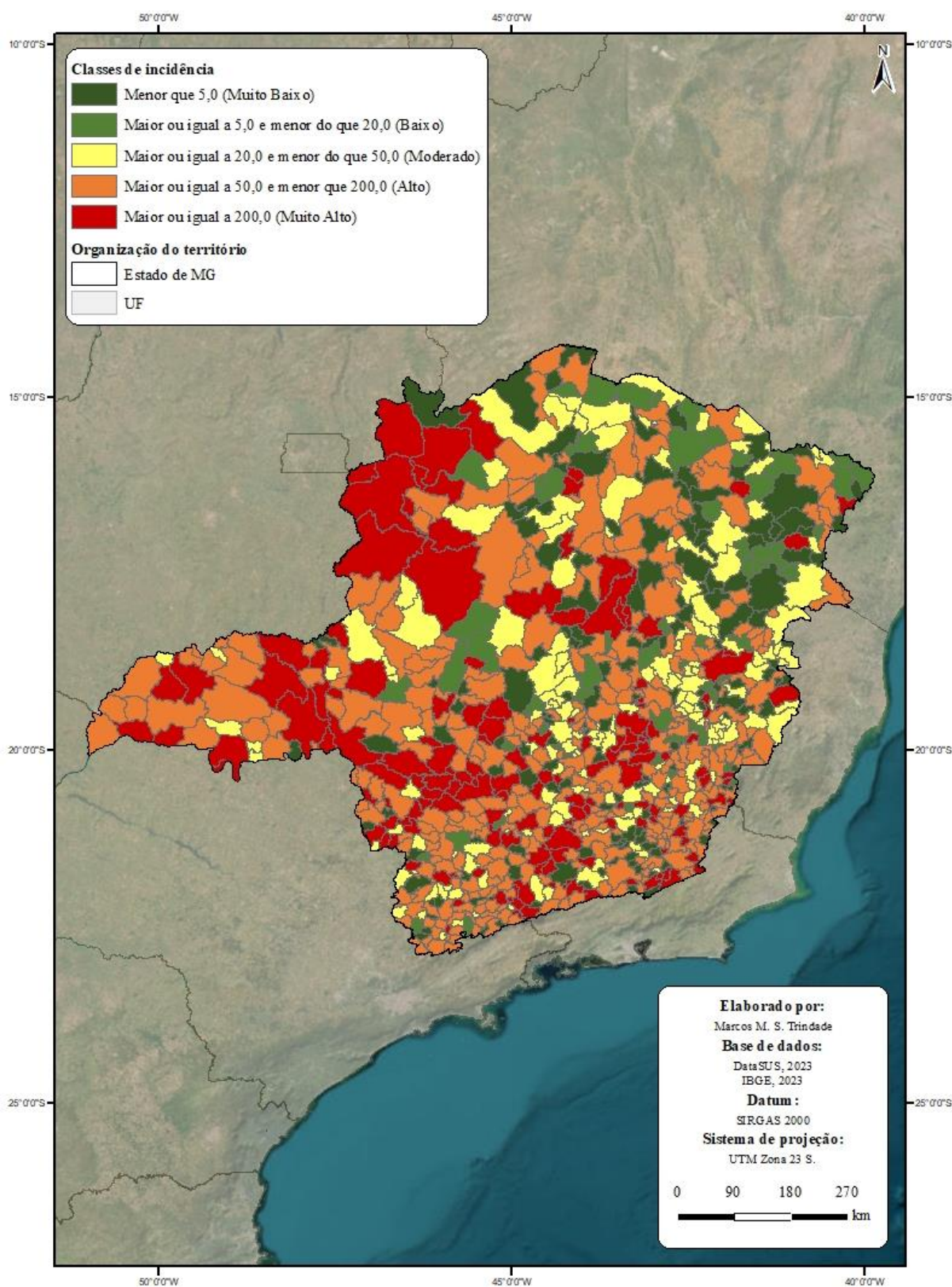


Nota: período de maior incidência registrado no primeiro semestre de 2021.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

No primeiro semestre de 2021, na data de menor incidência (01/01/2021), a situação ainda é alarmante, com predomínio das classes "*Muito Alto*" e "*Alto*" em todo o território de Minas Gerais. No entanto, alguns municípios espalhados pelo estado apresentam incidências classificadas como "*Muito Baixo*", especialmente nas regiões Norte, Nordeste, Centro e Centro-Oeste. Na data de maior incidência (15/01/2021), registra-se o maior pico até então, com uma situação alarmante em todo o estado, onde a predominância é da classe "*Muito Alto*", embora ainda existam municípios com incidências classificadas como "*Muito Baixo*", principalmente no Nordeste.

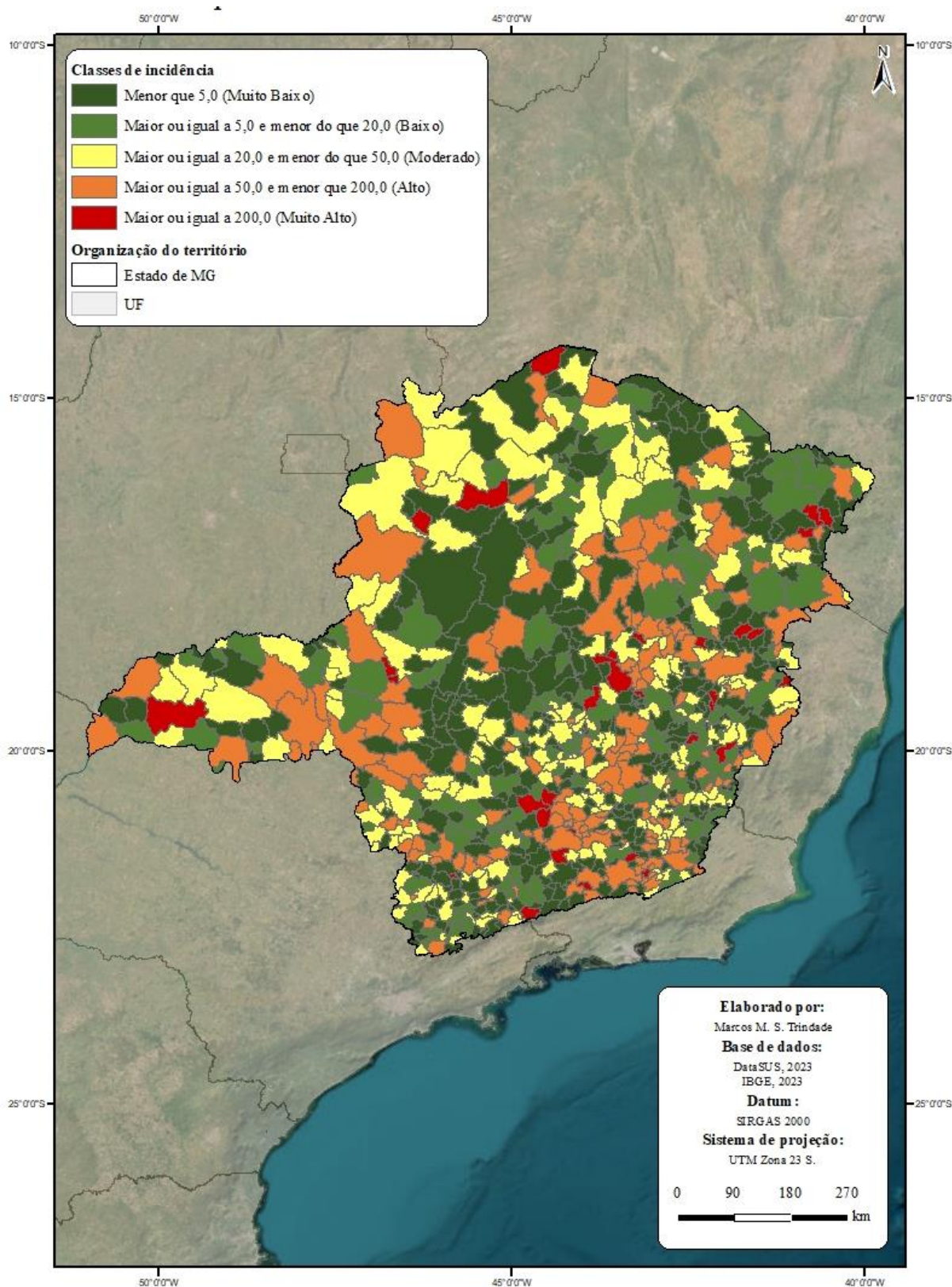
**Figura 8** – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes –  
23/11/2021



Nota: período de menor incidência registrado no segundo semestre de 2021.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

**Figura 9** – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes –  
17/09/2021

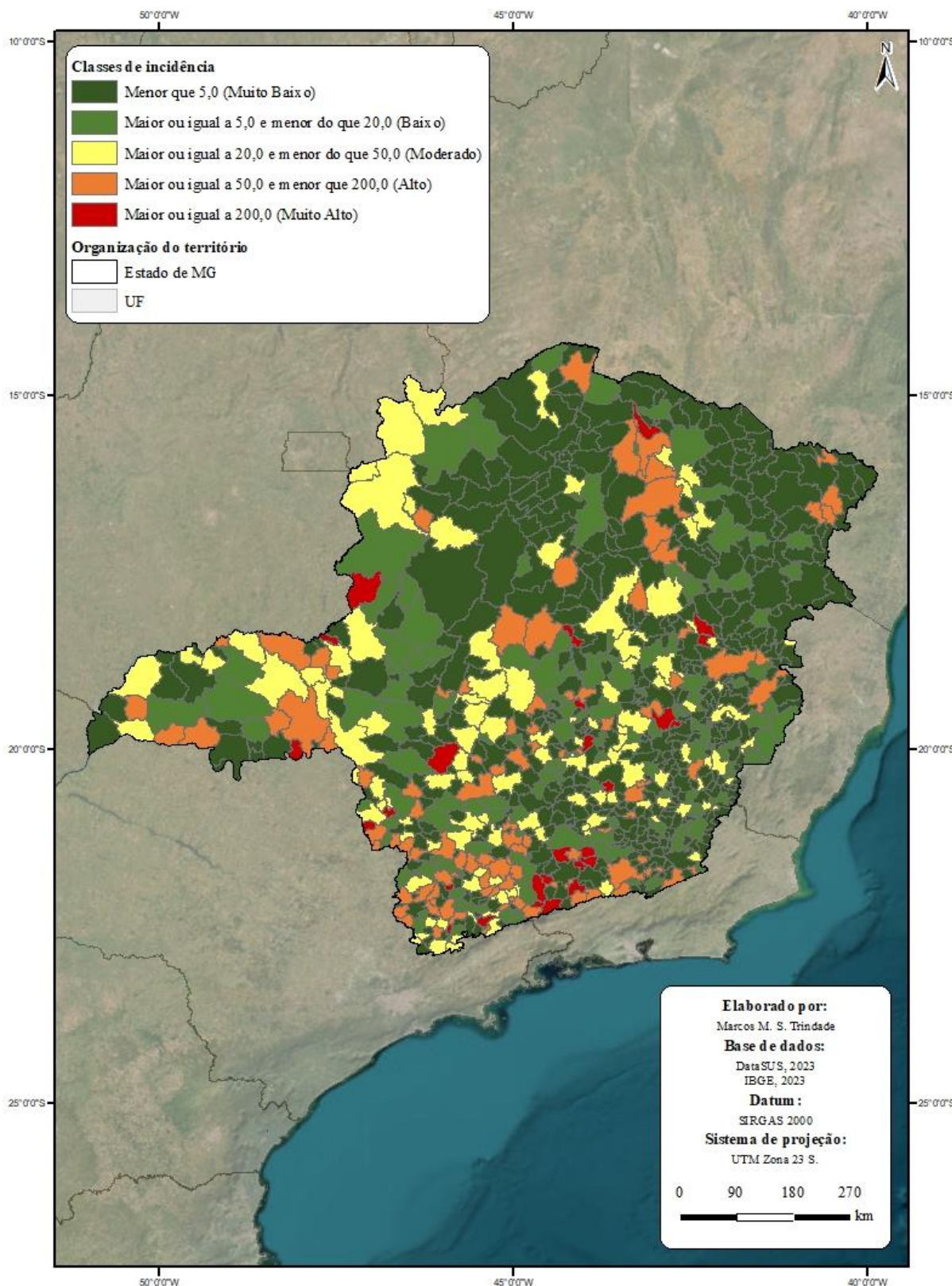


Nota: período de maior incidência registrado no segundo semestre de 2021.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

No segundo semestre de 2021, na data de menor incidência (23/11/2021), a propagação do vírus parece diminuir um pouco, com uma maior variação entre as classes, mas ainda com predominância da cor laranja ("*Alto*"). Ainda existem municípios com incidência classificada como "*Muito Baixo*" no nordeste do estado. Surpreendentemente, na data de maior incidência do semestre (17/09/2021), a situação do vírus parece estar mais controlada, com uma redução significativa das classes "*Muito Alto*" e "*Alto*". A presença majoritária é das classes "*Moderado*" e "*Baixo*", e vários municípios na região Noroeste e Centro-Oeste são classificados como "*Muito Baixo*".

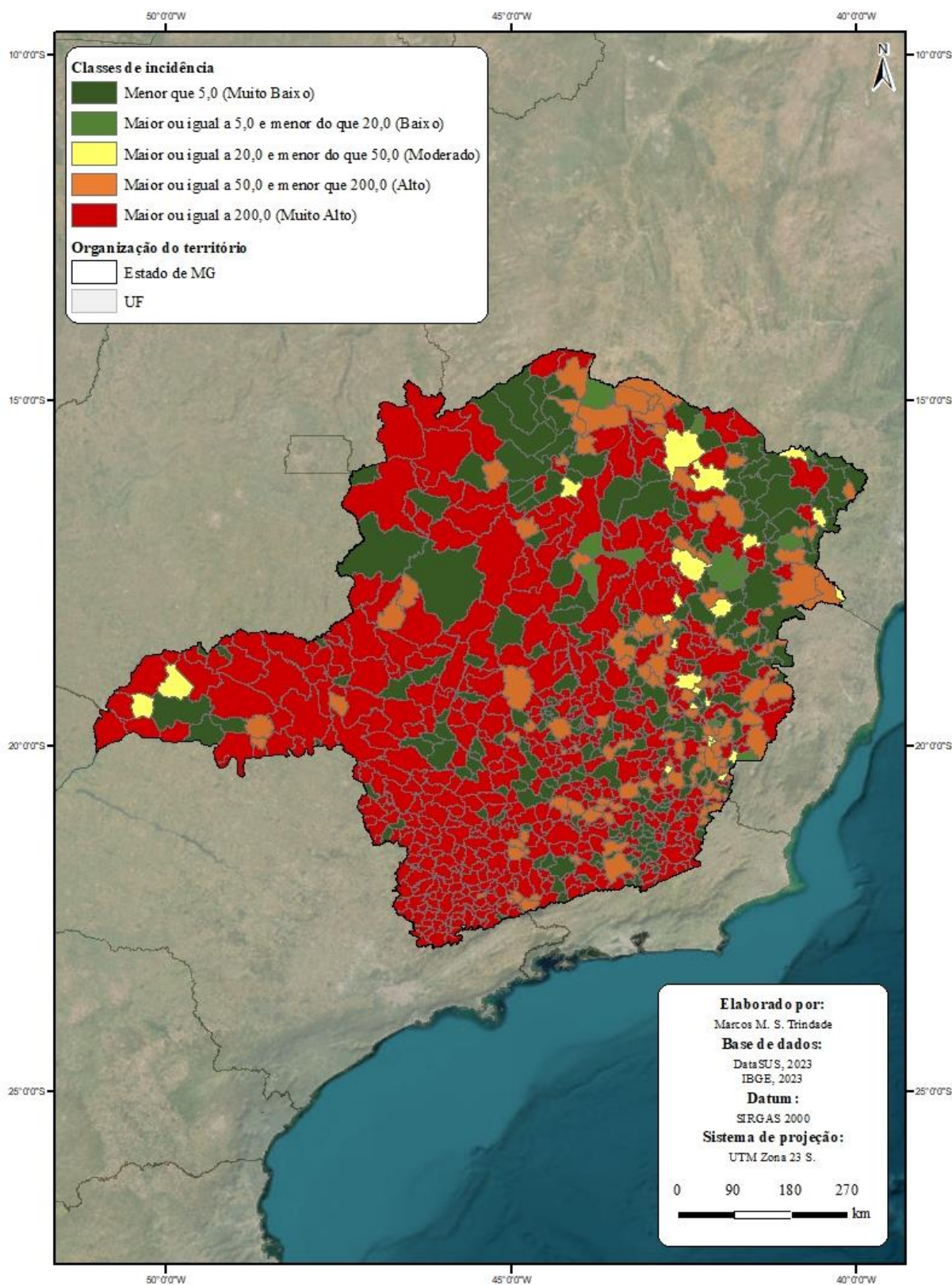
**Figura 10** – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 20/04/2022



