

ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL ENTRE OS INDICADORES DE SAÚDE E A VACINAÇÃO CONTRA A COVID-19 NO ESTADO DO PARANÁ

ANALYSIS OF SPATIO-TEMPORAL CORRELATION BETWEEN HEALTH INDICATORS AND VACCINATION AGAINST COVID-19 IN THE STATE OF PARANÁ

Bruna Regina Bratti Frank Terre

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
brunabratti@gmail.com

Beatriz Rosana Gonçalves de Oliveira Toso

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
lb.toso@gmail.com

Jerry Adriani Johann

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
jerry.johann@hotmail.com

RESUMO

A avaliação da correlação entre indicadores de saúde e a vacinação contra a Covid-19 é fundamental para a implantação de estratégias de enfrentamento da doença. Objetivo: Analisar a distribuição espaço-temporal dos indicadores de saúde e sua correlação com a vacinação contra a Covid-19 no estado do Paraná. Métodos: Estudo ecológico, transversal, de análise de dados secundários por meio de boletins da Secretaria de Saúde do Paraná de 2021 até 2022, utilizando como variáveis Taxa de Incidência (TI), Coeficiente de Mortalidade (CM), Coeficiente de Letalidade (CL), Dose 1 (D1) e Cobertura Vacinal (CV) da Covid-19. A correlação entre as variáveis foi analisada pelo teste de Spearman e análise exploratória de dados espaciais uni e bivariada utilizando-se o software GeoDa. Resultados: Houve correlação positiva para análise de CV e D1 com TI e CM e negativa para CV e D1 com CL. A análise espacial univariada demonstrou autocorrelação positiva. Na análise bivariada houve correlação espacial negativa entre CV e CL, destacando-se *clusters* baixo-alto, e positiva entre CV e TI, com *clusters* baixo-baixo. Conclusão: O conhecimento da influência do espaço nos indicadores de saúde pode contribuir para a organização de políticas de enfrentamento regional da pandemia. A divulgação dos resultados permite a disseminação dos benefícios da vacinação na redução da gravidade da doença no Estado.

Palavras-chave: Pandemia. Políticas de saúde. Análise espacial.

ABSTRACT

The evaluation of correlation between health indicators and vaccination against Covid-19 is essential for implementing strategies to fight the disease. Objective: To analyze the spatial-temporal distribution of health indicators and their correlation with vaccination against Covid-19 in the state of Paraná. Methods: Ecological, cross-sectional study of secondary data analysis through bulletins of the Health Department of Paraná from 2021 to 2022, using as variables Incidence Rate (IR), Mortality Coefficient (MC), Lethality Coefficient (LC), Dose 1 (D1) and Vaccination Coverage (VC) of Covid-19. The correlation among the variables was analyzed with the Spearman test and exploratory analysis of univariate and bivariate spatial data using the software GeoDa. Results: There was a positive correlation for the analysis of VC and D1 with IR and MC, and a negative correlation for VC and D1 with LC. Univariate spatial analysis showed positive autocorrelation. In the bivariate analysis, there was a negative spatial correlation between VC and LC, with low-high clusters being highlighted, and a positive spatial correlation between VC and IR with low-low clusters. Conclusion: Knowledge on the influence of space on health indicators can contribute to the organization of policies for regional coping with the pandemic. The dissemination of the results allows the promulgation of the benefits of vaccination in reducing the severity of the disease in the State.

Keywords: Pandemic. Health policies. Spatial analysis.

INTRODUÇÃO

Em 31 de dezembro de 2019, em Wuhan, na China, foi notificada à Organização Mundial da Saúde (OMS) a ocorrência de um surto de pneumonia ocasionada pelo agente etiológico mais tarde identificado como SARS-CoV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2), causador da doença infecciosa denominada Covid-19, que se alastrou por diversos países no mundo de forma acelerada, tendo em vista que cada indivíduo infectado transmite a doença para outras 2 a 3 pessoas. Baseada nessa característica, a doença foi declarada como Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII) em 30 de janeiro de 2020 e classificada como pandemia pela OMS em 11 de março daquele ano (OMS, 2020; BRASIL, 2020a).

Em 26 de fevereiro de 2020, o primeiro caso da doença foi confirmado no Brasil e em 20 de março do mesmo ano o Ministério da Saúde (MS) declarou o estado de transmissão comunitária por meio da Portaria nº 454. A partir de então, o vírus espalhou-se por todo o território nacional, fazendo com que os representantes das três esferas governamentais implementassem medidas para sua contenção (BRASIL, 2020b).

A doença atingiu o Estado do Paraná em 12 de março de 2020. Até dezembro daquele ano, a Secretaria de Saúde do Estado do Paraná (SESA/PR) havia notificado 413.412 casos, com 7.912 óbitos em decorrência da Covid-19, tornando imprescindível o acompanhamento de sua evolução pelas autoridades sanitárias estaduais, por meio de indicadores de saúde, com o intuito de auxiliar a implantação de medidas de controle da pandemia (PARANÁ, 2020a; PARANÁ, 2020b).

Com a divulgação de estudos internacionais em relação à produção de vacinas da Covid-19 e tendo em vista o cenário epidemiológico instalado, em 17 janeiro de 2021 a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) autorizou seu uso emergencial – inicialmente com o uso das vacinas Coronavac, do Instituto Butantan, e Astrazeneca, da Fiocruz – dando início à Campanha Nacional de Vacinação contra a Covid-19 como principal política de enfrentamento da doença. No mesmo mês, o Estado do Paraná implementou a política por meio do Plano Estadual de Vacinação contra a Covid-19 (BRASIL, 2022; PARANÁ, 2021a).

A disseminação da doença e a implementação do Plano Estadual de Vacinação contra a Covid-19 ocorreram de maneira desigual nos municípios do Paraná, devido às características de cada região que podem influenciar nos indicadores de saúde, acarretando áreas de maior ou menor risco sanitário. Nesse sentido, a análise espacial é vista como uma importante ferramenta para o estudo epidemiológico da doença.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição espaço-temporal dos indicadores de saúde e sua correlação com a vacinação contra a Covid-19 no Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

Tipo de Estudo

Tratou-se de um estudo transversal e ecológico, de caráter exploratório, com abordagem quantitativa, que analisa a correlação espaço-temporal entre os indicadores de saúde e vacinação contra a Covid-19 nos 399 municípios do Estado do Paraná.

Estudos transversais são considerados retratos da situação no momento em que o pesquisador a observa, sendo que esse tipo de pesquisa é utilizado para avaliar a relação existente entre as variáveis elencadas pelo pesquisador (DARSKI, 2020). Já estudos ecológicos ou de correlação geográfica analisam a variação espacial de eventos relacionados à saúde, bem como às características sociais, econômicas, ambientais, demográficas e de estilo de vida. Nesse caso, os desfechos de saúde são expressos por meio de taxas de incidência ou mortalidade para as regiões analisadas. O caráter exploratório definido teve por intuito descrever e comparar o agravamento de saúde estudado entre diversas áreas geográficas em um determinado período. Para esse tipo de desenho de estudo, os dados são analisados por meio do mapeamento, por facilitar a visualização e o estabelecimento de padrões espaciais (BARATA; WERNECK, 2011).

Coleta de dados

A coleta de dados ocorreu a partir de dados secundários divulgados pela SESA/PR de janeiro de 2021 até março de 2022, sendo: número de casos e óbitos acumulados da doença e número de vacinados por município. A partir destes foram calculados: 1) Taxa de Incidência (TI), representada pela razão entre número de casos confirmados de Covid-19 e população residente, multiplicado por 100.000; 2)

Coefficiente de Letalidade (CL), calculado pela razão entre número de óbitos e número de casos registrados da doença, multiplicado por 100; 3) Coeficiente de Mortalidade (CM), mensurado pela razão entre o número de óbitos e a população residente, em 100.000; 4) Cobertura Vacinal (CV), representada pela porcentagem de indivíduos vacinados com esquema completo – primeira e segunda doses ou dose única (BRASIL, 2022); e 5) Dose 1 (D1), porcentagem de indivíduos com apenas a primeira dose da vacina. Para os dados referentes à população, foram utilizados dados estimados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 2020.

