

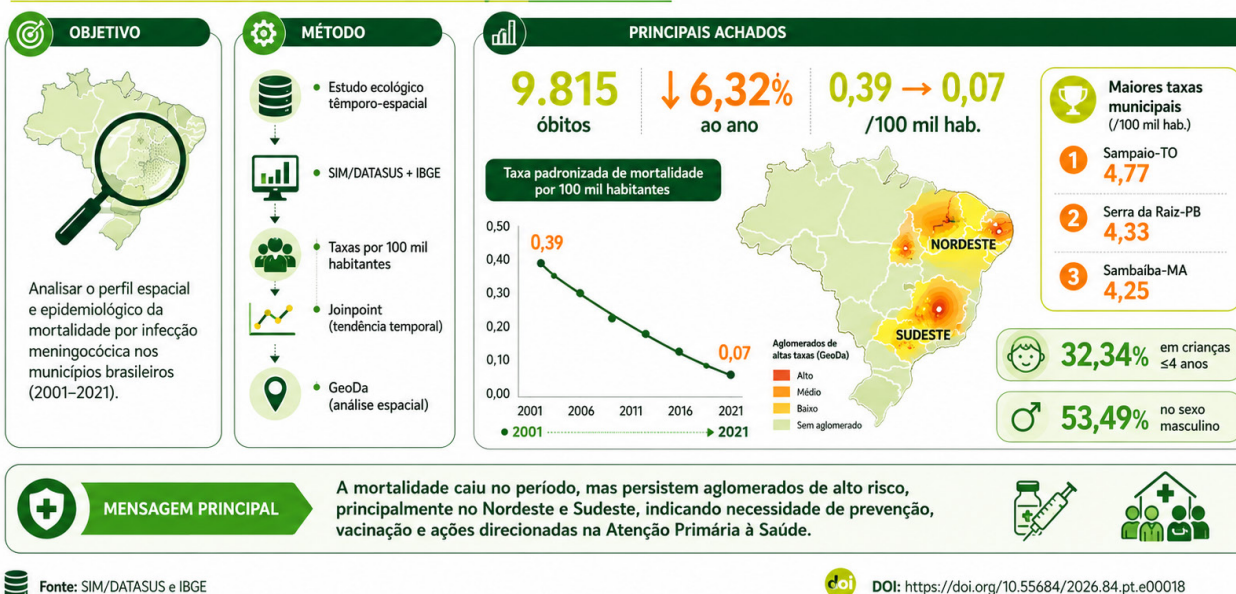
Mortalidade por infecção meningocócica no Brasil: uma análise têmporo-espaial

Heloisa Stadler Ribas¹, Fernanda Ritt de Souza¹, Tailla Cristina de Oliveira¹, Leonardo Moreira Dias¹, Yasmin de Sá Ortiz¹, Leonardo Shigueo Prezoto¹, Isabella Bettega Queiroz¹, Gabriela Squioquet Salmória¹, Khadija Mohamad Youssef¹

RESUMO VISUAL

Mortalidade por infecção meningocócica no Brasil: uma análise têmporo-espaial

Visual Abstract | Artigo Original



Afiação dos autores:

¹Faculdade Evangélica Mackenzie do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

Contribuição dos autores

Heloisa Stadler Ribas – Conceituação, Supervisão
Fernanda Ritt de Souza – Investigação, validação
Tailla Cristina de Oliveira – Metodologia
Leonardo Moreira Dias – Investigação, Conceituação
Yasmin de Sá Ortiz – Metodologia, Conceituação
Leonardo Shigueo Prezoto – validação
Isabella Bettega Queiroz – Investigação
Gabriela Squioquet Salmória – Metodologia, validação
Khadija Mohamad Youssef – Administração do projeto

Correspondência

Heloisa Stadler Ribas
Email: heloisasribas@gmail.com

Mensagem Central

Infecção meningocócica (Neisseria meningitidis), bactérias Gram-negativas, que são normalmente presentes como comensais na microbiota nasofaríngea normal, podem potencialmente se transformar em patógenas. A combinação de fatores como as características e virulência específicas da cepa envolvida com a predisposição do hospedeiro podem culminar na doença. Assim, é pertinente analisar o perfil espacial e epidemiológico da mortalidade por infecção meningocócica em municípios brasileiros.