Nota: período de menor incidência registrado no primeiro semestre de 2022.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

**Figura 11** – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 27/06/2022



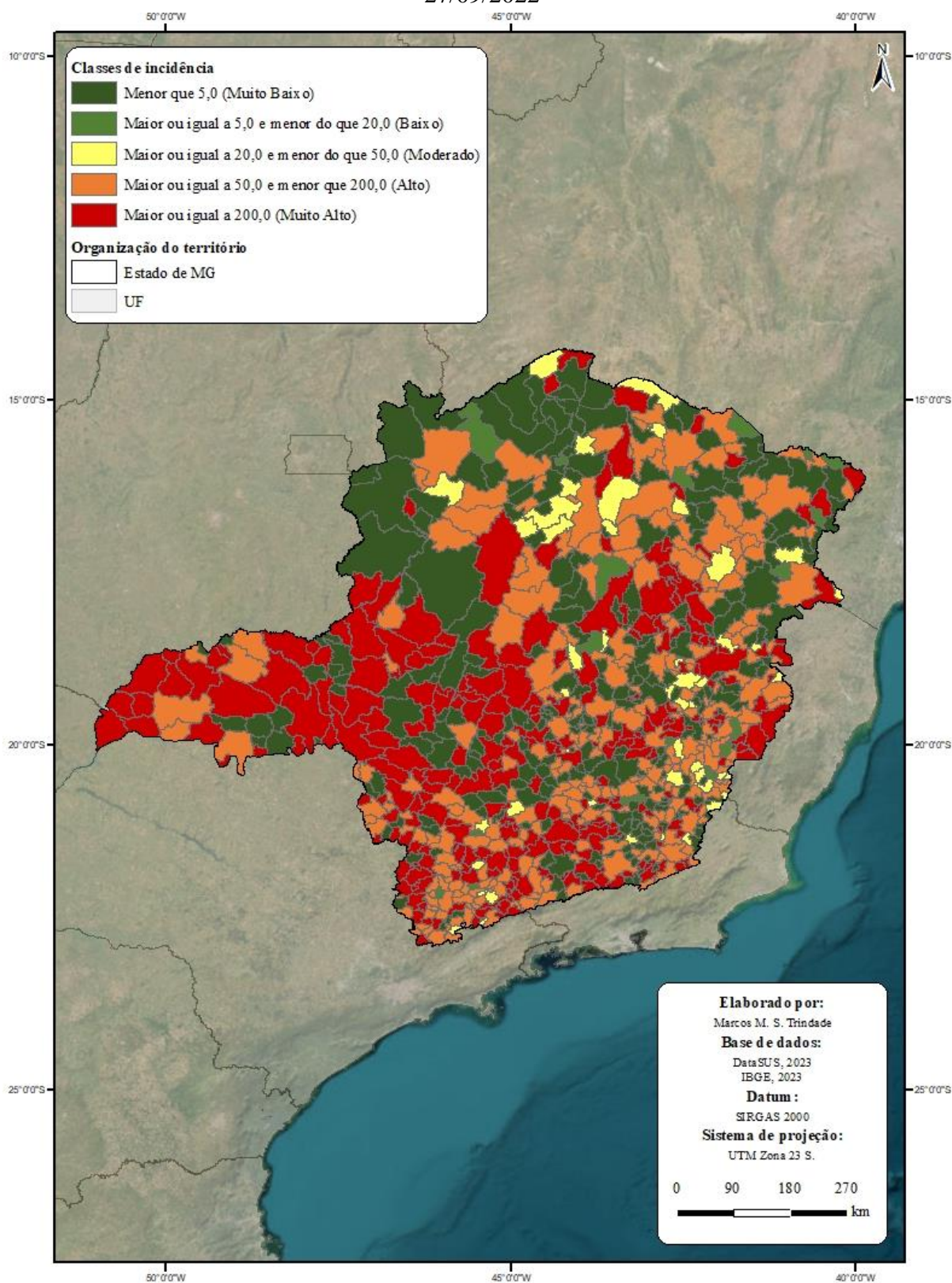
Nota: período de maior incidência registrado no primeiro semestre de 2022.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.



No primeiro semestre de 2022, na data de menor incidência (20/04/2022), a situação parece estar estável, com predominância das classes "*Baixo*" e "*Muito Baixo*" representadas pelas cores verdes. No entanto, existem exceções, com áreas de incidências classificadas como "*Alto*" e "*Muito Alto*" em todo o estado. Na data de maior incidência (27/06/2022), registra-se o maior pico de incidência até então, com uma situação de calamidade em todo o território, onde predomina a classe "*Muito Alto*". Novamente, algumas áreas ainda apresentam incidências classificadas como "*Muito Baixo*", com destaque para as regiões Noroeste e Nordeste.

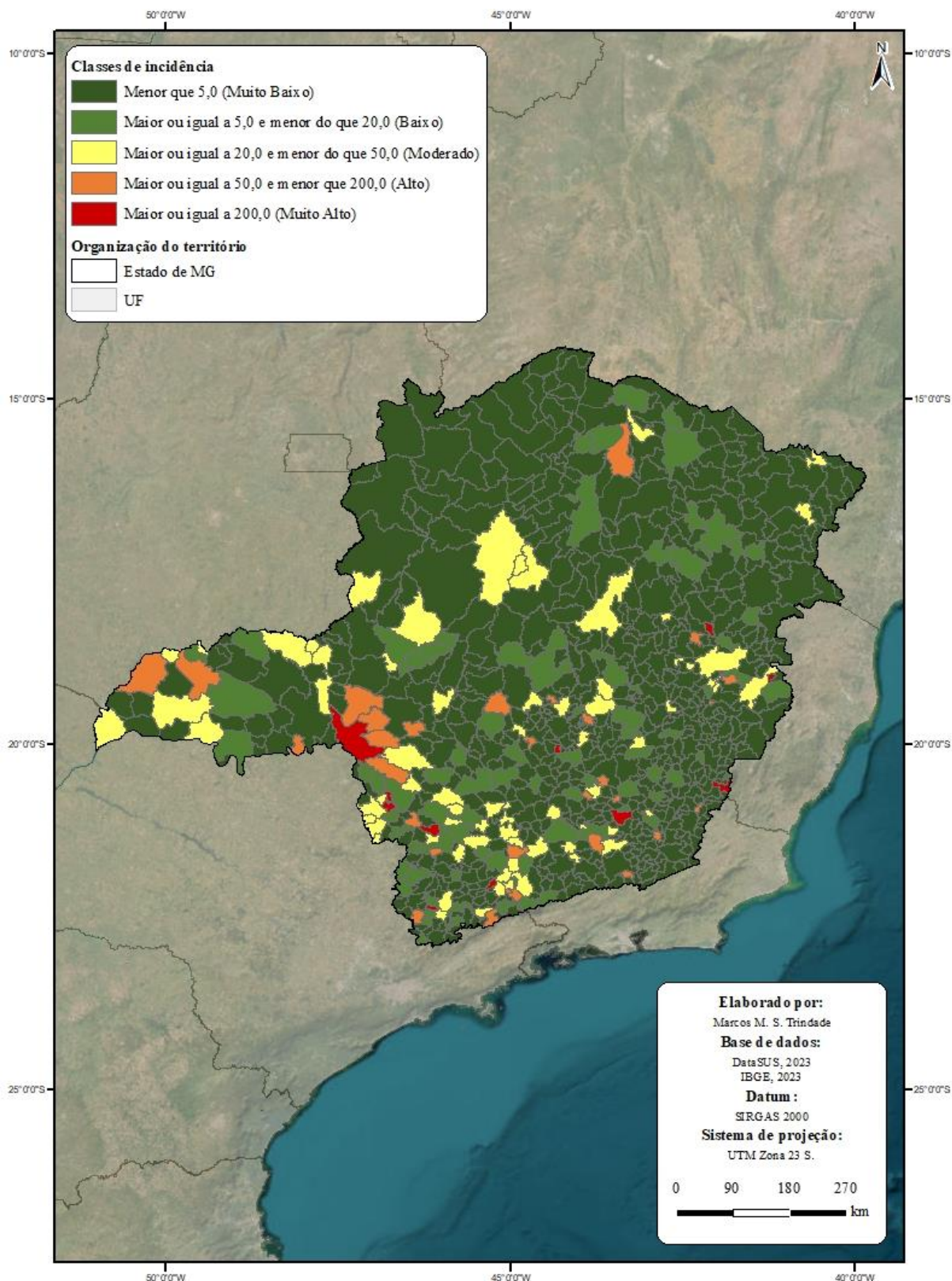
**Figura 12** – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 27/09/2022



Nota: período de menor incidência registrado no segundo semestre de 2022.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

**Figura 13** – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 08/08/2022

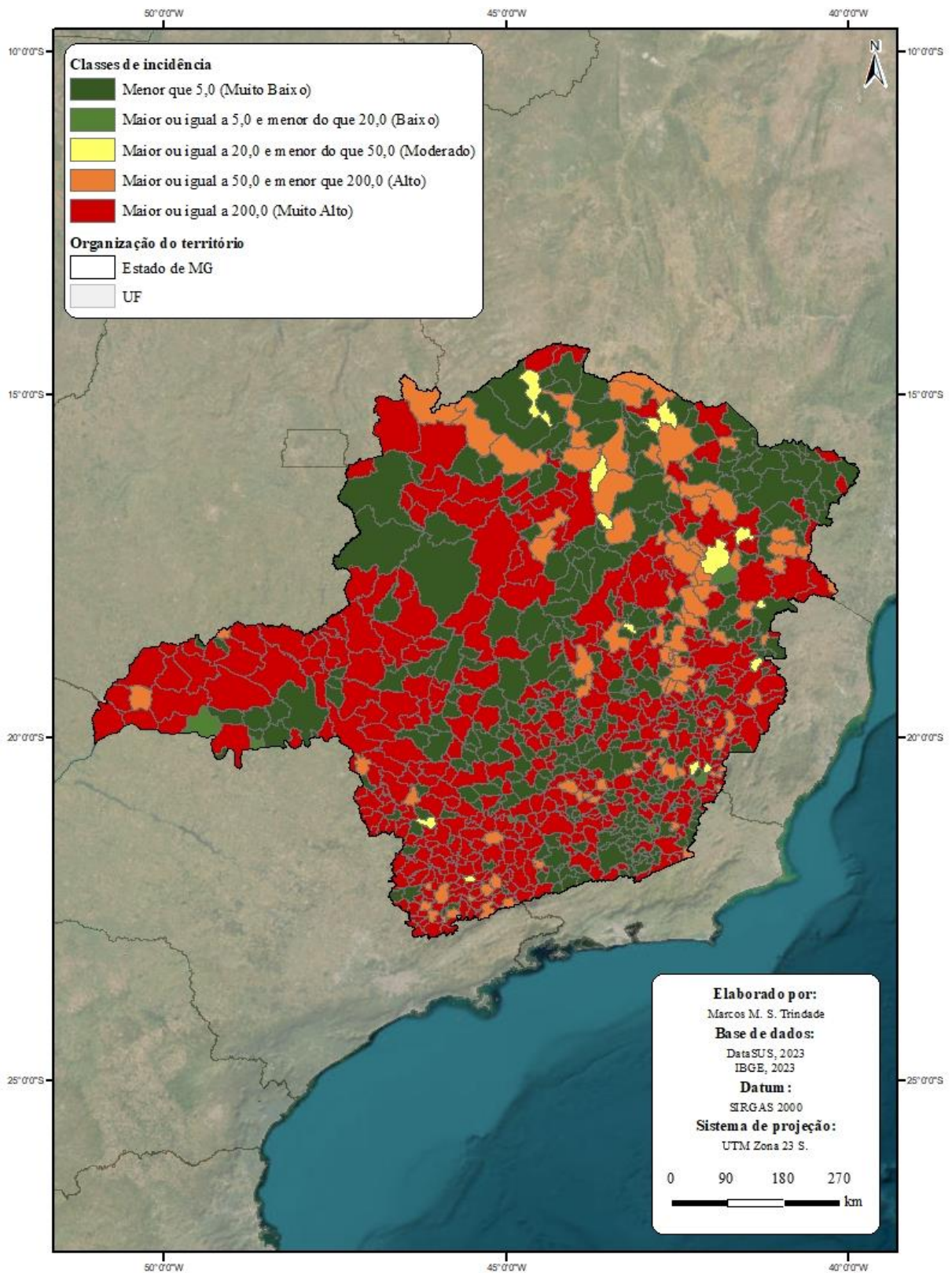


Nota: período de maior incidência registrado no segundo semestre de 2022.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

No segundo semestre de 2022, especialmente na data de menor incidência (27/09/2022), a situação parece melhorar em relação ao semestre anterior, com uma redução da presença da classe "*Muito Alto*", mas ainda com quantidades significativas da classe "*Alto*". No entanto, observa-se um aumento na presença da classe "*Muito Baixo*" em todo o estado, especialmente nas regiões Noroeste, Centro e Centro-Oeste. Na data de maior incidência (08/08/2022), o vírus aparenta estar mais controlado no território, com predominância das classes "*Muito Baixo*" e "*Baixo*", com exceção de alguns municípios ao redor do estado. Destaca-se a parcela Centro-Oeste, com casos mais preocupantes de classes "*Alto*" e "*Muito Alto*".

