

ANÁLISE ESPACIAL DA COBERTURA VACINAL CONTRA POLIOMIELITE NO ESTADO DE MINAS GERAIS: ESTUDO ECOLÓGICO

 <https://doi.org/10.56238/arev7n3-268>

Data de submissão: 26/02/2025

Data de publicação: 26/03/2025

Leny Martins Costa Gomes

Mestre em Saúde Coletiva
Universidade Católica de Santos
Santos, São Paulo, Brasil.
E-mail: lenycgomes@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4388-9295>
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/1852351676577863>

Lourdes Conceição Martins

Doutora em Saúde Coletiva
Universidade Católica de Santos
Santos, São Paulo, Brasil.
E-mail: lourdesc@unisantos.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9996-2725>
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/6226806718300375>

Daniel Alberto Pamplona

Doutor em Ciências
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Sao Jose dos Campos, São Paulo, Brasil.
E-mail: pamplonadefesa@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2800-7074>
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/1823965995904675>

Nairmara Soares Pimentel Cunha

Doutora em Ciências da Saúde
Universidade de São Paulo (USP)
São Paulo, Brasil
E-mail: nairmarabb@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6825-6174>
LATTES: <https://lattes.cnpq.br/5189744367326649>

Elda de Oliveira

Doutora em Ciências da Saúde
Universidade Católica de Santos
Santos, São Paulo, Brasil.
E-mail: eldadeoliveira@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9973-0948>
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/1010012971195665>

Ricardo Alves de Olinda
Doutor em Estatística
Universidade Estadual da Paraíba
Campina Grande, Paraíba, Brasil
E-mail: prof_ricardo@servidor.uepb.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0509-8428>
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/7767223263366578>

Alfésio Luís Ferreira Braga
Doutor em Medicina
Universidade Católica de Santos
Santos, São Paulo, Brasil.
E-mail: alfesio@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3254-3029>
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/3833285539319613>

Ysabely de Aguiar Pontes Pamplona
Doutora em Saúde Coletiva
Universidade Católica de Santos
Santos, São Paulo, Brasil.
E-mail: ysabelypontes@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6585-1349>
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/2275491462987576>

RESUMO

Objetivo: avaliar a taxa de cobertura vacinal da Poliomielite no estado de Minas Gerais e sua dinâmica espacial no período de 2016 a 2021. Métodos: Estudo ecológico, com a coleta das taxas de cobertura vacinal dos municípios de Minas Gerais, no período de 2016 e 2021, obtidos do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil. A análise foi realizada por meio das técnicas de geoprocessamento e autocorrelação utilizando o Índice Global de Moran e o Índice Local de Associação Espacial. Resultados: A análise espacial apresentou a existência de agrupamentos espaciais específicos na distribuição das taxas de cobertura vacinal entre os municípios de Minas Gerais. Foram identificados clusters de municípios com altas taxas de cobertura vacinal (Alto-Alto) e clusters com baixas taxas de cobertura (Baixo-Baixo), indicando de áreas com desempenhos vacinais similares. A autocorrelação espacial, em alguns anos, indicou que as taxas de cobertura vacinal de municípios limítrofes influenciam as taxas de cobertura vacinal. Conclusão: A dinâmica espacial aponta a influência dos fatores socioeconômicos e culturais na cobertura vacinal contra a Poliomielite em Minas Gerais.

Palavras-chave: Imunização. Índice de Moran. Poliomielite.

1 INTRODUÇÃO

Os baixos títulos de anticorpos contra a poliomielite em adultos jovens, associados à baixa adesão à vacinação, reacendem a preocupação com a reintrodução do poliovírus em países onde a doença foi erradicada^{1,2}. No Brasil, o Ministério da Saúde adotou um esquema vacinal para a poliomielite que inclui três doses da Vacina Inativada (VIP) aos dois, quatro e seis meses de vida, seguidas por uma dose da Vacina Atenuada (VOP) aos 15 meses, com reforço aos quatro anos². Apesar do esquema vacinal estabelecido, observa-se uma tendência de queda na cobertura vacinal, incluindo VIP e VOP, entre 2006 e 2016, embora com variações entre os municípios brasileiros³⁻⁵.