Para o cálculo dos indicadores de saúde, utilizou-se uma constante de base 10 (10^n). Essa constante, além de facilitar a compreensão do resultado, torna os dados comparáveis quando se trata de populações com diferentes tamanhos, permitindo a análise proporcional da evolução da doença (OMS, 2018).

Análise de dados

Realizou-se a análise bivariada de correlação entre indicadores e vacinação por meio do teste de Spearman, sendo que a magnitude do efeito da correlação entre as variáveis é representada pelo coeficiente de correlação (r_s), que assume valores entre -1 e +1. Coeficientes positivos ($r_s > 0$) indicam correlação direta entre as variáveis e negativos ($r_s < 0$), correlação inversa. A correlação pode, ainda, ser classificada em: nula ou inexistente ($r_s=0$), fraca (entre 0,001 e 0,299), moderada (0,300 e 0,599), forte (0,600 e 0,899), muito forte (0,900 e 0,999) e plena ($r_s=1$) (CAPP; NIENOV, 2020).

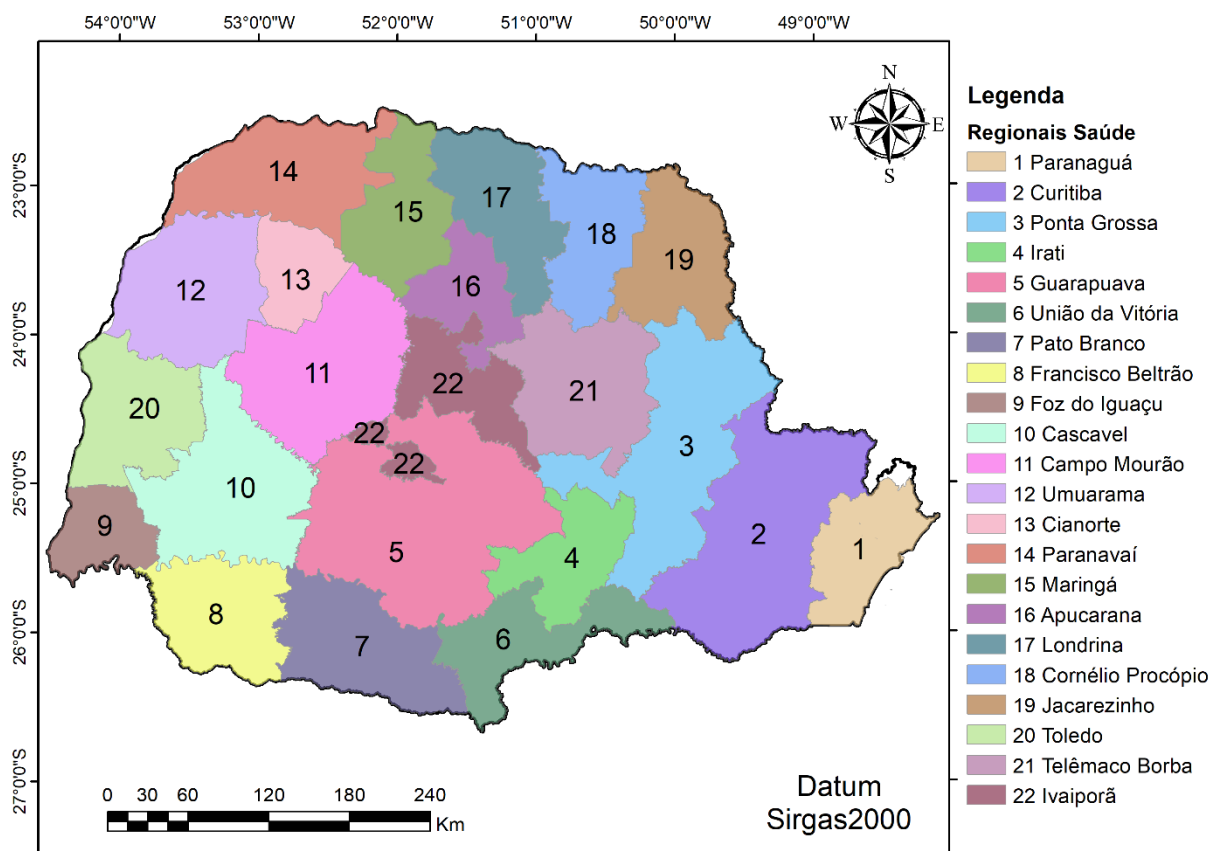
Em seguida, as variáveis foram submetidas à Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), por meio do *software* GeoDa (SIDRA, 2022). Adotou-se a matriz de pesos Rainha, de contiguidade 1, para avaliar a proximidade espacial na medida de autocorrelação das variáveis. Esse tipo de matriz contempla como contíguos tanto as fronteiras com extensão diferente de zero como os vértices (nós) na visualização de um mapa. A matriz de pesos é baseada nos arranjos geográficos das observações ou na contiguidade entre elas, com objetivo de capturar os efeitos dessa contiguidade sobre os dados (ALMEIDA, 2004). Para tanto, a matriz escolhida foi tida como a mais indicada, pois apresentou o maior nível de contiguidade (maior valor da função de máxima verossimilhança) e maior significância (p-valor < 0,05) para todas as variáveis, atendendo aos preceitos metodológicos defendidos por Almeida (2004).

Na sequência, realizaram-se as análises uni e bivariada para obtenção do Índice de Moran Global (I_{MG}), que varia entre -1 (autocorrelação negativa) e +1 (autocorrelação positiva), sendo que valores iguais a 0 indicam ausência de correlação espacial. Como regra de decisão, utilizou-se o teste de pseudo-significância, baseado em 999 permutações, considerando o intervalo de confiança de 95%. Para a análise bivariada, adotou-se como variável independente (x) a CV e como variáveis dependentes (y) os indicadores de saúde CL, CM e TI.

Ainda, avaliou-se a presença de aglomerados espaciais (*clusters*) com base nos indicadores de associação espacial (LISA – *Local Indicators of Spatial Association*), por meio do Índice de Moran Local (I_{ML}), demonstrados por meio de cartogramas que exibiram o delineamento desses aglomerados em quatro tipos: Alto-Alto (AA) e Baixo-Baixo (BB): autocorrelação espacial positiva – variáveis com relação direta; Alto-Baixo (AB) e Baixo-Alto (BA): autocorrelação espacial negativa – variáveis com relação indireta; além de territórios que não apresentaram autocorrelação.

As análises foram realizadas por municípios. Porém, para facilitar a discussão dos resultados, trabalhou-se com a divisão territorial por Regionais de Saúde (RS). O Paraná contempla 22 regiões divididas territorialmente por organização político-administrativa, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Mapa da divisão territorial por Regionais de Saúde (RS) do Estado do Paraná, com as respectivas sedes, 2022.



Fonte: Banco de dados da pesquisa, 2022.

Os resultados da análise bivariada da correlação de Spearman, bem como do IMG da análise espacial bivariada, foram apresentados por meio de gráficos.

A pesquisa foi desenvolvida de acordo com as normas da Resolução nº466 de 2012, do Conselho Nacional de Saúde, e o projeto foi aprovado por Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos sob parecer nº 4.204.573/2020.