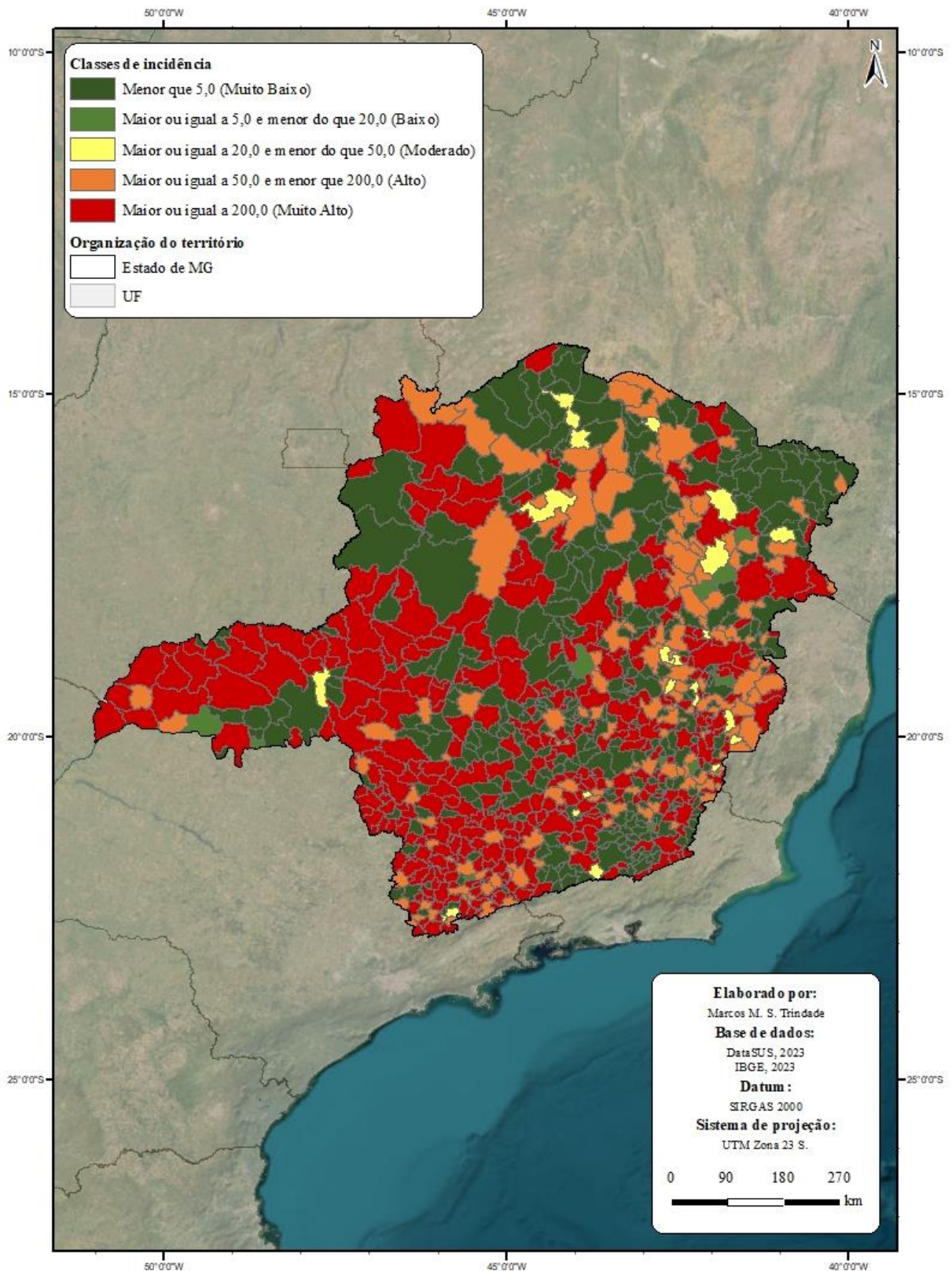
**Figura 14** – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 01/01/2023



Nota: período de menor incidência registrado no primeiro semestre de 2023.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

**Figura 15** – Minas Gerais: taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes – 05/01/2023

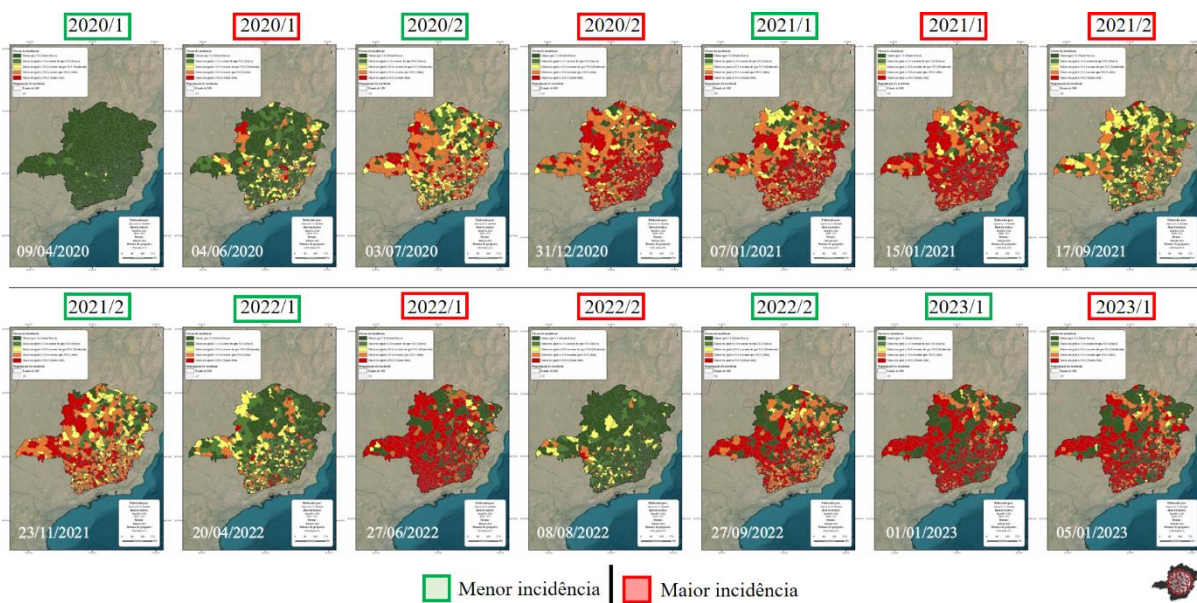


Nota: período de maior incidência registrado no primeiro semestre de 2023.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

Para facilitar na observação e na compreensão dos mapas de incidência de forma cronológica, o compilado de mapas deve ser lido da esquerda para a direita e de cima para baixo. As datas destacadas de verde correspondem com os períodos de menor incidência, e as de vermelho com os de maior.

**Figura 16** – Panorama temporal: Evolução da taxa de incidência da COVID-19 por 100.000 habitantes



Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

No primeiro semestre de 2023, na data de menor incidência (01/01/2023), o vírus se espalha novamente pelo território, com um forte contraste entre as classes "Muito Alto" e "Muito Baixo". As regiões Centro-Oeste e Sudoeste são as mais impactadas, enquanto partes das regiões Centro, Norte e Nordeste demonstram um melhor controle e combate ao vírus. Na data com a maior taxa de incidência no semestre (05/01/2023), ocorre um pequeno aumento da classe "Alto" em relação às demais, mas o contraste permanece entre "Muito Baixo" e "Muito Alto". Apesar do contraste em relação as classes de incidência, nesse estágio da pandemia a situação já estava mais estável, possivelmente devido ao estágio de vacinação da população. Poucos meses após a última análise, no dia 05 de maio, a Organização Mundial da Saúde (OMS) decretou oficialmente o fim da pandemia de COVID-19.

A análise dos mapas de incidência da COVID-19 em Minas Gerais revelou uma distribuição espacial heterogênea dos casos, permitindo uma visualização precisa das áreas mais afetadas pela pandemia. As regiões com maior incidência são representadas pelas cores laranja e vermelho, correspondentes às classes de incidência "Alto" e "Muito Alto",

respectivamente. Nessa perspectiva, percebe-se que a parte Norte do estado apresentou resultados melhores, com uma maior presença das cores verdes escuras e claras que correspondem à classe de incidência menor do que 5 (verde escuro – “*Muito Baixo*”) e maior ou igual a 5 e menor do que 20 (verde claro – “*Baixo*”).

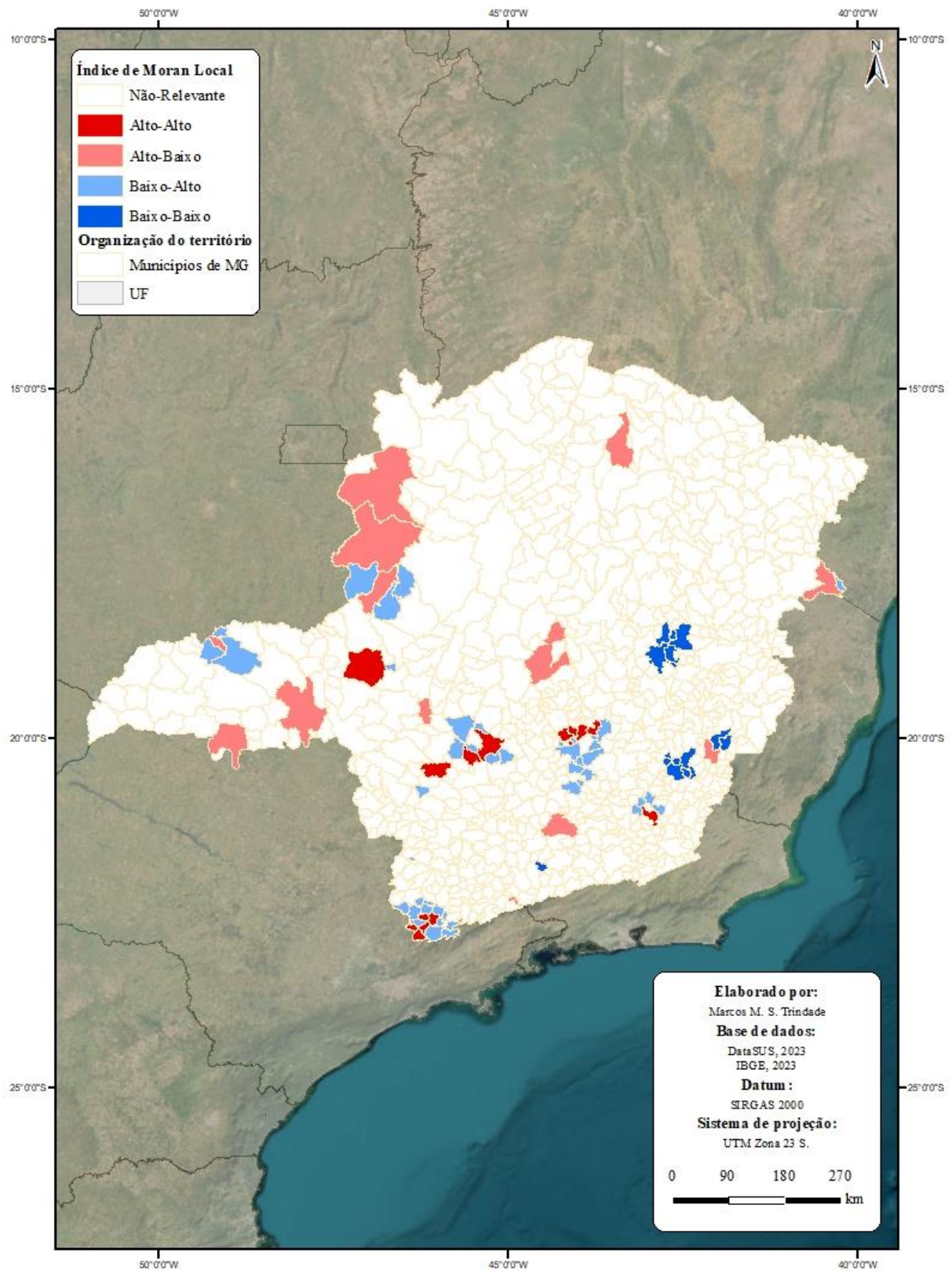
Os resultados podem estar relacionados a diversos fatores, como a aplicação das medidas de prevenção, a taxa de vacinação, a circulação de novas variantes do vírus, a densidade populacional, às conexões da malha rodoviária e as características socioeconômicas e culturais de cada região. A análise dos mapas pode contribuir para a formulação de estratégias específicas nas áreas mais afetadas, com o objetivo de mitigar os danos da pandemia no estado. Além disso, a identificação dessas áreas desempenha um papel crucial no aprimoramento das políticas públicas, permitindo a alocação direcionada de recursos e estratégias para as regiões mais impactadas pelo vírus.

Antes de apresentar os mapas temáticos que evidenciam os padrões espaciais, é importante assimilar com clareza o que são clusters e outliers na análise espacial. Segundo Anselin (1995), um *cluster* é uma concentração de valores semelhantes em uma determinada região geográfica, indicando uma autocorrelação positiva, enquanto um *outlier* é um valor que se destaca dos demais e está localizado em uma região onde os valores são diferentes dos seus vizinhos imediatos, indicando uma autocorrelação negativa. De acordo com Getis & Ord (1992), a identificação de *clusters* e *outliers* é fundamental para compreender a distribuição espacial de um fenômeno em uma determinada área, permitindo a análise dos possíveis fatores que influenciam na sua ocorrência.

Para visualizar esses resultados, também foram elaborados 14 mapas temáticos, que apresentam a distribuição espacial dos clusters e outliers para a taxa de incidência acumulada da COVID-19 em um período de 14 dias. Esses mapas permitem identificar com clareza as áreas com maior concentração de casos e a distribuição geográfica da pandemia no estado, proporcionando informações valiosas para a tomada de decisões no âmbito da saúde pública.



