

Impacto da cobertura vacinal sobre o COVID-19 no estado do Pará: uma análise espacial (2020 - 2022)

Impact of vaccination coverage on COVID-19 in Pará state: a spatial analysis (2020 - 2022)

Erick Clayton Gonçalves Feio¹, Lucas Alencar Queiroz², Thayse Moraes de Moraes³, Alcinês da Silva Sousa Júnior⁴, Bruno Vinicius da Silva Pinheiro⁵, Marília Brasil Xavier⁶.

RESUMO

Introdução: a pandemia de COVID-19, originada em Wuhan, China, em março de 2020, desencadeou uma crise sanitária global sem precedentes. **Metodologia:** estudo descritivo, de análise temporo-espacial, realizado com dados secundários coletados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Banco de Dados de Síndrome Respiratória Aguda Grave e da Campanha Nacional de Vacinação contra Covid-19. **Resultados:** foram incluídos neste estudo 4.505.982 registros de vacinações, 32.686 casos notificados e 11.032 óbitos por COVID-19 em indivíduos a partir de 18 anos de idade. Houve redução da incidência e mortalidade por COVID-19 durante a vacinação. O índice de cobertura vacinal foi desigual no Pará. **Discussão:** diversos fatores podem ter corroborado a menor cobertura vacinal em algumas regiões do Pará, dentre eles a desinformação sobre a vacina e a dificuldade de acesso, bem como questões religiosas e políticas. **Conclusão:** a vacinação foi crucial para controlar a mortalidade e morbidade relacionadas à COVID-19 no estado do Pará.

Palavras-chave: COVID-19, Vacinação, Estado do Pará

ABSTRACT

Introduction: the pandemic of COVID-19, originating in Wuhan, China, in March 2020, triggered an unprecedented global health crisis. **Methodology:** descriptive study, of temporo-spatial analysis, carried out with secondary data collected from the Brazilian Institute of Geography and Statistics, Severe Acute Respiratory Syndrome Database and the National Vaccination Campaign against Covid-19. **Results:** 4,505,982 vaccination records, 32,686 reported cases, and 11,032 deaths from Covid-19 in individuals 18 years of age and older were included in this study. There was a reduction in COVID-19 incidence and mortality during vaccination. The vaccination coverage rate was uneven in Pará. **Discussion:** Several factors may have contributed to lower vaccination coverage in some regions of Pará, including misinformation about the vaccine and difficult access, as well as religious and political issues. **Conclusion:** vaccination was crucial to control mortality and morbidity related to COVID-19 in Pará state.

Keywords: COVID-19, Vaccination, State of Pará

¹ Graduando em medicina pela Universidade do Estado do Pará. E-mail: erick.feio@aluno.uepa.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2205-5278>.

² Graduando em medicina pela Universidade do Estado do Pará. E-mail: lucas.aqueiroz@aluno.uepa.br. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7749-9107>.

³ Doutoranda em Doenças Tropicais pela Universidade Federal do Pará. E-mail: thaysemoraes@ufpa.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3509-6503>.

⁴ Doutor em Biologia Parasitária na Amazônia pela Universidade do Estado do Pará. E-mail: alcinesjunior@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8450-6724>.

⁵ Doutor em Patologia das Doenças Tropicais, pelo PPGDT/NMT/UFPA. E-mail: br7pinheiro@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6288-1435>.

⁶ Doutora em Neurociências e Biologia celular pela Universidade do Estado do Pará. E-mail: mariliabxavier@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4727-3001>.

1. INTRODUÇÃO

Em março de 2020, a pandemia de COVID-19, iniciada na cidade de Wuhan, na China, instalou uma crise sanitária global sem precedentes¹. O vírus responsável por este quadro infeccioso, o SARS-COV-2, disseminou-se rapidamente levando a mudanças drásticas na conjuntura de saúde pública e econômica da comunidade internacional. Só no Brasil, foram notificados até abril de 2023 mais de 37 milhões de casos e 700 mil mortes por COVID-19, revelando, deste modo, os desafios enfrentados para o controle epidemiológico da doença pelas esferas de poder².

Inicialmente, os primeiros casos notificados em Wuhan, na província de Hubei, foram classificados como casos de pneumonia³. Posteriormente, o quadro clínico da infecção causada pelo vírus de RNA de fita simples, SARS-CoV-2, foram mais bem delimitados. Os sintomas mais comuns incluem febre, fadiga, falta de ar e perda de paladar ou olfato. Neste contexto, o panorama da pandemia trouxe desafios para o sistema de saúde visto que os quadros graves levaram a hospitalizações em massa, demarcando uma crise de leitos, aparelhos de respiração e oxigênio nas Unidades de Terapia Intensiva⁴.

Outra característica da COVID-19 é que esta apresentou um impacto heterogêneo sobre os segmentos da sociedade. A preocupação inicial voltou-se para a pessoa idosa e portadores de doenças crônicas prévias já que dados epidemiológicos apontavam para estes determinantes como preditores de maior risco de morte entre pacientes hospitalizados⁵. Outrossim, a saturação do sistema de saúde dispôs as pessoas de baixa renda ao maior risco de contrair e desenvolver formas graves da doença além das populações em situação de rua que, neste contexto, foram mais vulneráveis às fragilidades das políticas públicas^{6,7}.

Nesse sentido, as notificações e as subseqüentes mortes por COVID-19 no Estado do Pará foram influenciadas por aspectos socioespaciais. Isso ocorre, pois, a manutenção da transmissão viral está ligada, também, a fatores externos à saúde, sobretudo, a infraestrutura dos modais de transportes organizados segundo a polarização da rede urbana paraense. Esta conjuntura, apesar de favorecer o escoamento de bens e serviços, contribuiu com a aceleração do quadro virológico e a sua distribuição heterogênea no Estado⁸.