Perspectiva

A análise têmporo-espaial permite identificar municípios dos diferentes estados com alta mortalidade por infecção meningocócica, além de apresentar diferenças entre as taxas de a mortalidade. Dessa forma, serve de apoio à necessidade de estratégias que ajam conforme a realidade e particularidades dos locais afetados. Dessa forma, esta pesquisa serve de subsídio científico para organização e planejamento de ações voltadas para melhorias da atenção à saúde nos locais mais vulneráveis, principalmente agindo na Atenção Primária à Saúde

Conflito de interesse: Nenhum

Recebido em: 24/04/2026

Data de publicação: 05/06/2026

Financiamento: Nenhum

Aceito em: 21/05/2026

Editor Associado: Carirwina Rossoni[®]

Disponibilidade de dados: Dados disponíveis junto ao autor correspondente, mediante solicitação fundamentada

Como citar este artigo

Ribas HS, de Souza FR, de Oliveira TC, Dias LM, Ortiz YS, Prezoto LS, Queiroz IB, Salmória GS, Youssef KM. Mortalidade por infecção meningocócica no Brasil: uma análise têmporo-espaial. BioSCIENCE. 2026;84:e00018. https://doi.org/10.55684/2026.84.pt.e00018

RESUMO

Introdução: Infecção meningocócica caracteriza a infecção por *Neisseria meningitidis*, bactérias Gram-negativas, normalmente presentes como comensais na microbiota nasofaríngea normal, porém potencialmente patógenas. A combinação de fatores como as características e virulência específicas da cepa envolvida com a predisposição do hospedeiro podem culminar na doença.

Objetivo: Analisar o perfil espacial e epidemiológico da mortalidade por infecção meningocócica nos municípios do Brasil, no período de 2001 a 2021.

Método: Estudo epidemiológico com enfoque na análise espacial da mortalidade entre 2001 e 2021. Foram utilizados dados do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), disponibilizados pelo DATASUS, e dados populacionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o cálculo das taxas brutas e padronizadas de mortalidade. A análise temporal foi realizada utilizando Joinpoint, enquanto as espaciais pelo GeoDa.

Resultados: Registraram-se 9.815 óbitos por infecção meningocócica no Brasil. A análise identificou aglomerados de altas taxas nas regiões Nordeste e Sudeste. Os municípios com maiores taxas foram Sampaio, TO (4,77/100 mil habitantes), Serra da Raiz, PB (4,33/100 mil) e Sambaíba, MA (4,25/100 mil).

Conclusão: O estudo identificou municípios e aglomerados com elevadas taxas e necessidade de estratégias direcionadas de prevenção e controle da doença.

PALAVRAS-CHAVE: Análise espaço-temporal. Infecções meningocócicas. Monitoramento epidemiológico.

INTRODUÇÃO

Infecção meningocócica (CID A39) caracteriza a infecção por *Neisseria meningitidis*, bactérias Gram-negativas, normalmente presentes como comensais na microbiota nasofaríngea normal, porém potencialmente patógenas. A combinação de fatores como as características e virulência específicas da cepa envolvida com a predisposição do hospedeiro podem culminar na doença. Dentro dos quadros invasivos, predominam meningite e sepse as quais, juntas, representam 90% dos quadros; porém, também se apresentam infecções em outras partes.^{1,2}

Os sintomas incluem febre, cefaleia e rigidez do pescoço. Tratando-se de meningococemia, a doença comumente se apresenta na forma de quadro agudo, com possível falência de múltiplos órgãos, choque e coagulação intravascular disseminada. Já se for quadro sintomático, meningococemia crônica, os sintomas são mais leves e recorrentes, acometendo principalmente pele e articulações.^{3,4}

A incidência global endêmica é de 0,5 a 5/100.000, com aumento no número de casos no inverno e na primavera nos climas temperados, região que compreende 26 países e é conhecida como cinturão da meningite. A vacinação tem efeitos visíveis na incidência de infecções meningocócicas, sendo o principal meio de prevenção de sua ocorrência.⁵