Em determinadas regiões de Minas Gerais, essa tendência de queda na cobertura vacinal contra a poliomielite foi observada entre 2015 e 2020⁶. Nesse contexto, é essencial considerar as particularidades dos municípios e unidades administrativas ao formular planos e estratégias de imunização, visando identificar demandas não atendidas, manifestadas como bolsões de indivíduos em certas localidades⁶⁻⁸.

Portanto, o presente estudo busca avaliar a taxa de cobertura vacinal da Poliomielite no estado de Minas Gerais e sua dinâmica espacial no período de 2016 a 2021. Nessa perspectiva, justifica-se a importância científica deste estudo para a identificar áreas de maior vulnerabilidade da poliomielite e direcionar intervenções em saúde.

2 MÉTODO

Estudo ecológico, desenvolvido com dados secundários obtidos do banco de dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) do Brasil. Estudo desenvolvido considerando a taxa de cobertura vacinal da vacina da Poliomielite, disponível no Calendário Nacional de Vacinação, em crianças < 1 ano para cada um dos 854 municípios de Minas Gerais, Brasil. O recorte temporal utilizado foi o período de 2016 a 2021.

O cálculo da taxa de cobertura vacinal foi realizado por tipo de vacina, como numerador foi utilizado o total de doses aplicadas, dados extraídos do Sistema de Informação Informatizado do Programa Nacional de Imunizações (SI-PNI). E, o denominador foi composto pelos dados de nascidos vivos por município de Minas Gerais, obtidos do Sistema Nacional de Informação de Nascidos Vivos (SINASC), fornecidos pelo Ministério da Saúde. Ademais, para obter a visão real da cobertura vacinal nos municípios, o cálculo foi realizado por tipo de antígeno e agrupado para incluir as vacinas aplicadas na rede pública e privada. A definição da cobertura vacinal adequada seguiu as metas preconizadas pelo Programa Nacional de Imunização (PNI), sendo 95% para Poliomielite⁹.

A análise da dinâmica espacial foi calculada pela cobertura vacinal por município, entre 2016 a 2021, e com base nas categorias estabelecidas, construíram-se mapas temáticos. Os mapas foram elaborados utilizando geoprocessamento com o auxílio do Sistema de Informação Geográfica (SIG), técnicas de análise espacial e cartografia temática. A base cartográfica dos municípios foi obtida do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística¹⁰, com projeção geográfica e Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000. O software QGIS (versão 3.10) foi utilizado, com os arquivos inseridos no formato shapefile dos municípios.

A análise de autocorrelação espacial foi realizada utilizando o Índice Global de Moran para realizar avaliação abrangente do estado global e para demonstrar as autocorrelações espaciais entre os municípios. Os valores $p > 0,05$ indicam ausência de autocorrelação, enquanto $p \leq 0,05$ indicam presença de autocorrelação espacial⁵.

Além disso, foi calculado o Índice Local de Associação Espacial, que permite identificar padrões específicos de autocorrelação espacial em nível local e revela como as taxas de cobertura vacinal em cada município se relacionam com as taxas de seus vizinhos. Para essa identificação, foram criados o Mapa LISA, o gráfico de dispersão de Moran e o Mapa de Moran¹¹.

