Revista Eletrônica ACERVO CIENTÍFICO
ISSN 2595-7899

Impacto da pandemia da COVID-19 na dinâmica da imunização infantil no Brasil, Paraná e Maringá: análise de séries temporais interrompidas (2018–2022)

Impact of the COVID-19 pandemic on childhood immunization dynamics in Brazil, Paraná, and Maringá: an interrupted time series analysis (2018–2022)

Impacto de la pandemia de COVID-19 en la dinámica de la inmunización infantil en Brasil, Paraná y Maringá: análisis de series temporales interrumpidas (2018–2022)

Larissa Cremonezi Moreno[1], Wallyson Eduardo Tozatto Estrambek[1], Carla Luiza Martins Jock[1], Karina Miura da Costa[1], Regiane da Silva Macuch[1].

RESUMO

Objetivo: Analisar o impacto da pandemia de COVID-19 na dinâmica da imunização infantil no Brasil, no estado do Paraná e no município de Maringá, considerando alterações nos níveis, tendências temporais e padrões de sazonalidade das vacinas Pentavalente, Poliomielite e Tríplice Viral. **Métodos:** Estudo ecológico, longitudinal e retrospectivo, com dados mensais do Sistema de Informação do Programa Nacional de Imunizações (SI-PNI/DataSUS), no período de janeiro de 2018 a dezembro de 2022. Realizaram-se análises descritivas, teste de normalidade de Shapiro-Wilk, comparação de medianas entre períodos pré e pós-pandemia pelo teste de Mann-Whitney, correlação de Spearman para avaliação de tendências temporais e sincronia interfederativa, além de modelagem de Série Temporal Interrompida (ITS) com regressão linear segmentada. A robustez dos modelos foi verificada por erros padrão robustos de Newey-West. **Resultados:** Houve redução estatisticamente significativa das medianas e aceleração do declínio vacinal no Brasil e no Paraná após março de 2020. Em Maringá, não se observaram mudanças significativas de nível ou tendência, porém foi identificada elevada variabilidade e ruptura do padrão sazonal. **Conclusão:** A pandemia impactou de forma heterogênea a imunização infantil, evidenciando queda sustentada nas esferas federal e estadual e instabilidade operacional no nível municipal.

Palavras-chave: Estudos ecológicos, Vigilância epidemiológica, Cobertura vacinal, Sistemas de informação em saúde.

ABSTRACT

Objective: To analyze the impact of the COVID-19 pandemic on childhood immunization dynamics in Brazil, the state of Paraná, and the municipality of Maringá, focusing on changes in vaccination levels, temporal trends, and seasonal patterns of Pentavalent, Poliomyelitis, and Measles-Mumps-Rubella vaccines. **Methods:** This ecological, longitudinal, and retrospective study used monthly data from the National Immunization Program Information System (SI-PNI/DataSUS) from January 2018 to December 2022. Analyses included descriptive statistics, the Shapiro–Wilk normality test, comparison of medians between pre- and post-pandemic periods using the Mann–Whitney test, Spearman correlation to assess temporal trends and intergovernmental synchrony, and Interrupted Time Series (ITS) modeling with segmented linear regression. Model robustness was assessed using Newey–West heteroskedasticity- and autocorrelation-consistent standard errors. **Results:** A statistically significant reduction in medians and an acceleration of declining vaccination trends were observed in Brazil and Paraná after March 2020. In Maringá, no significant changes in level or trend were

[1] Unicesumar, Maringá – PR.

SUBMETIDO EM: 2/2026 | **ACEITO EM: 2/2026** | **PUBLICADO EM: 3/2026**

detected; however, increased variability and disruption of seasonal patterns were identified. **Conclusion:** The pandemic had a heterogeneous impact on childhood immunization, revealing sustained declines at national and state levels and operational instability at the municipal level.

Keywords: Ecological studies, Epidemiological surveillance, Vaccination coverage, Health information systems.