Por outro lado, o maior desenvolvimento das redes socioespaciais da Metrópole e capitais regionais favoreceu o acesso de serviços de saúde de baixa e média complexidade frente a melhor logística de distribuição⁸. No contexto pandêmico, este panorama traduziu-se pela maior capacidade, sobretudo da região metropolitana, em garantir o acesso às vacinas de COVID-19, o que sugere, de outro modo, desafios para os demais municípios do Estado quanto à operacionalização da cobertura vacinal prevista pelo plano nacional de vacinação do Ministério da Saúde.

Não obstante, outros aspectos impactam de modo significativo sobre as campanhas de vacinação em massa. No Brasil, observou-se durante a pandemia de COVID-19 um movimento inverso à cultura de vacinação no país, marcada historicamente pelas altas taxas de cobertura vacinal contra a Poliomielite, Sarampo e H1N1. No cenário pandêmico, as vacinas foram postas sob hesitações e incertezas quanto a sua efetivação e reações adversas, demarcando sérias barreiras sanitárias para o controle epidemiológico da COVID-19⁹.

Dessa forma, esta pesquisa tem como objetivo analisar o impacto da cobertura vacinal da COVID-19 sobre as taxas de incidência e mortalidade do agravo, no período de janeiro de 2020 a junho de 2022, estratificando por Macrorregiões do estado do Pará, Brasil.

2. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo transversal, de cunho descritivo e quantitativo, utilizando dados secundários públicos. Os dados epidemiológicos relativos à vacinação, assim como as notificações sobre novos casos e óbitos por COVID-19, no estado do Pará, foram coletados, respectivamente, da Campanha Nacional de Vacinação contra Covid-19¹⁰ e do Banco de Dados de Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG)^{11,12}, disponibilizados pela plataforma openDATASUS¹³. Os dados demográficos populacionais do Pará foram retirados da “Tabela de estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros”, fornecida pelo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)¹⁴.

O estado do Pará possui o segundo maior território do País, perdendo apenas para o estado do Amazonas, com uma área de 1.245.870,700 km² e uma população estimada

de 8.777.124 habitantes no ano de 2021^{14,15}. Atualmente, os municípios do estado podem ser divididos territorialmente em 4 Macrorregiões. As Macrorregiões foram criadas a partir das Regiões de Saúde (RS) como espaço regional ampliado para garantir a resolutividade das Redes de Atenção à Saúde no estado do Pará. Dessa forma, os 144 municípios paraenses podem ser agrupados em 13 RS, que, por sua vez, podem ser agrupadas em 4 Macrorregiões¹⁶.

O cálculo da cobertura vacinal foi realizado dividindo o número de pessoas com esquema vacinal completo pela população residente na localidade, e multiplicado por 100¹⁷. Esse cálculo foi executado para as 4 Macrorregiões do estado do Pará, sendo a população residente estimada de 2021 utilizada em todos os cálculos de cobertura vacinal, incluindo os cálculos de mortalidade e incidência de COVID-19. De acordo com o Plano Nacional de Operacionalização da Vacinação contra a Covid-19, como esquema completo vacinal foram consideradas todas as pessoas com registro de 2ª dose das vacinas CORONAVAC, PFIZER ou ASTRAZENECA; ou dose única da JANSSEN¹⁸.

O cálculo de correlação de Spearman foi utilizado para verificar a correlação entre os coeficientes de incidência e mortalidade por COVID-19 com a cobertura vacinal no Pará e suas Macrorregiões. Para interpretação do coeficiente de Spearman (RS), foi adotado a escala proposta por Chan¹⁹.

Todos os dados calculados foram agrupados em planilha do Microsoft Office Excel 2010 e representadas visualmente em gráficos e mapas coropléticos, produzidos pelo software ArcMap versão 10.8. Em razão de todos os dados utilizados neste estudo serem de acesso público, o parecer e aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa foram desconsiderados.

3. RESULTADOS

Foram incluídos neste estudo 4.505.982 registros de vacinações, 32.686 casos notificados e 11.032 óbitos por COVID-19 em indivíduos a partir de 18 anos de idade. Observou-se que 304.863 registros de vacinações, 153 casos notificados e 38 registros de óbitos por COVID-19 não incluíam o município de residência do indivíduo de forma correta. Esses registros não foram contabilizados para o cálculo da cobertura vacinal, mortalidade e incidência entre as Macrorregiões. No Pará, dos 11.032 óbitos registrados,

apenas 5.367 possuem registro de vacinação do paciente. Desse total, 1523 (28,38%) são de pessoas vacinadas com pelo menos uma dose da vacina para COVID-19, enquanto 3.844 (71,62%) são de pessoas não vacinadas.

Observa-se no estado do Pará uma grande variação da incidência e mortalidade por COVID-19 no período pré e pós-vacinação (Figura 1). Entre janeiro de 2020 e março de 2021, registram-se dois grandes picos de incidência e mortalidade no estado. Em maio de 2020, a incidência atinge um valor de 68,90, enquanto a mortalidade é registrada com 35,45. Já em março de 2021, quando a cobertura vacinal do estado registrava 1,89%, a incidência contabilizava um valor de 77,41 e a mortalidade de 29,13. Com o aumento do índice da cobertura vacinal, registrou-se uma diminuição dos coeficientes de mortalidade e incidência de COVID-19 no estado, atingindo um valor de 4,41 de incidência e 1,06 de mortalidade, em setembro de 2021. O próximo pico de incidência e mortalidade em janeiro de 2022 não supera os registrados no período pré-vacinação.