Por se tratar de infecção causada por meningococos (diplococos Gram-negativos) o diagnóstico tem diferentes possíveis etapas e condutas. Um detalhe relevante na conduta diagnóstica é que, devido à característica invasiva e grave da doença, frequentemente deve-se agir com tratamento antibiótico associado aos testes para diagnóstico adequado. Dentre as possíveis condutas a serem tomadas para realizar o diagnóstico estão as hemoculturas; porém, elas só são verdadeiramente positivas em metade dos pacientes afetados com a infecção meningocócica; assim, faz-se necessária análise do líquido cefalorraquidiano. A sua análise é valorosa e, muitas vezes, essencial na busca do patógeno causador da infecção; a coloração de Gram é bem observada em cerca de 90% das amostras e a cultura tem sensibilidade de aproximadamente 90%. Atualmente, estão em desenvolvimento, e algumas já em

utilização, técnicas que utilizam a reação em cadeia da polimerase para melhorar os processos da análise do liquor e otimizar o processo do diagnóstico. Outra ferramenta que pode ser utilizada no processo diagnóstico é a realização de tomografia computadorizada do cérebro para avaliar evidências de efeito de massa intracraniana.³

O objetivo deste estudo foi analisar o perfil espacial e epidemiológico da mortalidade por infecção meningocócica em municípios do Brasil, no período de 2001 a 2021.

MÉTODO

Trata-se de estudo epidemiológico de análise de dados secundários em saúde com enfoque na análise tempo-espacial. Os dados referentes aos casos de óbito por infecção meningocócica e septicemia estreptocócica foram obtidos no Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) do Ministério da Saúde (MS), via Tabnet, por meio do local de óbito e local de ocorrência. Os dados populacionais utilizados como denominador para fins de cálculo das taxas de mortalidade foram oriundos do DATASUS.

Para a análise da tendência de mortalidade por infecção meningocócica e septicemia estreptocócica no Brasil, foi selecionado o período de 2001 a 2021 visando melhor compreensão do desfecho nessa série histórica. Para a população do estudo, foram selecionados os indivíduos conforme os dados disponíveis no Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) para pessoas adultas que foram registradas com óbitos por infecção meningocócica e septicemia estreptocócica. Consideraram-se para a análise as variáveis: sexo, faixa etária, cor/raça, estado civil, escolaridade, óbitos por residência, ano do óbito, local do óbito e local de ocorrência.

Para a causa básica desses óbitos, foi adotado o CID A39 (infecção meningocócica) e A40 (septicemia estreptocócica) da Classificação Internacional de Doenças (CID-10). As informações do perfil epidemiológico e frequência de óbitos por infecção meningocócica e septicemia estreptocócica foram compiladas utilizando-se o software Microsoft Excel para Microsoft 365 MSO.

Assim, as variáveis nominais foram analisadas por meio da frequência absoluta e percentual de ocorrência na população em estudo. A mortalidade anual foi calculada utilizando-se o número total de óbitos no estado no numerador e a população do estado naquele ano como denominador, tomando-se como referência para este coeficiente 100 mil habitantes. Enquanto a mortalidade de cada município foi calculada com base na padronização pelo método indireto, utilizando-se o número médio de casos do período, dividido pela média da população entre 2001 e 2021, multiplicado por 100 mil habitantes.

Análise estatística

Inicialmente, realizou-se a análise da tendência temporal da mortalidade por infecção meningocócica e septicemia estreptocócica (Figura 1). Assim, foi avaliada a variação percentual anual (annual percent change - APC) da tendência estudada, com intervalo de confiança de 95% (IC95%) e significância estatística $p < 0,05$. A análise do padrão temporal foi realizada pelo software Joinpoint Regression Program 5.0.2 2023. Em seguida, realizou-se o estudo da distribuição espacial de mortalidade por infecção meningocócica e septicemia estreptocócica no Brasil. Inicialmente (Figura 1) mortalidade média de infecção meningocócica e septicemia estreptocócica dos municípios brasileiros foram estudados. Como há probabilidade de identificar padrão heterogêneo entre municípios, os valores municipais foram suavizados pelo método bayesiano empírico local. Este método pondera o valor da taxa municipal em relação aos municípios que fazem fronteira por meio de matriz de proximidade espacial. As análises espaciais foram realizadas no programa GeoDa 1.22.0.4 2023, assim como a criação dos mapas temáticos. Para a identificação de aglomerados espaciais, utilizou-se o Índice de Moran Global e Local que mede a correlação entre vizinhos de primeira ordem e foi usado para testar a hipótese de dependência espacial. O método identifica a autocorrelação espacial e pode variar entre -1 e +1, no qual os valores próximos a zero indicam ausência de dependência espacial, considerando-se significativo $p < 0,05$. Caso a hipótese de dependência seja aceita, utiliza-se o Índice de Moran Local (LISA, do inglês Local Index of Spatial Association) para observar a presença de agregados espaciais, dado $p < 0,05$. Os resultados das análises descritas acima foram demonstrados pelo Moran Map e LISA Map (Figura 4). O Moran Map demonstra graficamente o grau de similaridade entre vizinhos, sendo representado por quatro quadrantes: 1) alto-alto (quadrante superior direito) corresponde a municípios que possuem altas taxas de mortalidade e estão próximos a municípios que também possuem altas taxas de mortalidade; 2) baixo-baixo (quadrante inferior esquerdo): corresponde a municípios com baixa mortalidade e estão próximos a municípios que também possuem baixas taxas; 3) alto-baixo (quadrante inferior direito): corresponde a municípios que possuem altas taxas e estão próximos a municípios que possuem baixas taxas de mortalidade; 4) baixo-alto (quadrante superior esquerdo): corresponde a municípios que possuem baixas taxas e estão próximos a municípios com altas taxas.