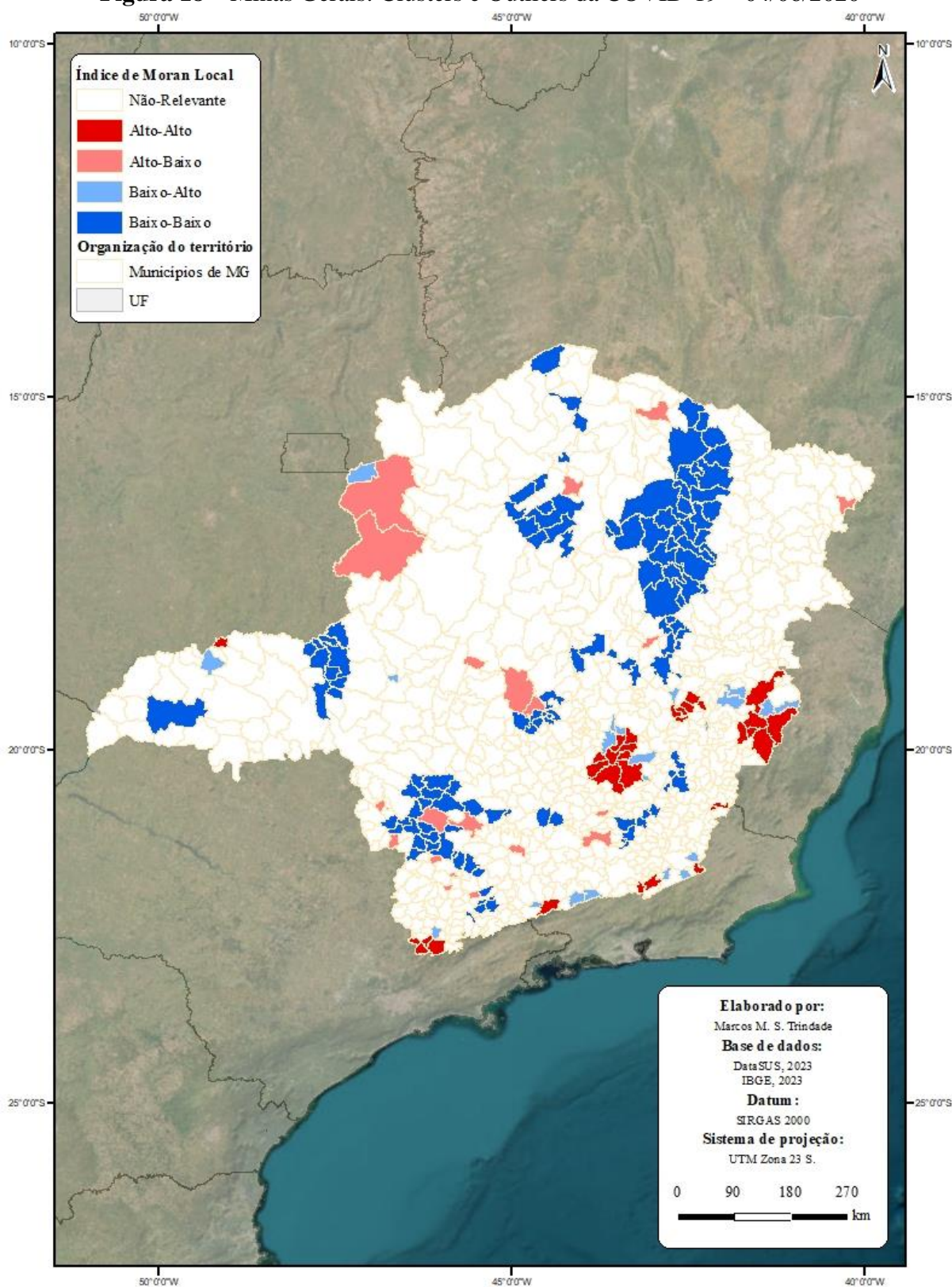
**Figura 17** – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 09/04/2020



Nota: período de menor incidência registrado no primeiro semestre de 2020.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

**Figura 18** – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 04/06/2020

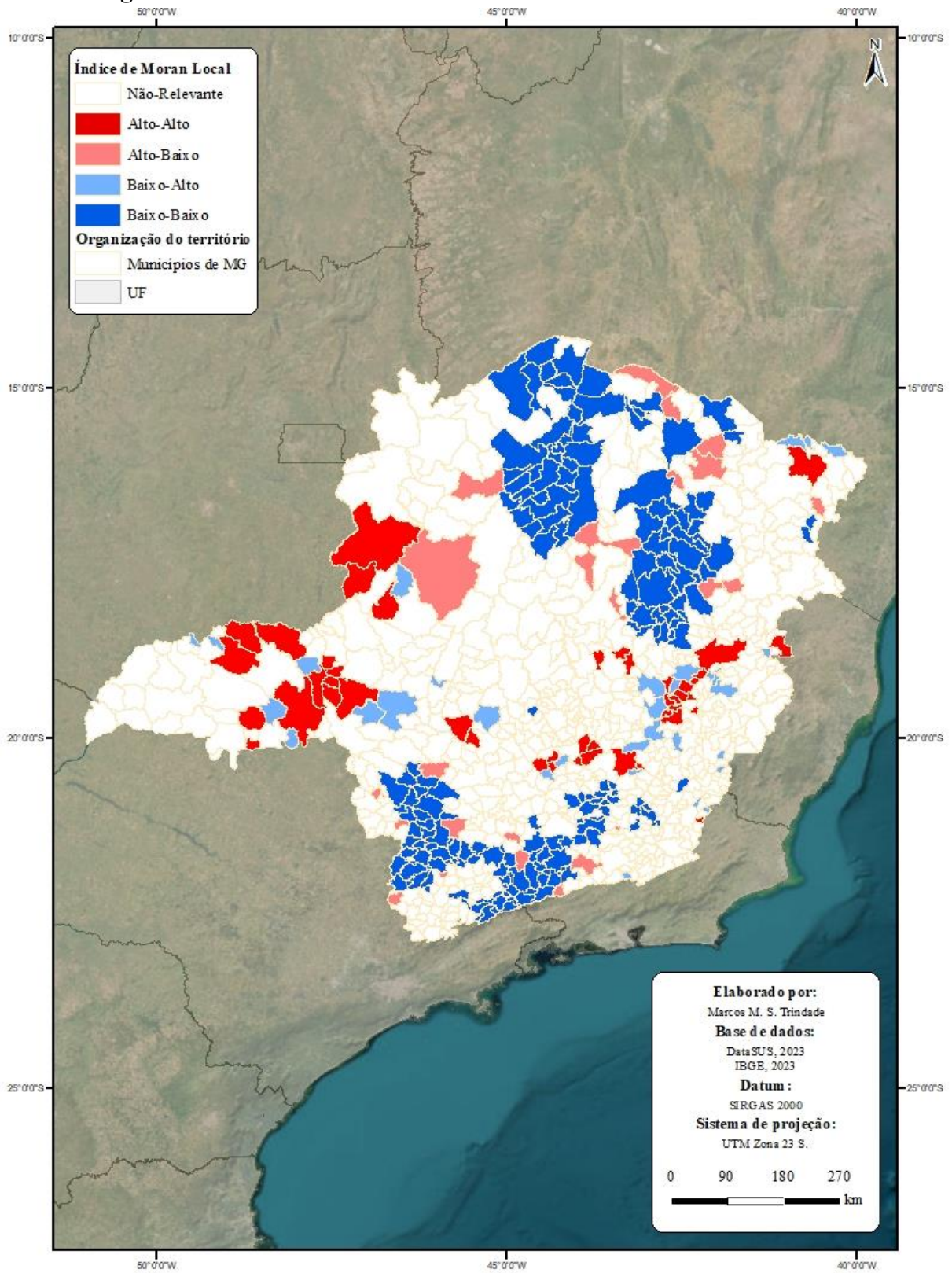


Nota: período de maior incidência registrado no primeiro semestre de 2020.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

No primeiro semestre de 2020, na data de menor incidência (09/04/2020), é possível observar o início do processo de disseminação do vírus e começar o procedimento de identificação de padrões, principalmente nas regiões centrais (Centro e Centro-Oeste) e no Sul (Sudoeste e Sudeste). Os clusters de "*Alto-Alto*" e "*Baixo-Baixo*" são pouco pronunciados. Os *outliers* estão dispersos pelo estado, geralmente próximos aos *clusters* e apresentam uma presença mais significativa do que os próprios *clusters* nesse estágio inicial. Na data de maior incidência (04/06/2020), o vírus já se espalhou significativamente pelo estado. Agora, os *clusters* são mais proeminentes do que os *outliers*, evidenciando conglomerados de "*Baixo-Baixo*" no Norte, Sudeste e Centro-Oeste do território, com uma distribuição heterogênea. Além disso, são observados clusters de "*Alto-Alto*" nas regiões Centro, Centro-Leste e extremo Sudoeste.

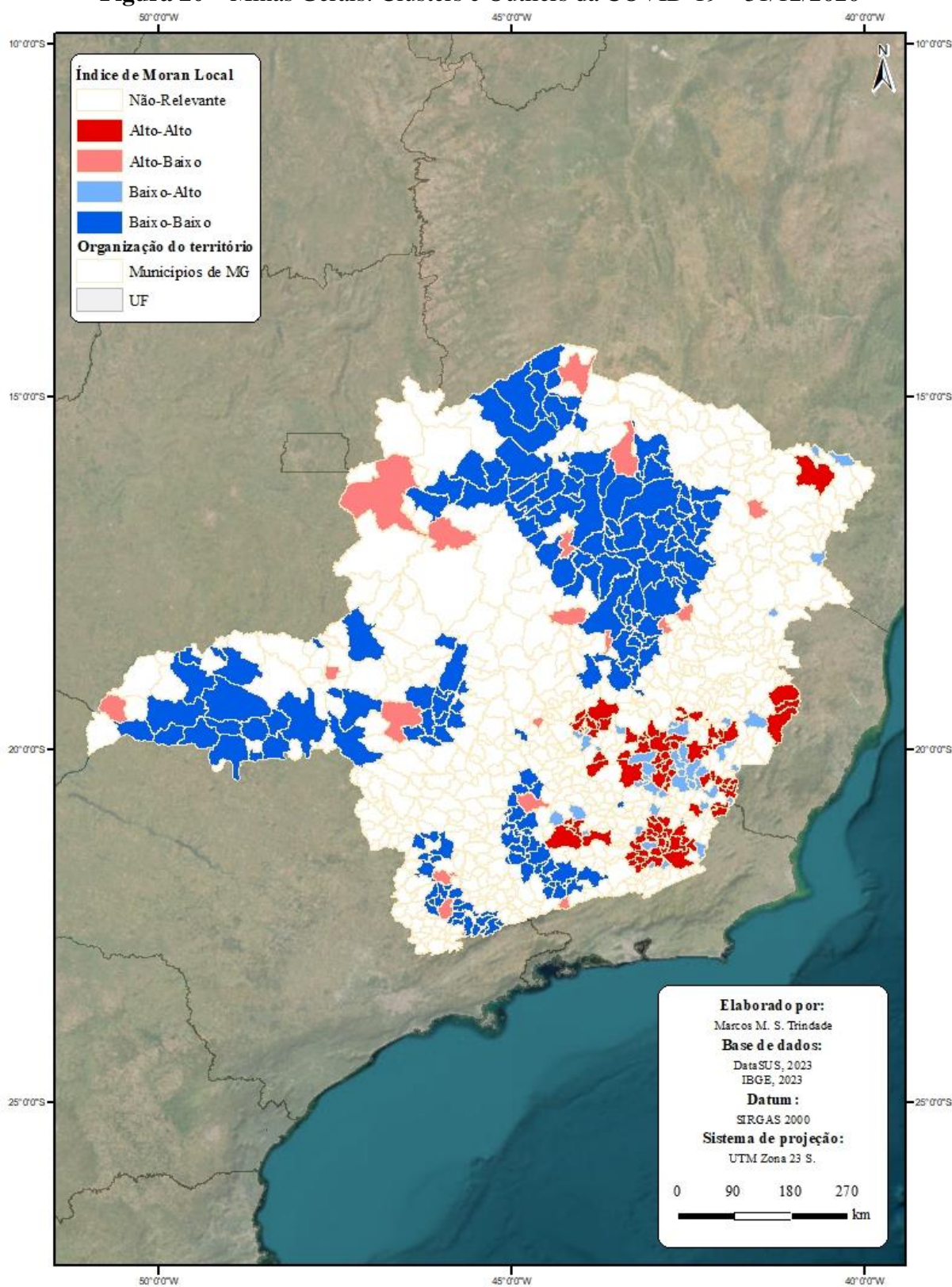
**Figura 19** – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 03/07/2020



Nota: período de menor incidência registrado no segundo semestre de 2020.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

**Figura 20** – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 31/12/2020

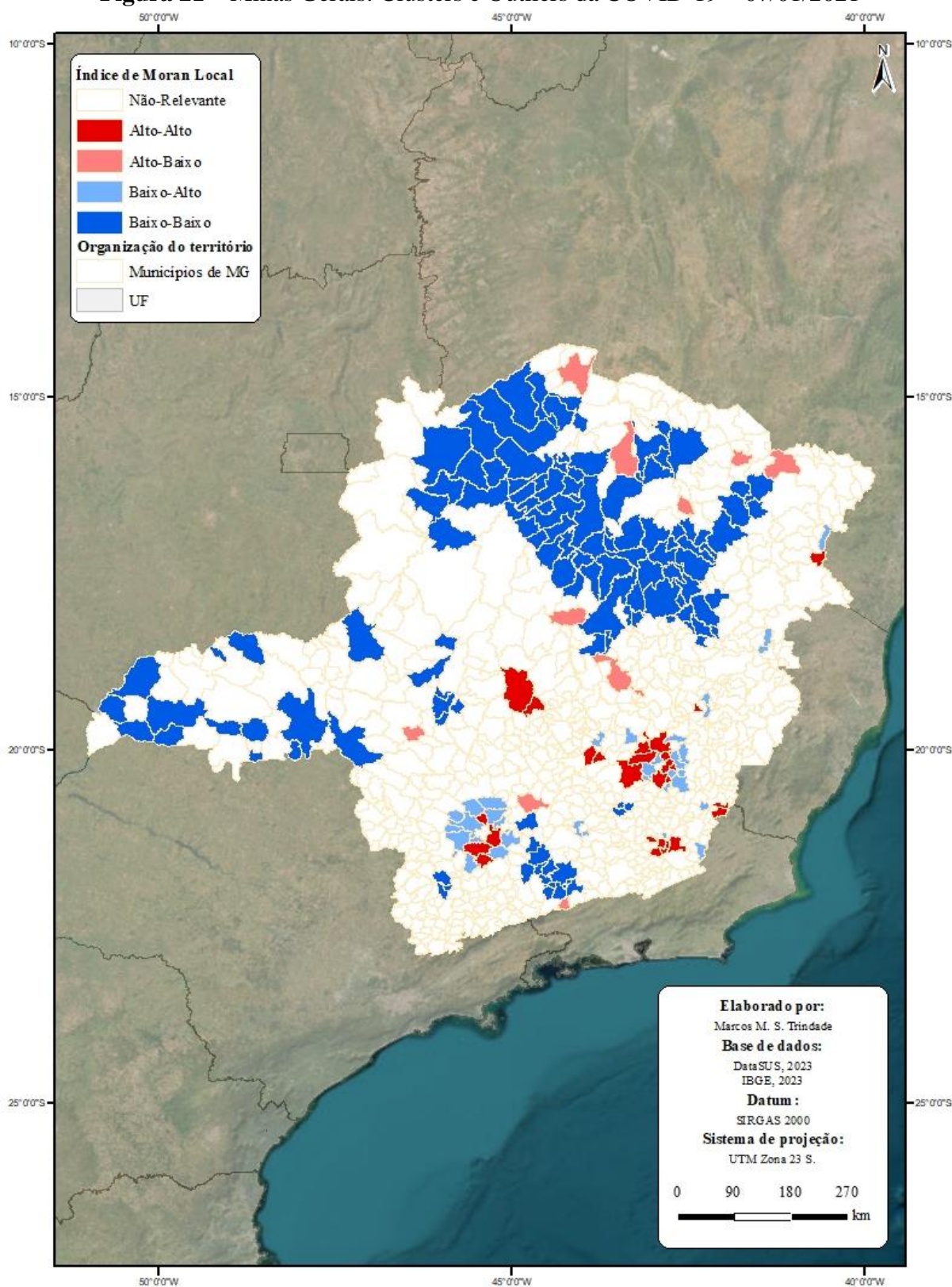


Nota: período de maior incidência registrado no segundo semestre de 2020.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

No segundo semestre de 2020, sobretudo na data de menor incidência (03/07/2020), já fica mais evidente os padrões de distribuição da COVID-19, manifestando quatro grandes conglomerados de *clusters* "*Baixo-Baixo*", na parte Norte e Sudoeste do estado. Enquanto os *clusters* de "*Alto-Alto*" ainda se encontram mais dispersos pelo território, predominando na região Centro-Oeste e Centro-Leste; ambas categorias de *clusters*, encontram-se acompanhadas, em suas extremidades, de *outliers*. Na data de maior incidência (31/12/2020), fica ainda mais evidente os moldes do vírus, encontrando *clusters* de "*Baixo-Baixo*" por boa parte da região Norte, Centro-Oeste e Sudoeste do estado, já os *clusters* de "*Alto-Alto*", concentrando-se nas regiões Centro e Sudeste.