RESULTADOS

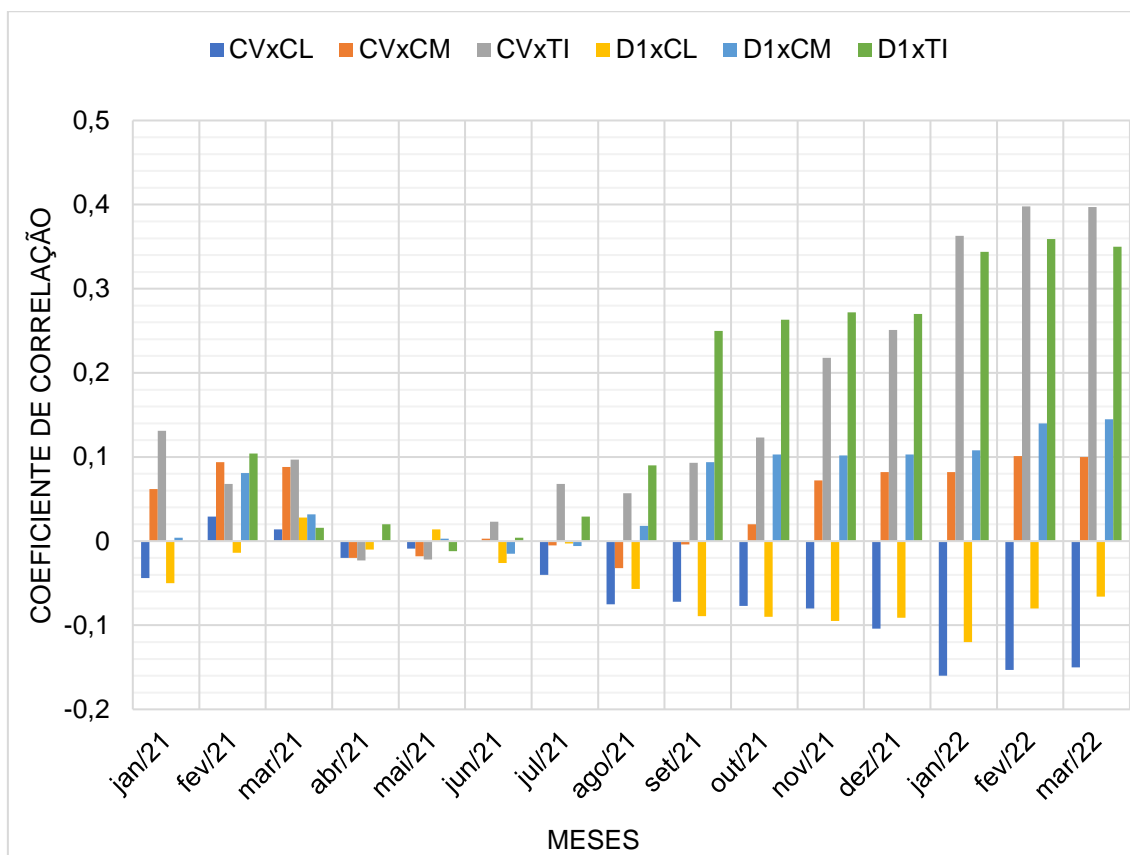
O estado do Paraná possui uma população estimada de 11.597.484 habitantes, com densidade demográfica de 52,40 habitantes/km² (IBGE, 2022). Até o início da implementação do Plano Estadual de Vacinação contra a Covid-19, no dia 17 de janeiro de 2021, o Paraná estava entre os 5 estados com maior número de casos e óbitos absolutos (499.777 casos e 8.982 óbitos), apresentando TI de 4.340/100.000 habitantes, CM de 78/100.000 habitantes e CL de 1,79% (BRASIL, 2021; PARANÁ, 2021b).

Em 31 de março de 2022, final do período de coleta de dados do estudo, a posição do Paraná entre os cinco estados com maiores valores de CM e TI não se modificou. Naquele momento haviam sido confirmados 2.404.630 casos de Covid-19 com 42.700 óbitos, demonstrando um CM de 370,8/100.000 habitantes, sendo o 5^a maior registrado no Brasil, TI de 20.879,3/100.000 habitantes (5^a maior no país) e CL de 1,78% (PARANÁ, 2022).

Análise da correlação entre as variáveis

Os resultados da correlação de Spearman entre os indicadores de saúde (CM, CL e TI) e a vacinação (CV completa e porcentagem de D1) são detalhados na Figura 2.

Figura 2 – Correlação de Spearman entre indicadores de saúde – TI, CL e CM – da Covid-19 e CV e D1, de janeiro de 2021 até março de 2022 nos municípios do Paraná.



Fonte: Boletim Epidemiológico da SESA/Pr. Banco de dados da pesquisa, 2022.

Os resultados demonstraram correlação positiva fraca e significativa entre CV e TI nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2021 (r_s de 0,123, 0,218 e 0,251, respectivamente, com $p < 0,05$) e moderada em janeiro de 2022 ($r_s = 0,363$ e $p < 0,05$). Já entre D1 e TI, houve correlação positiva fraca e significativa apenas entre agosto e dezembro de 2021 (r_s entre 0,090 e 0,272 e $p < 0,05$) e moderada de janeiro de 2022 em diante (r_s entre 0,344 e 0,359 e $p < 0,05$). Os resultados indicam correlação direta, ou seja, valores altos de CV e D1 com alta incidência e valores baixos de vacinação com baixa incidência.

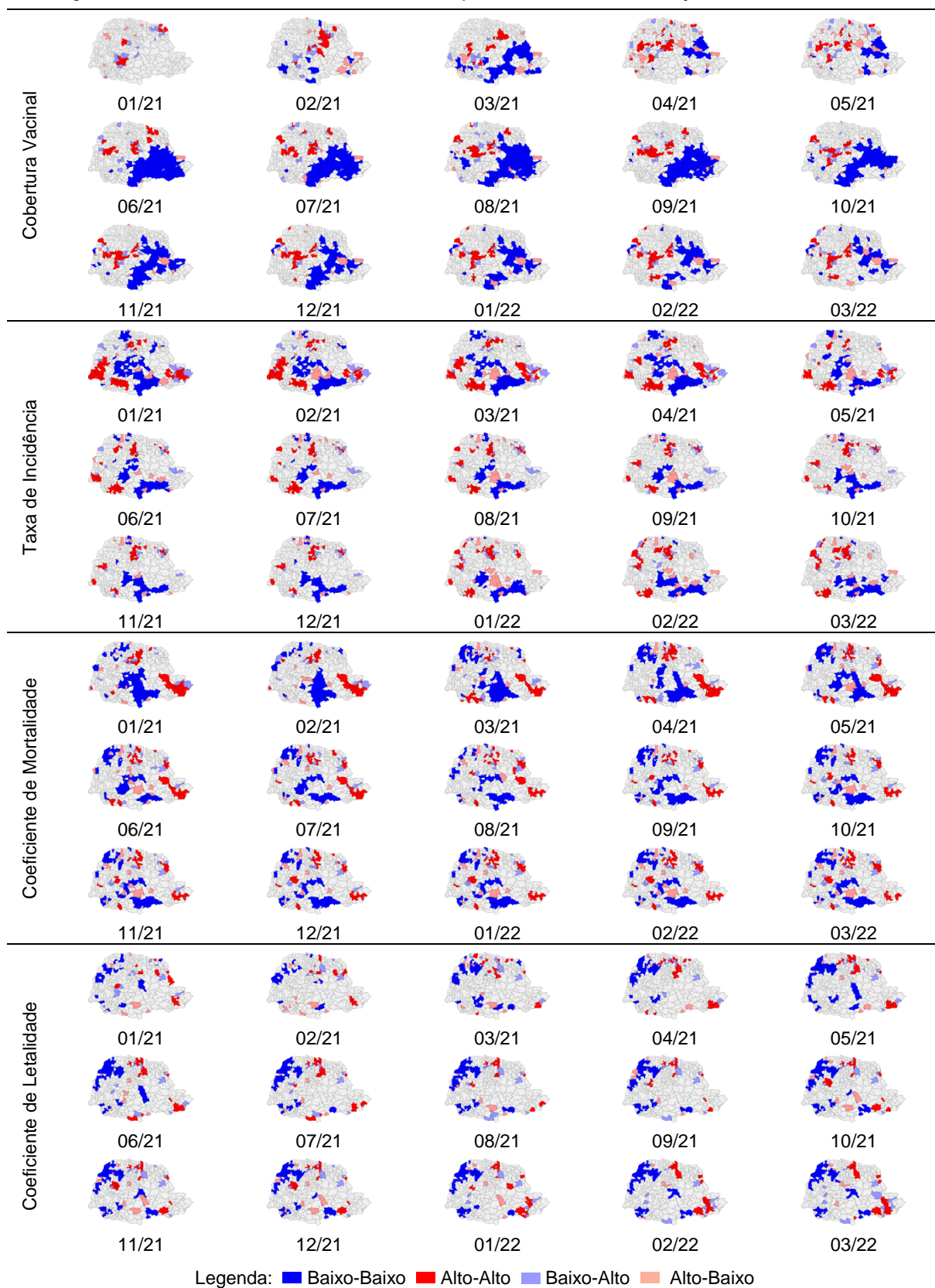
Ainda, observou-se correlação positiva fraca e significativa entre D1 e CM a partir de setembro de 2021 até o final do período avaliado (r_s entre 0,094 e 0,145 e $p < 0,05$). Já entre CV e CM houve correlação positiva fraca nos meses de fevereiro e março de 2022 (r_s de 0,100 com $p < 0,05$).

