

Distribuição espacial das notificações de erros de imunização no estado de Minas Gerais, Brasil

Spatial distribution of immunization error notifications in the state of Minas Gerais, Brazil

Distribución espacial de las notificaciones de errores de inmunización en el estado de Minas Gerais, Brasil

Wiara Viana Ferreira <https://orcid.org/0000-0003-3524-135X>¹; Luiz Henrique Arroyo <https://orcid.org/0000-0003-3302-0502>²; Rillary Carvalho dos Santos <https://orcid.org/0009-0008-5955-8005>¹; Thayane Ingrid Xavier de Andrade <https://orcid.org/0000-0002-6561-7509>¹; Eliete Albano de Azevedo Guimarães <https://orcid.org/0000-0001-9236-8643>¹; Valéria Conceição de Oliveira <https://orcid.org/0000-0003-2606-9754>¹

Resumo A vacinação é uma intervenção essencial, embora sujeita a erros, o que torna fundamental a notificação desses casos para garantir a segurança durante o processo de imunização. O objetivo foi identificar aglomerados espaciais de notificações de erro de imunização no estado de Minas Gerais e fatores associados. Trata-se de um estudo ecológico conduzido com base nas recomendações do STROBE nos 853 municípios de Minas Gerais, a partir das notificações de erros de imunização no período de 2015 a 2019. Realizou-se estatística de varredura para identificar agrupamentos espaciais e modelo generalizado para fatores associados. A análise espacial revelou aglomerados com baixa notificação de erro de imunização, em todas as macrorregiões do estado. Identificou-se uma associação positiva entre a notificação de erro de imunização e a população menor de um ano, com Risco Relativo de 1,004 (IC95%=1,002-1,006). Assim, um aumento de cinco crianças menores de um ano em um município mineiro, está associado a 1,84% (aproximadamente 2%) mais chance de ser notificado de um erro de imunização. Este estudo poderá subsidiar medidas prioritárias para estratégias adaptadas a cada macrorregião, garantindo vigilância mais eficiente e pontual nessas localidades.

Palavras-chave Erros de Medicação, Imunização, Segurança do Paciente, Análise espacial, Eventos Adversos

Abstract Vaccination is an essential intervention, although subject to errors, which makes it essential to report these cases to ensure safety during the immunization process. The objective was to identify spatial clusters of immunization error notifications in the state of Minas Gerais and associated factors. This is an ecological study based on the STROBE recommendations in the 853 municipalities of Minas Gerais, based on immunization error notifications from 2015 to 2019. Scan statistics were used to identify spatial clusters and a generalized model for associated factors. The spatial analysis revealed clusters with low immunization error notification in all of the state's macro-regions. A positive association was found between the notification of immunization errors and the population under one year old, with a Relative Risk of 1.004 (95%CI=1.002-1.006). Thus, an increase of five children under the age of one in a municipality in Minas Gerais is associated with a 1.84% (approximately 2%) greater chance of being notified of an immunization error. This study could support priority measures for strategies adapted to each macro-region, ensuring more efficient and timely surveillance in these locations.

Key words Medication Errors, Immunization, Patient Safety, Spatial Analysis, Adverse Events

Resumen La vacunación es una intervención esencial, aunque sujeta a errores, lo que hace imprescindible la notificación de estos casos para garantizar la seguridad durante el proceso de inmunización. El objetivo fue identificar clusters espaciales de notificación de errores de inmunización en el estado de Minas Gerais y factores asociados. Se trata de un estudio ecológico basado en las recomendaciones STROBE en los 853 municipios de Minas Gerais, a partir de las notificaciones de errores de inmunización de 2015 a 2019. Se utilizaron estadísticas de exploración para identificar clústeres espaciales y un modelo generalizado para los factores asociados. El análisis espacial reveló clústeres con baja notificación de errores de inmunización en todas las macrorregiones del estado. Se identificó una asociación positiva entre la notificación de errores de inmunización y la población menor de un año, con un Riesgo Relativo de 1,004 (IC95%=1,002-1,006). Así, un aumento de cinco niños menores de un año en un municipio de Minas Gerais se asocia con una probabilidad 1,84% (aproximadamente 2%) mayor de ser notificado de un error de inmunización. Este estudio podría subsidiar medidas prioritarias para estrategias adaptadas a cada macrorregión, garantizando una vigilancia más eficiente y oportuna en estas localidades.

Palabras clave Errores de Medicación, Inmunización, Seguridad del Paciente, Análisis Espacial, Eventos Adversos

¹ Universidade Federal de São João del-Rei. Praça Frei Orlando 170, Centro. 36307-352 São João del-Rei MG Brasil. wiaravianaenf@gmail.com

² Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto SP Brasil.