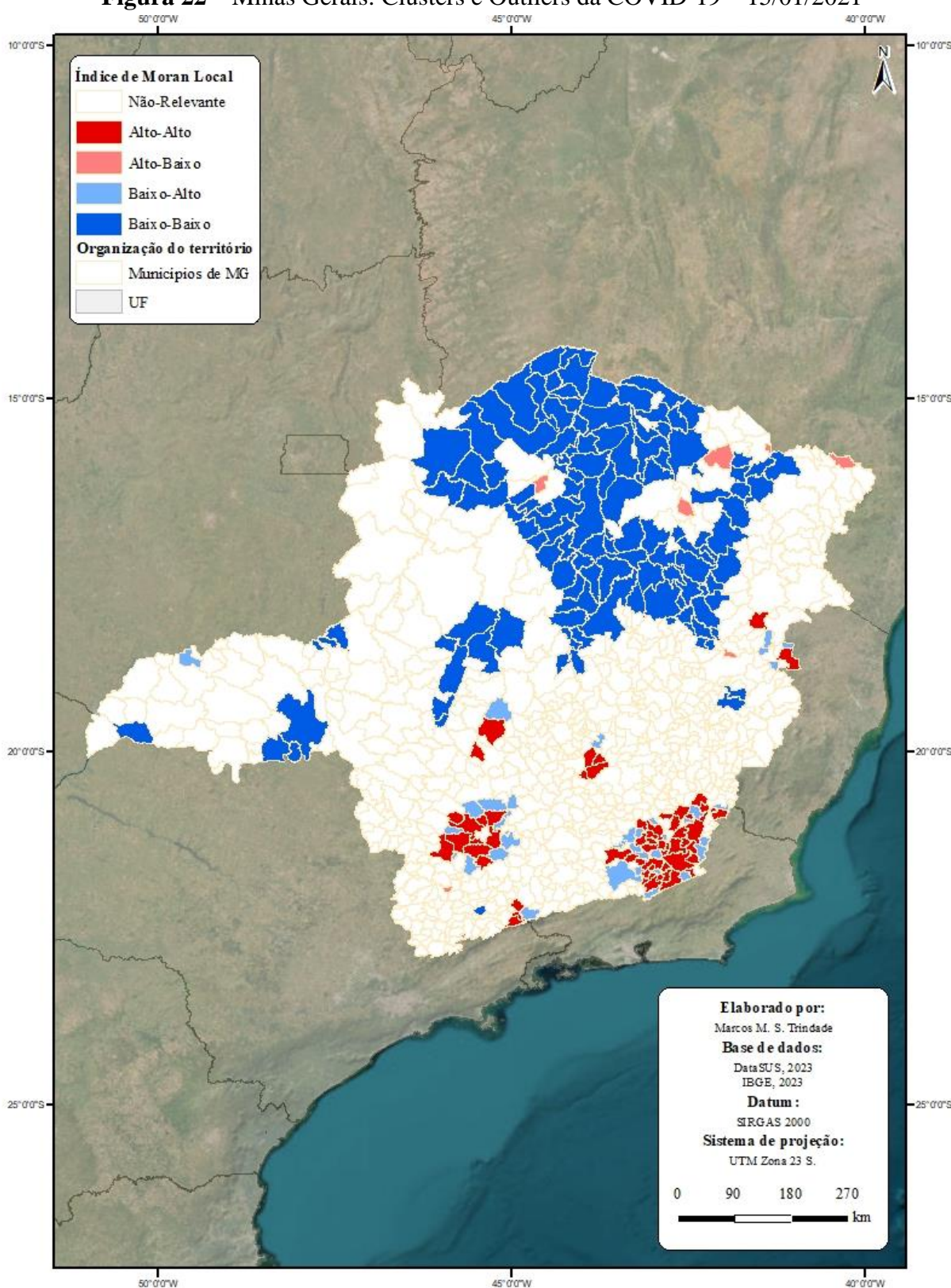
**Figura 21** – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 07/01/2021



Nota: período de menor incidência registrado no primeiro semestre de 2021.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

**Figura 22 – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 15/01/2021**



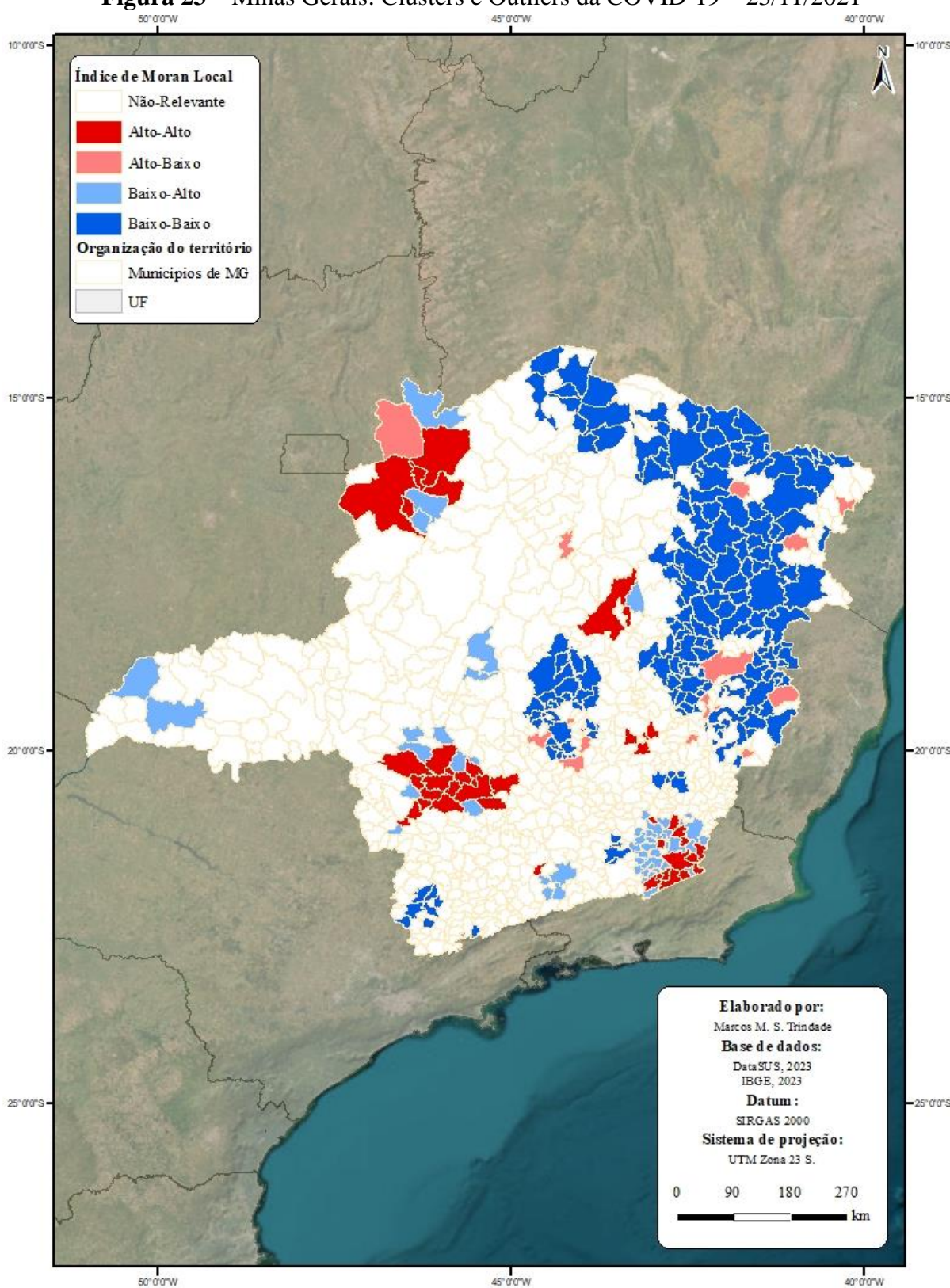
Nota: período de maior incidência registrado no primeiro semestre de 2021.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.



No primeiro semestre de 2021, na data de menor incidência (01/01/2021), os *clusters* de "*Baixo-Baixo*" encontram-se bem direcionados na parte Norte, Centro-Oeste e Sudoeste do estado. Enquanto os *clusters* de "*Alto-Alto*" manifestam-se de maneira tímida na região do Centro, Sudeste e também no Sudoeste. Já na data de maior incidência (15/01/2021), onde ocorre o maior pico da COVID-19 registrado até então, com uma situação alarmante, há uma predominância de *clusters* "*Baixo-Baixo*" por boa parte da região Norte do território, enquanto os *clusters* de "*Alto-Alto*" mostram-se na parte Sudeste, Sudoeste e, de maneira tímida, no Centro. Em ambos períodos, temos poucos *outliers* identificados nas vizinhanças desses conglomerados.

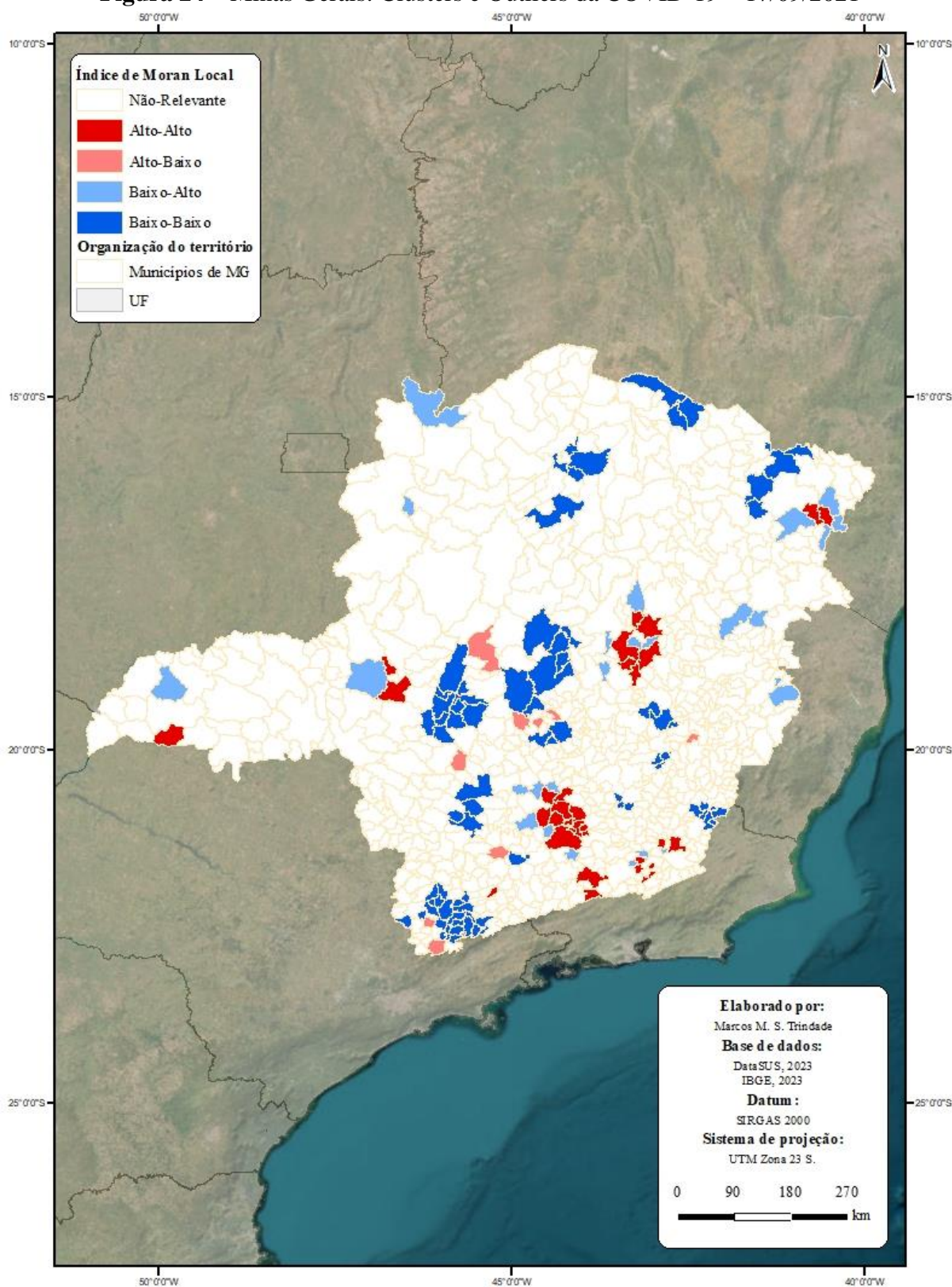
**Figura 23** – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 23/11/2021



Nota: período de menor incidência registrado no segundo semestre de 2021.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

**Figura 24 – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 17/09/2021**

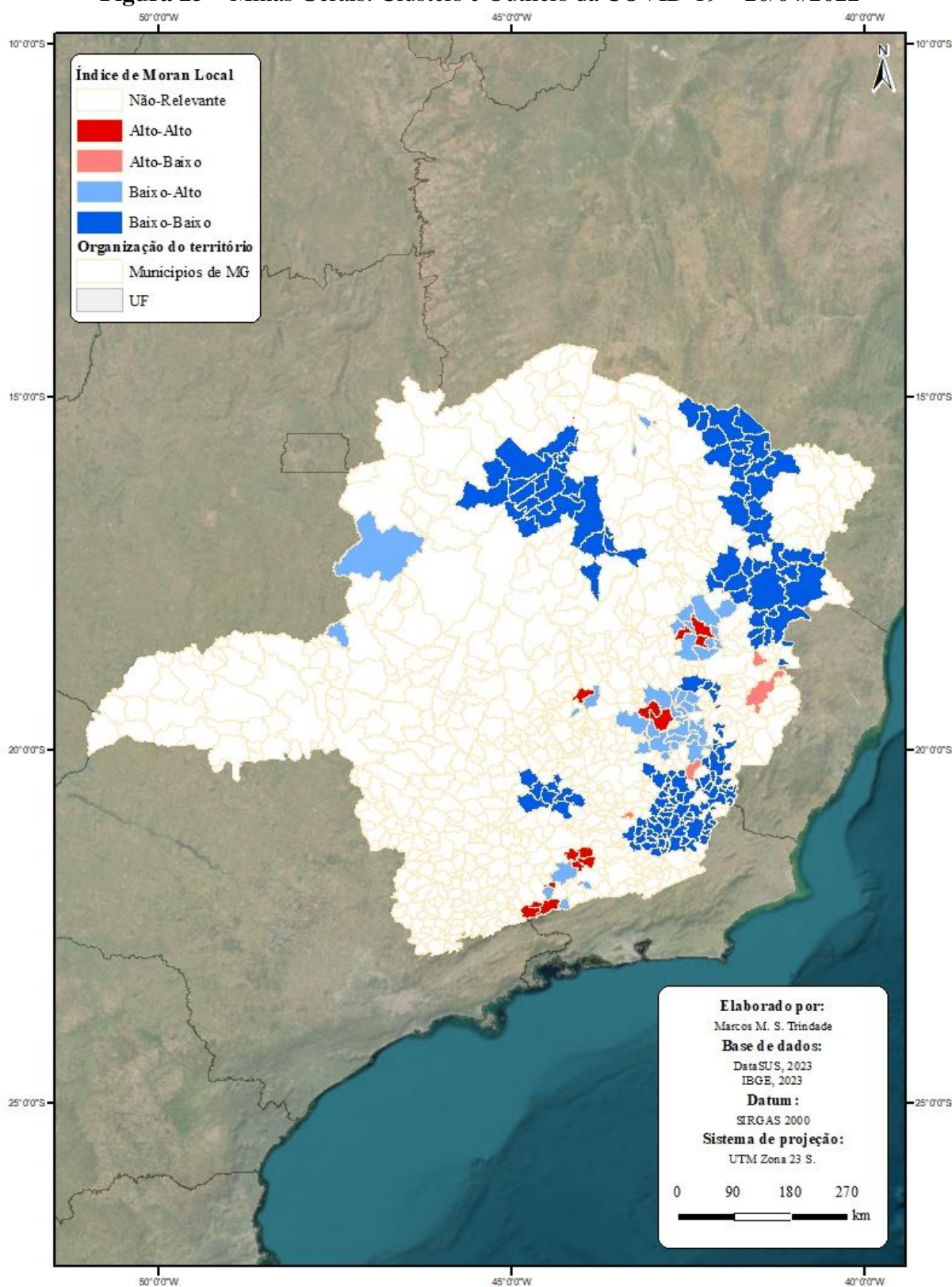


Nota: período de maior incidência registrado no segundo semestre de 2021.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

No segundo semestre de 2021, na data de menor incidência (23/11/2021), o padrão de distribuição do vírus mostra-se bem evidente, com *clusters* de "*Baixo-Baixo*" bem distribuídos por boa parte da região Norte, Nordeste, Centro-Leste, Centro e um pouco no Sudoeste. Enquanto os *clusters* de "*Alto-Alto*" encontram-se na parcela Noroeste, Sudoeste e Sudeste do território; na parte Sudeste há uma presença marcante de *outliers* em relação ao conglomerado de "*Alto-Alto*". Na data de maior incidência do semestre (17/09/2021), o padrão de distribuição indica um melhor controle/combate a pandemia, os padrões de distribuição da COVID-19 mostram-se de forma tímida, com poucos *clusters* de "*Baixo-Baixo*" pelo estado (região Sudoeste, Centro e Nordeste), enquanto os "*Alto-Alto*" estão distribuídos de forma tênue pelo território, sobretudo nas regiões do Centro, Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste.

