
Tendência e distribuição espacial da mortalidade por Covid-19 no estado do Maranhão



Trend and spatial distribution of mortality by COVID-19 in the state of Maranhão

 **Rayanne Alves de Oliveira**
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
yanne.ufma@gmail.com

 **Giana Gislanne da Silva de Sousa**
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
giana.sousa@discente.ufma.br

 **Janiel Conceição da Silva**
Universidade Federal de São Carlos, Brasil
janiel.cs@discente.ufma.br

 **Floriacy Stabnow Santos**
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
floriacy.stabnow@ufma.br

 **Lívia Maia Pascoal**
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
livia.mp@ufma.br

 **Isaura Leticia Tavares Palmeira Rolim**
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
leticia.isaura@ufma.br

 **Leonardo Hunaldo dos Santos**
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
leonardo.hunaldo@ufma.br

 **Ranney Alves de Oliveira**
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
ranneyao@prof.edu.ma.gov.br

 **Ana Cristina Pereira de Jesus Costa**
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
cristina.ana@ufma.br

 **Marcelino Santos Neto**
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
marcelino.santos@ufma.br

Revista Presença Geográfica

Resumo: Objetivou-se analisar a tendência da mortalidade e a distribuição espacial dos óbitos por Covid-19 no estado do Maranhão, Brasil. Trata-se de estudo ecológico e de série temporal, em que se incluíram todos os óbitos por Covid-19 registrados junto ao Sistema de Notificação da Covid-19, no estado do Maranhão, entre março de 2020 e janeiro de 2022. Na análise de tendência da mortalidade, utilizaram-se das regressões de *Prais-Winsten*. Realizaram-se a análise espacial de área e a análise de autocorrelação espacial, por meio do Índice de Moran Global e Local, considerando-se a primeira, segunda e pós segunda ondas. A tendência da mortalidade foi estável nas 19 regionais de saúde. A distribuição espacial se mostrou heterogênea e as taxas de mortalidade variaram de 0,0 a 44,60 óbitos/100.000 habitantes, com destaque para as regionais de São Luís e Imperatriz. Ao considerar as médias obtidas, as taxas de mortalidade pela doença foram maiores no período da segunda onda. O Índice de Moran global indicou correlação espacial positiva das taxas de mortalidade nos três períodos. A análise de Moran local demonstrou *clusters* de alto risco de óbitos estatisticamente significantes, principalmente na região oeste. Esses achados sugerem que a mortalidade por Covid-19 foi significativa e podem embasar estratégias futuras em outras crises sanitárias.

Palavras-chave: COVID-19, Óbitos, Estudos de Séries Temporais, Análise Espacial.

Abstract: To analyze the mortality trend and the spatial distribution of deaths from COVID-19 in the state of Maranhão. This is an ecological and time series study. All deaths due to COVID-19 registered with the COVID-19 Notification System in the state of Maranhão, between March 2020 and January 2022, were included. In the mortality trend analysis, Prais-Winsten regressions were used. A spatial area analysis and a spatial autocorrelation analysis were carried out using the Global and Local Moran Index, considering the first, second and post-second waves. The mortality trend was stable in 19 health regions. The spatial distribution proved to be heterogeneous and mortality rates varied from 0.0 to 44.60 deaths/100,000 inhabitants, with emphasis on the regions of

vol. 11, núm. 2, 2024
Fundação Universidade Federal de Rondônia, Brasil
ISSN-E: 2446-6646
Periodicidade: Frecuencia continua
rpgeo@unir.br

Recepção: 19 Maio 2024
Aprovação: 28 Julho 2024

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/274/2744935009/>

São Luís and Imperatriz. Considering the averages obtained, mortality rates from the disease were higher in the 2nd wave period. The global Moran index indicated positive spatial observation of mortality rates in the three periods. A local Moran analysis revealed clusters of statistically significant high-risk deaths, mainly in the western region. These findings suggest that mortality from COVID-19 was significant, and may inform future strategies in other health crises

Keywords: COVID-19, Deaths, Time Series Studies, Spatial Analysis.

INTRODUÇÃO

Pandemias são acontecimentos multifacetados, possuindo dimensões biológicas, sociais e ecológicas. Por isso, elas revelam e acentuam as desigualdades sociais, imputando maiores morbimortalidade sobre os mais suscetíveis, como comprovou a Covid-19, que interagiu com diversas vulnerabilidades sanitárias e sociais, ampliando os efeitos desfavoráveis desses fatores sobre a saúde da população (Werneck, 2023).

A Covid-19 é uma doença viral, infecciosa, com quadro respiratório, tendo por agente etiológico o coronavírus SARS-CoV-2 (Fernandes et al., 2022; Ferreira Pontes et al., 2023). A maioria das pessoas infectadas evoluem com curso brando, no entanto, algumas desenvolvem inflamação exacerbada e aumento desproporcional da resposta imune, resultando em insuficiência respiratória, falhas de múltiplos órgãos e, potencialmente, a morte (Pearce et al., 2021).

Conforme os registros epidemiológicos, até o dia 31 de dezembro de 2023, foram reportadas 7.010.568 mortes por Covid-19 no mundo, no qual o continente americano foi o que teve maior número de mortes, totalizando 2.992.19 (WHO, 2024). O Brasil registrou 708.638 mortes pela doença e o estado do Maranhão 11.080 óbitos (Brasil, 2024).

Diversos estudos têm indicado que fatores sociodemográficos, como sexo masculino, idade avançada a partir de 60 anos e condições clínicas associados à presença de comorbidades cardiovasculares, metabólicas e respiratórias são predisponentes para ocorrência de maiores taxas de mortalidade pela doença (Donamou et al., 2021; Uranga et al., 2022; Alves de Oliveira et al., 2023). Ademais, as condições de moradia e renda da população, bem como os níveis de exclusão social são ainda reportados como condicionantes de maior vulnerabilidade à Covid-19 (Silva; Teixeira; Caetano, 2020; Pereira et al., 2021; Barbosa et al., 2022).

Investigações concernentes aos óbitos causados pela Covid-19 contribuem para o conhecimento da mortalidade da doença (Alshogran et al., 2021; Oliveira et al., 2022) e são importantes, também, no período pós-pandêmico. Tendo em vista que estudos geoeconômicos demonstram a distribuição espacial de dado evento e se ele possui dependência com as particularidades da população exposta (Ibiapina; Bernardes, 2019). Assim, esses dados são úteis para avaliação da eficácia das intervenções de saúde adotadas no território durante a pandemia (Silva et al., 2022), bem como para verificar o impacto da doença e as áreas mais afetadas, possibilitando visão mais ampliada desse processo.

Ressalta-se ainda que o conhecimento da tendência dos óbitos por Covid-19 auxilia na identificação das modificações na mortalidade por SARS-CoV-2, em determinado tempo (Andrade et al., 2022) e possibilita que essa compreensão colabore para entendimento e enfrentamento de futuras epidemias ou pandemias.

Revisão integrativa de literatura que abordou distribuição espacial dos óbitos por Covid-19 no mundo, identificou que as técnicas de análise espacial de área, técnicas de varredura e autocorrelação espacial foram amplamente empregadas em estudos, apontando que a distribuição espacial dos óbitos foi heterogênea. Em âmbito regional, as diferenças se encontram nas disparidades relacionadas às questões socioeconômicas, ambientais e de densidade demográfica que influenciam na distribuição e dinâmica da doença (Oliveira et al., 2021). Portanto, identificar esses fatores pode apoiar a gestão no planejamento e desenvolvimento de projetos de promoção, prevenção e reabilitação em saúde em territórios que demandam mais atenção.

No estado do Maranhão, estudo com recorte inicial da pandemia demonstrou, por meio de análise de área e técnica de varredura, presença de aglomerados de alto risco relativo de óbitos em algumas regiões desse estado e taxas de mortalidade crescente no período (Silva et al., 2021). Por se tratar de evento de saúde relacionado na literatura às condições socioeconômicas, de acesso à saúde, ambientais, dentre outras, a escolha desse cenário é importante, pois trata-se do estado com menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Brasil (Atlas, 2024).

No entanto, não se encontrou estudo geoepidemiológico e de tendência da mortalidade por Covid-19 nesse estado, que abrangesse maior período da pandemia, o que torna importante os achados desta pesquisa. Por isso, mesmo no período pós-pandêmico, conhecer a distribuição espacial e tendência da mortalidade por Covid-19 no estado do Maranhão fornecerá dados sobre o comportamento da doença e auxiliará a identificar as fragilidades e limitações dos serviços de saúde, podendo elucidar o entendimento e desenvolvimento de estratégias frente a eventos futuros semelhantes. Desse modo, objetivou-se analisar a tendência da mortalidade e a distribuição espacial dos óbitos por Covid-19 no estado do Maranhão, Brasil.

CARTOGRAFIA EM SAÚDE: APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS EM ANÁLISES ESPACIAS

A cartografia em saúde pode auxiliar na compreensão do espaço e tornar-se ferramenta importante para gestão da saúde pública. Desta forma, a aplicação de técnicas cartográficas permite identificar diagnósticos de saúde, por meio da visualização da distribuição da doença, mediante a representação de elementos concretos no espaço geográfico, conjuntamente com a dinâmica observada por meio das análises. Portanto, a cartografia envolve a criação, o desenvolvimento e a apresentação de dados em forma de mapas, como forma de promover a leitura de uma realidade (Machado, 2022).