RESUMEN

Objetivo: Analizar el impacto de la pandemia de COVID-19 en la dinámica de la inmunización infantil en Brasil, en el estado de Paraná y en el municipio de Maringá, evaluando cambios en los niveles de vacunación, las tendencias temporales y los patrones de estacionalidad de las vacunas Pentavalente, Poliomielitis y Triple Viral. **Métodos:** Estudio ecológico, longitudinal y retrospectivo, con datos mensuales del Sistema de Información del Programa Nacional de Inmunizaciones (SI-PNI/DataSUS), correspondientes al período de enero de 2018 a diciembre de 2022. Se realizaron análisis descriptivos, prueba de normalidad de Shapiro–Wilk, comparación de medianas entre los períodos pre y pospandemia mediante la prueba de Mann–Whitney, correlación de Spearman para evaluar tendencias temporales y sincronía interfederativa, y modelado de Series Temporales Interrumpidas (ITS) con regresión lineal segmentada. La robustez se evaluó mediante errores estándar robustos de Newey-West. **Resultados:** Se observó una reducción estadísticamente significativa de las medianas y una aceleración del descenso de la vacunación en Brasil y Paraná después de marzo de 2020. En Maringá, no se identificaron cambios significativos en el nivel ni en la tendencia, aunque se evidenció una elevada variabilidad y ruptura del patrón estacional. **Conclusión:** La pandemia impactó de forma heterogénea la inmunización infantil, evidenciando vulnerabilidades diferenciadas en la resiliencia de los servicios de vacunación.

Palabras clave: Estudios ecológicos, Vigilancia epidemiológica, Cobertura de vacunación, Sistemas de información en salud.

INTRODUÇÃO

A imunização infantil constitui uma das estratégias mais eficazes da saúde pública para a prevenção de doenças infecciosas e a redução da morbimortalidade na infância. No Brasil, essa política é operacionalizada pelo Programa Nacional de Imunizações (PNI), coordenado pelo Ministério da Saúde em articulação com estados e municípios, garantindo a oferta universal e gratuita de vacinas e contribuindo para a eliminação ou controle de diversas doenças imunopreveníveis (DOMINGUES CMS, et al., 2020).

A execução das ações de vacinação ocorre predominantemente no âmbito da Atenção Primária à Saúde (APS), que desempenha papel central na vigilância epidemiológica e na manutenção de coberturas vacinais adequadas. A pandemia da COVID-19, declarada em 2020, impôs desafios inéditos aos sistemas de saúde, com reorganização dos serviços, sobrecarga assistencial e redução do acesso da população às ações de rotina, incluindo a imunização infantil (CASTRO MC, et al., 2019).

Estudos recentes apontam que esse contexto agravou a queda das coberturas vacinais infantis no Brasil, intensificando tendências de declínio já observadas anteriormente e aumentando o risco de reintrodução de doenças imunopreveníveis (BERNAL JL, et al., 2017). No entanto, análises exclusivamente agregadas podem ocultar diferenças importantes entre níveis de gestão e territórios, limitando a compreensão da dinâmica real do impacto pandêmico sobre os serviços de vacinação.

Além disso, persistem lacunas quanto à identificação de alterações imediatas e de longo prazo nas séries temporais de imunização, bem como sobre mudanças nos padrões de sazonalidade e comportamento vacinal após a pandemia. Abordagens analíticas baseadas em séries temporais interrompidas permitem avaliar de forma robusta esses efeitos em indicadores populacionais de saúde (BERNAL JL, et al., 2017).

Diante disso, o objetivo do presente artigo é analisar o impacto da pandemia da COVID-19 sobre a dinâmica da imunização infantil no Brasil, no estado do Paraná e no município de Maringá, avaliando

alterações nos níveis, nas tendências temporais e nos padrões de sazonalidade das vacinas Pentavalente, Poliomielite e Tríplice Viral. A pergunta central de pesquisa é: A pandemia da COVID-19 provocou mudanças significativas nos níveis, nas tendências temporais e na sazonalidade da imunização infantil, de forma homogênea ou heterogênea, entre os níveis nacional, estadual e municipal?