Os dados utilizados para compor a pesquisa estavam

disponíveis na internet gratuitamente para consulta. Assim, não há nenhuma possibilidade de causar danos físicos ou morais na perspectiva do indivíduo e da coletividade. Portanto, o presente estudo não necessitou ser aprovado pelo Comitê de Ética.

RESULTADOS

Após análise do perfil das vítimas brasileiras de infecção meningocócica e septicemia estreptocócica, identificou-se prevalência significativa entre os indivíduos com idades entre 1-4 anos, totalizando 19,22% dos casos. No entanto, é notável que a incidência desse evento fatal seja praticamente equiparável em faixas etárias próximas, com 13,12% dos óbitos ocorrendo entre os menores de um ano. Além disso, houve predominância marcante do sexo masculino, representando 53,49% dos casos. Paralelamente, a maioria das vítimas pertencia à etnia branca (47,60%), seguida por 37,06% entre os pardos, e tinha 15,67% de solteiros.

No que se refere ao nível educacional, observou-se que a maior parte dos óbitos ocorreu entre indivíduos sem estudo completo, compreendendo 20,10% dos casos, seguidos por 12,45% entre aqueles com um a três anos. É crucial destacar que a maioria dos casos de mortalidade por infecção meningocócica e septicemia estreptocócica ocorreu em ambiente hospitalar, representando 90,14% do total, seguido pelo ambiente doméstico, com 4,20%.

De 2001 a 2021 foram registrados no Brasil 9815 óbitos por infecção meningocócica e septicemia estreptocócica. A mortalidade média desse período foi de 0,24/100 mil habitantes, com a menor mortalidade registrada em 2021 (0,07/100 mil habitantes) e a maior em 2001 (0,39/100 mil habitantes). A análise do padrão temporal da mortalidade no período estudado apresentou diminuição média significativa de 6,32% ao ano na taxa de mortalidade por 100 mil habitantes ($p < 0,05$, Figura 1). O coeficiente de correlação de Pearson foi de -0,8871 com $p < 0,05$ indicando que existe correlação linear significativa e inversamente proporcional, ao longo dos anos, houve redução significativa na taxa de mortalidade.

Através da análise espacial, observa-se pela Figura 2, a dispersão espacial da mortalidade por infecção meningocócica e septicemia estreptocócica no Brasil, apresentando foco de incidência na região Sudeste e Nordeste, porém com a incidência dispersa em todo o país. Sampaio, TO (4,77/100 mil habitantes), Serra da Raiz, PB (4,33/100 mil habitantes), Sambaíba, MA (4,25/100 mil habitantes), Ouroeste, SP (3,80/100 mil habitantes) e Arapeí, SP (3,73/100 mil habitantes) foram os cinco municípios que apresentaram maior taxa de mortalidade por infecção meningocócica e septicemia estreptocócica entre 2001-2021.

Com a suavização das taxas brutas pelo método bayesiano empírico local (Figura 3) é possível observar padrão espacial mais aparente, com agregação de municípios com maiores taxas de mortalidade nas regiões Sudeste e Nordeste. Identificou-se a autocorrelação espacial pelo Índice de Moran Global ($I = 0,660$; $p = 0,01$), demonstrando evidência de autocorrelação positiva.

