

MORTALIDADE INFANTIL E INDICADORES DE SANEAMENTO BÁSICO EM MINAS GERAIS, 2021 a 2023

Infant Mortality and Basic Sanitation Indicators in Minas Gerais, 2021 to 2023

Pablo César Serafim

Doutorando em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Alfenas, Brasil

pablo.serafim@sou.unifal-mg.edu.br

Paulo Henrique de Souza

Docente do Instituto de Ciências da Natureza da Universidade Federal de Alfenas, Brasil

paulohenrique.souza@unifal-mg.edu.br

Daniel Hideki Bando

Docente do Instituto de Ciências da Natureza da Universidade Federal de Alfenas, Brasil

daniel.bando@unifal-mg.edu.br

Recebido: 25/06/2026

Aceito: 03/09/2026

Resumo

A mortalidade infantil (TMI) é um indicador clássico das condições socioambientais e de saúde da população. O estudo objetivou analisar espacialmente a TMI e verificar a sua associação com indicadores de saneamento básico (rede de água, coleta de lixo e de esgoto) pelo modelo autorregressivo espacial. A TMI foi maior nas macrorregiões de saúde Leste, Nordeste, Jequitinhonha e menores nas Triângulo do Norte/Sul e Sul. A coleta de lixo e de esgoto apresentaram maiores percentuais na região do Triângulo Mineiro e sul/sudoeste do estado, e menores no norte/nordeste. A coleta de lixo e de esgoto entraram no modelo final, sendo que apenas a coleta de lixo apresentou associação negativa com a TMI ($\beta = -0,08$; $p = 0,03$; $R^2 = 0,49$). Portanto, o aumento de 10% da coleta de lixo foi associado a uma diminuição de 0,8 óbitos infantis por mil nascidos vivos. Este estudo pode subsidiar a formulação de políticas públicas socioambientais e de saúde, visando a redução das desigualdades sociais.

Palavras-chave: mortalidade infantil, saneamento básico, políticas públicas, meio ambiente.

Abstract

Infant mortality (IMR) is a classic indicator of the socio-environmental and health conditions of the population. The study aimed to spatially analyze IMR and verify its association with basic sanitation indicators (water supply, garbage collection, and sewage collection) using a spatial autoregressive model. IMR was higher in the Eastern, Northeastern, and Jequitinhonha health macro-regions, and lower in the Northern/Southern Triângulo and Southern regions. Garbage and sewage collection showed higher percentages in the Triângulo Mineiro and southern/southwestern areas of the state, and lower in the northern/northeastern regions. Garbage and sewage collection entered the final model, with only garbage collection showing a negative association with IMR ($\beta = -0.08$; $p = 0.03$; $R^2 = 0.49$). Therefore, a 10% increase in garbage collection was

associated with a reduction of 0.8 infant deaths per 1,000 live births. This study may support the formulation of socio-environmental and health public policies aimed at reducing social inequalities.

Keywords: infant mortality, basic sanitation, public policies, environment.

1. INTRODUÇÃO

A Taxa de Mortalidade Infantil (TMI) é um indicador de saúde pública universalmente reconhecido, cuja magnitude transcende a estatística de óbitos, refletindo as condições socioambientais e de saúde da população (Bando, 2018; Heller, 1997). A redução sustentada da TMI é uma meta prioritária em agendas de saúde globais e, embora o Brasil tenha alcançado progressos nas últimas décadas (Brasil, 2019), persistem as desigualdades regionais. Essas disparidades são geograficamente demarcadas, evidenciando que o risco de um recém-nascido morrer antes de completar um ano é fortemente influenciado pelo local onde vive. No estado de Minas Gerais, um território de vasta extensão e complexidade socioeconômica, essas desigualdades são particularmente evidentes. Um estudo demonstrou a existência de agrupamentos espaciais, onde municípios com altas TMI se concentraram no norte e nordeste do estado, no período entre 2003 a 2012 (Faria; Santana, 2016), sugerindo a atuação de determinantes de saúde que operam em uma escala regional.