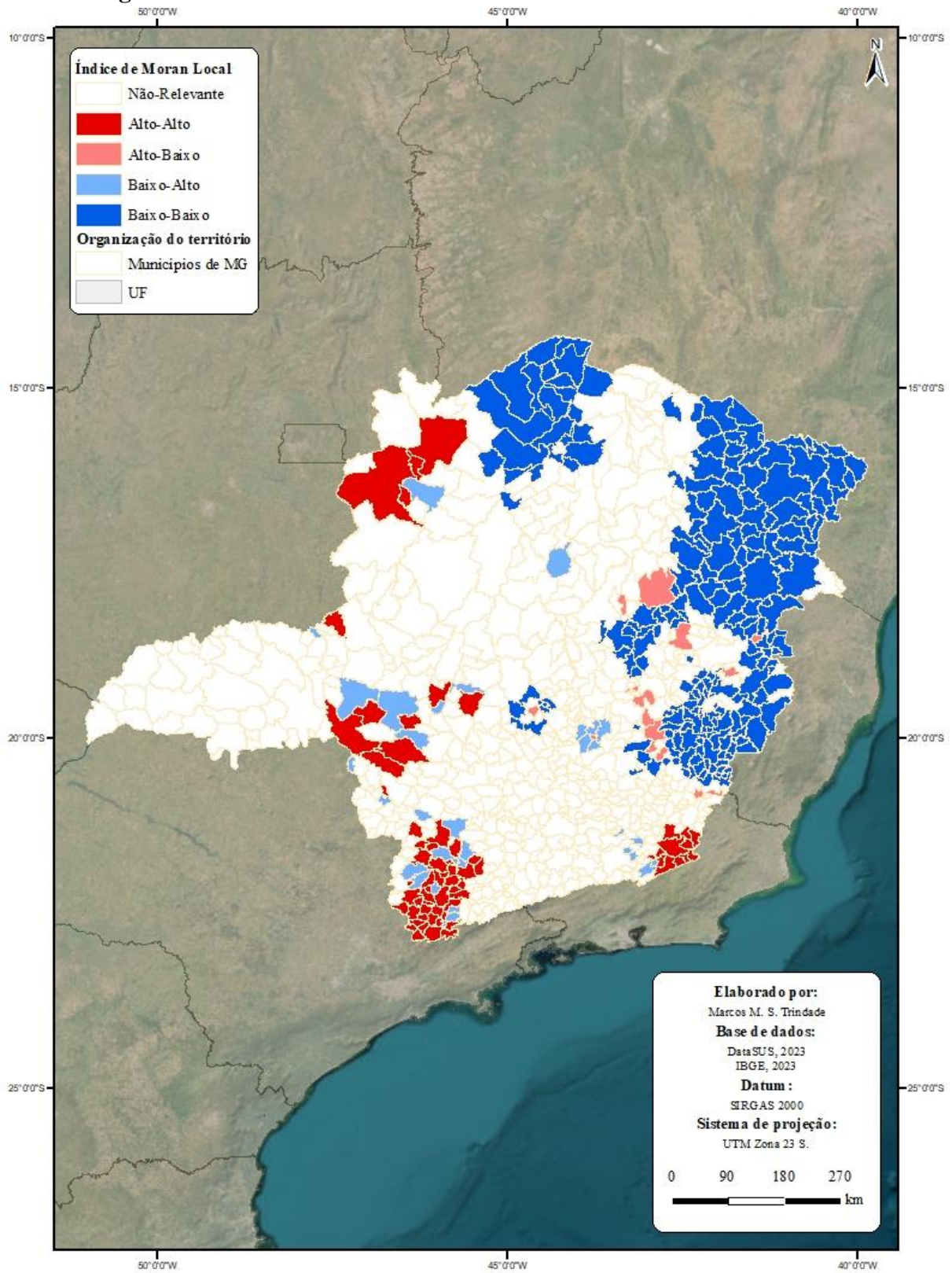
**Figura 25** – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 20/04/2022



Nota: período de menor incidência registrado no primeiro semestre de 2022.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

**Figura 26** – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 27/06/2022

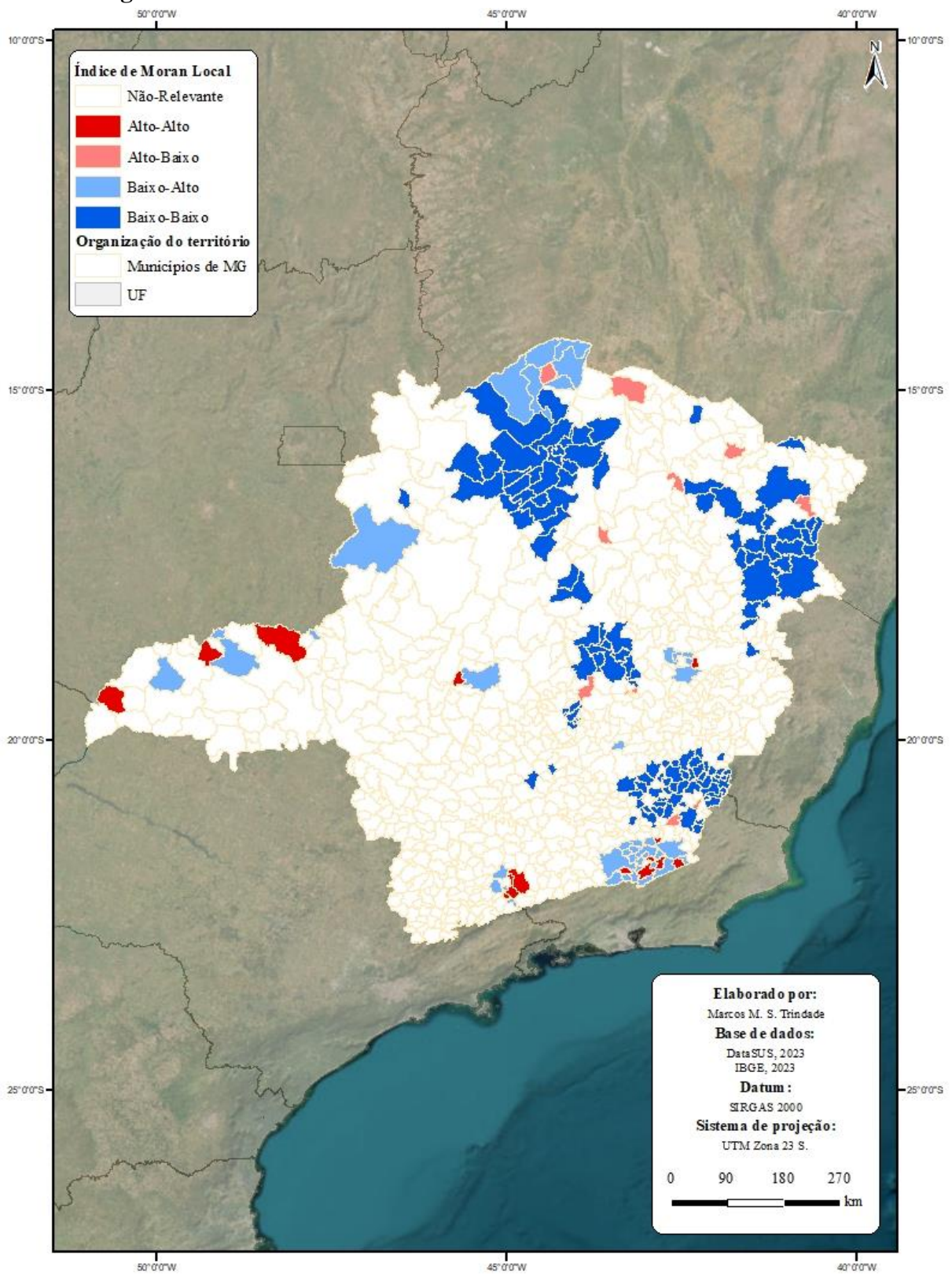


Nota: período de maior incidência registrado no primeiro semestre de 2022.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

No primeiro semestre de 2022, na data de menor incidência (20/04/2022) a situação é de quatro grandes conglomerados de "*Baixo-Baixo*" na região Norte, Nordeste, Centro e Sudoeste, enquanto os *clusters* de "*Alto-Alto*" manifestam-se de forma escassa pelo estado, com pequenos conglomerados pelas regiões do Centro e do Sul, geralmente rodeados de *outliers*. Já na data de maior incidência (27/06/2022) do vírus, com o maior pico de incidência já registrado na história, os padrões de distribuição mostram-se de uma forma bem evidente e contrastante, onde os *clusters* de "*Baixo-Baixo*" concentram-se na parte Norte, Nordeste, Centro e Centro-Leste do estado. Enquanto os *clusters* de "*Alto-Alto*" aglutinam-se na parte Noroeste, Centro-Oeste, Sudoeste e Sudeste do estado, geralmente rodeados de *outliers*.

**Figura 27** – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 27/09/2022

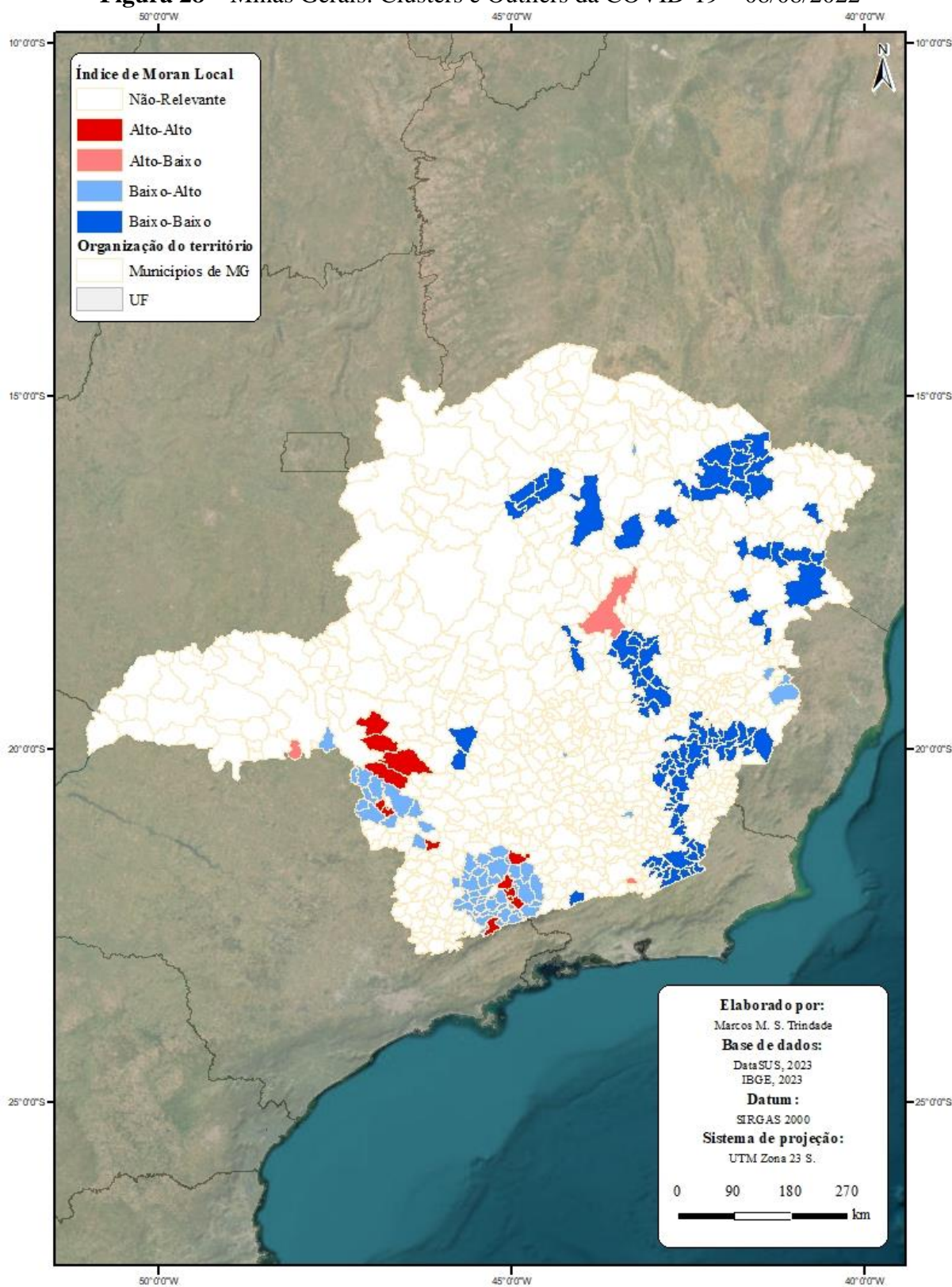


Nota: período de menor incidência registrado no segundo semestre de 2022.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.