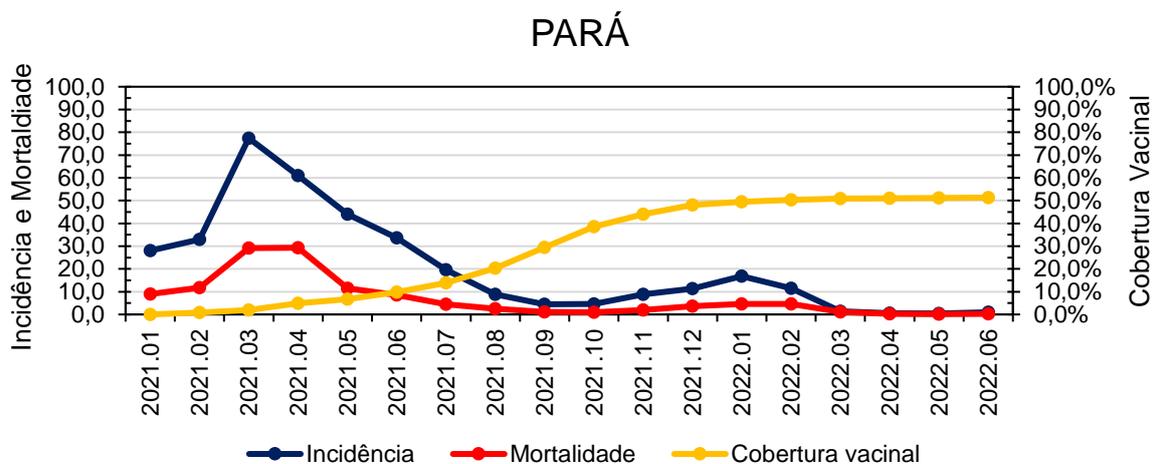


Figura 1. Tendência temporal da incidência e mortalidade a cada 100 mil habitantes por COVID-19 em relação à cobertura vacinal no estado do Pará, de janeiro de 2020 a junho de 2022

As Macrorregiões do Estado do Pará possuem significativa variação das taxas de mortalidade e incidência entre si (Figura 2). Entre janeiro e maio de 2021, todas as Macrorregiões apresentaram um pico de incidência e mortalidade. Nesse período, a Macrorregião IV atingiu a maior mortalidade entre as Macrorregiões, registrando um coeficiente de 82,12, enquanto as Macrorregiões I, II e III registraram, respectivamente, 40,40, 23,09 e 38,16. Todavia, a Macrorregião III registrou o maior pico de incidência, com

105,75, seguida da Macrorregião I, com 84,92, Macrorregião IV, com 82,18, e Macrorregião II, com 50,95.