Esse mapeamento é realizado com o apoio de geotecnologias que são uma série de instrumentos que auxiliam em análises ecológicas em determinada realidade, proporcionando maior delineamento de resultados, sendo as mais comuns: Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Sistema de Posicionamento Global (GPS), sensoriamento remoto, cartografia digital e softwares que possuem capacidade para analisar grande quantidade de dados (Nascimento et al., 2024; Lemos et al., 2024). O SIG é abordado na como matriz para as demais ferramentas, por apresentar conjunto de sistemas que, apesar de serem independentes, trabalham entre si e permitem obtenção, edição, gerenciamento, análise e representação de dados geográficos (Nascimento et al., 2024).

Nessa perspectiva, a utilização das geotecnologias como ferramentas aplicadas à ciência geográfica permite a análise de fatores relacionados à distribuição da mortalidade por meio da cartografia. Isso pode auxiliar no planejamento de intervenções e monitoramento de áreas de maior risco, além de identificar os fatores que influenciam a ocorrência desses eventos. Esses dados podem servir como subsídios para a discussão e o planejamento de políticas públicas (Silva et al., 2022).

METODOLOGIA

Delineamento do Estudo

Trata-se de estudo ecológico e de série temporal (Rouquayrol; Silva, 2018), que se utilizou de dados secundários para análise com grande amplitude territorial e populacional, cujo foco é construir inferências biológicas e/ou ecológicas sobre determinado público, implementando medidas agregadas (Morgenstern, 1995).

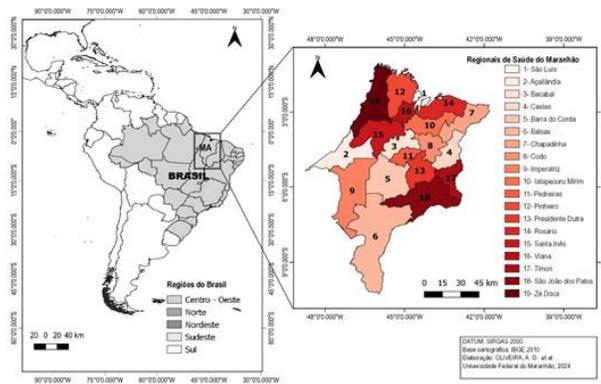
Cenário

O estudo foi realizado no estado do Maranhão, Brasil, situado ao nordeste do Brasil, possui como capital o município de São Luís, ocupa área total de 329.642,170 km², com, aproximadamente, 7.075.181 habitantes e 217 municípios (IBGE, 2022a), que se distribuem em oito macrorregiões e 19 regionais de saúde (CIB nº 44/2011; SES-MA, 2022), essa última sendo considerada como foco para análise de tendência temporal dos óbitos por Covid-19.

Investigar a tendência de óbitos por COVID-19 é importante para levantamento de diagnósticos de saúde, principalmente no Maranhão, estado que possui o pior IDH do Brasil (Atlas, 2024). A escolha de regionais de saúde para análise, favorece aspectos referente à regionalização, fortalecendo o processo de descentralização e promovendo relações mais cooperativas entre os gestores do Sistema Único de Saúde (SUS), qualificando o acesso e a efetividade da gestão nas regionais (Falcão, 2020). A Figura 1 apresenta o mapa do Brasil, dividido em regiões e faz destaque para o estado do Maranhão e as respectivas 19 regionais de saúde elencadas em ordem.

FIGURA 1

Mapa do Brasil, com destaque para o estado do Maranhão e as dezenove regionais de saúde



Fonte: Adaptado de bases geográficas do IBGE e da Secretaria Estadual de Saúde do Maranhão (2022a)

TABELA 1

Distribuição dos municípios por regionais de saúde, Maranhão, Brasil

Regionais de Saúde	Códigos e Nomes dos Municípios
01-São Luís	1-Alcântara, 2-Paço do Lumiar, 3-Raposa, 4-São José de Ribamar, 5-São Luís.
02-Açailândia	6-Açailândia, 7-Bom Jesus das Selvas, 8-Buriticupu, 9-Cidelândia, 10-Itinga do Maranhão, 11-São Francisco do Brejão, 12-São Pedro da Água Branca, 13-Vila Nova dos Martírios.

03- Bacabal	14-Altamira do Maranhão, 15-Bacabal, 16-Bom Lugar, 17-Brejo de Areia, 18-Conceição do Lago-Açu, 19-Lago Verde, 20-Marajá do Sena, 21-Olho d'Água das Cunhãs, 22-Paulo Ramos, 23-São Luís Gonzaga do Maranhão, 24-Vitorino Freire.
04-Caxias	25-Afonso Cunha, 26-Aldeias Altas, 27-Buriti, 28-Caxias, 29-Coelho Neto, 30-Duque Bacelar, 31-São João do Soter.
05-Barra Do Corda	32-Arame, 33-Barra do Corda, 34-Fernando Falcão, 35-Grajaú, 36-Itaipava do Grajaú, 37-Jenipapo dos Vieiras.
06-Balsas	38-Alto Parnaíba, 39-Balsas, 40-Feira Nova do Maranhão, 41-Formosa da Serra Negra, 42-Fortaleza dos Nogueiras, 43-Loreto, 44-Nova Colinas, 45-Riachão, 46-Sambaíba, 47-São Félix de Balsas, 48-São Pedro dos Crentes, 49-São Raimundo das Mangabeiras, 50-Tasso Fragoso.
07-Chapadinha	51-Água Doce do Maranhão, 52-Anapurus, 53-Araioses, 54-Brejo, 55-Chapadinha, 56-Magalhães de Almeida, 57-Mata Roma, 58-Milagres do Maranhão, 59-Paulino Neves, 60-Santa Quitéria do Maranhão, 61-Santana do Maranhão, 62-São Bernardo, 63-Tutóia.
08-Codo	64-Alto Alegre do Maranhão, 65-Codó, 66-Coroatá, 67-Peritoró, 68-São Mateus do Maranhão, 69-Timbiras.
09-Imperatriz	70-Amarante do Maranhão, 71-Buritirana, 72-Campestre do Maranhão, 73-Carolina, 74-Davinópolis, 75-Estreito, 76-Governador Edison Lobão, 77-Imperatriz, 78-João Lisboa, 79-Lajeado Novo, 80-Montes Altos, 81-Porto Franco, 82-Ribamar Fiquene, 83-São João do Paraíso, 84-Senador La Rocque, 85-Sítio Novo.
10-Itapecuru Mirim	86-Anajatuba, 87-Arari, 88-Belágua, 89-Cantanhede, 90-Itapecuru Mirim, 91-Matões do Norte, 92-Miranda do Norte, 93-Nina Rodrigues, 94-Pirapemas, 95-Presidente Vargas, 96-São Benedito do Rio Preto, 97-Urbano Santos, 98-Vargem Grande, 99-Vitória do Mearim.
11-Pedreiras	100-Bernardo do Mearim, 101-Esperantinópolis, 102-Igarapé Grande, 103-Lago da Pedra, 104-Lago do Junco, 105-Lago dos Rodrigues, 106-Lagoa Grande do Maranhão, 107-Lima Campos, 108-Pedreiras, 109-Poção de Pedras, 110-São Raimundo do Doca Bezerra, 111-São Roberto, 112-Trizidela do Vale.
12-Pinheiro	113-Apicum-Açu, 114-Bacuri, 115-Bequimão, 116-Cedral, 117-Central do Maranhão, 118-Cururupu, 119-Guimarães, 120-Mirinzal, 121-Pedro do Rosário, 122-Peri Mirim, 123-Pinheiro, 124-Porto Rico do Maranhão, 125-Presidente Sarney, 126-Santa Helena, 127-Serrano do Maranhão, 128-Turiação, 129-Turilândia.

13-Presidente Dutra	130-Capinzal do Norte, 131-Dom Pedro, 132-Fortuna, 133-Gonçalves Dias, 134-Governador Archer, 135-Governador Eugênio Barros, 136-Governador Luiz Rocha, 137-Graça Aranha, 138-Joselândia, 139-Presidente Dutra, 140-Santa Filomena do Maranhão, 141-Santo Antônio dos Lopes, 142-São Domingos do Maranhão, 143-São José dos Basílios, 144-Senador Alexandre Costa, 145-Tuntum.
14-Rosário	146-Axixá, 147-Bacabeira, 148-Barreirinhas, 149-Cachoeira Grande, 150-Humberto de Campos, 151-Icatu, 152- Morros, 153-Presidente Juscelino, 154-Primeira Cruz, 155-Rosário, 156-Santa Rita, 157-Santo Amaro do Maranhão.
15-Santa Inês	158-Alto Alegre do Pindaré, 159-Bela Vista do Maranhão, 160-Bom Jardim, 161-Governador Newton Bello, 162-Igarapé do Meio, 163-Monção, 164-Pindaré-Mirim, 165-Pio XII, 166-Santa Inês, 167-Santa Luzia, 168-São João do Carú, 169-Satubinha, 170-Tuflândia.
16-Viana	171-Bacurituba, 172-Cajapió, 173-Cajari, 174-Matinha, 175-Olinda Nova do Maranhão, 176-Palmeirândia, 177-Penalva, 178-São Bento, 179-São João Batista, 180-São Vicente Ferrer, 181-Viana.
17-Timon	182-Matões, 183-Parnarama, 184-São Francisco do Maranhão, 185-Timon
18 - São João dos Patos	186-Barão de Grajaú, 187-Benedito Leite, 188-Buriti Bravo, 189-Colinas, 190-Jatobá, 191-Lagoa do Mato, 192-Mirador, 193-Nova Iorque, 194-Paraibano, 195-Passagem Franca, 196-Pastos Bons, 197-São Domingos do Azeitão, 198-São João dos Patos, 199-Sucupira do Norte, 200-Sucupira do Riachão.
19- Zé Doca	201-Amapá do Maranhão, 202-Araguanã, 203-Boa Vista do Gurupi, 204-Cândido Mendes, 205-Carutapera, 206-Centro do Guilherme, 207-Centro Novo do Maranhão, 208-Godofredo Viana, 209-Governador Nunes Freire, 210-Junco do Maranhão, 211-Luís Domingues, 212-Maracaçumé, 213-Maranhãozinho, 214-Nova Olinda do Maranhão, 215-Presidente Médici, 216-Santa Luzia do Paruá, 217-Zé Doca.