Ao contrário, observou-se correlação negativa fraca entre CV e CL em grande parte do período avaliado, sendo significativa somente a partir de dezembro de 2021 até março de 2022 (r_s entre - 0,160 e - 0,104 com $p < 0,05$), indicando CV elevada e CL diminuída. Entre D1 e CL, a correlação demonstrou-se significativa apenas em julho de 2021 (r_s de - 0,003 e $p < 0,05$) e janeiro de 2022 (r_s de - 0,120 e $p < 0,05$). Isto posto, ainda que a correlação tenha se demonstrado fraca, os resultados permitem inferir que o esquema completo de vacinação possui maior correlação com a Letalidade do que apenas com a primeira dose. Diante disso e dos demais resultados, a variável D1 não foi incluída na análise exploratória espacial de dados.

Análise exploratória espacial univariada

A análise exploratória espacial univariada demonstrou autocorrelação espacial positiva significativa (I_{MG} entre 0,061 e 0,347, com $p < 0,05$) para todas as variáveis. A formação de *clusters* apresentados na Figura 3 permite a compreensão do comportamento espacial das variáveis.

Figura 3 – Clusters da análise univariada de janeiro de 2021 até março de 2022, no Paraná.



Fonte: Boletim Epidemiológico da SESA/Pr. Banco de dados da pesquisa, 2022.

Para a variável CV, observou-se uma importante formação de *clusters* do tipo BB em municípios compreendidos na 2ª (sede em Curitiba), 3ª (sede em Ponta Grossa), 4ª (sede em Irati), 5ª (sede em

Guarapuava), 6ª (sede em União da Vitória), 7ª (sede em Pato Branco) e 21ª RS (sede em Telêmaco Borba), indicando regiões formadas por municípios com baixa frequência de CV, principalmente nos meses de junho até outubro de 2021. A distribuição de *clusters* AA foi observada em municípios da 10ª (sede em Cascavel), 11ª (sede em Campo Mourão), 20ª RS (sede em Toledo) e 22ª RS (sede em Ivaiporã) em grande parte do período.

Em relação à TI, observou-se a formação de *clusters* BB também em municípios do entorno da 2ª, 5ª e 6ª RS em todo o período avaliado, com *clusters* AA prevalentes em municípios da 2ª e 7ª, principalmente entre janeiro e maio de 2021, período incipiente da implementação do Plano Estadual de Vacinação contra a Covid-19, e na 9ª (sede em Foz do Iguaçu) e 15ª RS (sede em Maringá) em grande parte do período.

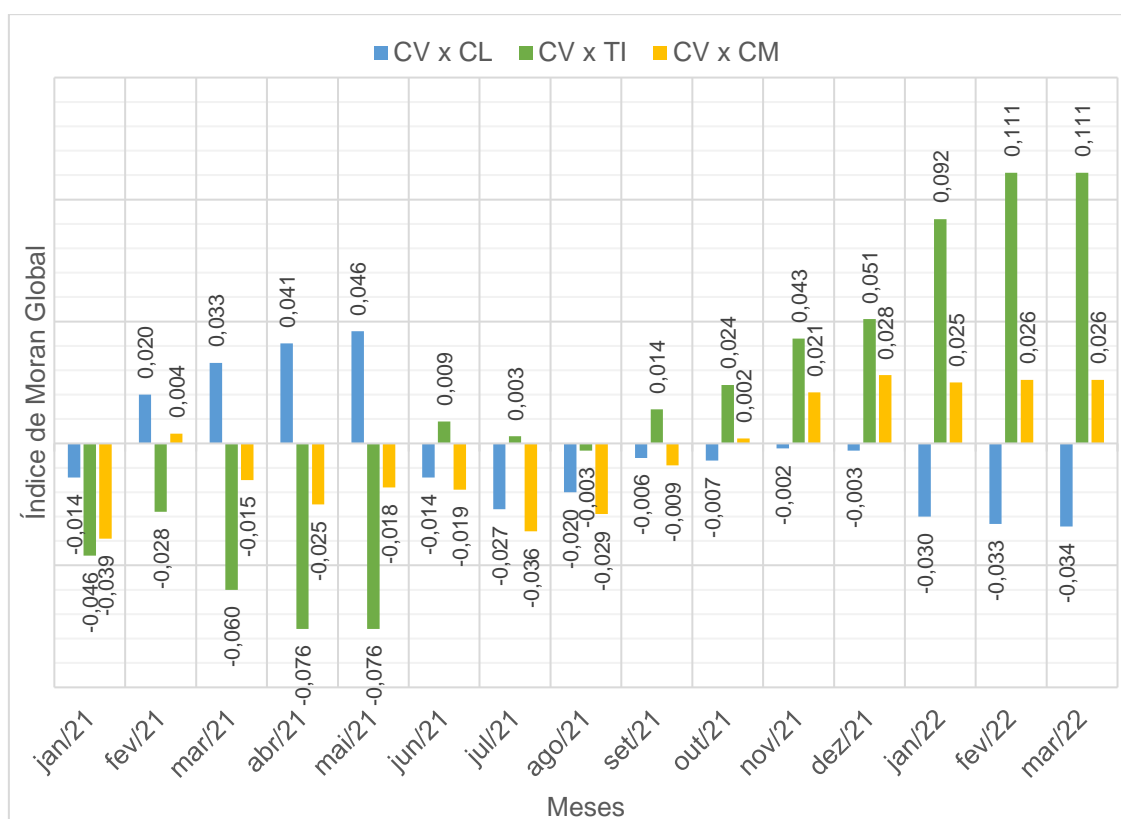
Para a variável CM, a formação de *clusters* BB foi predominante em municípios da 4ª, 5ª, 6ª e 22ª RS, especialmente entre janeiro e maio de 2021. Ao contrário, *clusters* AA foram observados em municípios da 1ª (sede em Paranaguá) e 2ª RS em todo período.

No caso da variável CL, houve predominância de *clusters* BB em municípios da 12ª (sede em Umuarama), 13ª (sede em Cianorte), 14ª (sede em Paranavaí) e 20ª RS, com menor frequência de *clusters* AA distribuídos em municípios da 2ª RS e 17ª RS (sede em Londrina), ao final do período avaliado.

Análise exploratória espacial bivariada

A análise bivariada entre os indicadores e D1 não demonstrou resultados significativos na maior parte do período. Assim sendo, a Figura 4 ilustra apenas as análises realizadas utilizando a CV como variável independente.

Figura 4 – I de Moran Global para a análise bivariada entre CV e indicadores de saúde – TI, CL e CM – da Covid-19 de janeiro de 2021 até março de 2022 nos municípios do Paraná.