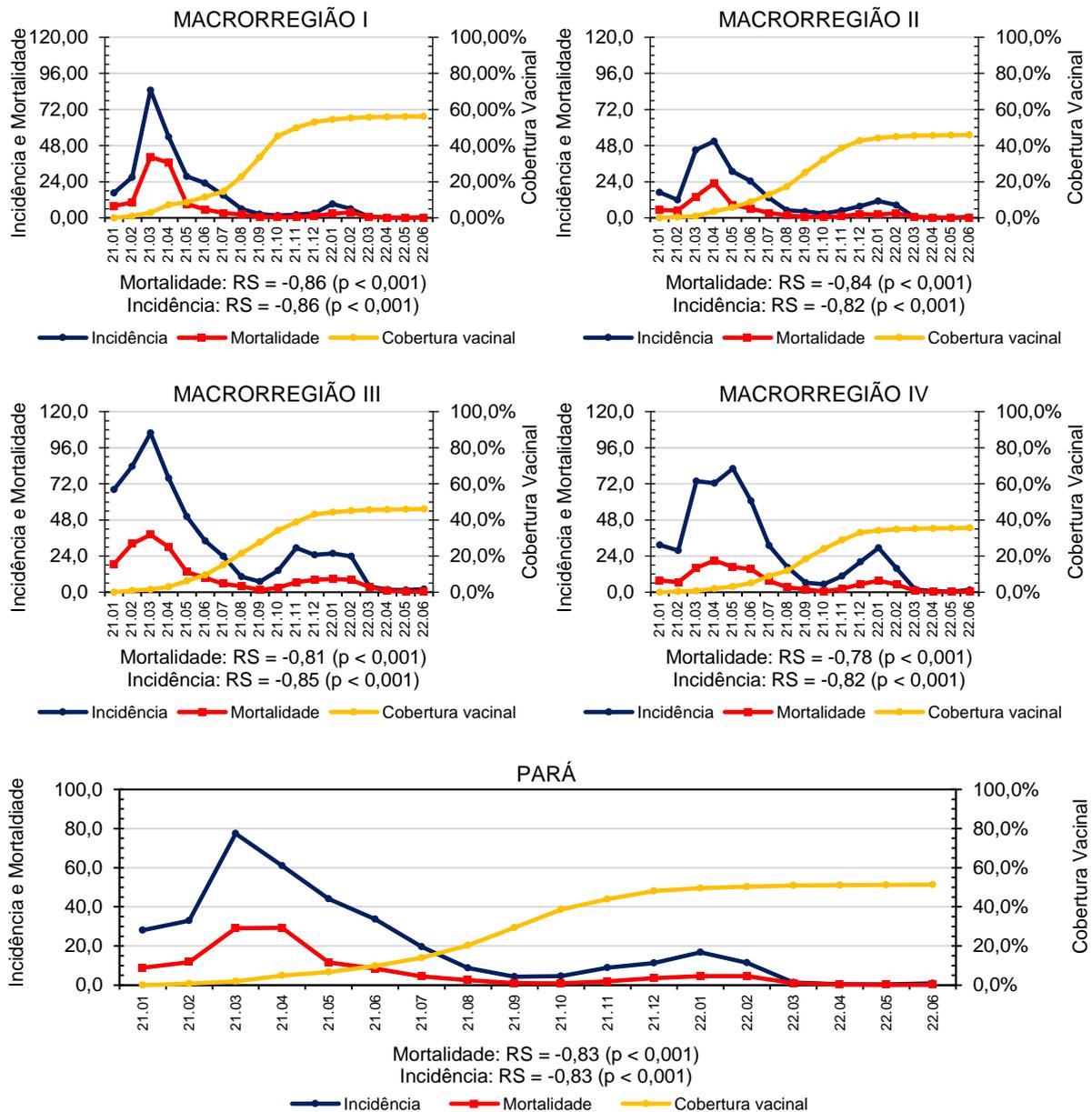


Figura 2. Correlação da mortalidade e incidência de COVID-19 a cada 100 mil habitantes com a Cobertura Vacinal por Macrorregião no estado do Pará, entre janeiro de 2021 e junho de 2022.

Legenda: Coeficiente de Spearman (RS)

Em novembro de 2021, apenas a Macrorregião III registra um segundo pico de incidência, com um valor de 29,35 que se sustentou acima de 20 até fevereiro de 2022, em conjunto a uma mortalidade que variou entre 6,75 e 8,81 no mesmo período. As demais Macrorregiões registraram um pico de incidência e mortalidade apenas em janeiro

de 2022, sendo que a Macrorregião IV registrou os maiores valores, com 29,45 de incidência e 7,65 de mortalidade. A partir de então, não foram registrados outros picos de incidência ou mortalidade.

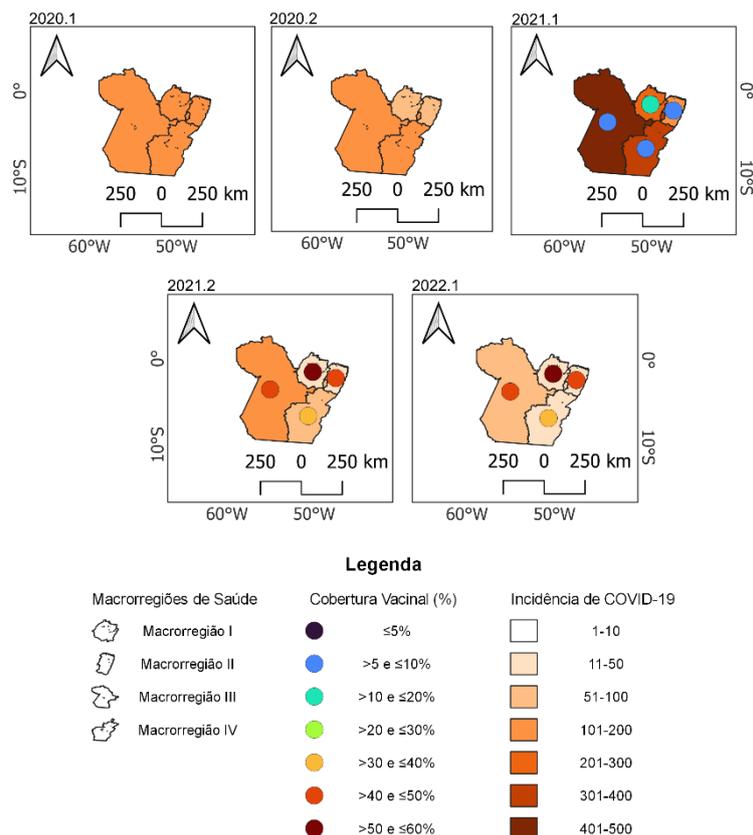


Figura 3. Distribuição espacial da incidência de COVID-19 por 100.000 habitantes e cobertura vacinal entre as Macrorregiões do estado do Pará, Brasil, representados em cinco semestres (2020.1 a 2022.1).

O teste de correlação de Spearman demonstrou uma correlação significativa muito forte da incidência por COVID-19 com a cobertura vacinal no estado do Pará ($RS = -0,83$; $p < 0,01$), assim como na Macrorregião I ($RS = -0,86$; $p < 0,01$), Macrorregião II ($RS = -0,82$; $p < 0,01$), Macrorregião III ($RS = -0,85$; $p < 0,01$) e na Macrorregião IV ($RS = -0,82$; $p < 0,01$). Observa-se também uma correlação significativa muito forte entre a mortalidade e a cobertura vacinal no Pará ($RS = -0,83$; $p < 0,01$), Macrorregião I ($RS = -0,86$; $p < 0,01$) e Macrorregião III ($RS = -0,81$; $p < 0,01$), enquanto que a Macrorregião II ($RS = -0,74$; $p < 0,01$), e Macrorregião IV ($RS = -0,78$; $p < 0,01$) apresentaram uma correlação moderadamente forte.

Em uma avaliação semestral, também foram observados padrões heterogêneos nas Macrorregiões do Pará quanto aos coeficientes de incidência e mortalidade. Durante o primeiro semestre de 2020, a proporção de infecções por 100 mil habitantes se mostrou similar em todas as Macrorregiões, contudo, uma redução significativa do impacto inicial da pandemia foi observada nas Macrorregiões I e II no semestre subsequente. Em contraste, durante o primeiro semestre de 2021, houve um agravamento notável na incidência em todo o estado, especialmente nas Macrorregiões III e IV, onde a incidência foi de 4 a 5 vezes superior ao semestre anterior (Figura 3).