Introdução

A vacinação desempenha um papel essencial e constitui uma das medidas mais eficazes na prevenção de doenças imunopreveníveis¹, porém não está isenta de erros². Erros são inevitáveis devido à natureza humana³. Nesse sentido, a notificação de erros de imunização emerge como um elemento fundamental para garantir a segurança durante o processo de vacinação^{4,5}.

O Programa Nacional de Imunizações (PNI), desde 1991, investe na criação de um Sistema Nacional de Vigilância dos Eventos Adversos Pós-Vacinação, reconhecendo a possibilidade de erros de imunização e eventos associados à vacinação ou imunização (ESAVI)⁶. Esse sistema permite a notificação, investigação e monitoramento de condutas padronizadas diante de ocorrências⁶.

Globalmente, os profissionais de saúde têm a obrigação de notificar ESAVI e erros, e a maioria concorda que essa prática é fundamental para aumentar a segurança dos pacientes⁷. Entretanto, o receio de punição pode levar à subnotificação desses eventos⁸.

Uma revisão integrativa identificou que na maioria dos estudos incluídos (87,5%), os profissionais participantes reconheceram a subnotificação de eventos ou erros como uma realidade nos serviços de saúde onde trabalhavam. A notificação desempenha um papel crucial na avaliação da cultura de segurança do paciente no sistema de saúde, sendo uma ferramenta essencial para promover o monitoramento contínuo da segurança e qualidade da assistência prestada⁷.

Nos últimos anos, com os avanços tecnológicos e metodológicos, a análise espacial tem ganhado destaque em estudos epidemiológicos. Essa abordagem permite identificar padrões espaciais em diversas situações, incluindo aspectos de saúde e epidemiologia^{9,10}. As técnicas de georreferenciamento utilizadas nesses estudos integram dados socioeconômicos, ambientais e estruturais da saúde ao componente geográfico, estabelecendo relações de verossimilhança entre locais. Dessa forma, esses dados possibilitam o planejamento de estratégias de promoção e intervenção direcionadas para a mesma esfera geográfica^{7,11}.

Considerando a relevância da notificação do erro de imunização e o papel fundamental da análise espacial na identificação de padrões geográficos, o presente estudo buscou responder à seguinte questão: qual o padrão espacial das notificações de erros de imunização em Minas Gerais?

Este estudo teve como objetivo identificar aglomerados espaciais de notificações de erro de imunização no estado de Minas Gerais e fatores associados.

Método

Tipo de Estudo

Trata-se de um estudo ecológico conduzido com base nas recomendações do STROBE (*Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology*)¹².

Cenário do Estudo

O estudo foi realizado no estado de Minas Gerais, o segundo estado mais populoso do Brasil. Com população estimada de 20.539.989 milhões de habitantes, possui um grau de urbanização de 85,29% e uma área estimada de 586.528,293 km². Seu território é dividido em 14 macrorregiões: Sul (3101), Centro Sul (3102), Centro (3103), Jequitinhonha (3104), Oeste (3105), Leste (3106), Sudeste (3107), Norte (3108), Noroeste (3109), Leste do Sul (3110), Nordeste (3111), Triângulo do Sul (3112), Triângulo do Norte (3113) e Vale do Aço (3114) (Figura 1), que contempla o universo de 853 municípios, unidades territoriais de análises do presente estudo^{13,14}.

Origem dos dados

No estado de Minas Gerais, entre 2015 e 2019, foram administradas 57.289.277 doses de vacinas (pni.datasus.gov.br, acessado em 19/06/2023) e foram analisadas as notificações de erros de imunização registradas neste mesmo período no Sistema de Informações de Eventos Adversos Pós-vacinação do Programa Nacional de Imunizações (SI-EAPV), gerando um quantitativo de 3.643 notificações.

A variável desfecho foi a notificação de erro de imunização. Diante de um erro de imunização, é responsabilidade do profissional contribuir com os sistemas nacionais de notificação. Essa notificação não apenas identifica problemas e riscos, mas também orienta estratégias para garantir a segurança e qualidade da assistência^{6,8}. No entanto, é importante reconhecer que a subnotificação é uma realidade frequente, resultando na ausência de notificação de muitos erros ocorridos^{9,15}.

Para identificar os fatores associados à notificação de erro de imunização, foram seleciona-

das variáveis explicativas, provenientes das bases do Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil (CNES)^{16,17} e Fundação João Pinheiro^{13,18} (Quadro 1).