TABELA — Perfil epidemiológico dos indivíduos que foram a óbito por infecção meningocócica no Brasil, entre 2001-2021

Escolaridade	n	%
Nenhuma	1973	20,10%
1 a 3 anos	1222	12,45%
4 a 7 anos	1136	11,57%
8 a 11 anos	837	8,53%
12 anos e mais	286	2,91%
Ignorado	4361	44,43%
Estado civil	n	%
Solteiro	4223	43,03%
Casado	1538	15,67%
Viúvo	869	8,85%
Separado judicialmente	214	2,18%
Outro	105	1,07%
Ignorado	2866	29,20%
Local ocorrência	n	%
Hospital	8847	90,14%
Outro estabelecimento de saúde	388	3,95%
Domicílio	412	4,20%
Via pública	72	0,73%
Outros	81	0,83%
Ignorado	15	0,15%
Faixa Etária	n	%
Menor 1 ano	1288	13,12%
1 a 4 anos	1886	19,22%
5 a 9 anos	973	9,91%
10 a 14 anos	563	5,74%
15 a 19 anos	513	5,23%
20 a 29 anos	676	6,89%
30 a 39 anos	528	5,38%
40 a 49 anos	579	5,90%
50 a 59 anos	546	5,56%
60 a 69 anos	494	5,03%
70 a 79 anos	626	6,38%
80 anos e mais	1138	11,59%
Idade ignorada	5	0,05%
Sexo	n	%
Masculino	5250	53,49%
Feminino	4564	46,50%
Ign	1	0,01%
Cor/raça	n	%
Branca	4672	47,60%
Preta	651	6,63%
Amarela	21	0,21%
Parda	3637	37,06%
Indígena	35	0,36%
Ignorado	799	8,14%

Fonte: Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (2024).

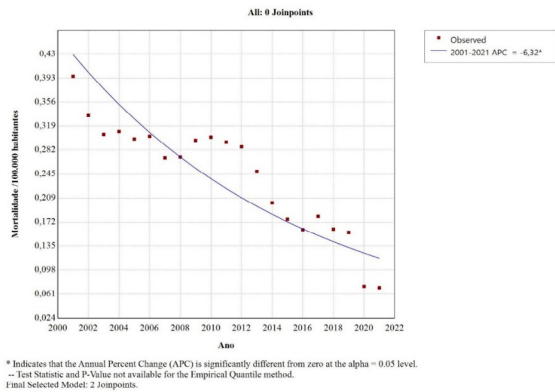


FIGURA 1 — Padrão temporal da mortalidade por infecção meningocócica no Brasil, entre 2001-2021

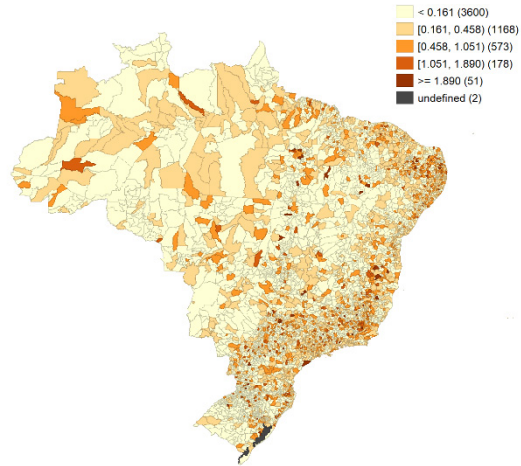


FIGURA 2 - Taxa de mortalidade bruta por infecção meningocócica no Brasil, entre 2001-2021

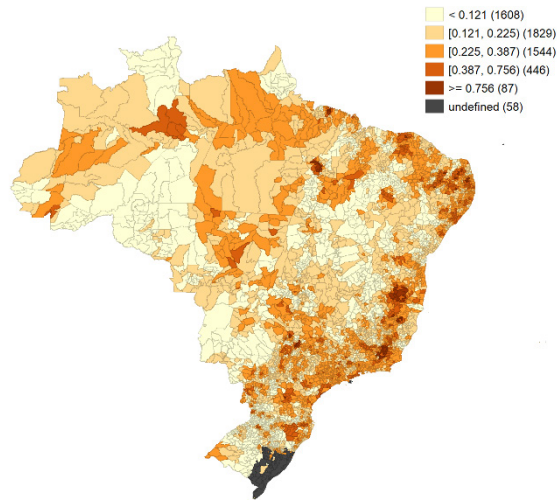


FIGURA 3 — Taxa de mortalidade suavizada pelo método bayesiano empírico local por infecção meningocócica no Brasil, entre 2001-2021

A aplicação do Índice de Moran Local possibilitou identificar aglomerados espaciais tanto de valores iguais altos como de valores baixos (Figura 4). O padrão alto-alto foi identificado principalmente nas regiões Nordeste e Sudeste, o que indica semelhança dos municípios dessas regiões para valores altos de mortalidade pela patologia analisada.