Dentre os fatores mais investigados, as condições de saneamento básico emergem como um determinante estrutural (Kropiwiec *et al.*, 2017; França *et al.*, 2001), pois a inadequação no acesso à água potável, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos está diretamente associada à incidência de doenças infecciosas e parasitárias (Bühler *et al.*, 2014), principais causas de óbitos no período pós-neonatal (Ferrari; Bertolozzi, 2012). A análise espacial, por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), tornou-se uma ferramenta indispensável para desvendar esses padrões e possíveis associações (Carvalho; Cruz, 1998; Magalhães *et al.*, 2006; Longley *et al.*, 2013). Estudos de base populacional em diferentes escalas têm consistentemente apontado para a correlação entre saneamento precário e mortalidade infantil (Teixeira; Guilhermino, 2006; Teixeira *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2023).

A ineficiência dos serviços de saneamento básico no Brasil, por exemplo, é diretamente associada a um aumento nos casos de doenças de veiculação hídrica, impactando a saúde pública e gerando custos substanciais (Ferreira *et al.*, 2016). No entanto, a força e a significância de cada componente do saneamento podem variar

conforme a escala de análise e as particularidades regionais. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar espacialmente a TMI e verificar a sua associação com indicadores de saneamento básico (rede de água, coleta de lixo e de esgoto), por município, em Minas Gerais. A relevância desta pesquisa reside em sua capacidade de gerar evidências robustas para o direcionamento de políticas públicas intersetoriais, visando a redução das iniquidades em saúde e a proteção da vida infantil no estado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Minas Gerais é o estado brasileiro com o maior número de municípios (853) de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024), agrupados em 16 macrorregiões de saúde (Figura 1). Em 2024, Minas Gerais tinha uma população estimada em 21,3 milhões de habitantes, o segundo estado mais populoso. Quanto aos municípios, a capital Belo Horizonte foi a mais populosa com 2,3 milhões, a mediana foi Araponga com 8.048 habitantes e a menos populosa foi Serra da Saudade com 833 habitantes. Cerca de 28,9% dos municípios apresentaram população inferior a cinco mil habitantes (IBGE, 2024). Minas Gerais é o quarto estado com a maior área territorial (586.513,983 km²), com densidade demográfica de 35,0 hab./km².

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do estado em 2021 foi de 0,774, o quarto maior entre as Unidades da Federação (UFs). Em 2023, o rendimento nominal mensal domiciliar per capita foi de R\$ 1,918 (10^a posição nacional). O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) de 2023 para os anos iniciais do ensino fundamental foi 6,3 (6^a posição), enquanto para os anos finais foi 4,9 (12^a posição) e para o ensino médio, 4,2 (12^a posição) (IBGE, 2024).