Tratamento e análise de dados

Os dados das notificações de erros de imunização foram inicialmente armazenados no *software Microsoft Excel* (2016) para verificar sua consistência e qualidade. A técnica de aná-

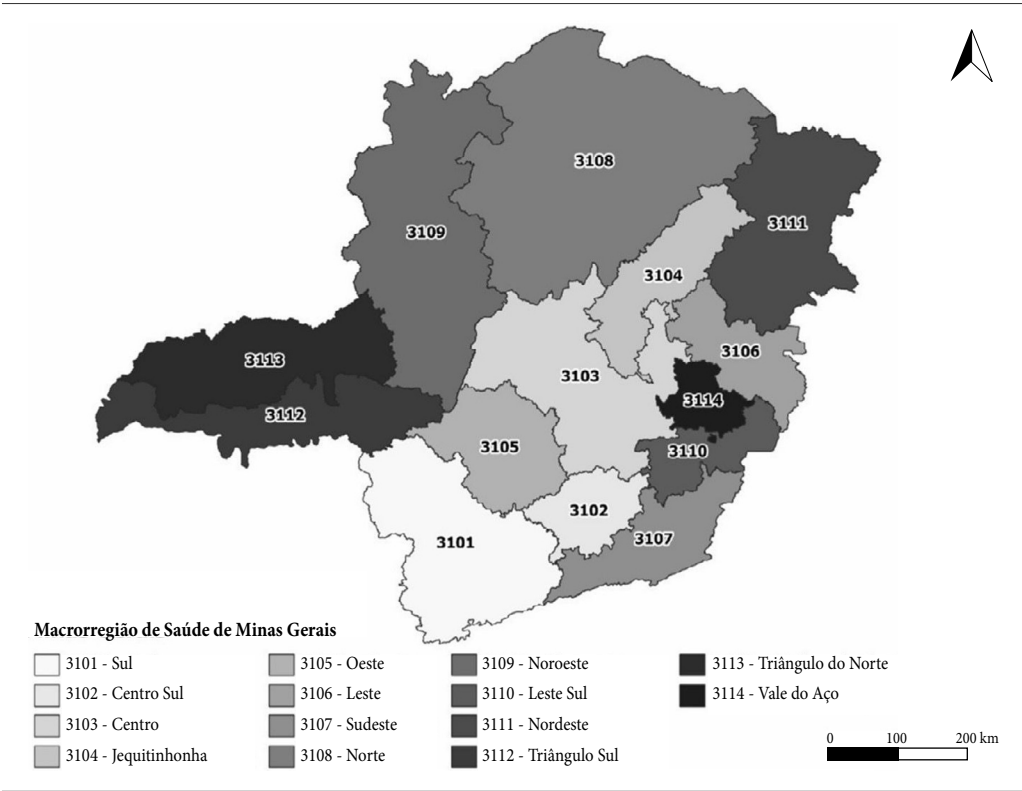


Figura 1. Macrorregiões do estado de Minas Gerais, Brasil, 2022.

Fonte: Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais - SES/MG.

Quadro 1. Descrição das variáveis de exposição consideradas para o estudo, 2023.

Variáveis	Fonte
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)	Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil/ Fundação João Pinheiro
Número de enfermeiros por habitante	Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil - CNES (2023)
População menor de um ano	Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil - CNES (2023)
Terceira dose da vacina DTPw+HB+Hib	Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil - CNES (2023)
Porcentagem da cobertura da Atenção Básica (AB)	Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil - CNES (2023)
Porcentagem de cobertura de Estratégia Saúde da Família (ESF)	Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil - CNES (2023)

Fonte: Autores. Minas Gerais, Brasil, 2024.

lise espacial, chamada estatística de varredura proposto por Kulldorff e Nagarwalla¹⁹, foi utilizada para identificar e avaliar clusters dessas notificações. No estudo, a janela de análise foi definida como circular, com raio limitado a 50% da população alvo de vacinados em Minas Gerais, permitindo alta flexibilidade na localização e no tamanho dos aglomerados. Foi empregando um modelo de probabilidade discreto de Poisson processado pelo software *SaTScan* 9.6²⁰, com uma análise significativa baseada em 999 simulações de Monte Carlo.

A análise de clusters considerou o risco relativo (RR) para comparar a probabilidade de notificações em diferentes áreas, com valores RR maiores que 1 indicando maior chance de notificações. Além disso, a análise espacial Moran Bivariado foi realizada para identificar determinantes espaciais relacionados às notificações, utilizando o software *Geoda* 1.12²¹ para calcular a autorrelação espacial e a correlação espacial entre municípios adjacentes.

Para identificar fatores associados às notificações foram aplicados modelos GAMLSS (*Generalized Additive Models for Location, Scale, and Shape*)²² com a distribuição Yule que é adequada para variáveis dependentes do tipo contagem, similar a Poisson, mas com características específicas, como super dispersão e assimetria. A escolha da distribuição Yule foi baseada no ajuste observado aos dados, considerando que modelos mais comuns, como Poisson ou Binomial Negativa, não capturaram adequadamente as características dos dados. Os modelos GAMLSS foram desenvolvidos para lidar com uma variedade maior de distribuições de probabilidade para os dados, permitindo que não apenas a média (localização) mas também a dispersão (escala) e a forma da distribuição (por exemplo, assimetria e curtose) sejam modeladas como funções de covariáveis^{22,23}.