Em termos de mortalidade, no primeiro semestre de 2020, todas as Macrorregiões, à exceção da IV, apresentaram um alto coeficiente, com 51 a 90 óbitos por 100 mil habitantes. No semestre seguinte, as Macrorregiões I e II exibiram uma diminuição para 11 a 20 e 1 a 10 mortes por 100 mil habitantes, respectivamente, enquanto as Macrorregiões III e IV mantiveram os coeficientes de mortalidade do semestre anterior. No primeiro semestre de 2021, houve um aumento geral da mortalidade no estado, com as Macrorregiões I e IV apresentando os maiores coeficientes, 91 a 150 mortes por 100 mil habitantes (Figura 4).

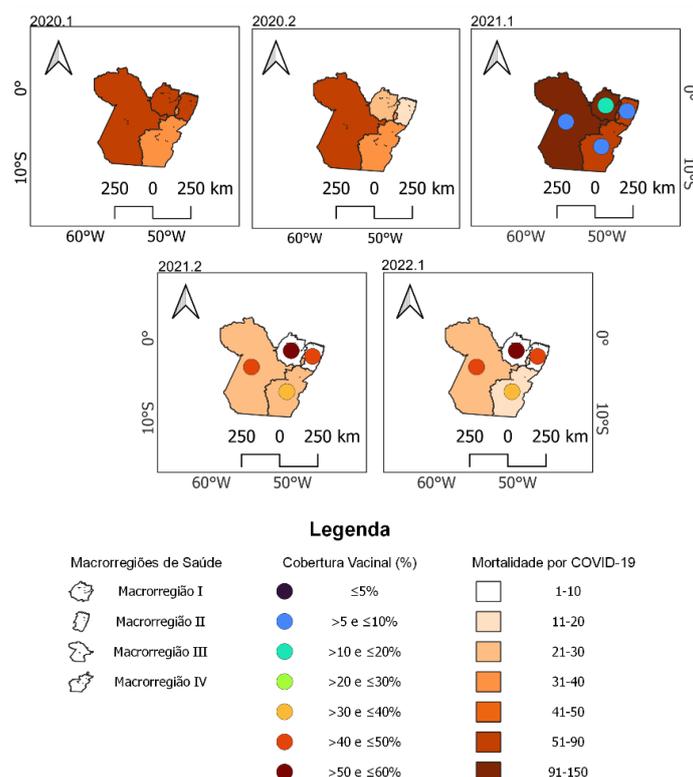


Figura 4. Distribuição espacial da mortalidade de COVID-19 por 100.000 habitantes e cobertura vacinal entre as Macrorregiões do estado do Pará, representados em cinco semestres (2020.1 a 2022.1).

4. DISCUSSÃO

Este estudo apresenta uma análise dos dados de cobertura vacinal e dos índices de incidência e mortalidade por COVID-19 no estado do Pará, Brasil, em indivíduos a partir de 18 anos de idade. Observa-se uma grande variação das taxas de incidência e mortalidade no período entre janeiro de 2020 e junho de 2022. Em maio de 2020, observou-se o primeiro pico de incidência e mortalidade de COVID-19 no estado, o que corresponde a primeira onda de COVID-19 vivenciada no Brasil entre março e novembro desse ano. A partir de então, observa-se uma queda rápida dos coeficientes de incidência e mortalidade, sendo que a partir de 11 de novembro o Brasil entra na segunda onda de COVID-19 e o estado do Pará evidencia seu segundo pico de incidência e mortalidade em março de 2021²⁰.

A partir de 19 de janeiro de 2021, o estado do Pará inicia a campanha vacinal contra COVID-19 voltado aos grupos prioritários definidos pelo Plano Nacional de Operacionalização da Vacina contra a COVID-19^{21,22}. Após a cobertura vacinal ter se elevado, observa-se uma grande diminuição dos coeficientes de mortalidade e incidência de COVID-19 no estado do Pará, indicando que a vacinação foi efetiva na prevenção de casos graves da doença e redução da mortalidade. Esse comportamento apresentou uma correlação significativa no estado e parece corresponder a um nível global, em que também é perceptível a redução do número de novos casos e óbitos com o aumento da Cobertura Vacinal, especialmente quando acima de 60%²³.

Há pesquisas que demonstram a significativa redução do risco de infecção e mortalidade por COVID-19 em pessoas com histórico de vacinação completa, além da redução da letalidade por COVID-19 associada à vacinação²⁴⁻²⁶. Este estudo reforça esse cenário, considerando que mais de 70% dos óbitos registrados no Pará, desde o início da vacinação, foram de pessoas não vacinadas. Entretanto, é importante destacar que mesmo com a campanha de vacinação, foi registrado pico de incidência e mortalidade em janeiro de 2022 no estado, que sugere a necessidade de medidas contínuas de prevenção e controle da doença.

De forma geral, esses estudos, juntamente com os resultados apresentados neste artigo, reforçam a ideia de que a vacinação no estado do Pará é de suma importância para controlar a mortalidade e morbidade relacionadas à COVID-19. Tal informação é

relevante, uma vez que o estado do Pará apresentou uma resposta precária do sistema de saúde durante a pandemia, com um colapso da infraestrutura hospitalar urbana. Associado a isso também houve uma distribuição desigual de recursos financeiros pelo governo federal, que de maneira não sistematizada priorizou regiões mais ricas do Brasil²⁷. Dessa forma, considerando que baixas condições hospitalares podem impactar nos coeficientes mortalidade por COVID-19²⁸, a vacinação se torna uma estratégia crucial para mitigar o impacto da pandemia no Estado.