MÉTODOS

Delineamento do estudo

Trata-se de um estudo ecológico, longitudinal e retrospectivo, conduzido com dados agregados de imunização infantil. A análise contemplou três níveis geopolíticos do Sistema Único de Saúde (SUS): nacional (Brasil), estadual (Paraná) e municipal (Maringá), permitindo a comparação da dinâmica vacinal entre diferentes escalas de gestão.

O período analisado compreendeu janeiro de 2018 a dezembro de 2022, totalizando 60 meses consecutivos. O marco de interrupção foi definido em março de 2020, correspondente ao início da pandemia da COVID-19, segmentando a série em período pré-pandemia (jan/2018–fev/2020) e pós-pandemia (mar/2020–dez/2022).

Fonte de dados e variáveis do estudo

Os dados foram obtidos a partir do acesso ao Sistema de Informação do Programa Nacional de Imunizações (SI-PNI), acessado por meio da plataforma DataSUS do Ministério da Saúde, utilizando a ferramenta Tabnet. Foram extraídos os volumes mensais absolutos de doses aplicadas, segundo local de residência, para o período de estudo.

Foram selecionadas como variáveis dependentes três vacinas do calendário infantil: Pentavalente (DTP/HB/Hib), Poliomielite (VIP/VOP) e Tríplice Viral (primeira dose). Optou-se pela análise do número absoluto de doses aplicadas, em vez de coberturas percentuais, com o objetivo de evitar vieses associados a estimativas populacionais intercensitárias e refletir diretamente a produtividade dos serviços de vacinação.

Análise estatística

Inicialmente, realizou-se análise descritiva das séries temporais por meio de medidas de tendência central e dispersão. A variabilidade relativa foi avaliada pelo Coeficiente de Variação (CV). A normalidade dos dados foi testada pelo teste de *Shapiro-Wilk.*

Diante da não normalidade das distribuições, a comparação entre os períodos pré e pós-pandemia foi realizada por meio do teste não paramétrico de *Mann-Whitney*, com cálculo do tamanho do efeito (r). A tendência temporal foi avaliada pela correlação de Spearman entre o tempo (meses consecutivos) e o volume de doses aplicadas. A sincronia interfederativa foi analisada correlacionando-se as séries mensais do município de Maringá com as séries do Paraná e do Brasil.

Modelagem de série temporal interrompida

O impacto da pandemia foi avaliado por meio de Modelagem de Série Temporal Interrompida (Interrupted Time Series – ITS), utilizando regressão linear segmentada. O modelo estimou separadamente a mudança imediata de nível e a alteração na inclinação da tendência após março de 2020, conforme a equação:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot tempo_t + \beta_2 \cdot intervenção_t + \beta_3 \cdot tempo_{pós_t} + \in_t$$

A autocorrelação serial foi avaliada pela estatística de *Durbin-Watson*. Para assegurar a robustez das inferências, os erros padrão foram corrigidos pelo estimador de *Newey-West* (HAC), tolerante à heterocedasticidade e autocorrelação residual.

Análise de sazonalidade

A sazonalidade foi investigada por meio da decomposição das séries temporais, separando os componentes de tendência, sazonalidade e resíduo. Diagramas sazonais foram utilizados para comparar os

padrões mensais ao longo dos anos e identificar possíveis desestruturações do calendário vacinal durante o período pandêmico.

Aspectos éticos

O estudo utilizou exclusivamente dados agregados, públicos e de livre acesso, sem identificação individual. Em conformidade com as Resoluções nº 466/2012 e nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde e com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), a pesquisa é isenta de submissão ao sistema CEP/CONEP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A série temporal analisada compreendeu 60 meses contínuos, de janeiro de 2018 a dezembro de 2022, a partir de dados extraídos do Sistema de Informação do Programa Nacional de Imunizações (SI-PNI/DataSUS). A inexistência de dados faltantes assegurou a consistência da análise longitudinal entre as esferas federal (Brasil), estadual (Paraná) e municipal (Maringá). Os indicadores descritivos do volume mensal de doses aplicadas das vacinas Pentavalente, Poliomielite e Tríplice Viral encontram-se apresentados na **Tabela 1**.