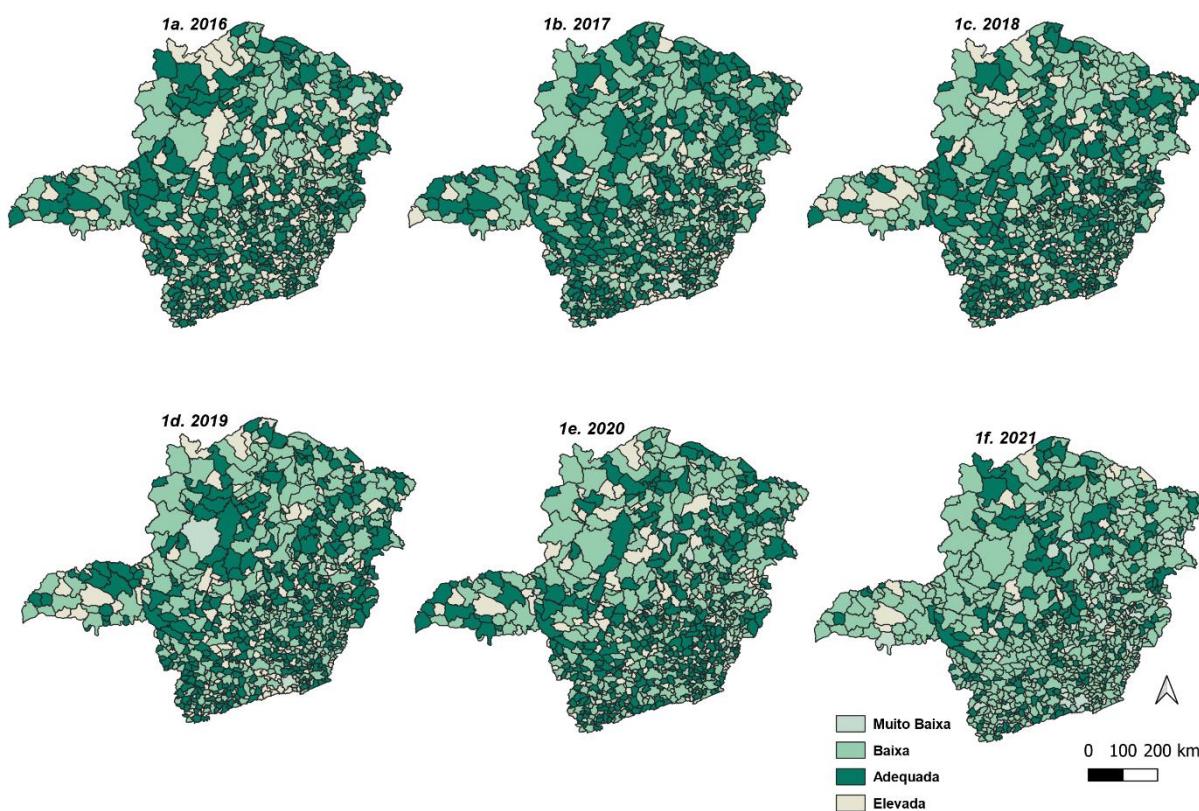
Os dados foram apresentados de forma descritiva, em figuras e tabela com auxílio do *software Microsoft Office Word* versão 2010. A discussão dos resultados ocorreu de forma analítica e interpretativa com base na literatura da saúde coletiva vigente.

O estudo foi orientado pelo guia *Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology* (STROBE), conforme a Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde. Por se tratar de um estudo com dados secundários, não foi necessária aprovação do comitê de ética em pesquisa.

3 RESULTADOS

A análise da cobertura vacinal de 2016 a 2021 aponta a existência de variabilidade do padrão da cobertura de imunização. Apesar de apresentar bons padrões vacinais para grande parte dos polígonos, há persistência de áreas com baixa cobertura ($\geq 50\%$) ou muito baixa ($< 50\%$), sendo acentuado no ano de 2021 (FIGURA 1).

FIGURA 1 - Distribuição espacial da cobertura vacinal da Poliomielite, de 2016-2021, por município, no estado de Minas Gerais, Brasil. Fonte: Estimativas com base nos dados do SI-PNI, SINASC e DATASUS.



Na Figura 1, estão sinalizados em verde a distribuição espacial da cobertura vacinal da Poliomielite, mostrando a redução progressiva no número de municípios com cobertura vacinal adequada durante os anos de 2016-2021. Há a existência de padrões de distribuição espacial com agrupamentos ou concentrações em determinadas áreas.

Na apresentação do Índice de Moran Global pela matriz de ponderação rainha de primeira ordem (TABELA 1), observa-se que os anos de 2016, 2018 e 2021 não apresentaram autocorrelação espacial ($p > 0,05$) e nos anos 2017, 2019 e 2020 apresenta autocorrelação espacial ($p \leq 0,05$). As taxas de cobertura vacinal não apresentaram distribuição espacialmente dependente e, portanto, não houve tendência consistente de agrupamento ou disseminação de altas ou baixas coberturas vacinais em áreas próximas.