**Figura 28** – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 08/08/2022

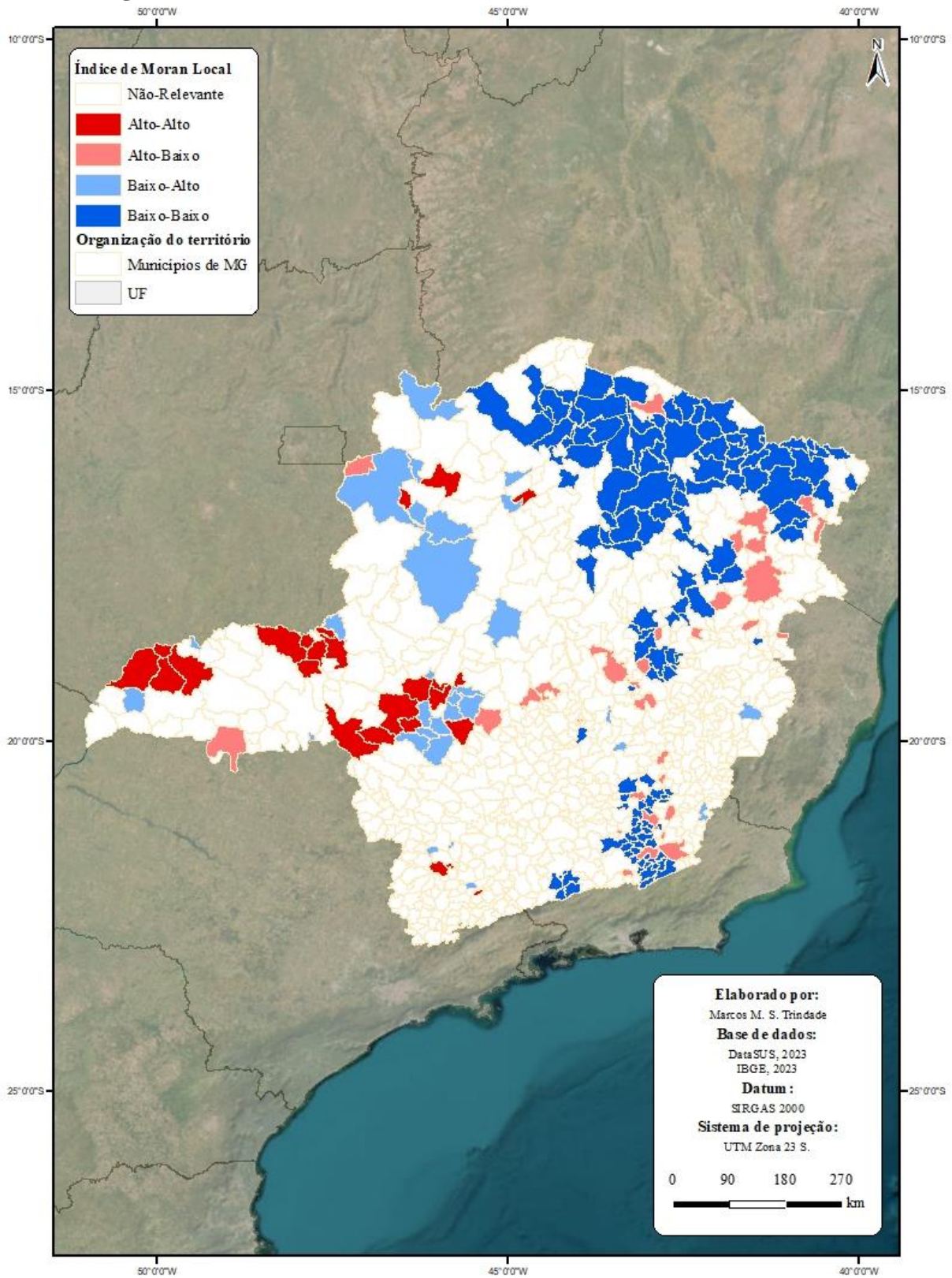


Nota: período de maior incidência registrado no segundo semestre de 2022.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

No segundo semestre de 2022, sobretudo na data de menor incidência (27/09/2022), os padrões de distribuição do vírus nos *clusters* mostram-se mais suaves em relação ao semestre precedente, mas ainda se encontram nas mesmas regiões (Norte, Nordeste, Centro e Sudoeste). Enquanto os *clusters* de "Alto-Alto" manifestam-se de forma tímida pelo território, localizados na parcela Centro-Oeste e Sudoeste do território e, geralmente, acompanhados de *outliers*. Na data de maior incidência (08/08/2022), o padrão de distribuição do vírus mostra-se ainda mais brando, onde os *clusters* de "Baixo-Baixo" continuam nas mesmas regiões, mas de forma mais amena, apresentando conglomerados menores em relação aos períodos anteriores. Os *clusters* de *Alto-Alto* encontram-se localizados na parte Centro-Oeste e Sudoeste do estado, rodeados de *outliers*, regiões que tiveram picos maiores de incidência nesse período.

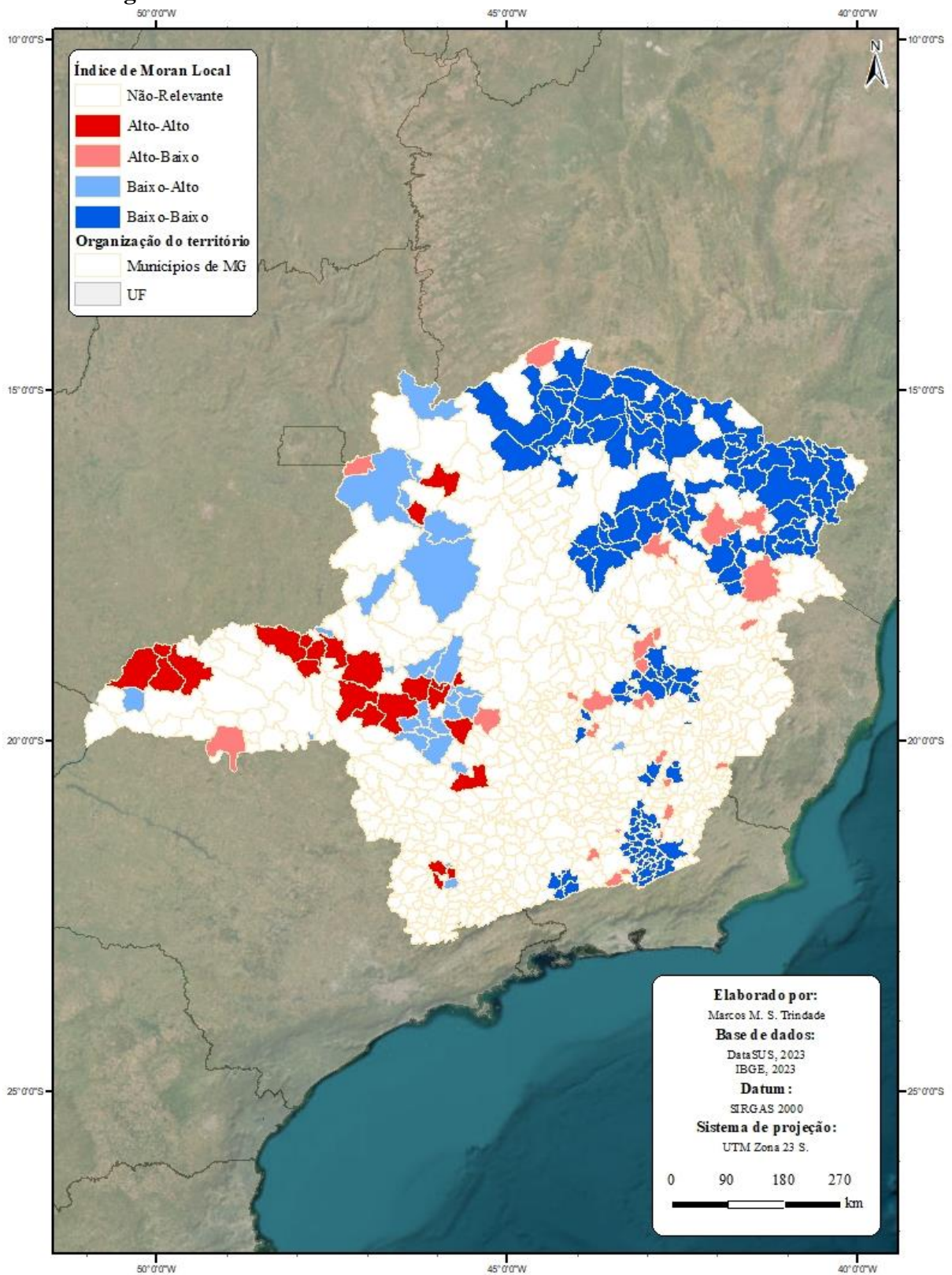
**Figura 29** – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 01/01/2023



Nota: período de menor incidência registrado no primeiro semestre de 2023.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

**Figura 30 – Minas Gerais: Clusters e Outliers da COVID-19 – 05/01/2023**



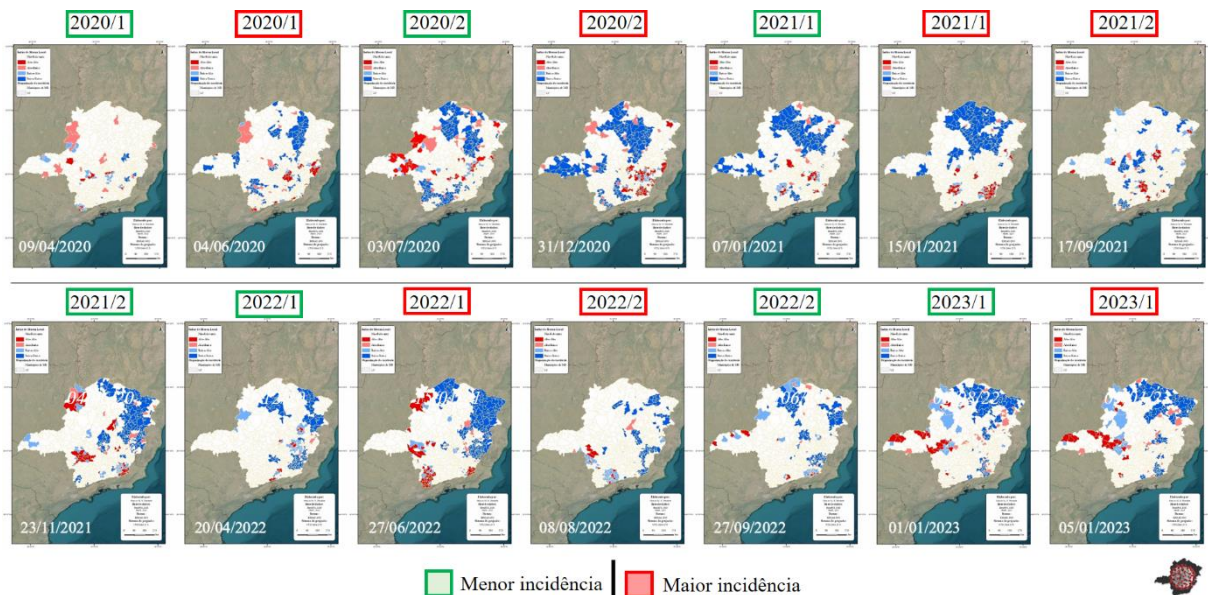
Nota: período de maior incidência registrado no primeiro semestre de 2023.

Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

No primeiro semestre de 2023, na data de menor incidência (01/01/2023), o padrão de distribuição do vírus mostra-se mais evidente pelo território, os *clusters* de "Baixo-Baixo" são evidenciados nas regiões Norte, Nordeste, Centro e Sudeste do estado, enquanto os *clusters* de "Alto-Alto" concentram-se nas outras extremidades, nas regiões Centro-Oeste e, de forma tímida, no Noroeste e Sudoeste. Na data com a maior taxa de incidência no semestre (05/01/2023), o padrão de distribuição dos *clusters* de "Baixo-Baixo" se mantém nas mesmas regiões, assim como os *clusters* de "Alto-Alto", que são evidenciados com um pouco mais de vigor. Ambas as classes estão rodeadas com alguns *outliers*. Nesse estágio da pandemia, a situação já aparentava maior estabilidade, principalmente pelo que se sugere do estágio de vacinação da população. Poucos meses depois, foi decretado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) no dia 05 de maio, o fim oficial da pandemia de COVID-19.

Para facilitar na observação e na compreensão dos mapas de *clusters* e *outliers* de forma cronológica, o compilado de mapas deve ser lido da esquerda para a direita e de cima para baixo. As datas destacadas de verde correspondem com os períodos de menor incidência, e as de vermelho com os de maior.

**Figura 31** - Panorama temporal: Transformação dos *clusters* e *outliers* da COVID-19 em Minas Gerais



Fonte: DataSUS (2023); IBGE (2023). Org.: TRINDADE, M. M. S.

Nos mapas apresentados, é possível observar a distribuição espacial dos *clusters* e *outliers* dos municípios de Minas Gerais em relação à taxa de incidência acumulada da COVID-19 em um período de 14 dias. Os *clusters* de municípios com coeficiente de incidência elevado (“*Alto-Alto*”) são representados pelas cores vermelhas, enquanto os *clusters* de municípios com coeficiente de incidência reduzido (“*Baixo-Baixo*”) são representados pelas cores azuis. Já as áreas com tons em vermelho claro (“*Alto-Baixo*”) e azul claro (“*Baixo-Alto*”) representam *outliers*, que são locais extremos em relação aos seus vizinhos imediatos. Esses resultados foram obtidos a partir da análise dos indicadores de autocorrelação espacial local (LISA), que mostram como a variável de incidência no município *i* varia em relação aos seus vizinhos. É importante destacar que esses grupos só são evidenciados quando a autocorrelação espacial é estatisticamente significativa, e os municípios representados pela cor branca não são relevantes para a análise no dado período. Ademais, é relevante ressaltar que os valores elevados não se referem a números absolutos, mas sim à proporção de casos de COVID-19 em relação à população do município.

Em relação aos anos/semestres nos períodos com menor incidência acumulada de COVID-19, é possível observar grandes conglomerados com tonalidades azuis na região Norte, Nordeste, Sudoeste e Sudeste do estado, evidenciando *clusters* com baixas taxas de incidências. Por outro lado, há conglomerados caracterizados pela cor vermelha em diferentes regiões, que vão do Noroeste ao Sudeste, demonstrando *clusters* com uma alta taxa de incidência nesses períodos. Não apenas, no que se concerne aos anos/semestres dos períodos com maior incidência acumulada do vírus, é possível notar que os conglomerados da cor azulada estão predominantemente localizados na região Norte e Centro-Oeste. Enquanto os conglomerados avermelhados variam entre Noroeste, Centro-Oeste e Sudeste. Esses resultados sugerem uma heterogeneidade na distribuição espacial dos casos de COVID-19 em diferentes períodos, o que pode estar relacionado a diversos fatores, como a mobilidade urbana e o acesso a sistemas de saúde e infraestrutura em cada município. A disponibilidade de transporte público eficiente e a existência de serviços de saúde adequados podem influenciar a propagação da doença e, conseqüentemente, afetar a taxa de incidência em cada região. Além disso, as características epidemiológicas específicas de cada localidade, como densidade populacional, perfil demográfico e condições socioeconômicas, também podem contribuir para a heterogeneidade da distribuição espacial dos casos de COVID-19.

É importante ressaltar que esses resultados podem demonstrar possíveis padrões e correlações da COVID-19, mas não permitem estabelecer conclusões definitivas sobre as causas da heterogeneidade observada. A análise espacial mapeada fornece uma perspectiva tangível e levanta questões relevantes que podem ser investigadas em estudos futuros. Embora não seja possível testar essas possibilidades na prática desta monografia, essas informações são importantes a serem consideradas para uma compreensão mais abrangente da pandemia da COVID-19 no estado de Minas Gerais.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa monografia teve como objetivo analisar a distribuição da COVID-19 nos municípios de Minas Gerais, em diferentes períodos da pandemia, verificando a existência ou não de padrões de associação espacial. Para isso, foi utilizado como premissa a reformulação da primeira Lei da Geografia enunciada por Escolano-Utrilla e Salvador-Oliván (2022), ao destacar a intensidade das relações entre os objetos mais conectados, independentemente de sua proximidade.