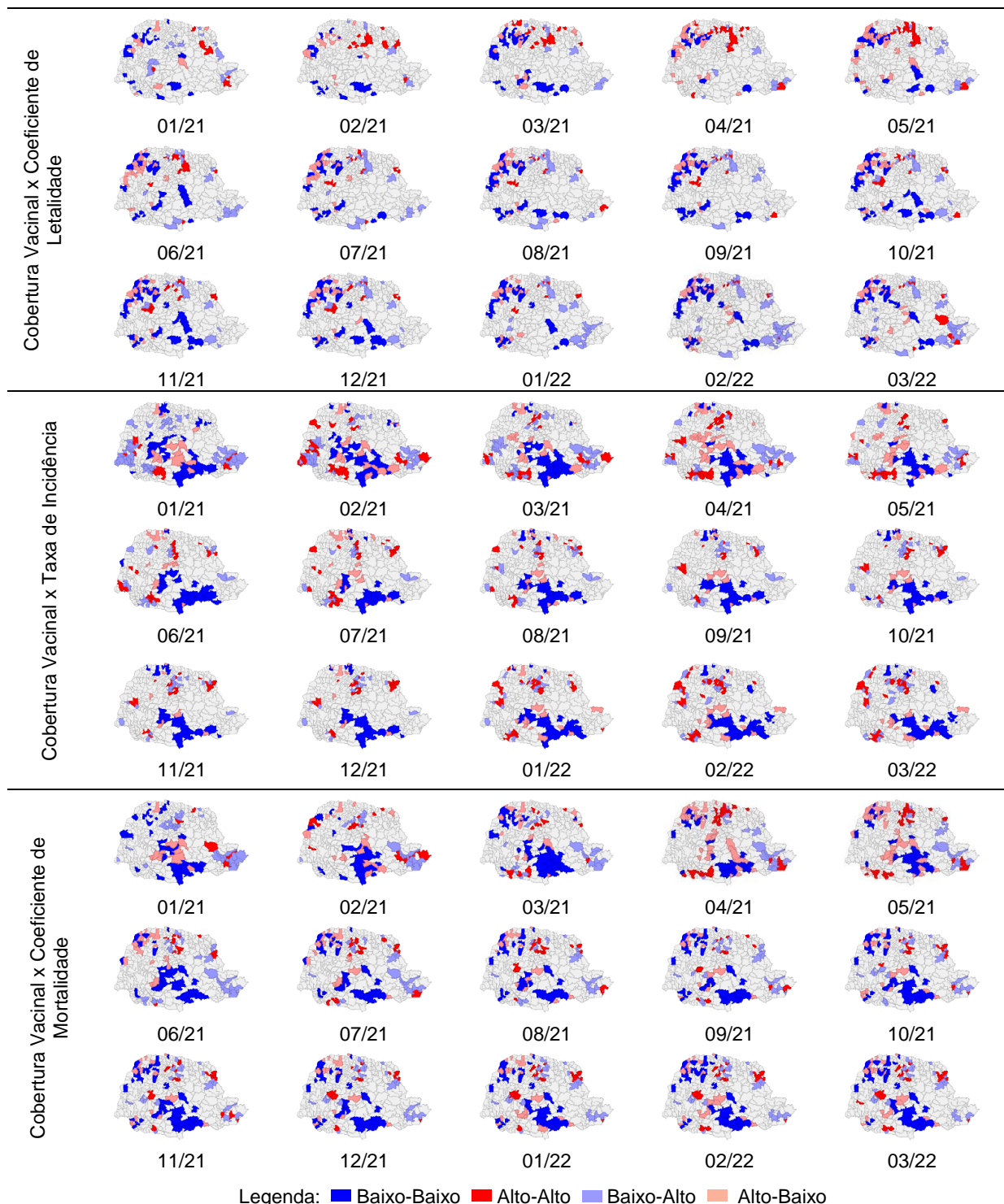


Fonte: Boletim Epidemiológico da SESA/Pr. Banco de dados da pesquisa, 2022.

O Índice de Moran Global (I_{MG}) entre CV e CL foi significativo ($p < 0,05$) de março até maio de 2021, com autocorrelação espacial positiva nesse período, identificado pela formação de *clusters* AA

especialmente na 16ª (sede em Apucarana) e 17ª RS, e *clusters* BB em municípios da 6ª, 12ª, 13ª, 14ª RS. Já em fevereiro e março de 2022, apresentou-se significativo e negativo. Tal achado pode ser evidenciado pela formação de *clusters* BA (Figura 5) nesses dois últimos meses, ou seja, municípios com baixas frequências de CL com altas frequências de CV, especialmente em municípios da 2ª e 17ª RS e *clusters* AB em municípios da 12ª e 14ª (altas frequências de CL com baixa CV).

Figura 5 – Clusters da análise bivariada entre CV e os indicadores de saúde – TI, CM e CV – da Covid-19 de janeiro de 2021 até março de 2022 nos municípios do Paraná.



Fonte: Boletim Epidemiológico da SESA/Pr. Banco de dados da pesquisa, 2022.

A análise espacial entre a CV e TI demonstrou I_{MG} significativo entre janeiro e maio de 2021, com autocorrelação negativa, evidenciado pela formação de *clusters* AB em municípios da 5ª, 11ª e 22ª RS (municípios com alto TI e baixa CV) bem como de *clusters* BA principalmente em municípios da 2ª e 9ª RS (baixa TI e alta CV). No entanto, a partir de novembro de 2021, a autocorrelação se demonstrou positiva, evidenciada pelo predomínio de *clusters* BB em municípios da 2ª, 5ª e 6ª RS (Figura 5).

Por fim, ao se avaliar a autocorrelação espacial entre CV e CM, o I_{MG} foi significativo apenas no mês de janeiro de 2021.

DISCUSSÃO

O acompanhamento de indicadores de saúde permite a observação da relação dos diferentes fatores que caracterizam uma doença, principalmente em situações epidêmicas (BRASIL, 2019). Um desses fatores, apresentado pelo presente estudo, é a influência do território, capaz de expressar características importantes para a dinâmica de uma doença. Segundo a Lei de Tobler, regiões próximas possuem características mais semelhantes do que as mais distantes (TOBLER, 1970).

Por exemplo, ao se analisar a Incidência da Covid-19 em um determinado território, faz-se necessário considerar as características sociais, políticas, econômicas e culturais presentes em cada região, que podem contribuir para a disseminação da doença. Exemplo disso são os resultados da análise univariada desse indicador, que demonstraram a predominância de *clusters* AA em municípios da 2ª e 9ª RS, principalmente entre janeiro e maio de 2021.

Sabe-se que 9ª RS faz fronteira com o Paraguai e a Argentina através do município de Foz do Iguaçu. Por esse motivo, o município apresenta alta circulação de pessoas devido à disposição de atrativos naturais que o tornam polo turístico internacional, às relações de trabalho e comércio característicos do local e à utilização dos serviços públicos de saúde e educação. Por esses motivos, a região representa o segundo destino brasileiro mais procurado por estrangeiros, sendo considerada a maior zona franca da América Latina (CAMPOS, 2017; AIKES; RIZZOTTO, 2018; ONU, 2020). Essas características podem refletir a alta Incidência da região.

No que diz respeito à 2ª RS, sabe-se que a região envolve o município de Curitiba (capital do Estado), considerado um ponto turístico nacional e internacional, que colabora para o elevado fluxo de indivíduos, facilitando a transmissão da Covid-19 (TONG, et al., 2020) e possibilitando sua disseminação para as demais regiões próximas, fato constatado no estudo.

No entanto, há de se considerar que o período destacado fora incipiente no avanço do Plano Estadual de Vacinação contra a Covid-19. Ao final do período avaliado, por exemplo, a análise bivariada demonstrou prevalência de *clusters* BB, com regiões com baixa TI, ainda que com baixa CV.