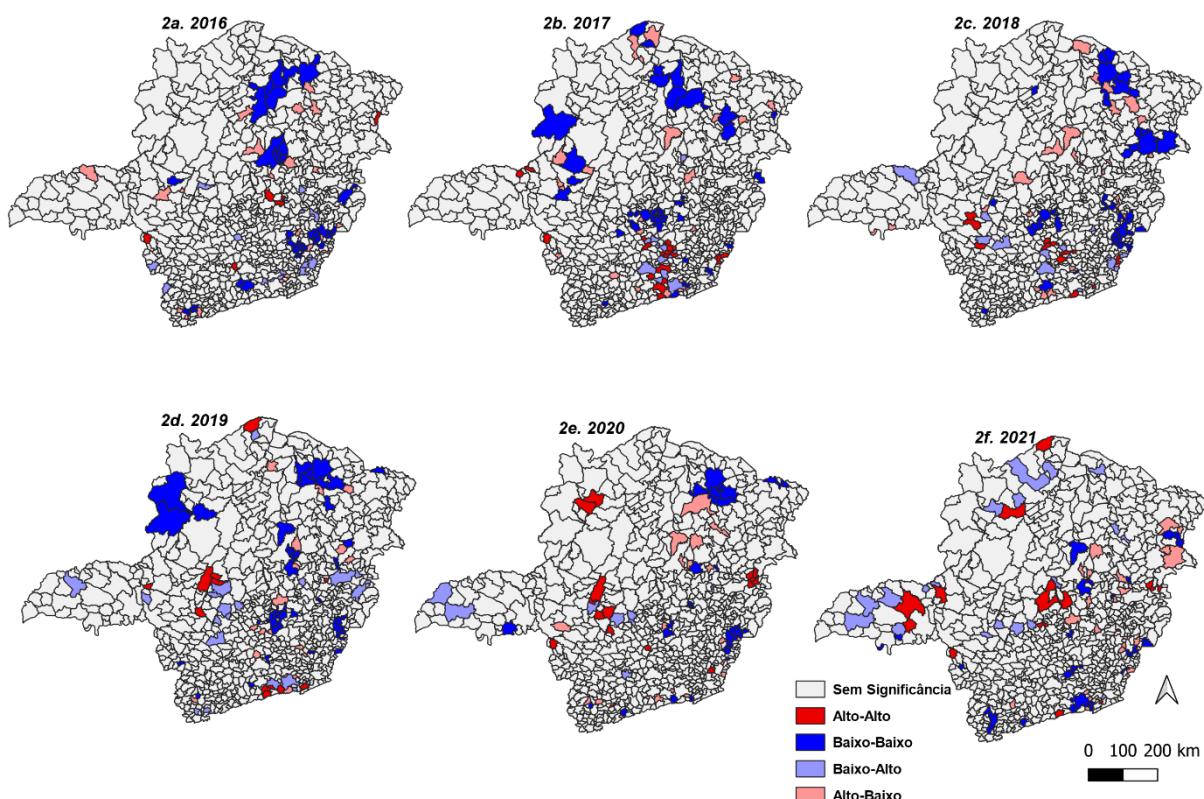
Tabela 1 - Índice de Moran Global por ano com base na cobertura vacinal da Poliomielite de 2016 a 2021, por município, no estado de Minas Gerais, Brasil.