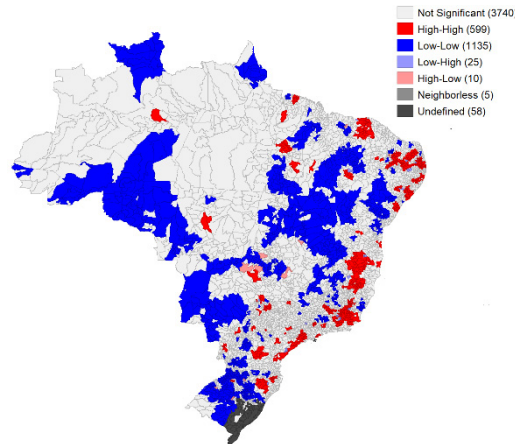


FIGURA 4 — Aglomerados espaciais de mortalidade por infecção meningocócica no Brasil, entre 2001-2021

Enquanto o padrão baixo-baixo foi identificado principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sul, Nordeste e Norte, o que indica semelhança dos municípios dessas regiões para valores baixos de mortalidade pela doença analisada.

DISCUSSÃO

A mortalidade por infecção meningocócica requer análise cuidadosa, dada que é importante causa de morte infantil. Após a análise dos dados epidemiológicos, é possível perceber frequência na primeira infância, ou seja, em crianças de até quatro anos (32,34%), concordando com o artigo de Barroso et al.⁶ que a maioria dos casos de mortalidade de infecção meningocócica ocorre na primeira infância. Ele mostra que cerca de 2,45 casos de letalidade a cada 100.000 indivíduos são de crianças menores de um ano, mas a incidência média seria de 0,24 a cada 100.000 indivíduos. Reiterando que, a causa principal de casos se deve à transmissão facilitada em ambientes infantis como creches e escolas e à imaturidade do sistema imunológico, aumenta a susceptibilidade à infecção meningocócica.⁶⁻⁸

As características demográficas da mortalidade pela infecção meningocócica apontam para predominância de fatores de risco e mortalidade em indivíduos do sexo masculino (53,49%), principalmente naqueles de etnia branca (47,60%) e com nenhum ano completo de estudo (20,10%). Manfred S Green et al,⁹ em seu artigo sobre a diferença entre os sexos na incidência de infecção meningocócica fala que realmente são mais homens jovens, mas fala que em pessoas mais velhas, a maioria é de mulheres. Essa maior incidência em homens é explicada pelos autores pela genética e diferenças hormonais em homens jovens.⁹ A associação entre o baixo nível de escolaridade e o aumento da infecção ressalta como a educação pode funcionar como importante determinante social de saúde, e que, comumente quando seus índices são baixos, são quadros em que há maiores problemas sociais e qualidade de vida diminuída, os quais refletem nas questões relacionadas à saúde.

Em análise dos dados espaciais, as regiões Sudeste e Nordeste mostram maior mortalidade por infecção meningocócica do que as restantes, 4.017 e 1.440 mortes, respectivamente.⁶⁻⁸ A região Nordeste, apresenta maiores taxas de mortalidade por infecção meningocócica, o que pode ser associado ao fato de que a região apresenta mazelas sociais, mesmo com bom desenvolvimento observado nos últimos anos. Tais mazelas podem ser intensificadas pela característica de ruralidade acentuada observada na região, isso dificulta o acesso aos serviços de saúde que são mais concentrados em centros urbanos causando menor investigação adequada dos casos, com consequente piora dos quadros, além de adesão deficitária à vacinação. Na região Sudeste, a concentração de pessoas, especialmente em locais fechados como metrô, ônibus e ambientes climatizados e somada à urbanização desordenada - marcada pela existência de favelas e periferias com acesso limitado às condições adequadas de moradia (Brasil, 2016) - contribui para a disseminação de agentes etiológicos, com destaque para os de origem bacteriana, que apresentam alta letalidade, com variação

em seus índices.⁴

Ao analisar os dados pelo aspecto temporal, pode-se perceber que a maior incidência de infecção meningocócica foi em 2001 com cerca de 0,39/100.000 indivíduos comparado a menor incidência que foi em 2021 com 0,07/100.000 indivíduos. De acordo com o DATASUS, a partir de 2001 o número de casos foi progressivamente decrescente, ou seja, desde o início da década de 90 até 2001 era consideravelmente alta e a partir desse ponto, começou a diminuir, fazendo com que, no período analisado neste artigo, o ano de 2001 fosse o com maior incidência.