Tabela 1 - Indicadores descritivos de tendência central e dispersão (2018-2022).

Local	Imunobiológico	Média/Mês	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	CV (%)
Brasil	Pentavalente	617.783	126.682	613.000	195.000	850.000	20,5
	Poliomielite	955.624	179.276	944.000	655.000	1.400.000	18,8
	Tríplice Viral	963.259	748.900	663.000	418.000	3.500.000	77,7
	Total	**2.536.666**	**890.920**	**2.330.000**	**1.610.000**	**5.500.000**	**35,1**
Paraná	Pentavalente	35.188	7.204	34.500	12.600	50.000	20,5
	Poliomielite	54.693	10.593	53.600	36.400	80.000	19,4
	Tríplice Viral	60.142	67.479	40.400	19.400	300.000	112,0
	Total	**150.022**	**73.103**	**130.000**	**86.000**	**400.000**	**48,7**
Maringá	Pentavalente	1.101	406	1.000	404	2.200	36,9
	Poliomielite	1.799	445	1.720	1.140	3.100	24,7
	Tríplice Viral	1.779	1.203	1.330	710	5.500	67,7
	Total	**4.679**	**1.544**	**4.130**	**2.860**	**9.500**	**33,0**

Fonte: Moreno LC, et al., 2026.

Observou-se coeficiente de variação superior a 30% em grande parte das séries, com destaque para a vacina Tríplice Viral, que apresentou CV acima de 70% em todos os níveis geográficos, indicando instabilidade acentuada do fluxo vacinal ao longo do período. Achados semelhantes foram descritos por Moura LL, et al. (2024), que identificaram elevada heterogeneidade espacial e temporal da Tríplice Viral nos municípios brasileiros, com intensificação das desigualdades regionais e queda mais pronunciada a partir do período pandêmico. A não normalidade das distribuições, confirmada pelo teste de *Shapiro-Wilk* ($p < 0,05$), reforça esse cenário de instabilidade estrutural dos dados de imunização.

A dinâmica temporal das aplicações revela um desacoplamento de tendências em relação ao marco da pandemia (março de 2020). Esse comportamento é compatível com o impacto descrito sobre a utilização dos serviços de vacinação durante a pandemia, marcado pela reorganização da atenção básica, priorização do atendimento a casos da COVID-19, restrições de mobilidade e receio da população em acessar serviços de saúde, fatores que comprometeram a continuidade da vacinação de rotina no Brasil (GARCIA LP, et al., 2021).

No Brasil, houve redução estatisticamente significativa na mediana mensal de doses ($p = 0,002$), caindo de 2,57 milhões para 2,04 milhões, com tamanho de efeito moderado ($r = 0,40$). O Paraná seguiu tendência similar de queda significativa ($p = 0,026$).

Isso confirma estatisticamente que, nessas esferas, a pandemia reduziu o patamar de vacinação de forma consistente. Maringá não apresentou diferença significativa nas medianas entre os períodos ($p = 0,728$). Esse resultado deve ser interpretado com cautela, pois a ausência de significância ocorre porque o período "Pós-Pandemia" em Maringá inclui tanto o ano de 2020 (de alta vacinação) quanto o ano de 2021 (de queda abrupta).

Tabela 2 - Comparação das medianas mensais de doses aplicadas entre os períodos pré e pós-pandemia (Teste de *Mann-Whitney*).