Todas as variáveis utilizadas no Moran Bivariado foram consideradas no modelo de regressão GAMLSS. O critério adotado para o modelo explicativo foi o menor valor do Critério de Informação de Akaike (AIC), utilizando a técnica *stepwise* de seleção de variáveis para inclusão no modelo estatístico final. O AIC é uma métrica importante para avaliar a qualidade do modelo estatístico, sendo que, quanto menor seu valor, melhor o modelo. Vale destacar que nem todas as variáveis apresentadas no Quadro 1 foram incluídas, pois o processo de seleção e eliminação de variáveis visou alcançar o menor valor de AIC possível, resultando na inclusão apenas da variável “população menor de um ano”²⁴. A

adequação do modelo foi verificada por gráficos *Quantil-Quantil (QQplot)*, utilizando o programa R versão 4.1.1. Destaca-se que os coeficientes de regressão do modelo foram exponenciados gerando valores de RR e seus respectivos Intervalos de confiança de 95% (IC95%). Mapas coropléticos foram elaborados com os resultados das análises, utilizando a base cartográfica de Minas Gerais disponível no site do IBGE e processada pelo software ArcGIS 10.8²⁵.

O estudo integra o projeto “Avaliação dos erros de imunização e proposta de intervenção”, aprovado pelo Comitê de Ética em 2020 (Parecer nº 3.817.007).

Resultados

Na análise de varredura espacial, as macrorregiões do estado foram classificadas em áreas com alta e baixa ocorrência de erros de imunização (EI) entre os 853 municípios. A Figura 2, revela uma distribuição heterogênea de aglomerados com baixa notificação de EI, chamadas de áreas frias, em todas as macrorregiões. Notou-se um extenso aglomerado de baixa ocorrência na região Noroeste, enquanto pequenas áreas com alta ocorrência, denominadas áreas quentes, surgem de forma pontual, formando “ilhas” ao redor de várias áreas frias, abrangendo as macrorregiões Noroeste, Norte, Centro, Triângulo do Sul e Triângulo do Norte.

Ao analisar a correlação espacial para notificação dos erros de imunização, quando aplicado o índice I de Moran Global Bivariado, verificou-se a correlação espacial com fatores socioeconômicos e de oferta de serviço dos municípios mineiros (Tabela 1).

As variáveis: população menor de um ano, terceira dose da vacina DTPw+HB+Hib porcentagem de cobertura da ESF e da Atenção Básica apresentaram correlação espacial positiva. Por outro lado, o IDHM e o número de enfermeiros por habitante apresentaram correlação espacial inversa.

Considerando o modelo de regressão GAMLSS, identificou-se uma associação positiva entre a notificação de erro de imunização e a população menor de um ano dos municípios (Tabela 2). O RR 1,004 (IC95% 1,002-1,006) indica que, à medida que o número de crianças menores de um ano aumenta nos municípios de Minas Gerais, as notificações de erros de imunização também tendem a aumentar. Nesse sentido, considerando o RR reportado a partir do modelo de regressão, um aumento de cinco

Tabela 1. Fatores socioeconômicos e de oferta de serviços de saúde correlacionais espacialmente às notificações de erro de imunização, Minas Gerais, Brasil 2015-2019.

Variáveis	Índice de Moran Global Bivariado	Valor-p*
	Correlação espacial	
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)	-0,083	0,01*
Número de enfermeiros por habitante	-0,070	0,01*
População menor de um ano	0,040	0,02*
Terceira dose da vacina DTPw+HB+Hib	0,084	0,00*
Porcentagem de cobertura da Estratégia Saúde da Família (ESF)	0,077	0,01*
Porcentagem de cobertura da Atenção Básica (AB)	-0,083	0,01*

*Correlação significativa ao nível de alfa = 5%.

Fonte: Autores. Minas Gerais, Brasil, 2024.

Tabela 2. Fator associado à notificação de erro de imunização, Minas Gerais, Brasil (2015-2019).

Variáveis	Modelo de Regressão GAMLSS	IC95%	Valor-p*
	RR		
População menor que 1 ano	1,004	1,002 a 1,006	<0,001*

Nota: *Significância estatística (valor-p<0,05).

Fonte: Autores.