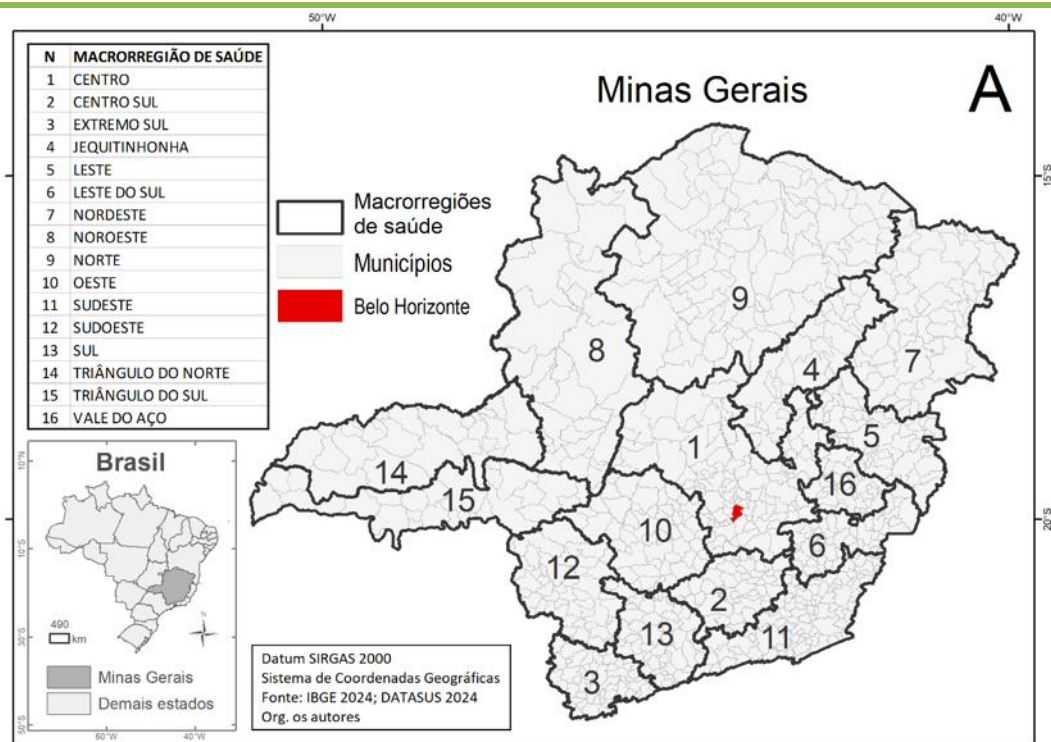


Figura 1 – Mapa de localização das macrorregiões de saúde do estado de Minas Gerais.

Fonte: Autores, 2026.

2.2. Fonte e tratamento dos dados

Os dados de nascidos vivos foram extraídos do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC) e os óbitos infantis foram extraídos do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), ambos pelo município de residência da mãe, do Departamento de Informação e Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS, 2024). A base cartográfica do estudo constituiu-se da malha territorial do estado de Minas Gerais, por municípios no formato shapefile, disponível no portal do IBGE (IBGE, 2024).

Para caracterizar os aspectos socioambientais de Minas Gerais foram elaborados mapas coropléticos (Martinelli, 2013) com a distribuição espacial da TMI, sendo o número de óbitos de crianças com menos de um ano de idade dividido pelo número de nascidos vivos multiplicado por mil. De 2021 a 2023, 113 municípios não apresentaram registro de óbitos infantis. Municípios pequenos, como o caso de Cedro do Abaeté com 1081 habitantes, registrou apenas um óbito infantil e 25 nascidos vivos, resultado numa taxa de mortalidade infantil elevada de 40. Para minimizar esse tipo de instabilidade das taxas de mortalidade infantil e a flutuação aleatória devido à existência municípios pequenos, foi usada a técnica de suavização por meio da taxa bayesiana empírica local. Essa técnica calcula a média ponderada entre a taxa de cada área e respectivas áreas vizinhas, com pesos proporcionais à população subjacente em risco. Áreas com populações pequenas

tenderão a ter taxas consideravelmente ajustadas, enquanto para populações maiores as taxas mudarão pouco (Anselin, 2024).

Também foram elaborados mapas coropléticos com os indicadores relacionados ao saneamento básico do censo de 2022 (IBGE, 2024), sendo os percentuais (%) de:

- Moradores que possuem ligação à rede geral de água e a utiliza como forma principal
- Moradores que possuem rede geral, rede pluvial ou fossa ligada à rede de esgoto.
- Moradores que possuem lixo coletado por serviço de limpeza.

Nos mapas coropléticos foram usadas cinco classes de intervalos na legenda, classificados pelo método do quantil. Os mapas foram elaborados no software ArcGIS 10.5. Na análise de associação, a variável dependente foi a taxa de mortalidade infantil de 2021 a 2023. As variáveis independentes, ou explicativas, foram os três indicadores relacionados ao saneamento básico, descritos acima. Foi utilizado o modelo autorregressivo espacial (Spatial Auto Regressive [SAR]) (Almeida, 2012; Bando et al., 2025), sendo gerada uma matriz de vizinhança do tipo rainha de primeira ordem. Esse modelo incorpora defasagens espaciais sobre a variável dependente no modelo clássico de regressão linear, dado pela equação 1:

$$y = \rho W_y + \varepsilon \quad (1)$$

Onde: W_y

- W_y : vetor n por 1 de defasagens espaciais para a variável dependente
- ρ : coeficiente autorregressivo espacial.

Ao incluir o conjunto de variáveis explicativas X em (1) tem-se a equação 2:

$$y = \rho W_y + X\beta + \varepsilon \quad (2)$$

Onde:

- X é uma matriz de variáveis explicativas e o restante da notação permanece o mesmo. O valor da variável dependente é determinado pela média dos valores observados na sua vizinhança (W_y), pelos valores das variáveis explicativas X e sejam influenciados aleatoriamente por um termo de erro (ε)

O modelo autorregressivo espacial foi executado no programa GeoDa 1.22 (Anselin, 2024).