Pólio	Moran Global	p valor
2016	0,018	0,199
2017	0,092	0,002

2018	0,028	0,077
2019	0,035	0,050
2020	0,041	0,024
2021	-0,004	0,444

Fonte: Estimativas com base nos dados do SI-PNI, SINASC e DATASUS

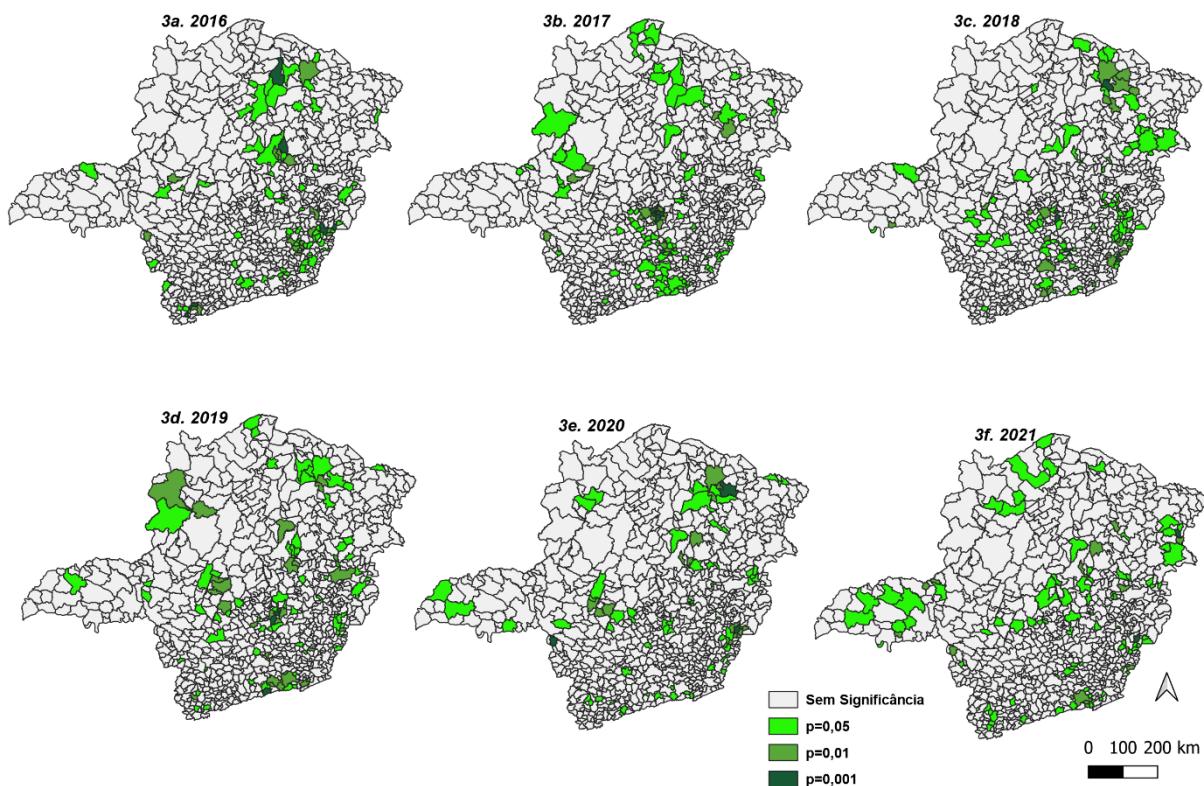
FIGURA 2 - Moran Map - áreas com autocorrelação da cobertura vacinal da Poliomielite nos anos de 2016-2021 nos municípios do Estado de Minas Gerais, Brasil. Fonte: Estimativas com base nos dados do SI-PNI, SINASC e DATASUS.



O Moran Map (FIGURA 2) evidencia que ao longo dos anos analisados há baixo número de municípios classificados como Alto-Alto (vermelho). Em 2016, apenas 06 municípios se encontravam no cluster Alto-Alto. Ao longo dos demais anos, há tendência de aumento no número desses municípios, porém ainda limitado. No ano de 2017 ocorreu envolvimento de 20 municípios, enquanto nos demais anos varia entre 14 e 16 municípios.

No Moran Map também foram observados clusters de municípios com baixa cobertura vacinal, localizados próximos a municípios com taxa média de cobertura vacinal Baixo-Baixo (azul). Esses clusters indicam a existência de áreas geograficamente concentradas com taxas de cobertura vacinal insuficientes.

FIGURA 3 - Lisa Map - áreas com autocorrelação da cobertura vacinal da Poliomielite nos anos de 2016-2021 nos municípios do Estado de Minas Gerais, Brasil. Fonte: Estimativas com base nos dados do SI-PNI, SINASC e DATASUS.



No Lisa Map (FIGURA 3) observa-se diferentes tipos de clusters que indicam a presença de padrões espaciais específicos. Os municípios em verde escuro representam os clusters com maiores níveis de significância (p -valor $< 0,001$). O verde mais claro corresponde ao nível de significância a 5% (p -valor $< 0,05$) e a cor verde intermediária indica nível de significância a 1% (p -valor $< 0,01$). Ressalta-se que os clusters identificados apontam padrões espaciais que refletem a dependência espacial significativa entre as taxas de cobertura vacinal dos municípios limítrofes.