Analisando sob outra perspectiva, percebe-se uma variação significativa nas taxas de vacinação entre as Macrorregiões do estado do Pará. Ao final do primeiro semestre de 2022, a Macrorregião I alcançou a maior cobertura vacinal, com 56,21% da população imunizada, enquanto a Macrorregião II e III registraram taxas de 45,91% e 46,02% respectivamente. A Macrorregião IV, contudo, apresentou o menor índice, com apenas 35,63% da população vacinada. No contexto da pandemia, a Macrorregião I se sobressaiu, conseguindo controlar de forma mais eficaz a propagação da doença. Acredita-se que isso se deve, em grande parte, à localização estratégica de Belém, o principal centro urbano da região, facilitando a distribuição de vacinas para áreas adjacentes. Belém liderou a lista de municípios que mais receberam doses da vacina, seguido por Santarém, Itaituba e Altamira, localizados na Macrorregião III, e Parauapebas e Marabá, na Macrorregião IV²⁹.

É crucial destacar a disparidade entre as coberturas das Macrorregiões. A falta de profissionais de saúde e a estrutura precária dos postos de saúde em regiões interioranas do Pará, relatada por estudos anteriores não ligados ao COVID-19, resulta em desafios para a vacinação contínua³⁰. A incapacidade de manter tanto o acondicionamento de vacinas quanto equipes de saúde completas pode explicar as discrepâncias de cobertura observadas atualmente com o COVID-19 entre as Macrorregiões.

As Macrorregiões III e IV, em particular, exibiram picos de incidência e mortalidade no final de 2021 e início de 2022, respectivamente, um fenômeno menos evidente nas demais Macrorregiões. Este cenário pode ser atribuído às dificuldades operacionais dos municípios que compõem esses locais, bem como à menor complexidade do sistema de saúde. Contudo, são necessárias mais pesquisas para confirmar esta hipótese.

A propagação de desinformação, mitos e rumores sobre vacinas também pode ter contribuído para as discrepâncias nas taxas de cobertura vacinal entre as Macrorregiões.

Notavelmente, o movimento antivacina elevou as taxas de abandono da imunização gratuita, com maior intensidade nos estados do Norte e Nordeste, principalmente durante a pandemia. Além disso, a politização da vacina parece ter impactado a adesão à vacinação contra COVID-19, com oposição observada entre membros políticos e seus apoiadores^{31,32}. Um estudo de 2021 na região sudeste do Pará, localizada na Macrorregião IV, revelou que 50% dos entrevistados duvidavam da eficácia da vacina e 28,1% recusariam a dose mesmo com aprovação da ANVISA³³.

Ademais, segundo um levantamento de 2021, aproximadamente 70% dos indígenas da bacia do Rio Tapajós, na Macrorregião III, hesitaram ou recusaram-se a receber a vacina de COVID-19. Apenas 30,3% das doses disponíveis foram aplicadas. A disseminação de informações falsas por grupos religiosos evangélicos pode estar contribuindo para esta hesitação, especialmente na Amazônia. Notadamente, áreas com maior oposição à vacinação por pastores são associadas a menor cobertura vacinal, e esta tendência se acentuou na última década com a expansão desses grupos na região³⁴.

É importante destacar as limitações deste estudo. Não foi considerada a estratificação por faixa etária na análise das variações de incidência e mortalidade da COVID-19 no estado. A ausência desse controle pode ter influenciado os resultados, uma vez que a mortalidade por COVID-19 varia entre as faixas etárias³⁵. Além disso, é crucial considerar que a cobertura vacinal não foi uniforme entre as faixas etárias³⁶, influenciada pela priorização de grupos de maior risco conforme o Plano Nacional de Vacinação. Isso resultou em maior cobertura vacinal em certas faixas etárias no início da campanha. Ademais, este estudo foi baseado em dados governamentais públicos, que são sujeitos a subnotificação e registros incompletos. Essa limitação pode ter afetado a análise da vacinação e dos coeficientes de incidência e mortalidade por COVID-19. Portanto, é essencial realizar novos estudos de campo mais específicos para complementar as informações apresentadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, este estudo apresentou uma análise espacial e temporal da cobertura vacinal e dos índices de incidência e mortalidade do COVID-19 no estado do Pará. Os resultados destacaram o papel fundamental da vacinação na redução da morbidade e

mortalidade causadas pela COVID-19. No entanto, a disparidade na cobertura vacinal entre diferentes regiões, juntamente com a propagação de desinformação e a falta de confiança no sistema de saúde, pode ter contribuído para taxas de cobertura mais baixas em algumas Macrorregiões, o que, por sua vez, foi associado a picos de incidência e mortalidade. Ainda há necessidade de mais pesquisas para entender melhor o impacto da vacinação no estado e identificar possíveis soluções para aumentar a cobertura vacinal e reduzir a propagação de desinformação. A vacinação é uma estratégia fundamental para a prevenção e controle da COVID-19, e sua promoção deve ser contínua em todo o estado do Pará.