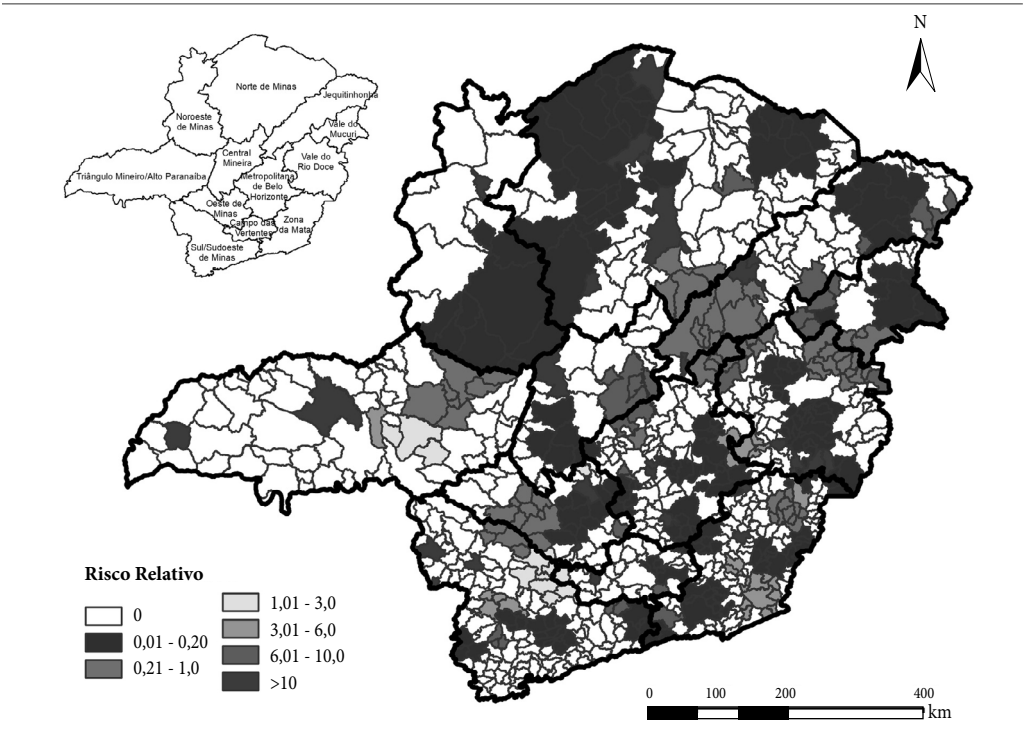


Figura 2. Áreas de Clusters das notificações de erro de imunização, nas macrorregiões de Minas Gerais, Brasil, 2015-2019.

Nota: risco relativo >1 representa um aumento na probabilidade em ser notificado em determinado local; risco relativo <1 se opõe a esta definição, indicando uma redução na chance de ser notificado em uma região.

Fonte: Sistema e-SUS Notifica/Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS).

vezes no número de menores de um ano em um determinado município do estado, resulta em 1,84% mais risco de ser notificado um erro de imunização.

Considerando o teste de Kolmogorov-Smirnov e o Q-Q plot, é possível confirmar que o modelo final cumpre os pressupostos de análise relacionados aos resíduos, seguindo uma distribuição normal, com média zero e variância constante.

Discussão

Os resultados revelaram um comportamento heterogêneo de aglomerados puramente espaciais com baixa taxa de notificações de EI, distribuídos em todas as macrorregiões de Minas Gerais. Os aglomerados com baixa taxa de notificações não necessariamente estão indicando que não há ocorrência de EI, e sim a possibilidade de estar ocorrendo uma subnotificação.

O erro humano pode ser conduzido por meio das abordagens pessoal ou sistêmica³. Esse tipo de abordagem pessoal, no EI, pode levar a sua subnotificação, entendida como a carência de registro ou notificação oficial de casos que de fato aconteceram, resultando em uma subestimação dos números reais de incidência ou prevalência da doença e/ou evento²⁶.

Notadamente no âmbito da saúde, é comum observar a predominância da abordagem pessoal, tanto na investigação quanto na tomada de decisões diante de falhas²⁷. Nesse enfoque, a responsabilidade pelo erro é colocada quase sempre na pessoa que o cometeu e as medidas corretivas, frequentemente, se traduzem em ações disciplinares negativas, como demissão, remanejamento de setor e processo administrativo^{28,29}.

Mesmo sendo um assunto relevante, a literatura aponta para uma subnotificação de erros de imunização muitas vezes não mensurada nos serviços de saúde^{9,15,30,31}.

Estudo realizado em Minas Gerais, com o objetivo de investigar a subnotificação de EI a partir dos registros de vacinação da caderneta de crianças, identificou que todos os erros identificados foram subnotificados pelos serviços de saúde dos municípios participantes⁹. Nos Estados Unidos, um estudo estima-se uma subnotificação anual de erros variando entre 50% e 60%³².