Nessa análise foram identificadas áreas com alta taxa de cobertura vacinal cercadas por municípios com o mesmo padrão (clusters Alto-Alto). Esses clusters indicam concentração de municípios com bom desempenho vacinal formando ilhas de proteção contra a Poliomielite. Por outro lado, os municípios nos clusters de Baixo-Baixo indicam municípios com baixa taxa de cobertura vacinal cercadas por municípios com o mesmo padrão. Esses clusters destacam áreas geograficamente próximas com desafios semelhantes em relação à imunização, exigindo atenção especial.

4 DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo indicam uma tendência de declínio na adesão à vacinação contra a Poliomielite nos municípios de Minas Gerais entre 2016 e 2021. A diminuição progressiva nas categorias de cobertura vacinal adequada e elevada são acompanhadas por aumento no número absoluto de municípios classificados como baixo e muito baixo. Essa mudança indica redução na proteção coletiva contra a Poliomielite.

Para enfrentar os desafios relacionados à imunização, são necessárias abordagens multifacetadas, devido à complexidade do tema. No Brasil, a cobertura vacinal é influenciada por fatores como o acesso limitado aos serviços de saúde, a falta de informações sobre as vacinas e a desconfiança em relação aos imunizantes¹². Diante disso, nas análises é fundamental considerar os fatores que impactam a adesão e a cobertura vacinal, como os contextos geográficos, temporais e fatores socioeconômicos^{13,14}.

Além desses desafios, o Programa Nacional de Imunização, uma das políticas de saúde mais bem-sucedidas do país, enfrenta dificuldades de recursos financeiros¹². O subfinanciamento do programa resulta em escassez de vacinas e interrupção nos programas de imunização. Por isso, o fortalecimento do programa é crucial para garantir que o Brasil continue avançando na imunização de sua população, especialmente em áreas geográficas com baixa cobertura vacinal.

Nesse aspecto, estudo que realizou análise espacial da cobertura vacinal em Minas Gerais, revelou agrupamentos geográficos com risco de baixa cobertura vacinal, o fator crítico que emergiram foram os socioeconômicos, principalmente a renda per capita de até meio salário mínimo. Assim, a melhora do Índice de Responsabilidade Social de Minas Gerais e a proporção da população pobre ou extremamente pobre também são determinantes no alcance das metas de cobertura vacinal¹⁵.

O Índice de Moran Global variou ao longo dos anos analisados, indicando a presença de padrões espaciais específicos em diferentes períodos e áreas geográficas prioritárias para o investimento de recursos e a implementação de ações que melhorem a cobertura vacinal. Complementarmente, a autocorrelação local, identificada pelo LISA Map, revelou clusters de Alto-Alto e Baixo-Baixo, ressaltando a necessidade de abordagens diferenciadas e adaptadas a cada área geográfica, considerando que existem regiões de maior vulnerabilidade em relação à cobertura vacinal, assim como outras onde as estratégias de imunização têm demonstrado sucesso.

Os clusters identificados nas análises indicam áreas geograficamente concentradas com padrões semelhantes de cobertura vacinal e sugerem a necessidade de intervenções específicas em determinadas regiões. Esses achados reforçam a necessidade de incluir campanhas de conscientização

direcionadas a regiões específicas. Ademais, melhorias na infraestrutura de saúde e estratégias para superar possíveis barreiras logísticas do Programa Nacional de Imunização¹².

Nesse sentido, a análise espacial associada a técnicas de estatísticas espaciais são ferramentas fundamentais, para compreender a dinâmica da cobertura vacinal e suas disparidades e identificar áreas vulneráveis denominadas “bolsões de não vacinação”. Essas análises possibilitam que os gestores de saúde pública direcionam recursos de maneira eficaz e os profissionais implementem estratégias de intervenção que alcancem as metas (95% de cobertura vacinal) do Programa Nacional de Imunização. Além disso, a capacidade de analisar a homogeneidade da cobertura vacinal em escala contribui para a formulação de políticas direcionadas, promovendo a proteção da saúde de forma equitativa¹⁶.