Fonte: Adaptado da Secretaria de Saúde do Estado do Maranhão, 2022. (<https://www.saude.ma.gov.br/unidades-regionais-de-saude/>)

População, Fonte de dados e Variáveis utilizadas

Consideraram-se para o estudo todos os óbitos por Covid-19, obtidos a partir do Sistema de Notificação da COVID-19 do Maranhão (SNC-19 MA), vinculado ao Departamento de Monitoramento e Avaliação em Saúde da Superintendência de Epidemiologia e Controle de Doenças da Secretaria de Estado da Saúde do estado do Maranhão (SES/MA). Esse sistema consolida os dados das fichas de notificação da Síndrome Gripal e ficha de Síndrome Respiratória Aguda Grave por Covid-19 (SES MA, 2020). Os dados foram coletados em fevereiro de 2022, considerando o município de residência no estado do Maranhão, tendo o período de análise compreendido entre março de 2020 e janeiro de 2022. Os dados sobre a estimativa populacional foram coletados junto ao site do IBGE (<https://sidra.ibge.gov.br/>). As variáveis utilizadas foram: data, endereço completo, município e regional de saúde de ocorrência do óbito.

Processo da análise de tendência temporal

Calcularam-se as taxas mensais de mortalidade por Covid-19 por municípios e regionais de saúde, as taxas brutas foram realizadas fazendo o cálculo do número de óbitos dividido pela população total e multiplicado por 100.000 habitantes. A análise de tendência de mortalidade por Covid-19 no estado foi calculada por mês e as 19 regionais de saúde do estado do Maranhão compuseram as unidades ecológicas, territórios de análise para o estudo (Crispim et al., 2021). Para essa finalidade, empregaram-se regressões de Prais-Winsten, considerando-se a autocorrelação serial em séries temporais (Wooldridge, 2015). A partir das taxas de variação mensais, intervalos de confiança de 95% (IC95%) e valores de p (nível de significância de 5%), assim a tendência de mortalidade por Covid-19 foi classificada em crescente, estável ou decrescente. Essa análise foi realizada no software SPSS, versão 24.0.

Processo da análise espacial

Para o estudo da análise espacial, o período total da investigação foi decomposto em três, considerando a primeira onda (março a outubro do ano de 2020), segunda onda (novembro de 2020 a agosto de 2021) e pós segunda onda (setembro de 2021 a janeiro de 2022) da Covid-19 no país. Essa classificação em ondas foi adotada a partir dos dados disponíveis no Ministério da Saúde (https://qsprod.saude.gov.br/extensions/COVID-19_html/COVID-19_html.html).

Na análise da distribuição espacial, a base cartográfica dos municípios do Maranhão utilizada foi a disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Na geocodificação, realizou-se a padronização e equiparação dos endereços de cada indivíduo que tem residência em municípios do Maranhão, com a base cartográfica com projeção UTM/WGS84. E, a seguir, fez-se a interpolarização com o software Qgis, versão 3.22.7, para elaborar padrões dos pontos dos eventos.

Na análise espacial de área, ao considerar as ondas supracitadas, as taxas de mortalidade por Covid-19 foram distribuídas por unidades regionais de saúde do estado. Deste modo, elencaram-se mapas temáticos via software QGIS, versão 3.22.7, com distribuição das taxas de mortalidade, destacando o início, meio, fim, bem como a média obtida em cada onda analisada.

Enquanto na investigação para detecção de aglomerados (clusters) de alto e baixo risco para mortalidade, empregou-se o Índice de Moran Local (Local Index of Spatial Association – LISA), com significância estatística $p \leq 0,05$. Essa análise possibilita unir as áreas com correlação espacial positiva, com locais estatisticamente significativos acima de 95%, gerando, assim, os Moran's Map (LISA Map) (Luzardo; Filho; Rubem, 2017).

Interpretação da Análise de Moran

Para o estudo da autocorrelação espacial, considerou-se como unidade ecológica os 217 municípios que contém no estado do Maranhão (Tabela 1). Utilizaram-se as ferramentas estatísticas dos índices de Moran global (I) e Moran local (LISA). O Índice de Moran global pode ter valores entre -1 e +1, valores negativos indicam autocorrelação espacial negativa e valores positivos autocorrelação espacial positiva e o valor zero indica inexistência de correlação espacial. Ele possibilita medida geral de associação espacial para todo um conjunto de dados (Arselin, 1995). Na análise de Moran Local, foram gerados os LISA Maps, com os indicadores da mortalidade por Covid-19. Os resultados positivos ocorrem quando há concentrações de valores baixos ou de valores altos do atributo na área e matriz de vizinhança, e os negativos, quando na mesma área e matriz, ocorrem valores baixos circundados de altos e altos circundados de baixos (Luzardo; Filho; Rubem, 2017).

Assim, as áreas com padrão alto-alto (AA), ou seja, municípios com altas taxas de mortalidade circundados por municípios com altas taxas, constituem aglomerados de alto risco para mortalidade por Covid-19 e as áreas com padrão baixo-baixo (BB) municípios com baixas taxas de mortalidade, circundados também por municípios com baixas taxas, constituem aglomerados de baixo risco para mortalidade, ambos os padrões denotam autocorrelação espacial positiva. Os padrões alto-baixo (AB) áreas com altas taxas e que são circundados por áreas com baixas taxas e baixo-alto (BA) baixas taxas circundadas por taxas altas, possuem autocorrelação negativa. Essas áreas AB e BA não são consideradas aglomerados, mas zonas de transição (Câmara et al., 2002).

Softwares utilizados

As análises foram realizadas pelo software GeoDa versão 3.16.2 e, posteriormente, importadas para tabela de resultados gerada para o software Qgis versão 3.22.7 para confecção do LISA Map's. Para descrever as regiões em que se formaram os clusters de óbitos, utilizou-se divisão do estado do Maranhão em cinco mesorregiões: norte, sul, leste, oeste e ao centro (IBGE, 2021).

Aspectos Éticos

Esta pesquisa foi aprovada pela Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), e a proposta foi aprovada pelo CEP/UFMA, conforme parecer nº 4.227.396, emitido em agosto de 2020.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro mês analisado (março de 2020), a única regional que teve taxa de mortalidade diferente de 0,00 foi a regional de São Luís, sendo essa taxa 0,7 óbitos/100 mil habitantes.

No ano de 2020, houve pico de mortalidade no mês de junho, em que todas as regionais de saúde demonstraram elevação da taxa de mortalidade, em comparação ao mês anterior, tendo destaque nesse momento a regional de São Luís, com 26,14 óbitos/100 mil habitantes. Em 2021, essas taxas tiveram o ápice em abril e a regional que registrou maior taxa foi a de Pedreiras, com 34,23 óbitos/100 mil habitantes; em janeiro de 2022, a regional de Açailândia apresentou a maior taxa: 5,67 óbitos (Tabela 2).

A maior mortalidade por Covid-19, considerando o período total, ocorreu em março de 2021, na regional de Imperatriz, em que a taxa foi de 44,60 óbitos/100 mil habitantes. A taxa de variação mensal das taxas de mortalidade no estado foi de - 5,6 (-72,1; 219,3) e a tendência da mortalidade por Covid-19 demonstrou-se estável em todas as regionais de saúde do estado no período analisado nesta pesquisa, apresentado na (Tabela 2).