O modelo de regressão deve seguir algumas premissas para garantir a validade dos resultados e serão abordadas a seguir. As variáveis independentes não devem apresentar

multicolinearidade, ou seja, elevada correlação entre si. A multicolinearidade é o grau em que uma variável pode ser explicada por outras variáveis na análise. Um alto grau de multicolinearidade dificulta a identificação do efeito individual de cada variável no modelo (Hair; Black; Babin; Anderson *et al.*, 2009). A presença de multicolinearidade foi verificada com a elaboração de uma matriz de correlação de Pearson entre as variáveis. Foi considerado nível relativamente alto de correlação para valores de coeficientes acima de 0,80 (para correlações positivas), ou abaixo de -0,8 (para correlações negativas), e valor de p inferior a 0,05 (Hair; Black; Babin; Anderson *et al.*, 2009). Há algumas premissas dos modelos de regressão relacionadas aos resíduos, como a normalidade de sua distribuição, que foi verificada pela análise de um histograma. Além disso, os resíduos devem satisfazer a premissa de homocedasticidade, ou seja, possuir variância constante. O teste de *Breusch-Pagan* foi usado para verificar a homocedasticidade dos resíduos. Por fim, os resíduos não devem apresentar autocorrelação espacial (Almeida, 2012). O índice de autocorrelação espacial global de Moran foi usado para verificar a autocorrelação espacial dos resíduos.

De acordo com a Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 2012a), o estudo utilizou dados secundários de domínio público do DATASUS (2024) e, portanto, não necessitou ser submetido à apreciação de Comitê de Ética em Pesquisa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A coleção de mapas a seguir representa a distribuição espacial da taxa de mortalidade infantil e os indicadores de saneamento básico, as variáveis independentes da análise (Figura 2). As macrorregiões de saúde Leste e Nordeste apresentaram as maiores taxas de mortalidade infantil. O município de Bertópolis da macrorregião Nordeste apresentou a maior taxa de mortalidade (39,6 óbitos infantis por mil nascidos vivos). As macrorregiões de saúde do Triângulo do Norte e do Sul apresentaram as menores TMI. Visualmente, é possível observar uma relação negativa entre a TMI e os indicadores de saneamento, sobretudo com a coleta de lixo e esgoto (Figura 2), sugerindo associação entre os fenômenos.