Considerando a poliomielite em outras regiões do Brasil, um estudo sobre a análise espacial da cobertura vacinal em crianças menores de um ano, realizado por mesorregiões da Paraíba, revelou uma trajetória alarmante: menos de 50% das comunidades paraibanas foram adequadamente vacinadas durante os dois anos analisados. Na mesorregião da Mata Paraibana, 63,3% dos municípios estavam na categoria de baixo cobertura vacinal em 2016 e 73,3% em 2017. Observa-se que os percentuais aumentaram durante os anos investigados, com exceção da região Meso do Sertão Paraibano, onde os percentuais diminuíram¹⁶.

A análise temporal dos dados indica que a tendência de declínio na cobertura vacinal se intensificou em 2021, tornando a situação ainda mais crítica. É provável que a pandemia da COVID-19¹⁷ tenha impactado negativamente a cobertura vacinal. Segundo Lopes Júnior et al.¹⁸, esse problema ocorreu devido à interrupção dos serviços de saúde e às medidas de distanciamento social, que criaram obstáculos ao acesso às vacinas e resultaram em uma menor adesão à vacinação. Tais situações exigem ação imediata das autoridades de saúde e gestores públicos.

Os dados apresentados destacam a importância das análises espaciais para identificar regiões que necessitam de atenção especial e intervenções eficazes. E as estratégias de emergência, como campanhas locais de vacinação intensivas e comunicação de risco eficazes, são necessárias para reverter essa tendência. Pois, para garantir o sucesso das estratégias de intervenção é fundamental envolver as comunidades locais, ouvir suas preocupações e necessidades e construir parcerias sólidas entre as autoridades de saúde, profissionais da área e líderes comunitários. A confiança da população nas vacinas é um componente essencial para alcançar altas taxas de cobertura vacinal.

Além disso, existem desafios significativos na previsão das necessidades de vacinas contra a Poliomielite, que são: desvios na execução dos planos que fundamentam essas previsões; falta de alinhamento nas estratégias e objetivos entre os parceiros do Programa Global de Erradicação da Pólio

e outras partes essenciais; questões de financiamento e incerteza em relação aos prazos de desenvolvimento e licenciamento das novas vacinas contra a poliomielite; e características de desempenho em campo¹⁹.

As dificuldades expostas no texto contribuem para as divergências ao longo do tempo entre oferta e demanda das vacinas, resultando em impactos negativos, como excesso e escassez de suprimentos, que acarretam custos adicionais e casos potencialmente evitáveis de poliomielite. Com base em nossas descobertas e na literatura recente¹⁹, é crucial melhorar a coordenação, o planejamento e o financiamento para assegurar um suprimento adequado de vacinas.

5 CONCLUSÃO

Os padrões de distribuição espacial das taxas de cobertura vacinal de Minas Gerais apresentam agrupamentos em áreas específicas do estado. Destaca-se a necessidade de desenvolver modelos preditivos da evolução das taxas de cobertura vacinal e comparar os resultados da cobertura vacinal em Minas Gerais com outras regiões do Brasil e do mundo para identificar boas práticas em imunização contra poliomielite e planejar estratégias de imunização.

REFERÊNCIAS

Kemp B, Aranda CMSDS, Barrera LSGS. Situação e desafios da vacinação global e nas Américas. In: Barbieri CLA, Martins LC, Pamplona YAP, organizadores. *Imunização e cobertura vacinal: passado, presente e futuro*. São Paulo: Editora Universitária Leopoldianum; 2021. p. 15-35.

Cunha NSP, Fahrat SCL, Olinda RA, Braga ALF, Barbieri CLA, Pamplonaet YAP et al. Spatial analysis of vaccine coverage on the first year of life in the northeast of Brazil. *BMC Public Health* 2022; 22(1204).

Barcelos RS, Santos IS, Munhoz TN, Blumenberg C, Bortolotto CC, Matijasevich A et al. Vaccination coverage in children up to 2 years old, receiving financial support from the Family Income Transfer Program, Brazil. *Epidemiol Serv Saude* 2021; 30(3):e2020983.