TABELA 2

Regionais de Saúde	Ano de 2020*	Ano de 2021**	Janeiro de 2022	TVM	P-valor	Situação
São Luís	0,07 a 20,21	0,07 a 22,93	1,64	-47,20 (-95,4; 512,7)	0,62	Estável
Açailândia	0,00 a 19,01	1,00 a 18,35	5,70	25,60 (-57,7; 272,7)	0,69	Estável
Bacabal	0,00 a 19,29	0,00 a 19,29	2,60	-18 (-79,7; 230,9)	0,78	Estável
Caxias	0,00 a 20,50	0,33 a 21,15	2,60	-4,3 (-72,1; 228)	0,95	Estável
Barra do Corda	0,00 a 10,64	0,43 a 13,20	1,70	-11,3 (-63,4; 114,9)	0,79	Estável
Balsas	0,00 a 10,96	0,88 a 23,25	1,75	16,4 (-81,1; 617,6)	0,87	Estável
Chapadinha	0,00 a 18,10	0,00 a 10,76	1,05	-28,9 (-71,9; 80,2)	0,48	Estável
Codó	0,00 a 13,52	0,32 a 16,74	1,93	-11,9 (-69,2; 152,2)	0,81	Estável
Imperatriz	0,00 a 26,61	2,75 a 44,60	4,22	-29,9 (-93,3; 633,2)	0,77	Estável
Itapecuru mirim	0,00 a 5,93	0,00 a 16,46	0,52	10,2 (-74,4; 373,2)	0,90	Estável
Pedreiras	0,00 a 20,99	0,91 a 34,23	0,46	-26,9 (-88,4; 361,0)	0,74	Estável
Pinheiro	0,00 a 10,27	0,25 a 11,77	1,50	-5,2 (- 57,5; 111,8)	0,90	Estável
Presidente Dutra	0,00 a 5,49	0,69 a 9,26	1,03	13,0 (-46,1; 136,8)	0,75	Estável
Rosário	0,00 a 6,59	0,00 a 6,92	1,32	-10,9 (-45,0; 44,5)	0,65	Estável
Santa Inês	0,00 a 20,47	0,76 a 24,76	0,51	-14,7 (86,8; 452,6)	0,87	Estável
Viana	0,00 a 13,84	0,00 a 7,29	0,60	-16,6 (-57,6; 64,1)	0,61	Estável

Timon	0,00 a 17,10	0,40 a 23,87	2,39	17,0 (-86,8; 423,2)	0,85	Estável
São João dos Patos	0,00 a 9,31	0,00 a 12,14	0,81	0,2 (-58,1; 139,5)	0,99	Estável
Zé Doca	0,00 a 10,56	0,00 a 9,90	0,66	-24,3 (-65,6; 66,7)	0,50	Estável
Geral	0,00 a 11,84	0,88 a 16,68	1,72	-5,6 (-72,1; 219,3)	0,93	Estável

Fonte: Autoria Própria

* Variação da incidência de março a dezembro de 2020 (menor e maior taxa)

** Variação de incidência do ano de 2021 (menor e maior taxa)

A Covid-19 impactou severamente os serviços de saúde, educação, economia e do mundo (Chakrabarti et al., 2023), mas, apesar disso, trouxe muitas lições que podem ser replicadas, para, assim, evitar em pandemias futuras um colapso tão significativo como o que ela ocasionou.

Nos resultados desta pesquisa, todas as regionais de saúde do estado do Maranhão, no período analisado, demonstraram tendência estável nas taxas de mortalidade. Estudo de Andrade e colaboradores (2022), que investigou o padrão espaço temporal da mortalidade por Covid-19 no Nordeste do Brasil, durante o primeiro ano de pandemia, corrobora esse achado, no qual o estado do Maranhão também demonstrou tendência estável da mortalidade por Covid-19. Por sua vez, o estado do Piauí que faz fronteira com ele, teve tendência crescente da mortalidade.

Estudo ecológico de série temporal identificou que no estado do Tocantins, que também faz fronteira geográfica com o estado do Maranhão, foi registrado o total de 3.594 óbitos até agosto de 2021, causados pelo vírus SARS-CoV-2, e a tendência da mortalidade pela doença foi estável, tanto na primeira como na segunda onda, sendo a maior taxa de mortalidade registrada 39,81 óbitos/100.000 habitantes (Cesar et al., 2021). Essa taxa teve valor aproximado da maior taxa de mortalidade registrada no Maranhão nesta investigação (44,60 óbitos/100.000 habitantes).

No estado do Tocantins, os pesquisadores associaram a estabilidade da tendência da mortalidade ao efeito da imunização no território (Cesar et al., 2021). Essa mesma inferência pode ser atribuída aos achados desta investigação, até o dia 26 de novembro de 2022, a cobertura vacinal no estado do Maranhão foi 83,82% (SESA, 2022).

Conforme a OMS, a curva mensal de crescimento dos óbitos nas Américas tem demonstrado queda desde fevereiro de 2022, e gráfico de dinâmica de crescimento semanal dos óbitos demonstrou que, em março de 2022, a taxa de mortalidade no Brasil foi de 14,20 óbitos/1 milhão de habitantes, bem superior à taxa esperada para essa semana que seria 0,00 (WHO, 2022).

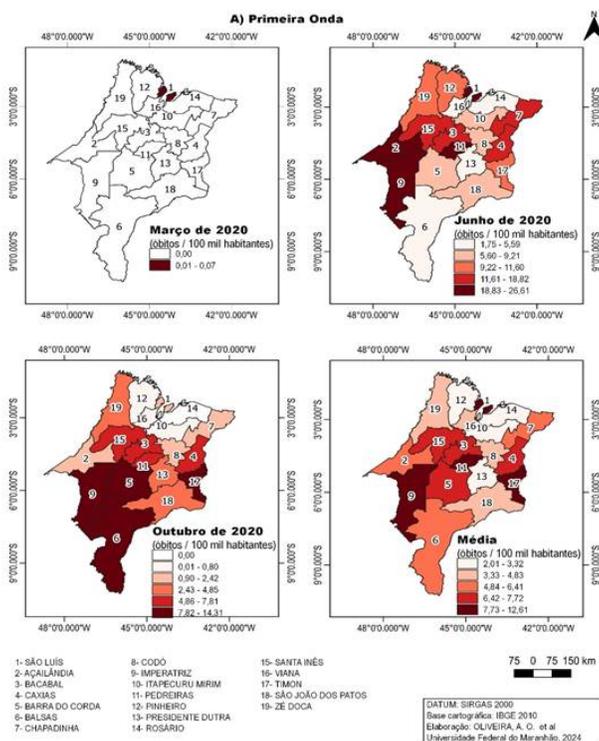
Em relação à tendência global dos óbitos por Covid-19 no mundo, no ano de 2020, investigação com análise espaço temporal identificou variação na tendência da letalidade da doença, sendo ela crescente até a 17ª semana epidemiológica, seguindo-se de tendência decrescente da 18ª a 53ª semana, correspondendo a uma taxa de 2,2% (Hasan et al., 2022). Esta queda e estabilização das taxas de mortalidade pode ser explicada a partir dos avanços da cobertura vacinal ou da imunidade adquirida por infecção natural e pela acessibilidade a novos tratamentos da doença que têm contribuído na redução da mortalidade por Covid-19 (Beaney et al., 2022). Além disso, acredita-se que outros fatores que podem explicar esse dado é a implementação de medidas de prevenção eficazes, como distanciamento social e adesão de etiqueta respiratória.

A distribuição espacial das taxas de mortalidade por Covid-19 foi heterogênea no período analisado, variando de 0,0 a 44,60 óbitos/100.000 habitantes, em todo período investigado.

Na primeira onda, em março de 2020, somente a Regional de São Luís teve óbitos registrados, no mês de junho de 2020, as regionais de Açailândia, Pedreiras e Imperatriz tiveram taxas mais altas nessa onda, sendo, respectivamente, 19,01; 20,99 e 26,61 óbitos/100.000 habitantes. Ao considerar as taxas médias para o período, as menores taxas foram identificadas nas regionais de Presidente Dutra, Rosário e Itapecuru-mirim, variando entre 2,01 e 3,32/ óbitos/100.000 habitantes, apresentado na (Figura 2A).

FIGURA 2A

Distribuição da Mortalidade por Covid-19 na primeira onda (A) da Covid-19 no Maranhão

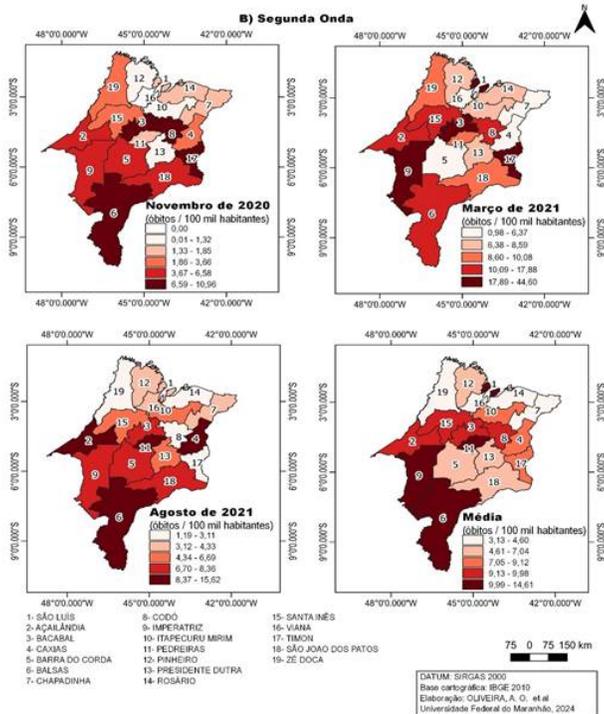


Fonte: Autoria Própria

A segunda onda foi o período com registros das maiores taxas de mortalidade, em especial em março de 2021, em que a regional de Imperatriz registrou a taxa de 44,60 óbitos/100.000 habitantes, seguida da regional de São Luís, com 19,18 óbitos/100.000 habitantes. Apesar disso, no mês inicial dessa onda (novembro de 2020), as regionais de Viana e Presidente Dutra tiveram baixas taxas, respectivamente, 0,00 e 0,68 óbitos/100.000 habitantes. Ao analisar o mapa da taxa média da mortalidade, as regionais de Balsas, Imperatriz e Pedreiras tiveram as maiores taxas variando de 9,99 a 14,61 óbitos/100.000 habitantes, apresentado na (Figura 2B).