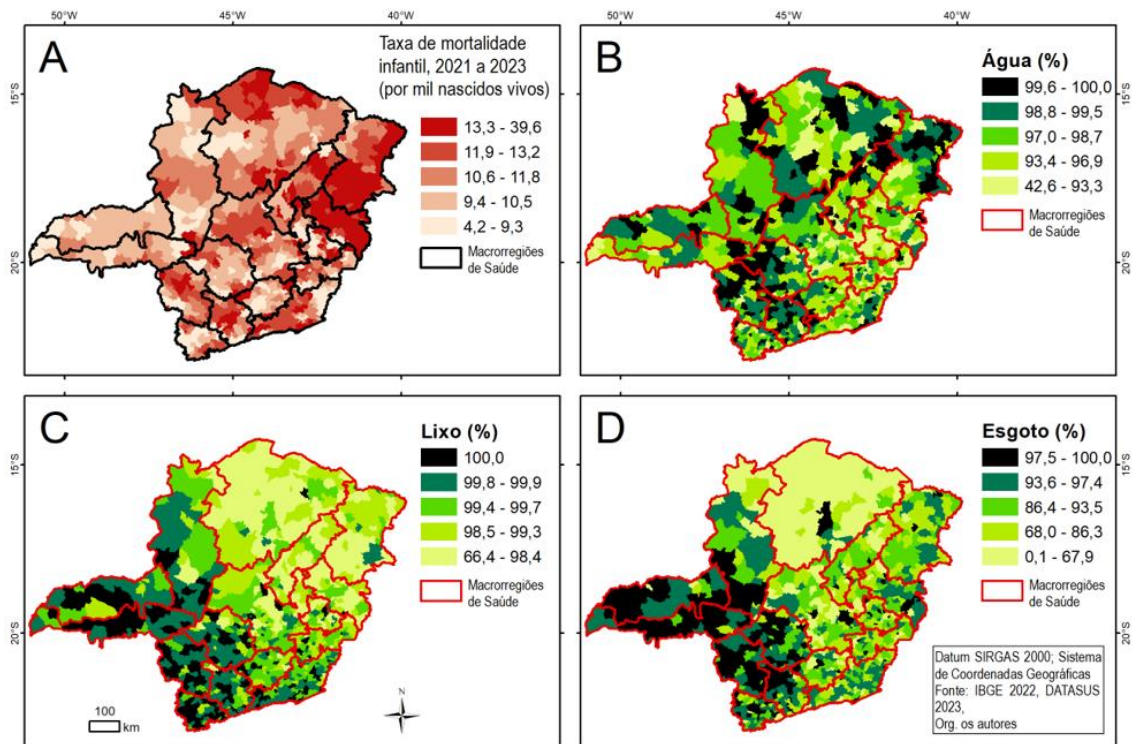


Figura 2 – Indicadores usados no modelo de regressão.

A) Taxa de mortalidade infantil (por 1000 nascidos vivos), B) Moradores que possuem ligação à rede geral de água (%), C) Moradores que possuem lixo coletado por serviço de limpeza (%), D) Moradores que possuem rede geral, rede pluvial ou fossa ligada à rede de esgoto (%).

Fontes: Autores, 2026.

A tabela a seguir apresenta a matriz de correlação das variáveis (Tabela 2). Há correlação positiva entre as variáveis independentes, porém inferior a 0,8, portanto sem sinal de multicolinearidade. A coleta de lixo foi a única variável que apresentou correlação negativa e significativa com a taxa de mortalidade infantil.

Tabela 1: Matriz de correlação entre as variáveis.

	TMI	Esgoto	Água
Esgoto	0,006		
Água	0,028	0,131*	
Lixo	-0,148*	0,373*	0,156*

*p<0,001

Fonte: Autores, 2026.

A tabela a seguir apresenta o resultado do modelo autorregressivo espacial. As variáveis lixo e esgoto entraram no modelo final, apenas lixo apresentou coeficiente estatisticamente significativo. O aumento de 10% de moradores que possuem coleta de lixo foi associado a uma diminuição de 0,8 óbitos infantis por mil nascidos vivos. O modelo apresentou um R² de 0,490, o que significa que o modelo, com as variáveis incluídas, é capaz de explicar cerca de 49% da variação na taxa de mortalidade infantil em Minas

Gerais. Esse resultado sugere que municípios com coleta de lixo universalizada tendem a apresentar uma administração pública mais estruturada e melhores condições socioeconômicas, fatores que em conjunto, possivelmente refletem na TMI.

Tabela 2: Variáveis associadas com a TMI no modelo autorregressivo espacial.

	Coefficiente	valor de p
Intercepto	10,209	0,004
Lixo	-0,079	0,033
Esgoto	0,002	0,368
Rho (ρ)	0,773	0,000

Fonte: Autores, 2026.

A validação do modelo foi confirmada pela análise dos resíduos. O histograma (Figura 3) demonstrou que os resíduos apresentaram distribuição normal. O valor do teste de Breusch-Pagan foi 1,306 ($p = 0,520$), indicando não haver evidência de heterocedasticidade. Por fim, os resíduos também não apresentaram dependência espacial significativa (Índice de Moran = 0,011; $p = 0,254$), atestando a adequação do modelo.