Buffarini R, Barros FC, Silveira MF. Vaccine coverage within the first year of life and associated factors with incomplete immunization in a Brazilian birth cohort. *Arch Public Health* 2020; 78(21).

Souza JFA, Silva TPR, Silva TMR, Amaral CD, Ribeiro EEN, Vimieiro AM et al. Vaccination coverage in children under one year of age in Minas Gerais state, Brazil. *Cien Saude Coletiva* 2022; 27(9):3659–67.

Pacheco FC, França GVA, Elidio GA, Domingues CMAS, Oliveira C, Guilhem DB. Trends and spatial distribution of MMR vaccine coverage in Brazil during 2007–2017. *Vaccines (Basel)* 2019;37(20):2651-5.

Araujo NVDLD, Franco ALDMX, D'agostini TL. Atualização do cenário mundial da Poliomielite e o risco de reintrodução do póliovírus no estado de São Paulo - Nota Informativa Conjunta nº 01/2022 - DDTHA/DVIMUNI/CVE/CCD/SES-SP. 2022;11.

Müller-nordhorn, J, Neumann K, Kei T, Willich SN, Binting S. State-level trends in sudden unexpected infant death and immunization in the United States: an ecological study. *BMC Pediatr* 2021; 21(274).

Brasil. Ministério da Saúde. Avaliação dos indicadores de desempenho da vacinação do Programa Nacional de Imunizações e os desafios para elevar as coberturas vacinais no Brasil. Saúde Brasil 2019: uma análise da situação de saúde com enfoque nas doenças imunopreveníveis e na imunização. Brasília: Ministério da Saúde; 2019. p. 369–403.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha digital. 2021.

Donalisio MR, Boing AC, Sato APS, Martinez EZ, Xavier MO, Almeida RLF et al. *Cien Saude Coletiva* 2023; 28(2):337-350.

Pamplona YAP, Nascimento AMV, Olinda RA, Barbieri CLA, Braga ALF, Martinset LC. Spatial analysis of measles vaccination coverage in the State of São Paulo. *BMC Public Health* 2023; 23:29. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14797-z>

Arroyo LH, Ramos ACV, Yamamura M, Heck WT, Crispim JA, Cartagena-Ramos D et al. Áreas com queda da cobertura vacinal para BCG, poliomielite e tríplice viral no Brasil (2006-2016): mapas da heterogeneidade regional. *Cad Saude Publica* 2020; 36(4):e00015619.

Césare N, Mota TF, Lopes FFL, Lima ACM, Luzardo R, Quintanilha LF et al. Longitudinal profiling of the vaccination coverage in Brazil reveals a recent change in the patterns hallmarked by differential reduction across regions. *Int J Infect Dis* 2020; 98:275-80.

Pereira MAD, Arroyo LH, Gallardo MDPS, Arcêncio RA, Gusmão JD, Amaral GG et al. Cobertura vacinal em menores de um ano e fatores socioeconômicos associados: mapas da heterogeneidade espacial. *Rev Bras Enferm* 2023; 76(4):e20220734.

Cunha NSP, Olinda RA, Sylvia CLF, Barbieri CLA, Braga ALF, Pamplona YAP et al. Spatial analysis of vaccine coverage in children under the age of 1 year by mesoregions in Paraíba a northeastern Brazilian state. *PLoS One* 2023;18(7):e0288651, 2023.

Bramer CA, Kimmins LM, Swanson R, Kuo J, Vranesich P, Jacques-Carroll LA et al. Decline in Child Vaccination Coverage During the COVID-19 Pandemic - Michigan Care Improvement Registry. *Am J Transplant*. 2020; 69(20):630-631. doi: 10.15585/mmwr.mm6920e1.

Lopes Júnior LC, Souza TM, Sobreira LB, Daleprane CLV, Denadai IR, Martins NB et al. Analysis of vaccine coverage during the COVID-19 pandemic in Vitória, Brazil. *J Hum Growth Dev*. 2021; 31(3):387–97.

Thompson KM, Kalkowska DA, Badizadegan K. Oral polio vaccine stockpile modeling: insights from recent experience. *Expert Rev Vaccine* 2023; 22(1):813-25.