A representação da espacialização dos dados tornou a interpretação mais palpável para a identificação de padrões e transformações nas formas espaciais. Portanto, é útil para a análise do espaço geográfico e para o desenvolvimento de políticas públicas. A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) foi utilizada como instrumento de análise para compreender o conjunto de dados estudado e suas possíveis distribuições. Tanto quanto, por meio da aplicação da estatística espacial do Índice  $I$  de Moran Global e Local, verificou-se a existência de padrões espaciais no decorrer do tempo, evidenciados pelos *clusters* e *outliers*. Essas análises revelaram particularidades interessantes, principalmente na configuração das formas manifestadas através das taxas de incidência, por exemplo: no âmbito da COVID-19, identificar os *outliers* pode ser ainda mais interessante do que os *clusters*, porque eles evidenciam situações atípicas em relação a incidência da doença.

Os resultados obtidos pela pesquisa permitiram identificar nitidamente os padrões espaciais para a taxa de incidência acumulada da COVID-19 no estado de Minas Gerais. A predominância dos *clusters* pintados de azul, em comparação aos vermelhos, pode sugerir que as regiões menos integradas com o restante do território tiveram um menor impacto em relação as regiões mais integradas. Ademais, essas regiões menos integradas coincidem com as de menor renda média domiciliar per capita (como mencionado anteriormente, as Macrorregiões de Saúde Norte, Jequitinhonha e Nordeste), enquanto as mais integradas correspondem com as de maior renda média domiciliar per capita (regiões do Triângulo, Sudeste e Centro).

Esses resultados expressos pelos *clusters* coincidem com as classes de incidência manifestadas nos mapas, onde as regiões que apresentaram uma maior proporção de conglomerados classificados como "*Baixo-Baixo*" (pintados de azul), manifestaram, na maior parte da análise, classes de incidência "*Baixo*" e "*Muito Baixo*". Enquanto as regiões que apresentaram uma maior proporção de conglomerados classificados como "*Alto-Alto*" (pintados



de vermelho), manifestaram, na maior parte do tempo, classes de incidência “*Alto*” e “*Muito Alto*”.

Além disso, a diferença de densidade populacional e mobilidade urbana pode justificar os diferentes padrões de comportamento do vírus observados. Por isso, é fundamental avaliar a efetividade das políticas públicas de combate à COVID-19 em Minas Gerais considerando diferentes aspectos. Por fim, é importante ressaltar que os dados coletados do DataSUS podem estar sujeitos a erros de notificação ou subnotificação de casos, o que reforça a necessidade de cautela na interpretação dessas informações e, a importância da manutenção de medidas preventivas e sanitárias em locais específicos, a fim de resguardar a população de possíveis variantes no futuro, visto que o vírus ainda não foi totalmente suprimido e representa uma ameaça iminente. Não só, a continuidade de políticas públicas de combate à COVID-19, aliada a uma abordagem integrada e colaborativa entre as esferas governamentais e a sociedade civil, é fundamental para o combate efetivo da doença.

Essa monografia pode contribuir para estudos que busquem uma análise aprofundada dos componentes espaciais da COVID-19 e sua influência no espaço geográfico. Uma possível abordagem para avançar a pesquisa seria a caracterização qualitativa dos dados quantificados, buscando respostas para as ocorrências observadas e explorando outros índices para compreender melhor a formação de padrões espaciais e suas distribuições. Além disso, seria importante investigar os fatores epidemiológicos capazes de influenciar a disseminação da COVID-19 nas diferentes regiões de Minas Gerais. Para isso, seria necessário identificar as características específicas de cada região e sua relação com a disseminação da doença. Isso pode envolver o estudo da densidade populacional, mobilidade urbana, fatores socioeconômicos e outros aspectos que possam influenciar na transmissão da doença. A partir disso, seria possível desenvolver políticas públicas específicas para cada região, com o objetivo de minimizar a disseminação da COVID-19 e de outras doenças virais. Dessa forma, essa pesquisa pode ser considerada como um ponto de partida para outras investigações sobre a disseminação da COVID-19 em Minas Gerais e a relação com os fatores espaciais e epidemiológicos.

## 7. REFERÊNCIAS

ADHIKARI SP, MENG S, WU YJ, MAO YP, YE RX, WANG QZ, SUN C, SYLVIA S, ROZELLE S, RAAT H, ZHOU H. **Epidemiology, causes, clinical manifestation and diagnosis, prevention and control of coronavirus disease (COVID-19) during the early outbreak period: a scoping review.** Infect Dis Poverty. 2020

ALLCOT, H; BOXWELL, L; CONWAY, J; GENTZKOW, M; THALER, M; YANG, D. **Polarization and public health: Partisan differences in social distancing during the coronavirus pandemic.** Journal of Public Economics, [S. l.], ano 2020, v. 191, p. 1-11.

BAGGIO, U. C. **CENÁRIOS E PERSPECTIVAS AOS ESTUDOS DA POPULAÇÃO EM SUA INTERFACE COM O MUNDO DO TRABALHO GLOBALIZADO E O TERRITÓRIO.** Revista Geoaraguaia, [S. l.], v. 4, n. 2, 2014.

BAPTISTA, A. J. M. S; SANTOS, C. M. **ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAL DA INCIDÊNCIA DE POBREZA NA ILHA DE SANTIAGO DE CABO VERDE.** SOBER – XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco – Acre. 2008

BARCELLOS, C. **Elos entre geografia e epidemiologia.** Cadernos de Saúde Pública, v. 16, n. Cad. Saúde Pública, 2000 16(3), p. 607–609, jul. 2000

CARLOS, A. F. A; **O lugar: mundialização e fragmentação.** In: SANTOS, Milton et al. (orgs.). O novo mapa do mundo: fim de século e globalização. São Paulo: Hucitec, 1997.

CARVALHO, M. S.; SOUZA-SANTOS, R. **Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas.** Cadernos de Saúde Pública, v. 21, n. Cad. Saúde Pública, 2005 21(2), p. 361–378, mar. 2005.

CASTELLS, M. **Network of Outrage and Hope: Social Movements in the Internet Age.** Cambridge, UK: Polity Press, 2012.

CASTRO, I. E; GOMES, P. C. C; CORRÊA, R. L. **Geografia: Conceitos e Temas.** 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 352 p. ISBN 85-286-0545-0.

**Centers for Disease Control and Prevention.** Disponível em: <<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/index.html>> Acesso em: 08 maio, 2023.

CIVALE, L. **Geografia e Construção de Espaço**. Viçosa, 2012.

Conjuntos de dados - **OPENDATASUS**. Disponível em: <[https://opendatasus.saude.gov.br/dataset?q=covid&sort=score+desc%2C+metadata\\_modificado+desc](https://opendatasus.saude.gov.br/dataset?q=covid&sort=score+desc%2C+metadata_modificado+desc)>. Acesso em: 07 abr. 2023.

**Coronavírus Brasil**. Disponível em: <<https://covid.saude.gov.br>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

CORRÊA, R. L. **Região e organização espacial**. 7ª ed. São Paulo: Ática, 2000.

CZERESNIA, D., RIBEIRO, A. M. **O conceito de espaço em epidemiologia: uma interpretação histórica e epistemológica**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 16(3): 5950617, jul-set, 2000

ESCOLANO-UTRILLA, S; SALVADOR-OLIVÁN, J.A. **Global regularity and local variability of the space-temporal patterns of COVID 19 in Aragón (Spain)**. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles (93), 2022.

**ESTUDO TRIMESTRAL DA ECONOMIA DE MINAS GERAIS: Primeiro Trimestre de 2021**. Disponível em: <[https://fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/09.07.21\\_Estatistica-informacao-41\\_final.pdf](https://fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/09.07.21_Estatistica-informacao-41_final.pdf)>. Acesso em: 02 abr. 2023.

FARIA, R. M.; BORTOLOZZI, A. **ESPAÇO, TERRITÓRIO E SAÚDE: CONTRIBUIÇÕES DE MILTON SANTOS PARA O TEMA DA GEOGRAFIA DA SAÚDE NO BRASIL**. RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise, v. 17, jun. 2009. ISSN 2177-2738.

FERREIRA, M. U. **Epidemiologia e Geografia: O Complexo Patogênico de Max. Sorre**. Departamento de Parasitologia, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, Caixa Postal 4365, 01051, São Paulo, SP, 1991.

FOLMER, I; MELLO, I; MEURER, CARINE, A. (orgs.). **Pesquisas em Geografia Agrária. Olhares e Reflexões**. São Leopoldo: Oikos, 2020.

GIRARDI, E. P. **A indissociabilidade entre a questão agrária e a questão racial no Brasil: análise da situação do negro no campo a partir dos dados do Censo Agropecuário 2017**. São Paulo: Cultura Acadêmica Editora, 2022.

GOMES, E. C. S. **Conceitos e ferramentas da epidemiologia** – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2015. 83 p.

GROSS, B; ZHENG, Z; LIU, S; CHEN, X; SELA, A; LI, J; LI, D; HAVLIN, S. **Spatio-temporal propagation of COVID-19 pandemics**. Europhysics Letters, v. 131, n. 5, p. 1-7, 25 set. 2020.

HAESBAERT, R. **Região**. GEOgraphia. Niterói, Universidade Federal Fluminense. Vol.21, Nº 45, 2019: jan./abr. Conceitos fundamentais da Geografia.

HAYS, J. N. **Epidemics and Pandemics: Their Impacts on Human History**. Santa Barbara, CA: ABC-CLIO, 2005.

Informações de Saúde (TABNET) – DATASUS. Disponível em: <<https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/>>. Acesso em: 02 abr. 2023

JÚNIOR, J. P. B; SANTOS, D. B. DOS. **COVID-19 como sindemia: modelo teórico e fundamentos para a abordagem abrangente em saúde**. Cadernos de Saúde Pública, v. 37, n. Cad. Saúde Pública, 2021 37(10), p. e00119021, 2021

KADT, J; GÖTZ, G; HAMANN, C; MAREE, G; PARKER, A. **Mapping vulnerability to COVID-19 in Gauteng**. GCRO, Gauteng City-Region Observatory, p. 1-8, 20 mar. 2020.

LAI CC., WANG CY., WANG YH., HSUEH SC., Ko WC., HSUEH PR. **Global epidemiology of coronavirus disease 2019 (COVID-19): disease incidence, daily cumulative index, mortality, and their association with country healthcare resources and economic status**. Int J Antimicrob Agents. 2020

LIMA NETO, A. S., CAVALCANTI, L. P. G., ARAÚJO, W. N., & ROUQUAYROL, M. Z. (2018). **Abordagens e Usos da Epidemiologia Descritiva: Quem, Quando e Onde**. In Epidemiologia & Saúde (8th ed., pp. 69-90). Rio de Janeiro: Medbook.

LIMA, J. R. C.; PORDEUS, A.M.J.; ROUQUAYROL, M.Z. **Medida da Saúde Coletiva**. In: ROUQUAYROL, M. Z.; GURGEL, M. S. Epidemiologia e Saúde. Guanabara Koogan, 201. p. 25-38.

LIMA-COSTA, M. F.; BARRETO, S. M. **Tipos de estudos epidemiológicos: conceitos básicos e aplicações na área do envelhecimento**. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília , v. 12, n. 4, p. 189-201, dez. 2003.

LOPES, P. C. B.; PEREIRA, L. A. G. **Análise espacial do índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) no Brasil**. Anais do XIV ENANPEGE... Campina Grande: Realize Editora, 2021.

LOPES, P. C. B. **ANÁLISE ESPACIAL DOS ÍNDICES DE DESENVOLVIMENTO HUMANO MUNICIPAL E DE VULNERABILIDADE SOCIAL EM MINAS GERAIS**. Universidade Estadual de Montes Claros – Unimontes, Programa de Pós-Graduação em Geografia/PPGEO, 2022

LÜ, G; BATTY, M; STROBL, J; LIN, H; ZHU, A-Xing; CHEN, M. **Reflections and speculations on the progress in Geographic Information Systems (GIS): a geographic perspective**. International Journal of Geographical Information Science, [S. l.], p. 1-23, 19 out. 2018.

MALACHIAS, I.; LELES, F. A. G.; PINTO, M. A. S. **Plano Diretor de Regionalização da Saúde de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais, 2010

MBEMBE, Achille. **Necropolítica**. Arte & Ensaios, [S. l.], v. 2, p. 122-151, 2017.

MORAES, A. C. R. **Geografia: pequena história crítica**. ANNABLUME, São Paulo, 2005.

MOURA, R; LIRA, S. A. **Aplicação da análise exploratória espacial na identificação de configurações territoriais**. R. bras. Est. Pop., Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 153-168, jan./jun 2011

ORELLANA, J. D. Y.; CUNHA, G. M.; MARRERO, L.; MOREIRA, R. I.; LEITE, I. C.; HORTA, B. L. **Excesso de mortes durante a pandemia de COVID-19: subnotificação e desigualdades regionais no Brasil**. CSP - Cadernos de Saúde Pública, ano 2021, v. 37, ed. 1. 29 out. 2020.

**PAHO/WHO Data - PLISA**. Disponível em: <<https://www3.paho.org/data/index.php/>>. Acesso em: 21 abr. 2023.

PEREIRA, M. G. **Epidemiologia: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.

RIBEIRO, A. M; FERREIRA, F. P. M; RIANI, J. L. R; MARINHO, K. R. L; CAMARGOS, M. C. S. **TENDÊNCIAS DEMOGRÁFICAS EM MINAS GERAIS E IMPLICAÇÕES PARA AS POLÍTICAS PÚBLICAS**. CADERNOS DE ESTUDOS SOCIAIS. Volume 27, número 2, julho/agosto de 2012.

ROUQUAYROL, M. Z., GOLDBAUM, M., SANTANA, E. W. P., GONDIM, A. P. S., & CAVALCANTI, L. P. G. (2018). **Epidemiologia, História Natural, Determinação Social, Prevenção de Doenças e Promoção da Saúde**. In *Epidemiologia & Saúde* (8th ed., pp. 21-46). Rio de Janeiro: Medbook.

SANTOS, H. G; SÁ, L. A. C. M; NERO, M. A; PORTUGAL, J. L. **Análise exploratória espacial dos preços das terras agrícolas no estado de São Paulo**. *Rev. Bras. Geom.*, v. 3, n. 1. p. 2-11, jan/jun 2015. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil

SANTOS, M. **ESPAÇO & MÉTODO**. Nobel, São Paulo, 1988.

SANTOS, M. **Saúde e ambiente no processo de desenvolvimento**. *Ciência & Saúde Coletiva*, 2003.

SANTOS, M. **Por uma Geografia Nova: da crítica da Geografia a uma Geografia Crítica**. 6ª edição. São Paulo: EDUSP, 2008.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Edusp, 2006.

SOUSA, C. F; SOUSA, M L M. **A contribuição da geografia da saúde na investigação do processo saúde-doença: uma análise de revisão da literatura**. In: *Anais do C*

**TabNet Win32 3.0: Renda média domiciliar per capita - Minas Gerais**. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?ibge/censo/cnv/rendamg.def>>. Acesso em: 21 abr. 2023.