Local	Vacina	Mediana (Pré)	Mediana (Pós)	p-valor	r
Brasil	Pentavalente	679.635	576.953	0,019*	0,30
	Poliomielite	1.007.472	888.658	0,006**	0,35
	Tríplice Viral	731.793	573.879	0,005**	0,36
	Total	**2.571.217**	**2.046.588**	**0,002****	**0,40**
Paraná	Pentavalente	37.905	32.852	0,006**	0,35
	Poliomielite	57.453	51.471	0,026*	0,29
	Tríplice Viral	43.915	33.317	0,193	0,17
	Total	**145.302**	**120.248**	**0,026***	**0,29**
Maringá	Pentavalente	1.074	969	0,192	0,17
	Poliomielite	1.704	1.753	0,970	0,01
	Tríplice Viral	1.343	1.327	0,609	0,07
	Total	**4.201**	**4.121**	**0,728**	**0,05**

Nota: Períodos: Pré (jan/2018–fev/2020) e Pós (mar/2020–dez/2022). Significância: (*) $p < 0,05$; (**) $p < 0,01$. r (Tamanho do Efeito): Classificação segundo Cohen: <0,30 (pequeno); 0,30–0,50 (moderado); >0,50 (grande).
Fonte: Moreno LC, et al., 2026.

A redução significativa das medianas observada no Brasil e no Paraná é consistente com evidências nacionais recentes que descrevem a pandemia da COVID-19 como um fator de intensificação da queda da cobertura vacinal infantil. Em revisão narrativa baseada em dados do DATASUS, Santos LS, et al. (2024) demonstraram que, no período pandêmico, nenhuma região brasileira atingiu as metas preconizadas para a vacina Tríplice Viral, com acentuada redução das coberturas e ampliação das desigualdades regionais. Esses achados reforçam que a diminuição do patamar vacinal observada neste estudo não representa uma flutuação aleatória, mas integra um processo mais amplo de descontinuidade da vacinação

Para quantificar o efeito da pandemia na dinâmica temporal da vacinação infantil, foi utilizado um modelo de série temporal interrompida (*Interrupted Time Series* – ITS), segmentando a série mensal entre o período pré-pandemia (janeiro de 2018 a fevereiro de 2020) e o período pós-pandemia (março de 2020 a dezembro de 2022). No Brasil, observou-se uma redução imediata e estatisticamente significativa no volume mensal total de doses aplicadas a partir de março de 2020, com mudança de nível estimada em −524.628 doses (IC95%: −682.910 a −366.346; $p < 0,001$). Além desse impacto abrupto, identificou-se alteração significativa na tendência de longo prazo, com redução média adicional de −12.405 doses por mês após o início da pandemia (IC95%: −21.543 a −3.267; $p = 0,008$), indicando aceleração do declínio vacinal ao longo do período pós-pandêmico.