Limitações

Os dados secundários utilizados nesta pesquisa apresentam-se como fator limitante, podendo gerar vieses, como sub-registro, ausência de informações e inconsistências no preenchimento das causas de morte. Associado a isso, existe limitação na análise das informações de estimativas populacionais através do método indireto, pois o último censo data de 2010. Os resultados encontrados para a população geral podem não se repetir em nível individual, devido aos efeitos de agregação dos dados, característica de falácia ecológica. Vale ressaltar que, a análise da mortalidade, foi baseada apenas na causa básica de óbito e não nas causas múltiplas. Assim, pode haver subestimação das mortes por infecção meningocócica.

CONCLUSÃO

A análise têmporo-espacial permitiu identificar os municípios dos diferentes estados com alta mortalidade por infecção meningocócica, além das diferenças entre as taxas de a mortalidade entre estados do Brasil. Dessa forma, expõe-se a necessidade de estratégias que ajam conforme a realidade e particularidades desses locais. Esta pesquisa serve de subsídio científico para organização e planejamento de ações voltadas para melhorias da atenção à saúde nos locais mais vulneráveis, principalmente agindo na Atenção Primária à Saúde (APS), visto que é o nível com maior e mais direto contato com a população e o mais eficiente no que diz respeito a ações educativas e preventivas que visam garantir acesso e cuidados para a população atendida, e, consequentemente promover saúde e prevenir quadros que culminem em agravos da infecção meningocócica.

REFERÊNCIAS

1. MacNeil JR, Blain AE, Wang X, Cohn AC. Current Epidemiology and Trends in Meningococcal Disease-United States, 1996-2015. Clin Infect Dis. 2018;66(8):1276-81. <https://doi.org/10.1093/cid/cix993>
2. Willerton L, Lucidarme J, Walker A, Lekshmi A, Clark SA, Walsh L, et al. Antibiotic resistance among invasive *Neisseria meningitidis* isolates in England, Wales and Northern Ireland (2010/11 to 2018/19). PLoS One. 2021;16(11):e0260677. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260677>
3. Campsall PA, Laupland KB, Niven DJ. Severe meningococcal infection: a review of epidemiology, diagnosis, and management. Crit Care Clin. 2013;29(3):393-409.
4. do Espírito-Santos RR, de Almeida NRC, Campos RALS, Parente F de S, Andrade MCS, Pinheiro ACS de O, et al. Infecção meningocócica em crianças no Brasil: análise do período 2013 a 2017. Brazilian Journal of Health Review. 2021;4(3):9570-8. <http://doi.org/10.34119/bjhrv3n4-193>

5. Berry I, Rubis AB, Howie RL, Sharma S, Marasini D, Marjuki H, et al. Selection of Antibiotics as Prophylaxis for Close Contacts of Patients with Meningococcal Disease in Areas with Ciprofloxacin Resistance - United States, 2024. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2024;73(5):99-103. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7305a2>
6. Barroso DE, de Carvalho DM, Nogueira SA, Solari CA. Doença meningocócica: epidemiologia e controle dos casos secundários. *Rev Saude Publica.* 1998;32(1):89-97. <https://doi.org/10.1590/S0034-89101998000100014>
7. Rausch-Phung EA, Hall WA, Ashong D. Meningococcal Disease (Neisseria meningitidis Infection) StatPearls.; 2026. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK549849/>
8. Silva LRD, Arruda LES, Barreto IJB, Aragão JVR, Silva MLFID, Lira G, et al. Geography and public health: analysis of the epidemiological dynamics of meningitis in Brazil, between 2010 and 2019. *Rev Bras Epidemiol.* 2024;27:e240031. <https://doi.org/10.1590/1980-549720240031>
9. Green MS, Schwartz N, Peer V. A meta-analytic evaluation of sex differences in meningococcal disease incidence rates in 10 countries. *Epidemiol Infect.* 2020;148:e246. <https://doi.org/10.1017/s0950268820002356>