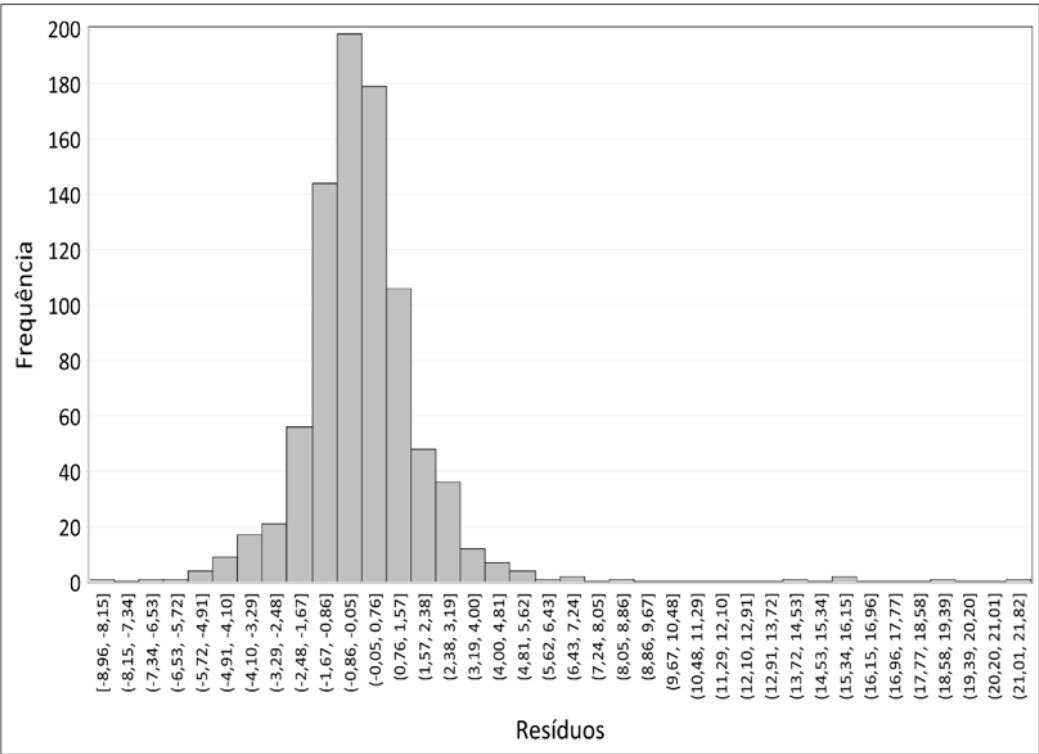


Figura 3 – Histograma com os valores dos resíduos.

Fonte: Autores, 2026.

Os resultados deste estudo confirmam a persistência das desigualdades nas distribuições da TMI em Minas Gerais, um padrão alinhado com investigações anteriores

que já apontavam as regiões norte e nordeste como áreas de maior vulnerabilidade, no período de 2003 a 2012 (Faria; Santana, 2016). O presente estudo identificou associação negativa da coleta de lixo com a TMI, resultado também encontrado em Pernambuco (Silva, 2016). Ferrari e Bertolozzi (2012) identificaram associação da mortalidade pós-neonatal com piores condições de infraestrutura urbana e sugerem que a coleta de lixo pode ser o reflexo de uma gestão municipal mais organizada. De forma contrastante, o estudo de Costa *et al.* (2020), que teve como unidade de análise os municípios do Piauí, encontrou um resultado diferente, uma associação positiva entre a TMI e a coleta de lixo, indicando que municípios com maior cobertura deste serviço apresentavam maiores taxas de mortalidade infantil. Tal achado evidencia como a dinâmica entre os indicadores de saneamento pode variar drasticamente entre as regiões. Por outro lado, estudos conduzidos em escala nacional com dados estaduais (Teixeira; Guilhermino, 2006), por microrregiões (Bühler *et al.*, 2014) e municípios, focando cidades de médio e grande porte (Fischer *et al.*, 2007), apontaram uma associação negativa entre a TMI e a cobertura de coleta de esgoto, sugerindo que a ampliação desse serviço está correlacionada à redução da mortalidade infantil.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo identificou áreas com maior TMI nas macrorregiões de saúde Leste, Nordeste, Jequitinhonha. Os resultados sugerem associação negativa entre a TMI e a coleta de lixo e indicam a necessidade de um enfoque regionalizado. É crucial investir em saneamento básico e outros aspectos socioambientais nas macrorregiões de saúde de maior vulnerabilidade, como o Norte, Nordeste, Leste e Jequitinhonha. Com isso, este trabalho serve como um guia técnico, oferecendo evidências para a tomada de decisões que visam combater as iniquidades sociais em Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas: Alínea, 2012.

ANSELIN, L. **GeoDa 1.22 Release Notes**. Chicago, IL: Center for Spatial Data Science, University of Chicago, 2024.

BANDO, D. H. Geografia da saúde mineira. In: FERREIRA, M. M.; VALE, A. R. L. (Org.). **Dinâmicas Geográficas no Sul de Minas Gerais**. Curitiba: Appris, 2018. p. 49-78.