Ao estabelecer uma atmosfera não punitiva, a abordagem aprofundada dos sistemas e processos subjacentes ganha destaque, sem se concentrar exclusivamente no indivíduo¹². Essa

abordagem não apenas fortalece a responsabilidade coletiva, mas também contribui para uma abordagem mais abrangente na identificação e correção de questões sistêmicas^{11,12}, o que é mais evidente em ambientes que trabalham com uma cultura de segurança positiva, onde o erro relatado é visto como oportunidade de crescimento e aprimoramento, o que promove uma cultura de aprendizado e melhoria contínua em toda a organização, aumentando assim a probabilidade de notificação de erros^{12,26}.

A notificação do EI desempenha um papel crucial para a gestão reconhecer que existem oportunidades para a ocorrência de falhas, proporcionando uma base sólida para a análise e implementação de mudanças estratégicas e sistêmicas⁸. Ela é percebida como parte fundamental para a segurança do paciente, pelo seu poder de minimizar os danos causados e fortalecer o aprendizado dos profissionais⁵.

Os resultados da análise de varredura chamam atenção para a presença de aglomerados em algumas regiões com altas taxas de notificações de EI. Entretanto, observou-se que na mesma região há também aglomerados identificados com baixas taxas de notificações. Essa constatação pressupõe que possam existir municípios silenciosos em todo o estado.

A distribuição heterogênea das baixas taxas de notificações de EI nas macrorregiões do estado de Minas Gerais, apontada por este estudo, pode estar associada às disparidades regionais nos investimentos no setor da saúde, como recursos humanos, recursos tecnológicos, estruturais²⁷, de insumos, segurança do profissional¹⁵, dentre outras. Essas discrepâncias, por conseguinte, podem influenciar diretamente na qualidade da assistência prestada²⁸.

Nesse sentido, uma pesquisa realizada em Gana aponta que os investimentos na saúde estão relacionados à segurança do paciente em qualquer nível de atenção, sendo um fator relevante para que ocorra a notificação de um evento¹¹.

Minas Gerais, com sua vasta extensão territorial, possui regiões com diferentes níveis de desenvolvimento socioeconômico²⁹. As macrorregiões Centro, Triângulo do Norte, Noroeste e Norte registraram as maiores taxas de notificação de EI. Embora a maioria dessas regiões tenha indicadores socioeconômicos mais elevados, a região Norte destaca-se por seus baixos indicadores, como menor renda média per capita e maior vulnerabilidade social, o que a coloca em desvantagem em comparação com outras áreas do Estado^{29,30}.

Estudo realizado no Brasil que avaliou as notificações de eventos supostamente atribuíveis a vacinação ou imunização (ESAVI), também constatou distribuição heterogênea das notificações, com maiores incidências em regiões com desenvolvimento considerado alto, como as regiões Sul e Sudeste³¹.

Pressupõe-se que outros fatores contextuais estão relacionados à notificação como, a falta da triagem vacinal, a deficiência da educação continuada dos profissionais³⁰, ausência de supervisão de enfermagem⁵, sobrecarga de trabalho^{30,33,34}, desmotivação³⁰, lentidão dos sistemas de notificações³¹ e desconhecimento da importância de preencher a ficha de notificação^{30,32,34,35}.

Todos os fatores associados às notificações de erro de imunização apontados neste estudo mostraram correlação espacial, contudo, na análise de regressão, foi confirmada apenas a variável população menor de um ano.

Estudos nacionais e internacionais observaram maior prevalência de erro em crianças menores de um ano^{9,36,37}. Esse fato pode ser decorrente da maior exposição vacinal a que esse grupo etário está exposto, considerando que a maioria das vacinas que compõem o calendário é indicada para crianças menores de um ano¹⁷, outro fator que pode estar relacionado é a diversidade de vacinas que essa faixa etária recebe e a similaridade entre elas³⁸, além da inquietação desse público no momento da administração da vacina, pouca habilidade de alguns profissionais e maior frequência desse público nas unidades de saúde, o que oportuniza a ocorrência do erro³⁹.

O uso de dados secundários apresenta limitações intrínsecas a natureza de coleta das informações, o que impossibilita o controle do mesmo por parte do presente estudo para ga-

rantir a acurácia desejada. Além disso, a subnotificação do erro de imunização pode levar a uma subestimação da verdadeira incidência em determinadas regiões, distanciando os resultados da realidade do evento estudado.

Apesar das limitações inerentes, este estudo apresenta uma valiosa originalidade ao abordar uma realidade enfrentada pelos sistemas de saúde e pela enfermagem, que é a questão da notificação/subnotificação. A utilização da análise espacial nesta temática confere uma abordagem inovadora, proporcionando insights importantes para o planejamento de intervenções futuras mais assertivas. A consideração das localidades, fundamentada na análise espacial, amplia a capacidade de resposta eficaz diante dos desafios relacionados aos erros de imunização, contribuindo assim para aprimorar a qualidade da assistência prestada.