REFERÊNCIAS

1. Lee A. Wuhan novel coronavirus (COVID-19): why global control is challenging? *Public Health* [Internet]. 2020 Fev [acesso em 23 mar 2023];179:A1–2. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0033350620300317>
2. Brasil. Covid Saude GOV [Internet]. Painel Coronavírus. 2023 [acesso em 23 mar 2023 mai 22]. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>
3. Ding Q, Lu P, Fan Y, Xia Y, Liu M. The clinical characteristics of pneumonia patients coinfecting with 2019 novel coronavirus and influenza virus in Wuhan, China. *J Med Virol* [Internet]. 2020 Set [acesso em 23 mar 2023];92(9):1549–55. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jmv.25781>
4. Pereira MD, Pereira MD, Costa CFT, Santos CKA dos, Dantas EHM. Aspectos epidemiológicos, clínicos e terapêuticos da COVID-19. *J Heal Biol Sci* [Internet]. 2020 Jul 6 [acesso em 23 mar 2023];8(1):1-8. Disponível em: <https://periodicos.unichristus.edu.br/jhbs/article/view/3297>
5. Rodrigues Benedito A, Cristina Vieira dos Santos D, Figueiredo Magalhães D, Savio Goes P, Gomes de Andrade L. Impacto da COVID-19 na população idosa: revisão bibliográfica. *An da Fac Med Olinda* [Internet]. 2022 Ago [acesso em 23 mar 2023];1(6):50–4. Disponível em: <https://afmo.emnuvens.com.br/afmo/article/view/142>
6. Demenech LM, Dumith S de C, Vieira MECD, Neiva-Silva L. Desigualdade econômica e risco de infecção e morte por COVID-19 no Brasil. *Rev Bras Epidemiol* [Internet]. 2020 [acesso em 23 mar 2023];23. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-790X2020000100209&tlng=pt
7. Monteiro D, Chagas JVC. Portal Fiocruz [Internet]. Pandemia de Covid-19 muda perfil de população em situação de rua. 2021 [acesso em 23 mar 2023]. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/pandemia-de-covid-19-muda-perfil-de-populacao-em->

situacao-de-rua

8. Souza MVM de, Júnior DBF. Rede urbana, interações espaciais e a geografia da saúde: análise da trajetória da Covid-19 no estado do Pará. Espaço e Econ [Internet]. 2020 Abr [acesso em 23 mar 2023];(18). Disponível em: <http://journals.openedition.org/espacoeconomia/13146>
9. Carvalho G de J, Yokosawa J. Desafios da vacinação no Brasil e os reflexos na campanha de imunização durante a pandemia de COVID-19: uma revisão bibliográfica. In: Anais do Congresso Brasileiro de Imunizações. Vitória de Santo Antão: Even3; 2021.
10. Ministério da Saúde. Campanha Nacional de Vacinação contra Covid-19 - Conjuntos de dados - OPENDATASUS [Internet]. 2022 [acesso em 23 mar 2023]. Disponível em: <https://opendatasus.saude.gov.br/dataset/covid-19-vacinacao>
11. Ministério da Saúde. SRAG 2021 e 2022 - Banco de Dados de Síndrome Respiratória Aguda Grave - incluindo dados da COVID-19 - Conjuntos de dados - OPENDATASUS [Internet]. 2022 [acesso em 23 mar 2023]. Disponível em: <https://opendatasus.saude.gov.br/dataset/srag-2021-e-2022>
12. Ministério da Saúde. SRAG 2020 - Banco de Dados de Síndrome Respiratória Aguda Grave - incluindo dados da COVID-19 - Conjuntos de dados - OPENDATASUS [Internet]. 2022 [acesso em 23 mar 2023]. Disponível em: <https://opendatasus.saude.gov.br/dataset/srag-2020>
13. Brasil, Ministério da Saúde. openDataSus [Internet]. 2023 [acesso em 23 mar 2023 mai 23]. Disponível em: <https://opendatasus.saude.gov.br/>
14. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da População [Internet]. Tabelas de estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 01.07.2021. 2022 [acesso em 23 mar 2023]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>
15. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Áreas Territoriais [Internet]. Área territorial - Brasil, Grandes Regiões, Unidades da Federação e Municípios. 2021 [acesso em 23 mar 2023]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=acesso-ao-produto&c=15>
16. Secretaria de Saúde Pública do Pará. Plano estadual de saúde do Pará [Internet]. 2019 [acesso em 23 mar 2023]. Disponível em: <https://www.conass.org.br/wp-content/uploads/2022/02/Plano20Estadual20de20SaC3BAde20202020-202023.pdf>
17. Ministério da Saúde. Imunizações Cobertura Notas Técnicas [Internet]. 2006 [acesso em 23 mar 2023]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/pni/%5Ccpnidescr.htm>
18. Brasil, Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Imunização e Doenças Transmissíveis. Plano Nacional de Operacionalização da

Vacinação contra a Covid-19 [Internet]. 2nd ed. Queiroga MAC, editor. Brasília: Ministério da Saúde; 2022 [acesso em 23 mar 2023]. 121 p. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/saude/2021/ministerio-da-saude/2021_07_09-plano-nacional-operacionalizacao-vacinacao-8-edicao.pdf