FIGURA 2B

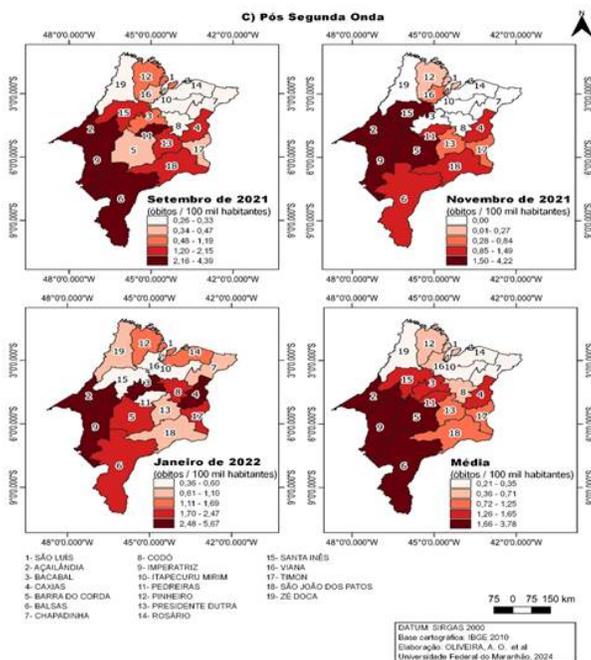
Distribuição da Mortalidade por Covid-19 na segunda onda (B) da Covid-19 no Maranhão



Fonte: Autoria Própria

O período pós-segunda onda foi o que apresentou menores taxas de mortalidade pela Covid-19, essas variaram de 0,00 a 5,67 óbitos/100.000 habitantes. Nesse período, as regionais que apresentaram as menores taxas de mortalidade no mês de setembro de 2021 (mês do início da onda) foram as regionais de Itapecuru Mirim e Chapadinha, ambas com taxa 0,26 óbitos/100.000 habitantes, seguidas da Regional de Rosário 0,33 óbitos/100.000 habitantes. E as maiores taxas, considerando a média do período, concentraram-se ao sul e oeste do estado, destacando-se as regionais de Imperatriz, Açailândia, Balsas e Barra do Corda, sendo, respectivamente, 3,78; 3,26; 2,01 e 1,66 óbitos/100.000 habitantes, apresentado na (Figura 2C).

FIGURA 2C
Mortalidade por Covid-19 no pós-segunda onda (C) da Covid-19 no Maranhão



Fonte: Autoria Própria

Quanto à distribuição espacial dos óbitos por Covid-19 nas regionais de saúde do Maranhão, constatou-se padrão de heterogeneidade nas taxas de mortalidade. Essas variações nas taxas de mortalidade podem ser explicadas pela disponibilidade e acessibilidade aos recursos de saúde (Sun; Hu; Xie, 2021; Ji et al., 2020), que são marcadas pelas diferenças regionais.

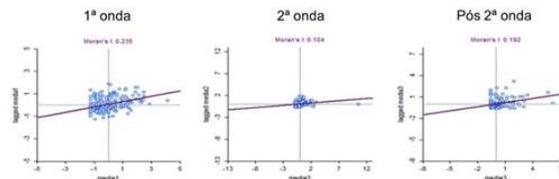
A Regional de São Luís foi a primeira e a única a registrar óbito em março de 2020, este ocorreu no município de São Luís (capital do estado), que compreende as regiões centrais e metropolitanas dentro do estado. Essa é uma área pela qual circulam muitas pessoas, devido à atividade de comércio, transportes, viagens e oferta de serviços públicos e privados (Santana; Costa; Mattos Júnior, 2022). A presença de aeroportos, rodovias e intenso fluxo de deslocamento é um dos fatores que aumenta o número de casos e, por consequência, também o número de óbitos por Covid-19 (Correa-Agudelo et al., 2021; Zare; Delarmente; Gaskin, 2022). Pesquisa realizada nos Estados Unidos da América identificou que cidades com grandes fluxos aeroportuários demonstram aumento de risco para mortalidade de 31%, em comparação com cidades sem conectividade aeroportuária (Correa-Agudelo et al., 2021), em contraposição a isso, em investigação realizada na Rússia, os fluxos de migração intrarregionais e a quantidade de aeroportos não estiveram associados a maior mortalidade pela doença (Kotov et al., 2022).

Conforme dados do Conselho Federal de Medicina, o Maranhão é tido como o estado com menor quantidade de médicos por número de habitantes (Santana; Costa; Mattos Junior, 2022). Adiciona-se a isso que, além de poucos médicos de forma geral, existem também poucos médicos intensivistas no estado (Fehn et al., 2020), que foram profissionais amplamente necessários, em razão do aumento de internação em UTI ocasionado pela Covid-19. Esse contexto existente no cenário investigado corrobora para os achados referentes à mortalidade da doença.

A contar a autocorrelação espacial positiva das taxas de mortalidade por Covid-19, o Índice de Moran global demonstrou valores positivos, indicando autocorrelação espacial positiva nos três períodos, na primeira onda, o índice foi de 0,235 p-valor 0,001; na segunda onda, índice de Moran: 0,104, p-valor 0,006; e no pós-segunda onda, índice de Moran: 0,192, p-valor 0,001. Apresentado na (Figura 3).

FIGURA 3

Diagrama de Moran (I) das taxas de mortalidade por Covid-19 na primeira, segunda e pós-segunda onda



Fonte: autoria própria

O estado do Maranhão é tido como um dos estados com altas vulnerabilidades socioeconômicas no país (Andrade et al., 2022; Gomes et al., 2020; Santana; Costa; Matos-Junior, 2022; De Souza; Machado; Do Carmo, 2020), vulnerabilidades que são compartilhadas entre territórios vizinhos, o que explica a formação dos clusters de alto risco para mortalidade pela Covid-19.

Investigação realizada no nordeste do país, com ferramentas de análise espacial e tendência da mortalidade por Covid-19, também, empregou análise de Moran e identificou a formação de aglomerados de alto risco para mortalidade, em 224 municípios, em que se destacou o litoral da Região Nordeste: Sergipe (33), Piauí (19), Bahia (48), Maranhão (6), Ceará (46), Paraíba (26), Alagoas (5), Rio Grande do Norte e Pernambuco (25) (Andrade et al., 2022).

Identificaram-se 21 clusters de alto risco (Alto-Alto) verificados na primeira onda (Figura 4). Dentre eles, a formação de cluster com quatro cidades uma ao norte Monção (Cod.163) e três ao oeste com Bom Jardim (Cod.160), Pindaré-Mirim (Cod.164) e Santa Inês (Cod.166), municípios que estão dentro da regional de saúde de Santa Inês (Figura 4). Santa Inês é a cidade polo de saúde, e esse município teve altas taxas de mortalidade em outra investigação (Santana; Costa; Mattos-Júnior, 2022), o que pode justificar esse aglomerado de risco identificado nesta pesquisa.

Em pandemia, os limites territoriais dos municípios que integram um todo deixam de ser tão relevantes, pois o serviço de saúde disponível atenderá tanto os habitantes daquele local quanto às pessoas que estão na zona de influência deste (Oliveira; Madeira; Paz, 2021). Assim, acredita-se que o fluxo e deslocamento das pessoas em busca dos serviços de saúde tenha colaborado para disseminação da doença (Andrade et al., 2022; Silva et al., 2021) no estado, e, deste modo, tenha favorecido a formação de clusters de alto risco para mortalidade pela doença.

Verificou-se, também, clusters alto-alto no município de São José de Ribamar (Cod.04), situado ao norte do estado, geograficamente, ele fica bem próximo à capital do estado e pertence à regional de saúde de São Luís. Conforme estudo de Silva e colaboradores (2021), esse município também registrou clusters de óbito por Covid-19 no início da pandemia no estado.