BANDO, D. H.; CHIAVALLOTI NETO, F.; QUEIROZ, A. P. Stroke mortality negatively associated with health, education, and safety: an ecological study, Minas Gerais, 2014-2022. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 35, e20240820, 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. Aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Diário Oficial da União, Brasília, 2012a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Saúde Brasil 2019**: uma análise da situação de saúde com enfoque nas doenças imunopreveníveis e na imunização. Brasília: Ministério da Saúde, 2019.

BÜHLER, H. F.; IGNOTTI, E.; NEVES, S. M. A. S.; HACON, S. S. Análise espacial de indicadores integrados determinantes da mortalidade por diarreia aguda em crianças menores de 1 ano em regiões geográficas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 10, p. 4131-4140, 2014.

CARVALHO, M. S.; CRUZ, O. G. Análise espacial por microáreas: métodos e experiências. In: VERAS, R. P. (Org.). **Epidemiologia: contextos e pluralidade**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 1998. p. 79-89.

COSTA, D. R.; REGO, A. G. S.; SOUZA, L. G. M.; FALÇÃO, B. P. Associação entre taxa de mortalidade infantil e indicadores de habitação e saneamento: um guia para tomada de decisão em medicina preventiva e social. **Revista de Administração em Saúde**, v. 20, n. 79, p. 19, 2020.

FARIA, R.; SANTANA, P. Variações espaciais e desigualdades regionais no indicador de mortalidade infantil do estado de Minas Gerais, Brasil. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 736-749, 2016.

FERRARI, R. A. P.; BERTOLOZZI, M. R. Mortalidade pós-neonatal no território brasileiro: uma revisão de literatura. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, São Paulo, v. 46, n. 5, p. 1207-1214, 2012.

FERREIRA, P. S. F.; MOTA, P. C.; SOUZA, T. C.; SILVA, T. P.; OLIVEIRA, J. F.; SANTOS, A. S. P. Avaliação preliminar dos efeitos da ineficiência dos serviços de saneamento na saúde pública brasileira. **Revista Internacional de Ciências**, v. 6, n. 2, p. 214-229, 2016.

FISCHER, T. K.; LIMA, D.; ROSA, R.; OSÓRIO, D.; BOING, A. F. A mortalidade infantil no Brasil: série histórica entre 1994-2004 e associação com indicadores socioeconômicos em municípios de médio e grande porte. **Medicina**, Ribeirão Preto, v. 40, n. 4, p. 559-566, 2007.

FRANÇA, E.; SOUZA, J. M.; GUIMARÃES, M. D. C.; GOULART, E. M. A.; COLOSIMO, E.; ANTUNES, C. M. F. Associação entre fatores sócio-econômicos e mortalidade infantil por diarreia, pneumonia e desnutrição em região metropolitana do Sudeste do Brasil: um estudo caso-controle. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1437-1447, 2001.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; SANT'ANNA, M. A. G. A. S. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HELLER, L. **Saneamento e Saúde**. 1997. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

KROPIWIEC, M. V.; FRANCO, S. C.; AMARAL, A. R. F. Fatores associados à mortalidade infantil com índice de desenvolvimento humano elevado. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 35, n. 4, p. 391-398, 2017.

LONGLEY, P. A. *et al.* **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MAGALHÃES, M. A. F. M. *et al.* Sistemas de Informações Geográficas em saúde. In: BRASIL. Ministério da Saúde. **Abordagens espaciais na saúde pública**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 2013.

SILVA, L. S. *et al.* Análise espacial da mortalidade infantil e associação com indicadores socioeconômicos no estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 25, e202322pt, 2023.

SILVA, T. J. J. Os determinantes socioeconômicos da mortalidade infantil nos anos de 2000 e 2010: evidências empíricas para municípios pernambucanos. **Perspectivas online: ciências humanas e sociais aplicadas**, Campos dos Goytacazes, v. 17, n. 6, p. 01-13, 2016.

TEIXEIRA, J. C.; GUILHERMINO, R. L. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados de indicadores e dados básicos para a saúde 2003. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 277-282, 2006.

TEIXEIRA, J. C.; SOUZA, A. O.; ALMEIDA, S. C. V. Associação entre saneamento, condições de vida e mortalidade infantil em Minas Gerais, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 397-402, 2014.

Recebido: 25/06/2026

Aceito: 03/09/2026