Ainda assim, a 9ª RS manteve a maior TI acumulada em março de 2022. Por ser um indicador cumulativo, a alta circulação de vírus e a porcentagem elevada de contaminados com a doença no início da pandemia nessa região podem ter contribuído para manter o indicador do local elevado em comparação com as demais regiões. Além disso, o próprio estado do Paraná apresentava a 5ª maior Incidência do país naquele momento.

De acordo com a análise temporal dos indicadores da Covid-19, o governo do Paraná adotou diversas medidas de enfrentamento da doença, como: obrigatoriedade do uso de máscaras, suspensão de atividades com aglomeração, suspensão de aulas, obrigatoriedade do teletrabalho para grupos de risco, entre outras (PARANÁ, 2021c). Porém, essas medidas foram pouco resolutivas, sendo que a situação sanitária foi modificada a partir da implementação do Plano Estadual de Vacinação contra a Covid-19, seguindo as diretrizes do Programa Nacional de Imunizações (PNI) do MS, como medida prioritária no enfrentamento da pandemia (PARANÁ, 2021a).

Contudo, tanto as medidas de enfrentamento quanto o Plano Estadual de Vacinação contra a Covid-19 foram implementados de forma heterogênea em todo território paranaense, fato identificado na análise dos mapas referentes à cobertura vacinal. Além disso, à medida em que evoluía a adesão à vacinação, municípios implementavam precocemente o afrouxamento de medidas como reflexo da limitada governança nacional desde o início da pandemia, que acabou impactando na tomada de decisão dos demais entes (TERRE, TOSO, 2022). Exemplo disso é o resultado apresentado pelas análises da cobertura vacinal ao final do período avaliado, que destacam municípios da 10ª, 11ª e 20ª (regiões próximas entre si) com as maiores coberturas, ao passo em que os municípios da 2ª RS, que comporta a capital do estado, apresentaram baixas coberturas vacinais. Esta observação comprova novamente a influência do território na dinâmica dos indicadores.

Tal situação, somada à notificação de novas variantes, como a variante GAMA (variante brasileira, identificada no município de Manaus em janeiro de 2021), variante ZETA (variante brasileira, identificada no Rio de Janeiro, destacando-se em fevereiro de 2021), variante LAMBDA (variante andina, identificada em fevereiro de 2021) e a variante ÔMICRON (introduzida no país em dezembro de 2021) (MICHELON, 2021; FIOCRUZ, 2022), pode ter influenciado o aumento da Incidência de todo o estado.

Outro importante indicador analisado foi o CM, que demonstrou formação de *clusters* AA principalmente nos municípios da 1ª e 2ª RS em todo o período de estudo. Para a Organização Panamericana de Saúde (OPAS, 2018), os dados referentes à mortalidade de uma determinada população representam uma fonte fundamental de informação demográfica, geográfica e de causa de morte, sendo utilizados para determinar e monitorar as prioridades ou metas em saúde.

Em relação à 1ª RS, justificam-se os achados, pois além de se encontrar próxima à capital, essa região engloba municípios portuários do Estado, como Paranaguá e Antonina. Ainda que suas atividades sejam prioritariamente alfandegárias, existe uma grande circulação de trabalhadores, caminhoneiros e viajantes diariamente nos terminais portuários dos municípios (PARANÁ, 2020c), o que contribui para disseminação do vírus na região.

No que diz respeito à 2ª RS, destacam-se as características regionais descritas anteriormente, que possuem influência nos resultados apresentados para esse indicador. Além disso, Curitiba possui uma densidade demográfica de 4027,04 habitantes/km², sendo a maior do estado (IBGE, 2022). Estudos realizados no Brasil demonstraram que a pandemia colocou as metrópoles em alerta, em especial as que apresentam altas densidade, por permitir e facilitar a propagação da doença (MACIEL, CASTRO-SILVA, FARIAS, 2020; SILVA, MUNIZ, 2020).

Outro fator que pode ter contribuído para os dados de mortalidade dessa região está relacionado ao crescimento acelerado da população com mais de 60 anos nos últimos anos, superando a média nacional. É de conhecimento mundial que a Covid-19 afeta especialmente as populações mais velhas, principalmente idosos com comorbidades e comprometimento funcional (FAS, 2023; OPAS, 2023).

Ao avaliar a correlação entre CV e CM, os dados demonstraram correlação direta ao final do período estudado, ou seja, municípios com altas coberturas vacinais com elevada mortalidade. Dados divulgados pelo boletim da Fundação Oswaldo Cruz (2022) demonstrando o balanço dos dois primeiros anos de pandemia registraram a detecção da terceira onda de Covid-19, em dezembro de 2021, que coincidiu com o período de festas e férias da população, levando ao relaxamento de medidas de restrição e mobilidade. Tal fato, somado à desigualdade na evolução da vacinação, pode justificar os achados da pesquisa.

Por fim, os resultados da pesquisa demonstraram a análise da Letalidade, expressada pela capacidade de uma doença provocar óbito nos indivíduos acometidos. Tal indicador baseia-se no número de mortes em relação ao número de pessoas acometidas por uma doença em uma determinada população. Essa mensuração permite a avaliação dinâmica da gravidade de uma doença, sendo que quanto maior a Letalidade, maior a gravidade do agravo em uma determinada população (GOMES, 2015).

Ainda que as avaliações de Mortalidade e Incidência sejam importantes, a mensuração da Letalidade permite a análise mais fidedigna do impacto das políticas implementadas na contenção da Covid-19, como o Plano Estadual de Vacinação contra a Covid-19. Isso porque os dados de CM e TI são representados por dados acumulados ao longo do tempo. Já os dados de CL são dinâmicos, ou seja, caso o número de casos aumente e a quantidade de óbitos sofra estagnação, a Letalidade diminui, demonstrando redução da gravidade da doença e vice-versa.

Exemplo disso pode ser demonstrado pelos resultados da correlação entre CV e CL, que apresentaram correlação negativa ao final do período avaliado, demonstrando municípios com elevada cobertura vacinal com dados baixos de Letalidade, e da análise bivariada espacial destacada pela presença de *clusters* BA nos meses de fevereiro e março de 2022, indicando a efetividade da vacinação no controle de óbitos dentre os indivíduos acometidos pela doença.

Em estudo realizado nas regiões de fronteira do Brasil, que analisou a correlação espacial entre vacinação e letalidade, evidenciou-se a presença de *clusters* BA predominantemente na região Sul do Brasil, indicando efetividade da vacinação, o que corrobora os achados da presente pesquisa. Segundo a análise realizada, esses dados podem ser justificados pelos elevados indicadores sociais, como Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), Produto Interno Bruto (PIB) e escolaridade (BAUMGRATZ, TERRE, ALVES, 2023).

Ainda assim, o estado do Paraná manteve-se entre os cinco estados brasileiros com maior Mortalidade e Incidência ao final de março de 2022, corroborando achados da FIOCRUZ (2022). De acordo com o estudo, esse cenário pode ser reflexo da terceira onda da pandemia iniciada em dezembro de 2021 e predominância da variante ÔMICRON. Contudo, houve redução do indicador Letalidade, indicador de gravidade da doença, devido à ampliação da vacinação para grande parte da população e à menor gravidade da variante ÔMICRON, que se tornou predominante no país a partir de dezembro de 2021.

Particularidades devem ser consideradas sobre a evolução temporal da vacinação contra Covid-19, como a distribuição de doses. Inicialmente, a vacinação era prevista apenas para os indivíduos do grupo de risco, sendo que, à medida que novos imunizantes eram fabricados e adquiridos, a vacinação estendia-se para o restante da população.

No entanto, houve atraso na evolução da campanha em razão da escassez de doses disponíveis, acarretada pela aposta inicial do governo federal em apenas uma vacina, a AstraZeneca/Oxford, produzida e envasada pela Fiocruz, mas dependente da importação do Insumo Farmacêutico Ativo (IFA). Somado a isso, o subfinanciamento crônico do setor saúde impactou a compra e distribuição de insumos (FLEURY; FAVA, 2022).