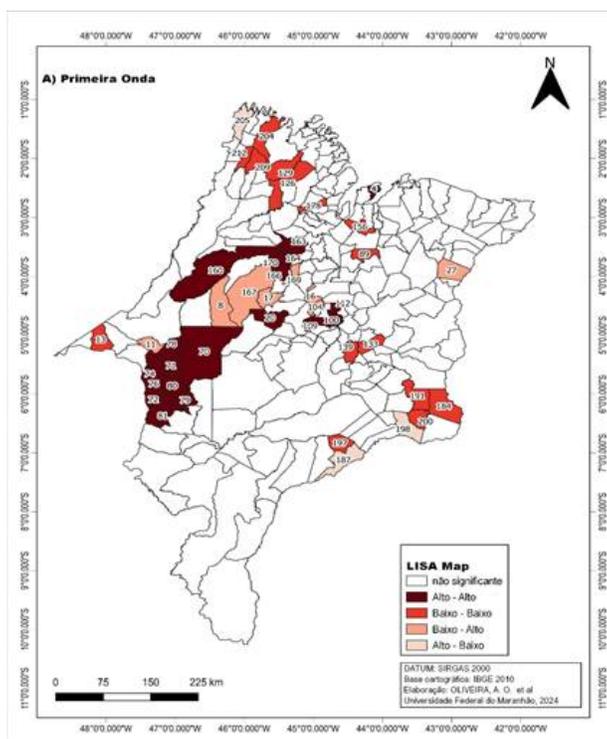
Ainda na primeira onda, verificaram-se aglomerados de alto risco para mortalidade no centro do estado, nos municípios de Bernardo Mearim (Cod.100), poção de Pedras (Cod.109) e município Trizidela do vale (Cod.112), pertencentes à regional de Pedreiras. Esses municípios têm baixo Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) (Atlas, 2024) e altos índices de desigualdade de renda (índice de GINI) (DATA SUS, 2022). Estudo de modelagem espacial, realizado na Rússia, demonstrou que desigualdade de renda e questões econômicas podem alterar a mortalidade da doença (Kotov et al., 2021) e são condizentes com a realidade apresentadas nesses cenários do Maranhão.

Tem-se, ainda, que a dificuldade ao acesso de mínimos recursos, como água e saneamento básico, nos municípios interioranos do Brasil, podem potencializar os riscos da Covid-19 (De Souza; Machado; Do Carmo, 2020). Assim, regiões de menor infraestrutura, sem esgotamento adequado e com baixas condições de saúde têm maior vulnerabilidade frente à doença (Matta; Rego; Souto, 2021). Essas características são verificadas em muitos municípios maranhenses e favoreceram a proliferação do vírus e os avanços da doença.

O estudo identificou 15 clusters de baixo risco (Baixo-Baixo), formados, em maioria, por regiões territoriais mais ao interior com menor densidade populacional e mais distante das cidades de grande fluxo de comércio, bens e serviços (Pereira et al., 2021), a exemplo do que aconteceu ao norte e ao oeste do estado. Apresentado na (Figura 4).

FIGURA 4

LISA Map da análise das taxas do coeficiente da mortalidade por Covid-19 na primeira onda

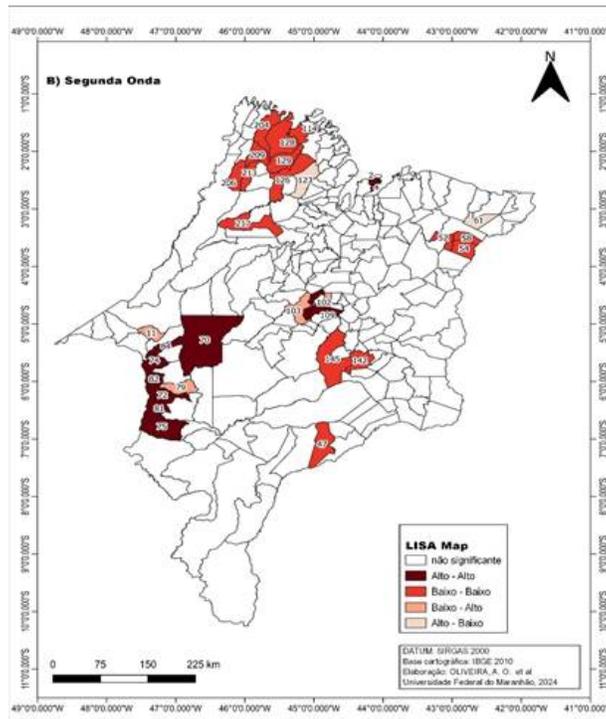


Fonte: Autoria Própria

Na segunda onda, identificou-se o total de 12 clusters Alto-Alto ao Norte, Oeste, Sul e ao Centro do estado e 15 clusters baixo-baixo nesse período, distribuindo-se ao Norte, Oeste, Sul e Centro, apresentado na (Figura 5).

FIGURA 5

LISA Map da análise das taxas do coeficiente da mortalidade por Covid-19, na segunda onda



Fonte: Autoria Própria

Nesse período, identificaram-se aglomerados ao Norte do Estado (Alto-Alto), novamente no município de São José de Ribamar (Cod.4) e, nesse momento, também em Paço do Lumiar (Cod.02), ambos ficam no entorno da capital e pertencem à regional de São Luís. Infere-se que essa proximidade com a capital, devido à presença de portos, rodovias e aeroportos e do intenso fluxo migratório tenha favorecido esses achados. Corroborando com isso, investigação nos Estados Unidos da América evidenciou que a proximidade de aeroportos, estações de trem e o tempo de deslocamento estiveram associados ao número de mortes por Covid-19 (Zare; Delarmente; Gaskin, 2022).

Quanto à região oeste do estado os clusters de alto risco estiveram em Davinópolis (Cod.74), Governador Edison Lobão (Cod.76), Senador La Rocque (Cod.84), Campestre do Maranhão (Cod.72), Estreito (Cod.75) e Ribamar Fiquene (Cod.82), municípios que estão na regional de saúde de Imperatriz. Estudo ecológico realizado no Brasil por Pereira e colaboradores (2021), que empregou análise de correlação espacial das taxas de mortalidade nos municípios brasileiros, também identificou clusters de alto risco para mortalidade em municípios do Oeste maranhense, corroborando os achados desta investigação.

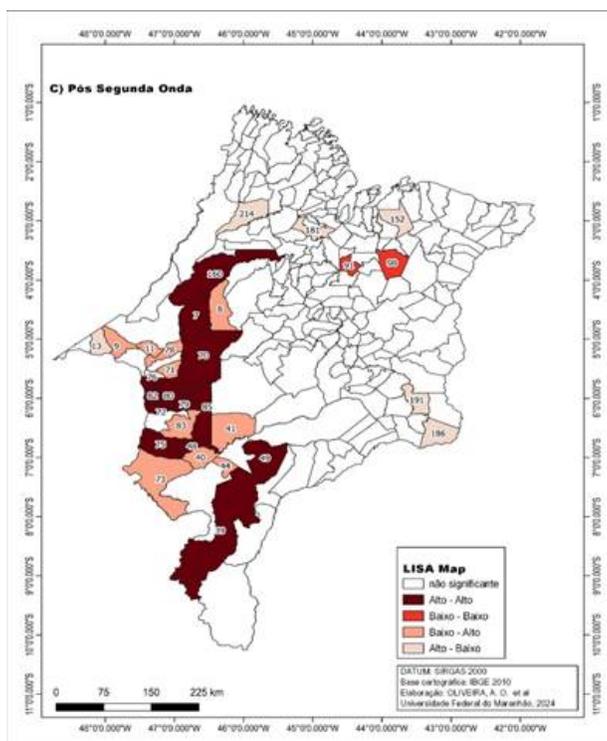
É provável que algumas dessas áreas com clusters de alto risco para a mortalidade por Covid-19 possuam nível mais baixo de densidade hospitalar ou que a quantidade de pacientes graves tenha excedido a capacidade da rede hospitalar existente (Sun; Hu; Xie, 2021). Na investigação de Correa-Agudelo et al. (2021), nos Estados Unidos da América, observou-se que entre as cidades com presença aglomerados de alto risco para mortalidade pela doença, 78 delas também tiveram menor capacidade de atendimento intensivo do que a média esperada.

Os clusters de baixo risco (Baixo-Baixo) foram verificados ao Sul do estado em São Felix de Balsas (Cod.47), município com baixa densidade demográfica (IBGE, 2022b) e que, até fim de maio de 2020, não havia reportado nenhum caso da doença (Oliveira Jardim; Pereira; Rodrigues, 2022); ao Leste, verificaram-se esses aglomerados nos municípios de Anapurus (Cod.52) e Milagres (Cod.58) que também possuem baixa densidade demográfica.

No período do pós-segunda, identificou-se o total de 13 clusters Alto-Alto no Oeste, Sul e Centro. Enquanto foram identificados dois clusters baixo-baixo, ambos ao norte do estado, nos municípios de 91-Matões do Norte e 98-Vargem Grande, apresentado na (Figura 6).

FIGURA 6

LISA Map da análise das taxas do coeficiente da mortalidade por Covid-19 no pós-segunda onda



Fonte: Autoria Própria

Outro dado importante é que, conforme a Fiocruz (2022), o estado do Maranhão esteve sempre abaixo da média de isolamento social necessária. Para ter eficácia no controle da disseminação do vírus, o Índice de Permanência Domiciliar (IPD) precisar estar acima de 60, e no estado do Maranhão, em especial no ano de 2021, teve taxas menores que 20, chegando a registrar valor médio negativo de -5, em alguns meses, fator que contribuiu para os achados desta pesquisa.

Consideram-se, ainda, as dimensões das desigualdades sociodemográficas e socioespaciais presentes no território maranhense (Silva et al., 2021; Santana; Costa; Mattos Jr, 2022) que favoreceram a formação desses clusters. A pandemia e a forma que ela se desenvolve é fortemente afetada pela área e pelas condições socioeconômicas as quais os indivíduos estão sujeitos (Barbosa et al., 2022; Kranjac, 2021; De Souza; Machado; Carmo, 2020).