Conclusão

Minas Gerais apresenta uma variação significativa nas notificações de erros de imunização, com áreas mostrando baixas taxas de notificação. A população menor de um ano está associada a essas taxas.

Para enfrentar esse problema, são necessárias ações para aumentar a conscientização sobre a importância de notificar erros de imunização. Essas notificações fornecem dados valiosos para os gestores de saúde, permitindo a criação de estratégias de prevenção e promovendo a segurança do paciente.

Os resultados sugerem a implementação de estratégias adaptadas às necessidades específicas de cada macrorregião para melhorar a vigilância.

Colaboradores

WV Ferreira: concepção, planejamento, análise, interpretação e redação do trabalho. LH Arroyo: concepção, planejamento, análise, interpretação e redação do trabalho. RC Santos: interpretação e redação do trabalho. TIX Andrade: pesquisa e metodologia. EAA Guimarães: planejamento, análise, interpretação e redação do trabalho. VC Oliveira: concepção, planejamento, análise, interpretação e redação do trabalho.

Declaração de disponibilidade de dados

As fontes de dados utilizados na pesquisa estão indicadas no corpo do artigo.

Referências

1. Morais LES, Silva WF, Saraiva AKM, Ferreira RJML, Morais LGS, Oliveira JM, Alves AM, Alves LTM. Educação permanente em saúde para técnicas de enfermagem sobre sala de imunização. *Contribuciones Cien Soc* 2024; 17(2):e5299.
2. Lima E, Almeida A, Kfour R. Vacinas para COVID-19: perspectivas e desafios. *Resid Pediatr* 2020; 10(2):1-5.
3. Reason J. Human error: models and management. *BMJ* 2000; 320:768-770.
4. Forte ECN, Pires DEP, Padilha MI, Martins MMFPS. Nursing errors: A study of the current literature. *Texto Contexto Enferm* 2017; 26(2):e01400016.
5. Santos LCB, Silva HS, Borja-Oliveira CR, Chubaci RYS, Gutierrez BAO. Eventos adversos pós-vacinação em idosos no Estado de São Paulo, Brasil, de 2015 a 2017. *Cad Saude Publica* 2021; 37(4):e00084820.
6. Brasil. Ministério da Saúde (MS). *Manual de Vigilância Epidemiológica de Eventos Adversos Pós-vacinação*. 3ª ed. Brasília: MS; 2020.
7. Abuosi AA, Poku CA, Attafuah PYA, Anaba EA, Abor PA, Setordji A, Nketiah-Amponsah E. Safety culture and adverse event reporting in Ghanaian healthcare facilities: Implications for patient safety. *PLoS One* 2022; 17(10):e0275606.
8. Afaya A, Konlan KD, Kim Do H. Improving patient safety through identifying barriers to reporting medication administration errors among nurses: an integrative review. *BMC Health Serv Res* 2021; 21(1):1156.
9. Barboza TC, Guimarães RA, Gimenès FRE, Silva AEBC. Retrospective study of immunization errors reported in an online Information System. *Rev Lat Am Enferm* 2020; 28:e3303.
10. Nuckols JR, Ward MH, Jarup L. Using Geographic Information Systems for Exposure Assessment in Environmental Epidemiology Studies. *Environ Health Perspect* 2004; 112(9):1007-1015.
11. Mukai AO, Nascimento LFC, Alves KSC. Análise espacial das internações por pneumonia na região do Vale do Paraíba (SP). *J Bras Pneumol* 2009; 35:753-758.
12. Von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP; STROBE Initiative. The Strengthening of Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *Lancet*. 2007; 370(9596):1453-1457.
13. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Cidades e Estados*. Rio de Janeiro: IBGE; 2022.
14. Alves MFT, Carvalho DS, Albuquerque GSC. Motivos para a não notificação de incidentes de segurança do paciente por profissionais de saúde: revisão integrativa. *Cien Saude Colet* 2019; 24(8):2895-2908.
15. Oliveira SH, Silva BS, Carvalho LMR, Gontijo TL, Pinto IC, Guimarães EAA, Oliveira VC. Prevalence and underreporting of immunization errors in childhood vaccination: results of a household survey. *Rev Esc Enferm USP* 2023; 57:e20230253.
16. Mukai AO, Nascimento LFC, Alves KSC. Análise espacial das internações por pneumonia na região do Vale do Paraíba (SP). *J Bras Pneumol* 2009; 35:753-758.