Ainda, o esquema vacinal contra a Covid-19 só é considerado completo caso o indivíduo apresente duas doses do mesmo imunizante ou, ainda, dose única, quando se aplicar. No primeiro caso, há exigência de respeitar o intervalo entre doses – a depender do imunobiológico escolhido pode oscilar entre 4 e 12 semanas – além de ser necessário considerar o tempo para que o indivíduo adquira proteção (7-14 dias) (BRASIL, 2022; OPAS, 2021). Os resultados do estudo demonstraram que a cobertura vacinal completa possui maior correlação do que apenas com a primeira dose.

Ademais, faz-se necessário considerar tanto as variáveis modificadoras de efeito, como idade, existência de comorbidades crônicas ou medicamentos que influenciam a efetividade vacinal, quanto as variáveis que podem causar confusão para a análise, como infecção prévia com SARS-CoV-2 e comportamentos de redução de risco, como uso de máscaras e adesão a medidas não farmacológicas (NOBRE; GUERRA; CARNUT, 2022).

E, finalmente, a hesitação às vacinas, compreendida desde o receio até a total recusa, causada por medo, insegurança ou apenas desinformação sobre a efetividade vacinal, e impulsionada pela crescente disseminação de *fake news* que fragilizam a confiança da população nos programas de vacinação (NOBRE; GUERRA; CARNUT, 2022).

Ficou evidenciado o impacto positivo do processo de vacinação na redução do número de casos graves da doença, internações (clínicas e de Unidade de Terapia Intensiva – UTI) e de número de óbitos em todo o país. Contudo, problemas de organização, comunicação e a falta de estratégias entre as esferas governamentais prejudicaram o processo de vacinação (MARÇAL et al., 2022; FIOCRUZ, 2022).

Esses fatores acarretaram o atraso da evolução da vacinação no território paranaense, fato evidenciado pelos resultados do estudo, exigindo a necessidade da continuidade das análises do efeito do Plano Estadual de Vacinação contra a Covid-19 nos indicadores de saúde.

Cabe destacar o cuidado de trabalhar com dados secundários, visto que existem particularidades que podem comprometer a acurácia dos indicadores, tornando-se limitadoras do estudo. Um dos problemas que merece atenção está relacionado à subnotificação do número de casos associada principalmente à conduta dos profissionais de saúde, às dificuldades no processo da notificação e às características complexas que levam à dificuldade em diagnosticar a doença e/ou agravo (MELO, et al., 2018).

A subnotificação pode afetar a avaliação dos três indicadores de saúde analisados. Regiões com baixa testagem e nos quais os testes são direcionados apenas para pacientes graves tendem a gerar indicadores de Letalidade maiores pois desconsideram o número real de contaminados (SOUZA, et al., 2020).

Além disso, transporte inadequado, o tipo de metodologia empregada para análise dos exames, a definição do momento ideal para coleta da amostra e a acurácia dos resultados tornaram a confirmação diagnóstica precoce da Covid-19 um desafio em todo o mundo (MAGNO, et al., 2020; FRANÇA, et al., 2020).

Ainda, a falha nos registros de óbito afetou o conhecimento da real magnitude da Mortalidade e Letalidade, principalmente no início da pandemia. O incorreto preenchimento da Declaração de Óbito (DO), por desconhecimento ou falta de informação, reforçado pela precária ou inexistente assistência

médica durante a fase terminal da doença e pelas frágeis condições de trabalho em algumas regiões, foi destacado como fator prejudicial na acurácia das informações (FRANÇA, et al., 2020).

Embora o cuidado de trabalhar com dados secundários mereça destaque, pontua-se que os dados foram retirados dos Boletins Epidemiológicos da SESA/Pr, atualizados diariamente pelos portais de transparência estadual. Esse banco de dados representa fonte oficial para mensuração e acompanhamento dos indicadores da população de estudo. A fim de amenizar as limitações, os dados foram comparados com arquivos disponibilizados pelo órgão, que autorizou a realização da pesquisa e a obtenção de informações sobre a pandemia no Estado do Paraná.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, os resultados apontam que, ainda que apresentando autocorrelação fraca, a Cobertura Vacinal completa teve efeito principalmente no Coeficiente de Letalidade ao final do período avaliado, identificado pelo coeficiente de Spearman negativo, demonstrando que a Cobertura Vacinal contribui na redução da gravidade da doença. Esse achado torna evidente a necessidade da organização da política de vacinação no território paranaense.

Além disso, a análise espacial realizada pelo presente estudo permite a observação da influência que o território possui na dinâmica dos indicadores de saúde e da cobertura vacinal, identificada pela existência de autocorrelação espacial entre as variáveis analisadas.

A análise exploratória espacial univariada, por exemplo, traz destaque para a formação de *clusters* alto-alto para a Letalidade e Mortalidade no entorno da 1ª, 2ª e 17ª RS, com predominância de *clusters* baixo-baixo para a Cobertura Vacinal (principalmente ao final do período), demonstrando ser necessário incentivar a política de adesão à vacinação completa na população dessas regiões. O resultado da análise bivariada entre a Cobertura Vacinal e Letalidade reforçam essa necessidade, pela evidência de *clusters* baixo-alto nessas regiões, ou seja, regiões com baixa Letalidade, com elevada cobertura vacinal.

Os resultados apresentados incitam a necessidade da continuidade da avaliação do efeito da política de vacinação contra a Covid-19 nos indicadores de saúde da população, tendo em vista as características de cada região, haja vista que a autocorrelação espacial se demonstrou significativa.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à Fundação Araucária pelo financiamento da pesquisa e ao Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Genômica (NAPI-Genômica).

REFERÊNCIAS

- AIKES, S.; RIZZOTTO, M.L.F. Integração regional em cidades gêmeas do Paraná, Brasil, no âmbito da saúde. **Caderno de Saúde Pública**, v. 34, n.8. 2018. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00182117>
- ALMEIDA, E.S. **Curso de Econometria Espacial Aplicada**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, 2004.
- BAUMGRATZ, D.; TERRE, B.R.B.F.; ALVES, L.R. Análise da correlação espacial da Covid-19 nos municípios brasileiros de fronteira. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 19, n.56, p. 226-49, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3895/rts.v19n56.16367>. Acesso em: 15 mai. 2023.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia de Vigilância Epidemiológica – Emergência de Saúde Pública de Importância Nacional pela doença pelo Coronavírus 2019**. Brasília, DF: MS, 2020a.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 454, de 20 de março de 2020. Declara, em todo território nacional, o estado de transmissão comunitária do coronavírus (Covid-19). Brasília, DF: MS, 2020b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/portaria/prt454-20-ms.htm. Acesso em: 15 mai. 2022
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico Especial – Doença pelo Novo Coronavírus – Covid-19, Semana Epidemiológica nº 13**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/covid-19/2022/boletim-epidemiologico-no-107-boletim-coe-coronavirus.pdf/view>. Acesso em: 14 mai. 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços. **Guia de Vigilância em Saúde**. 3ª ed. Brasília, DF: MS; 2019. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_vigilancia_saude_3ed.pdf. Acesso em: 12 jun. 2022.

- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Imunização e Doenças Transmissíveis. Coordenação-Geral do Programa Nacional de Imunizações. **Plano Nacional de Operacionalização da Vacinação contra Covid-19**. 12ª ed. Brasília: DF, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/publicacoes-tecnicas/guias-e-planos/plano-nacional-de-operacionalizacao-da-vacinacao-contra-covid-19.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2022.
- CAMPOS, H.A. O papel estratégico de cidades gêmeas no controle de mercadorias em mesorregiões de fronteira no contexto do MERCOSUL: Uruguiana (BR) e Paso de los Libres (AR). **Redes**, v. 22, p. 56-73, 2017. <https://doi.org/10.17058/redes.v22i1.8667>
- CAPP, E.; NIENOV, O.H. **Bioestatística quantitativa aplicada**. Porto Alegre: UFRGS; 2020.
- CNS. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Brasília: DF, 2012. Disponível em: <https://wp-sites.info.ufrn.br/admin/wp-content/uploads/sites/4/2020/07/RESOLU%C3%87%C3%95ES-466-12-510-16-e-580-18.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2022.
- FAS. Fundação de Ação Social. Curitiba supera percentual nacional de população com mais de 60 anos. 2023. Disponível em: <https://fas.curitiba.pr.gov.br/noticia.aspx?id=3840>. Acesso em: 15 mai. 2023.
- FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. **Boletim Observatório Covid-19**, boletim especial – Balanço de dois anos da pandemia Covid-19, 2022. Disponível em: https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos_2/boletim_covid_2022-balanco_2_anos_pandemia-redb.pdf. Acesso em: 12 mai. 2023.
- FLEURY, S.; FAVA V.M.D. Vacina contra Covid-19: arena da disputa federativa brasileira. **Revista Saúde em Debate**, v. 26, 2022. <https://doi.org/10.1590/0103-11042022e117>
- FRANÇA, E.B. *et al.* Óbitos por Covid-19 no Brasil: quantos e quais estamos identificando? **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 23, 2020. <https://doi.org/10.1590/1980-549720200053>
- GOMES, E.C.S. **Conceitos e ferramentas da epidemiologia**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [internet]. Censo Demográfico do ano de 2022. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 10 mai. 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [internet]. Estimativas da população. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=28674>. Acesso em: 20 dez. 2020.
- MACIEL, J.A.C.; CASTRO-SILVA, I.I.; FARIAS, M.R. Análise inicial da correlação espacial entre a incidência de Covid-19 e o desenvolvimento humano nos municípios do estado do Ceará no Brasil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 23, 2020. <https://doi.org/10.1590/1980-549720200057>
- MAGNO, L. *et al.* Desafios e propostas para ampliação da testagem e diagnóstico para Covid-19 no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 8. 2020. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020259.17812020>
- MARÇAL, D.F.S. *et al.* Mortalidade por Covid-19 e vacinação em idosos: um estudo ecológico na cidade de Curitiba, Paraná, Brasil. **The Brazilian Journal of Infectious Diseases**, v. 26, supl.1, jan. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2021.102039>
- MELO, M.A.S. *et al.* Percepção dos profissionais de saúde sobre os fatores associados à subnotificação no Sistema Nacional de Agravos de Notificação. **Revista de Administração e Saúde**, v. 18, n. 71, 2018. <https://doi.org/10.23973/ras.71.104>
- MICHELON, C.M. Principais variantes do SARS-CoV-2 notificadas no Brasil. **RBAC**, v. 53, n. 2, p. 109-16, 2021. Disponível em: https://www.rbac.org.br/wp-content/uploads/2021/10/RBAC-vol-53-2-2021_artigo01.pdf. Acesso em: 12 mai. 2023.
- NOBRE, R.; GUERRA, L.D.S.; CARNUT, L. Hesitação e recusa vacinal em países com sistemas universais de saúde: uma revisão integrativa sobre seus efeitos. **Revista Saúde em Debate**, v. 45, n. 1, p. 303-21, 2022. <https://doi.org/10.1590/0103-11042022e121>

- OMS. Organização Mundial da Saúde. **Director-General's statement on IHR Emergency Committee on Novel Coronavirus (2019-nCoV)**. 2020. Disponível em: [https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-statement-on-ih-emergency-committee-on-novel-coronavirus-\(2019-ncov\)](https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-statement-on-ih-emergency-committee-on-novel-coronavirus-(2019-ncov)). Acesso em: 3 abr. 2022.
- OPAS. Organização Panamericana de Saúde. Covid-19 e as Pessoas Idosas. 2023. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/envelhecimento-saudavel/covid-19-e-pessoas-idosas>. Acesso em: 14 mai. 2023.
- OPAS. Organização Panamericana de Saúde. Health indicators: Conceptual and operational considerations [internet]. Washington, DC. 2018. Disponível em: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/49056/09789275120057_eng.pdf?sequence=6&isAllowed=y. Acesso em: 19 abr. 2022.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **Covid-19 destrói o equivalente a 14 milhões de empregos na América Latina e Caribe, diz OIT**. 2020. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/covid19-destroi-o-equivalente-a-14-milhoes-de-empregos-naamerica-latina-e-caribe-diz-oit/>. Acesso em: 26 abr. 2022.
- OPAS. Organização Panamericana de Saúde. **Avaliação da efetividade das vacinas contra a Covid-19**. 2021. Disponível em: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/54793/OPASWBAPHECovid-19210068_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 10 abr. 2022.
- PARANÁ. Governo do Estado do Paraná. **Relatório de Gestão – Portos do Paraná, ano de 2020**. 2020c. Disponível em: http://www.portosdoparana.pr.gov.br/sites/portos/arquivos_restritos/files/documento/2021-03/relatoriogestaoportos_2020.pdf. Acesso em: 12 fev 2022.
- PARANÁ. Governo do Estado do Paraná. Secretaria de Saúde. **Boletim Epidemiológico de março/2022**. 2022 Disponível em: https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2022-03/informe_epidemiologico_31_03_2022.pdf. Acesso em: 14 mai. 2022.
- PARANÁ. Secretaria de Saúde do Estado do Paraná. **Boletim Epidemiológico de dezembro/2020**. 2020a. Disponível em: https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-12/informe_epidemiologico_31_12_2020.pdf. Acesso em: 14 abr. 2022.
- PARANÁ. Secretaria de Saúde do Estado do Paraná. **Casos em investigação – Doença pelo Coronavírus 2019**. 2020b. Disponível em: https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-04/corona_12032020.pdf. Acesso em: 18 mar. 2022.
- PARANÁ. Secretaria do Estado da Saúde do Paraná. **Informe Epidemiológico Coronavírus (Covid-19)**. 2021b. Disponível em: https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2021-01/informe_epidemiologico_18_01_2021.pdf. Acesso em: 17 abr. 2022.
- PARANÁ. Secretaria de Saúde do Estado do Paraná. **Informe Epidemiológico Coronavírus (Covid-19)**. 2021c. Disponível em: https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2021-02/informe_epidemiologico_28_02_2021.pdf. Acesso em: 12 abr. 2022.
- PARANÁ. Secretaria de Saúde do Estado do Paraná. **Plano Estadual de Vacinação Contra a Covid-19 5ª Ed**. 2021a. Disponível em: https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2021-05/Plano%20Estadual%20Vacina%20Contra%20a%20Covid-19%20-%205%20Ed.%2025%20de%20maio%202021.pdf. Acesso em: 25 abr. 2021.
- SIDRA. Sistema do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de Recuperação Automática. Mapas personalizados. 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/territorio>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- SILVA, J.B.; MINIZ, A.M.V. Pandemia do Coronavírus no Brasil: Impactos no Território Cearense. **Espaço e Economia – Revista Brasileira de Geografia Econômica**, n. 17, 2020. <https://doi.org/10.4000/espacoeconomia.10501>

SOUZA, C.D.F. *et al.* Evolução espaçotemporal da letalidade por Covid-19 no Brasil, 2020. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 46, n. 4, 2020. <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20200208>

TERRE, B.R.B.F., TOSO, B.R.G.O. Análise da adesão de medidas de enfrentamento da Covid-19 no Estado do Paraná. **Research, Society and Development**, v. 11, n.10, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i10.33079>

TOBLER, W.R.A. Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. **Economic Geography**, v. 46. 1970. <https://doi.org/10.2307/143141>

TONG, Z.D. *et al.* Potential presymptomatic transmission of SARS-CoV-2, Zhejiang Province, China, 2020. **EID Journal**. v. 25, n.5, p. 1052-4. 2020. <https://doi.org/10.3201/eid2605.200198>