19. Chan YH. Biostatistics 104: Correlational Analysis. Singapore Med J [Internet]. 2003 Dec [acesso em 23 mar 2023];44(12):614–9. Disponível em: [https://paulogentil.com/pdf/Biostatistics 104. Correlational analysis.pdf](https://paulogentil.com/pdf/Biostatistics%20104.%20Correlational%20analysis.pdf)
20. Emmerich FG. Comparisons between the Neighboring States of Amazonas and Pará in Brazil in the Second Wave of COVID-19 Outbreak and a Possible Role of Early Ambulatory Treatment. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 2021 Mar [acesso em 23 mar 2023];18(7):3371. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/7/3371>
21. Guarnieri da Silva C, Vinicius de Alcantara Sousa L, Da Silva Paiva L, Cristina Morais T, Albuquerque Lima Ribeiro M, Regina Ribeiro M, et al. COVID-19 mortality and lethality in the State of Pará, legal Amazon, Brazil. J Hum Growth Dev [Internet]. 2021 Dez 1 [acesso em 23 mar 2023];31(3):390–6. Disponível em: <https://revistas.marilia.unesp.br/index.php/jhgd/article/view/12605>
22. 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 a COVID-19 [Internet]. 2nd ed. Plano nacional de operacionalização da vacinação contra a COVID-19 - 2ª edição. 2021 [acesso em 23 mar 2023]. 1–90 p. Disponível em: <https://sbim.org.br/images/files/notas-tecnicas/2-edicao-plano-operacionalizacao-vacinacao-covid19.pdf>
23. Huang C, Yang L, Pan J, Xu X, Peng R. Correlation between vaccine coverage and the COVID-19 pandemic throughout the world: Based on real-world data. J Med Virol [Internet]. 2022 May 4 [acesso em 23 mar 2023];94(5):2181–7. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jmv.27609>
24. Muthukrishnan J, Vardhan V, Mangalesh S, Koley M, Shankar S, Yadav AK, et al. Vaccination status and COVID-19 related mortality: A hospital based cross sectional study. Med J Armed Forces India [Internet]. 2021 Jul [acesso em 23 mar 2023];77:S278–82. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377123721001921>
25. Johnson AG, Amin AB, Ali AR, Hoots B, Cadwell BL, Arora S, et al. COVID-19 Incidence and Death Rates Among Unvaccinated and Fully Vaccinated Adults with and Without Booster Doses During Periods of Delta and Omicron Variant Emergence — 25 U.S. Jurisdictions, April 4–December 25, 2021. MMWR Morb Mortal Wkly Rep [Internet]. 2022 Jan 28 [acesso em 23 mar 2023];71(4):132–8. Disponível em: http://www.cdc.gov/mmwr/volumes/71/wr/mm7104e2.htm?s_cid=mm7104e2_w
26. Raham TF. Influence of COVID-19 Vaccination Coverage on Case Fatality Risk. Asian J Res Infect Dis [Internet]. 2022 Fev 17 [acesso em 23 mar 2023];21–31. Disponível em:

<https://journalajrid.com/index.php/AJRID/article/view/195>

27. Ferraz D, Mariano EB, Manzine PR, Moralles HF, Morceiro PC, Torres BG, et al. COVID Health Structure Index: The Vulnerability of Brazilian Microregions. *Soc Indic Res* [Internet]. 2021 Nov 5 [acesso em 23 mar 2023];158(1):197–215. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s11205-021-02699-3>
28. Routsis C, Magira E, Kokkoris S, Siembos I, Vrettou C, Zervakis D, et al. Hospital Resources May Be an Important Aspect of Mortality Rate among Critically Ill Patients with COVID-19: The Paradigm of Greece. *J Clin Med* [Internet]. 2020 Nov [acesso em 23 mar 2023];9(11):3730. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0383/9/11/3730>
29. Brasil, Ministério da Saúde. Infoms Saude Gov [Internet]. Painel de Distribuição de Vacinas. 2023 [acesso em 23 mar 2023]. Disponível em: https://infoms.saude.gov.br/extensions/DEMAS_C19VAC_Distr/DEMAS_C19VAC_Distr.html
30. Morais CG, Cabral LM da S, Fausto MCR, Seidl H, Lima JG. Organização da atenção primária à saúde em um município rural remoto no estado do Pará. In: *Anais do 15º Congresso Internacional da Rede Unida* [Internet]. Saúde em Redes; 2022 [acesso em 23 mar 2023]. p. 1495–7. Disponível em: <https://apsmrr.ensp.fiocruz.br/wp-content/uploads/2022/12/Anais-RedeUnida-Parte5.pdf>
31. Boschiero MN, Palamim CVC, Marson FAL. The hindrances to perform the COVID-19 vaccination in Brazil. *Hum Vaccin Immunother* [Internet]. 2021 Nov 2 [acesso em 23 mar 2023];17(11):3989–4004. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21645515.2021.1955607>
32. Gramacho WG, Turgeon M. When politics collides with public health: COVID-19 vaccine country of origin and vaccination acceptance in Brazil. *Vaccine* [Internet]. 2021 Mai [acesso em 23 mar 2023];39(19):2608–12. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0264410X21003960>
33. Silva RR da, Santos MS. Avaliação sobre a adesão às práticas preventivas contra a COVID-19 no cenário do agronegócio na Região do Araguaia no Estado do Pará. *Res Soc Dev* [Internet]. 2021 Ago 14 [acesso em 23 mar 2023];10(10):e364101018907. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18907>
34. Moreira R da S, Costa EG, dos Santos LFR, Miranda LHL, de Oliveira RR, Romão RF, et al. The assistance gaps in combating COVID-19 in Brazil: for whom, where and when vaccination occurs. *BMC Infect Dis* [Internet]. 2022 Dez 17 [acesso em 23 mar 2023];22(1):473. Disponível em: <https://bmcinfectdis.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12879-022-07449-5>
35. McMenamin ME, Nealon J, Lin Y, Wong JY, Cheung JK, Lau EHY, et al. Vaccine effectiveness of one, two, and three doses of BNT162b2 and CoronaVac against COVID-19 in Hong Kong: a population-based observational study. *Lancet Infect Dis* [Internet]. 2022 Out [acesso em 23 mar 2023];22(10):1435–43. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1473309922003450>

36. Fundação Oswaldo Cruz. Portal fiocruz [Internet]. Nota Técnica - Observatório Covid-19 - Fiocruz Diferenciais De Cobertura Vacinal Segundo Grupos Etários No Brasil. 2022 [acesso em 23 mar 2023]. Disponível em: https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos_2/notatecnica_obscovid19_coberturavacinal.pdf