Destaca-se, ainda, que os municípios de Amarante do Maranhão, Ribamar Fiquene e Governador Edison Lobão, pertencentes à Regional de Imperatriz, estiveram em todo período do estudo com aglomerados de alto risco para mortalidade para Covid-19, assim, esses municípios e a região oeste do estado constituem áreas prioritárias para intervenções, visando redução da óbitos pela doença.

Os clusters de baixo risco (Baixo-Baixo) para mortalidade no pós-segunda onda tiveram redução significativa, quando comparado com a primeira e segunda onda. Nesse período, formaram-se apenas dois aglomerados ao norte do estado, pertencentes à regional de Itapecuru-Mirim nos municípios de Matões do Norte (Cod.91) e Vargem Grande (Cod.98).

Por todo contexto mencionado, considera-se que o estado do Maranhão foi um dos estados amplamente afetado pela Covid-19, e que a mortalidade pela doença tem sido significativa, isso provavelmente está atrelado à estrutura de alta e média complexidade hospitalar, presente em poucos municípios do estado, considerando vulnerabilidade socioeconômica existente nesse território.

No que se refere às limitações do estudo, considera-se que pode haver subnotificações de casos e óbitos pela doença. Aponta-se, ainda, como limitação a falácia ecológica, presente nesse tipo de estudo, visto que um evento ou fenômeno observado de forma agregada não pode ser interpretado ou replicado no nível individual (Rouquayrol; Silva, 2018).

Em síntese, considera-se que pandemia da Covid-19 explicitou a importância da saúde pública global, vigilância epidemiológica e do preparo dos serviços de saúde. No futuro, espera-se que as lições advindas da Covid-19 possibilitem o desenvolvimento dos sistemas e serviços de saúde, de modo a torná-los mais preparados para enfrentamento de surtos, epidemias e pandemias. A mortalidade pela Covid-19 diminuiu com os avanços da vacinação (Beaney et al., 2022) e o desenvolvimento de tratamentos mais eficazes. No entanto, a Covid-19 tem potencial para impactar as taxas de mortalidade no futuro, principalmente em regiões com sistemas de saúde fragilizados e condições socioeconômica desfavoráveis. Além disso, pode haver consequências da infecção por Covid-19 ainda desconhecidas que contribuam para mortalidade futura. Portanto, é crucial que continuem os investimentos em pesquisas, desenvolvimento e aprimoramento da vigilância epidemiológica para preparação para consequências da Covid-19 e as futuras ameaças à saúde pública (Cunningham; Hopkins, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na presente investigação, a tendência da mortalidade da doença foi estacionária em todas as 19 regionais de saúde do estado, durante o período em análise, havendo pico da taxa de mortalidade em junho de 2020, em todas as regionais de saúde, com destaque para as regionais de São Luís e Imperatriz, em que as taxas foram maiores que 25 óbitos/100.000 habitantes.

A distribuição espacial foi heterogênea, variando de 0,0 a 44,60 óbitos/100.000 habitantes, em todas as ondas sob investigação (primeira, segunda e pós-segunda onda), sendo que as taxas de mortalidade estiveram maiores na segunda onda da Covid-19 no estado.

Ao se tratar da análise de dependência espacial dos óbitos no estado do Maranhão, verificou-se autocorrelação espacial positiva das taxas de mortalidade com formação de clusters de Alto-Alto, principalmente nos municípios que ficam a oeste do estado, considerando-se que essa deveria ter sido área prioritária no controle da doença.

Os achados podem contribuir para o direcionamento de políticas públicas de saúde, em especial, objetivando preparar de forma mais eficaz os serviços de saúde, para que, frente a outras crises sanitárias, a resposta dos setores de saúde seja mais assertiva.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (Finance Code 001) e Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA (Processo COVID-19 00812/20).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES DE OLIVEIRA, Rayanne *et al.* Fatores associados aos óbitos por COVID-19 em uma região do Nordeste do Brasil. *J Infect Dev Ctries*, v. 09, pág. 1179–1187, 2023. DOI: 10.3855/jidc.17346. Disponível em: <https://jidc.org/index.php/journal/article/view/37824342>. Acesso em: 16 jan. 2024.
- ANDRADE, L.A. *et al.* Spatiotemporal pattern of COVID-19 related mortality during the first year of the pandemic in Brazil: A population-based study in a region of high social vulnerability. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 106, n. 1, p. 132–141, 2022. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.21-0744>
- ARSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association. *Geographical Analysis*, v. 27, n. 2, p. 95-115, 1995.
- ATLAS. *Raking de desenvolvimento humano*. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/ranking>. Acesso em 17 de jul 2024.
- BARBOSA, T. P. *et al.* COVID-19 morbidity and mortality associated with chronic disorders, healthcare services, and inequity: evidence for a syndemic. *Rev Panam Salud Publica*, v. 46, p. e6, 2022. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2022.6>
- BEANEY, T.; NEVES, A. L.; ALBOKSMATY, A.; *et al.* Trends and associated factors for Covid-19 hospitalisation and fatality risk in 2.3 million adults in England. *Nature communications*, v. 13, n. 1, p. 2356, 2022. <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-022-29880->
- BRASIL. Ministério da Saúde. COVID-19 no Brasil.
- CÂMARA, G *et al.* *Análise espacial de área*. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais, 2002. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/10.07.15.04/doc/cap5-areas.pdf> . Acesso em: 15 set. 2022.
- CESAR, A. E. M. *et al.* Analysis of COVID-19 Mortality and Case-Fatality in a Low- Income Region: An Ecological Time-Series Study in Tocantins, Brazilian Amazon. *J Hum Growth Devt*, v. 31, n. 3, p. 496–506, 2021. <https://doi.org/10.36311/jhgd.v31.12744>
- CRISPIM, J. A *et al.* Impacto e tendência da COVID-19 no sistema penitenciário do Brasil: um estudo ecológico. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 26, n. 01, p. 169-178, 2021.
- CORREA-AGUDELO, E.; MERSHA, T. B.; BRANSCUM, A. J.; MACKINNON, N. J.; CUADROS, D. F. Identification of vulnerable populations and areas at higher risk of COVID-19-related mortality during the early stage of the epidemic in the United States. *International journal of environmental research and public health*, v. 18, n. 8, p. 4021, 2021. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph18084021>
- CUNNINGHAM, N.; HOPKINS, S. Lessons identified for a future pandemic. *Antimicrob chemother.*, v. 78, n. Supplement_2, p. ii43–ii49, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1093%2Fjac%2Fdkad310>
- CHAKRABARTI, S; GANGOPADHYAY, S.; LAHIRI, I; SUR, S.; CHATTOPADHYAY, S.; SHARMA, R. R. *Perspectives in Sustainable Management Practices*. London: Routledge India, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9781032640488>. Acesso em: 12 jan 2024.
- DE SOUZA, C. D. F; MACHADO, M. F.; DO CARMO, R. F. Human development, social vulnerability and COVID-19 in Brazil: A study of the social determinants of health. *Infect Dis Poverty*, v. 9, n. 1, p. 124, 2020. <https://doi.org/10.1186/s40249-020-00743-x>