17. Brasil. Ministério da Saúde (MS). *Instrução Normativa do Calendário Nacional de Vacinação*. Brasília: Editora do Ministério da Saúde; 2024.
18. Minas Gerais. Secretária do Estado de Minas Gerais. Superintendências Regionais de Saúde (SRS) e Gerências Regionais de Saúde (GRS). Minas Gerais; 2021.
19. Kulldorff M, Nagarwalla N. Spatial disease clusters: Detection and inference. *Stat Med* 1995; 14(8):799-810.
20. Kulldorff M. Spatial disease clusters: Detection and inference. *Stat Med* 1994; 13:1-12.
21. Anselin, L, Syabri, I, Kho, Y. Geoda: an introduction to spatial data analysis. In: *Handbook of applied spatial analysis: Software tools, methods and applications*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2009. p. 73-89.
22. Stasinopoulos DM, Rigby RA. Generalized additive models for location scale and shape (GAMLSS) in R. *J Stat Software* 2008; 23:1-46.
23. Rigby RA, Stasinopoulos DM. Generalized additive models for location, scale and shape. *J Royal Stat Soc Series C Applied Stat* 2005; 54(3):507-554.
24. Hilbe JM. *Practical guide to logistic regression*. Flórida: CRC Press; 2018.
25. Desktop ESRI ArcGIS. Release 10.8. 1. Redlands: Environmental Systems Research Institute; 2020.
26. Brasil. Ministério da Saúde (MS). *Guia de Vigilância em Saúde*. 1ª ed. Brasília: MS; 2017.
27. Souza VS, Inoue KC, Costa MAR, Oliveira JLC, Marcon SS, Matsuda LM. Nursing errors in the medication process: television electronic media analysis. *Esc Anna Nery* 2018; 22(2):e20170306.
28. Morrudo Garcia EDQ, De Figueiredo PP, Silveira RS, Barlem JGT, De Oliveira SG, Ramos FC. Errors in medicinal therapy and the consequences for nursing. *Rev Pesqu Cuidado Fundamental Online* 2019; 11(1):88.
29. Moraes NLF, Santos JFC. Análise da dimensão espacial da pobreza em Minas Gerais. *Rev Econ Centro-Oeste* 2019; 5(2):38-54.
30. Lopes BA, Cañedo MC, Torres NL, Lopes TIB, Gativa MAM. A cultura de segurança do paciente na perspectiva da equipe de enfermagem. *Cogit Enferm* 2023; 28:e86111.
31. Monteiro SAMG, Takano OA, Waldman EA. Avaliação do sistema brasileiro de vigilância de eventos adversos pós-vacinação. *Rev Bras Epidemiol* 2011; 14:361-371.
32. Silva AEBC, Reis AMM, Miaso AI, Santos JO, Cassiani SHDB. Adverse drug events in a sentinel hospital in the State of Goiás, Brazil. *Rev Lat Am Enferm* 2011; 19:378-386.
33. Lee YH, Harris RC, Oh HW, Oh Y, Vargas-Zambraño JC, Choe YJ. Vaccine-Related Errors in Reconstitution in South Korea: A National Physicians' and Nurses' Survey. *Vaccines (Basel)* 2021; 9(2):117.
34. Donnini DA, Silva CMB, Gusmão JD, Matozinhos FP, Silva RB, Amaral GG, Guimarães EAA, Oliveira VC. Incidência de erros de imunização em Minas Gerais: estudo transversal, 2015-2019. *Epidemiol Serv Saude* 2022; 31(3):e2022055.
35. Samad F, Burton SJ, Kwan D, Porter N, Smetzer J, Cohen MR, Tuttle J, Baker D, Doherty DE. Strategies to Reduce Errors Associated with 2-Component Vaccines. *Pharmaceut Med* 2021; 35(1):1-9.
36. Martins JRT, Alexandre BGP, Oliveira VC, Viegas SMF. Permanent education in the vaccination room: what is the reality? *Rev Bras Enferm* 2018; 71:668-676.
37. Capponi RL, Cunha CBS, Paz NS. Avaliação das notificações de erros programáticos na administração de imunobiológicos em Porto Alegre - RS, 2019. *Rev Eletr Acervo Saude* 2020; 12:e4838.
38. Rodgers L, Shaw L, Strikas R, Hibbs B, Wolicki J, Cardemil CV, Weinbaum C. Frequency and Cost of Vaccinations Administered Outside Minimum and Maximum Recommended Ages—2014 Data From 6 Sentinel Sites of Immunization Information Systems. *J Pediatr* 2018; 193:164-171.
39. Braga PCV, Silva AEBC, Mochizuki LB, Lima JC, Sousa MRG, Bezerra ALQ. Incidência de eventos adversos pós-vacinação em crianças. *Rev Enferm UFPE Online* 2017; 11(10):4126-4135.

Artigo apresentado em 11/04/2024

Aprovado em 07/01/2025

Versão final apresentada em 09/01/2025

Editores-chefes: Maria Cecília de Souza Minayo, Romeu Gomes, Antônio Augusto Moura da Silva, Vania de Matos Fonseca