- DONAMOU, J. *et al.* Predictive factors of mortality in patients with covid-19 in Guinea: analysis of the first 140 cases admitted to intensive care unit. *Pan Afr Med J*, v. 38, 2021. <https://doi.org/10.11604/2Fpamj.2021.38.205.27078>
- DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (eds) *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília: EMBRAPA, 2004
- FALCÃO, A. S. Regionalização dos serviços de saúde e as contribuições para o planejamento em saúde e desenvolvimento da região de Imperatriz MA. *Dissertação (mestrado)* - Universidade de Taubaté, Departamento de Gestão e Negócios / Eng. Civil e Ambiental, 2021. Taubaté : 2020. 121 f. : il.
- FEHN, A. *et al.* *Vulnerabilidade e déficit de profissionais de saúde no enfrentamento da COVID-19*. Technical Notes, Instituto de estudos de políticas para saúde, 2020. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/p/amc/tecnot/010.html>>; Acesso em: 16 dec. 2022
- FERNANDES, Q. *et al.* Emerging COVID-19 variants and their impact on SARS-CoV-2 diagnosis, therapeutics and vaccines. *Annals of Medicine*, v. 54, n. 1, p. 524–540, 2022. <https://doi.org/10.1080/07853890.2022.2031274>
- FERREIRA PONTES, C.; FERREIRA, J. de A.; FEITOSA, C. R. de S.; VIANNA, R. P. de T.; DE MORAES, R. M. ANÁLISE ESPACIAL E ESPAÇO-TEMPORAL DA COVID-19 NO ESTADO DA PARAÍBA. *Revista Espaço e Geografia*, v. 26, p. 1–27, 2023.
- FIOCRUZ. *Monitora COVID-19*. Disponível em: <https://bigdata-covid19.icict.fiocruz.br/>. Acesso em: 30 dez. 2022.
- FREIRE DE SOUZA, C. D. *et al.* Airports, highways and COVID-19: An analysis of spatial dynamics in Brazil. *Journal of transport & health*, v. 21, n. 101067, p. 101067, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jth.2021.101067>
- GOMES, D. S.; ANDRADE, L. A.; RIBEIRO, C. J. N.; *et al.* Risk clusters of COVID-19 transmission in northeastern Brazil: prospective space-time modelling. *Epidemiology and infection*, v. 148, n. e188, p. e188, 2020. <http://dx.doi.org/10.1017/S0950268820001843>
- HASAN, R.; ALAM, M. S.; CHAKRABORTY, T.; HOSSAIN, M. M. Applications of GIS and geospatial analyses in COVID-19 research: A systematic review. *F1000 Research*, v. 9, p. 1379, 2020. <http://dx.doi.org/10.12688/f1000research.27544.2>
- IBIAPINA, E.; BERNARDES, A. O Mapa Da Saúde e o Regime de Visibilidade Contemporâneo. *Saúde e Sociedade*, v. 28, n. 1, p. 322–336, 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Cidades e Estados*.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Contagem Estimada Da População*. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/>>; Acesso em: 7 maio 2022b.
- KOTOV, E. A. *et al.* Spatial modelling of key regional- level factors of covid-19 mortality in Russia. *Geography Environment Sustainability*, v. 15, n. 2, p. 71–83, 2022. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2021-076>
- KRANJAC, A. W.; KRANJAC, D. Decomposing differences in coronavirus disease 2019-related case-fatality rates across seventeen nations. *Pathogens and Global Health*, v. 115, n. 2, p. 100–107, 2021. <https://doi.org/10.1080/20477724.2020.1868824>
- LEMOS, J. E. *et al.* Geotecnologias, sistemas de informação geográfica e suas aplicações na Geografia da saúde. *HUMANIDADES E TECNOLOGIA (FINOM)*, v. 49, n. 1, p. 97-111, 2024. <http://doi.org/10.5281/zenodo.12682741>
- LUO, Y.; YAN, J.; MC CLURE, S. Distribution of the Environmental and Socioeconomic Risk Factors on COVID-19 Death Rate across Continental USA: A Spatial Nonlinear Analysis. *Environ Sci Pollut Res Int*, v. 28, n. 6, p. 6587–6599, 2021. <https://doi.org/10.1007%2Fs11356-020-10962-2>
- MACHADO, A, B, H. *O uso da cartografia na Atenção Primária à Saúde entre os anos de 2001 a 2021: uma revisão sistemática da literatura*. Monografia de graduação. Universidade de Brasília. Departamento de Geografia. Brasília, 2022. 47p.

- MATTA, G. C. *et al.* (Eds.). *Os Impactos Sociais Da COVID-19 No Brasil: Populações Vulnerabilizadas e Respostas à Pandemia*.: Série Informação para ação na COVID-19 | Fiocruz, 2021.
- NASCIMENTO, P. W. *et al.* Análise socioambiental do uso e cobertura da terra no município de Itamarati-AM. *Revista Presença Geográfica*, v. 11, n. 2, p. 65-84, 2024. ISSN-E:2446-6646.
- OLIVEIRA, A. B.; MADEIRA, A. S.; PAZ, D. A. de S. Aspectos da difusão de covid-19 na Região Geográfica Imediata de Imperatriz, Maranhão, Brasil. *Caderno de Geografia*, v. 31, n. 64, p. 170, 2021. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2021v31n64p170>
- OLIVEIRA JARDIM, R.; PEREIRA, C. R. P.; RODRIGUES, Z. M. R. Rotas da covid-19 no estado do Maranhão, BR. *Hygeia*, v. 18, p. 14–28, 2022. <https://doi.org/10.14393/Hygeia1859356>
- OLIVEIRA, R.A *et al.* Fatores de risco e distribuição espacial dos óbitos por COVID-19: revisão integrativa. *Revista de Epidemiologia e Controle de Infecção*, v. 12, n. 1, 2022. <https://doi.org/10.17058/reci.v12i1.17124>
- OLIVEIRA, H.M; SOARES, B.R; SOUSA, J.M. A reinvenção da vida em cidades médias frente à pandemia da covid-19: um estudo sobre Açailândia e Imperatriz-MA. *Revista Sapiência*, v.10, n.2, p.1-23, 2021. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/sapiencia/article/view/11536>. Acesso em 20 mai 2022.
- PEARCE, N. *et al.* Does death from covid-19 arise from a multi-step process? *European Journal of Epidemiology*, v. 36, n. 1, p. 1–9, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10654-020-00711-7>
- PEREIRA, V. H. C. *et al.* Análise de dependência espacial da taxa de mortalidade por COVID-19 nos municípios brasileiros. *Confinns*, n. 52, 2021. <https://doi.org/10.4000/confinns.40509>
- PONTES, L. *et al.* Perfil clínico e fatores associados ao óbito de pacientes COVID-19 nos primeiros meses da pandemia. *Escola Anna Nery*, v. 26, 2022. <https://doi.org/10.1590/2177-9465-EAN-2021-0203>.
- ROUQUAYROL, M. Z.; SILVA, M. G. Rouquayrol: *Epidemiologia & Saúde*. 8.ed. Rio de Janeiro:MedBook,2018.
- SANTANA, R. P.; COSTA, T. R. S.; MATTOS JÚNIOR, J. S. de. Reflexões sobre a saúde pública no Maranhão e a sazonalidade dos casos de COVID-19. *Geoconexões online*, v. 1, p. 28–45, 2022. <https://doi.org/10.53528/geoconexes.v1i1.57>
- SILVA, E.A; TEIXEIRA, S.H.O; CAETANO, J.M. A distribuição desigual da COVID-19 no espaço intra-urbano. I Seminário Nacional-Urbanismo, Tempo e Espaço. *Revista Políticas Públicas e Cidades*, v 1, p. 1, 2020. <https://rppc.emnuvens.com.br/urbanismo/article/view/457/323>
- SILVA, L. R. da. Impactos socioambientais na Amazônia Oriental: um olhar a partir da atividade siderúrgica na comunidade Piquiá de Baixo - Açailândia (MA). *Geopauta*, v. 3, n. 4, p. 5, 2019. <https://doi.org/10.22481/rg.v3i4.5781>
- SILVA, J. C *et al.* Geotecnologias aplicadas em estudos epidemiológicos sobre os casos de covid-19: revisão narrativa. *Revista De Epidemiologia E Controle De Infecção*, 12(4). 2022 <https://doi.org/10.17058/reci.v12i4.17646>
- SILVA, W. M. *et al.* Deaths Due to COVID-19 in a State of Northeastern Brazil: Spatiotemporal Distribution, Sociodemographic and Clinical and Operational Characteristics. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, v. 116, n. 2, p. 163–172, 2021. <https://doi.org/10.1093/trstmh/trab098>
- SILVA, V. R *et al.* Tendência temporal das taxas de incidência e de mortalidade por COVID-19 e sua relação com indicadores socioeconômicos no Piauí: estudo ecológico, 2020-2021. *Epidemiol. Serv. Saúde*, v. 31, n. 2, e20211150, 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/s2237-96222022000200022>
- SUN, Y; HU, X.; XIE, J. Spatial inequalities of COVID-19 mortality rate in relation to socioeconomic and environmental factors across England. *The Science of the total environment*, v. 758, n. 143595, p. 143595, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143595>
- URANGA, A.; VILLANUEVA, A.; LAFUENTE, I.; *et al.* Risk factors for clinical deterioration in patients admitted for COVID-19: A case-control study. *Rev. Clínica espanhola*, v. 222, n. 1, p. 22–30, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rceng.2021.04.009>

- WERNECK G. L. Epidemiologia e pandemia de Covid-19: oportunidades para rever trajetórias e planejar o futuro. *Interface (Botucatu)*, v. 27, p. e220340, 2023. <https://doi.org/10.1590/interface.220340>
- WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, *Coronavirus (COVID-19) Dashboard*. Disponível em: <https://covid19.who.int/> Acesso em: 03 jan. 2024.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION -WHO (2022) *Growth dynamics plot*. Disponível em: <https://worldhealthorg.shinyapps.io/covid/>. Acesso em 05 dezembro de 2022.
- ZARE, H.; DELARMENTE, B.; GASKIN, D. J. How do transportation policies drive geographic disparities in COVID-19 infections and deaths in the United States? *Transport and Pandemic Experiences*. p.15–37, 2022. Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/S2044-994120220000017002>



Disponível em:

</articulo.oa?id=27449352744935009>

Como citar este artigo

Número completo

Mais informações do artigo

Site da revista em redalyc.org

Sistema de Informação Científica Redalyc
Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe,
Espanha e Portugal
Sem fins lucrativos acadêmica projeto, desenvolvido no
âmbito da iniciativa acesso aberto

Rayanne Alves de Oliveira, Giana Gislanne da Silva de Sousa,
Janiel Conceição da Silva, Floriacy Stabnow Santos,
Lívia Maia Pascoal, Isaura Leticia Tavares Palmeira Rolim,
Leonardo Hunaldo dos Santos, Ranney Alves de Oliveira,
Ana Cristina Pereira de Jesus Costa, Marcelino Santos Neto
**Tendência e distribuição espacial da mortalidade por
Covid-19 no estado do Maranhão**
Trend and spatial distribution of mortality by COVID-19 in
the state of Maranhão

Revista Presença Geográfica

vol. 11, núm. 2, 2024

Fundação Universidade Federal de Rondônia, Brasil
rpgeo@unir.br

/ **ISSN-E:** 2446-6646