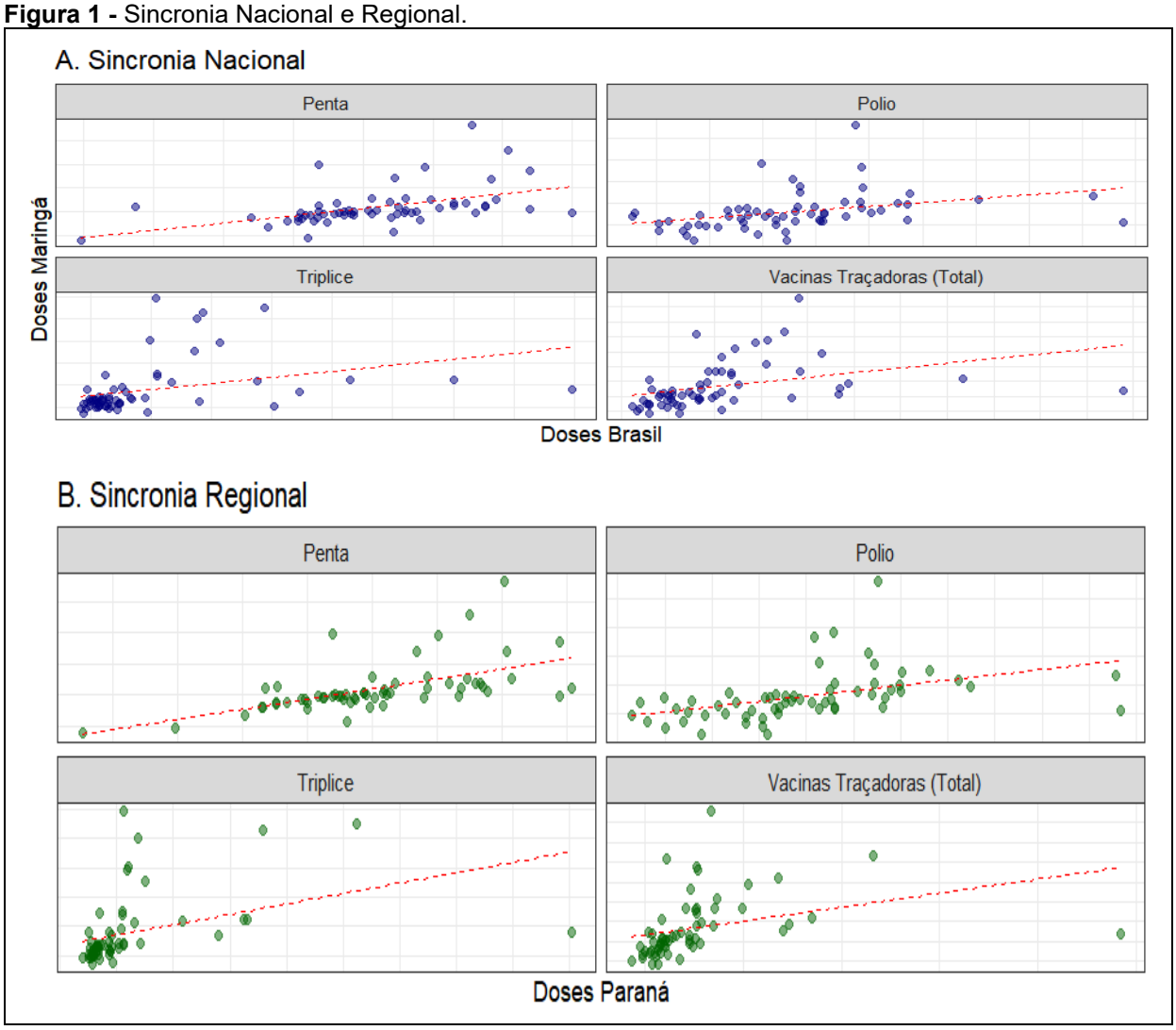
No estado do Paraná, verificou-se padrão semelhante, com queda imediata significativa no nível da série, estimada em −25.054 doses mensais (IC95%: −33.120 a −16.988; $p < 0,001$), seguida por mudança negativa na inclinação da tendência, correspondente a −842 doses por mês (IC95%: −1.612 a −72; $p = 0,032$), confirmando efeito sustentado da pandemia sobre a trajetória vacinal estadual. Em contraste, no município de Maringá, não foram identificadas mudanças estatisticamente significativas nem no nível ($\beta = -80$ doses; IC95%: −450 a 290; $p = 0,671$) nem na tendência temporal ($\beta = +4$ doses/mês; IC95%: −17 a 25; $p = 0,702$) após março de 2020. Esse resultado sugere ausência de ruptura linear sustentada no nível municipal, embora a série apresente elevada variabilidade e instabilidade dinâmica.

A adequação dos modelos foi confirmada por valores da estatística de *Durbin–Watson* próximos de 2 em todas as esferas analisadas, indicando independência residual, bem como pela utilização de erros padrão robustos à heterocedasticidade e autocorrelação.

Esses achados são consistentes com evidências nacionais previamente descritas, como as de Da Silva TMR, et al. (2021), que demonstraram redução estatisticamente significativa no número de doses da vacina Tríplice Viral em todas as regiões do país após o início das medidas de mitigação da COVID-19, reforçando a interpretação de um efeito sistêmico da pandemia sobre os serviços de vacinação de rotina no Brasil.

Os dados revelam que Maringá possui maior alinhamento estatístico com a esfera estadual (ρ = 0,741) do que com a federal (ρ = 0,641). Esse comportamento sugere que a dinâmica vacinal municipal permanece dependente da logística regional e do ritmo do estado do Paraná. Portanto, o município replica as instabilidades dos níveis superiores, porém com uma amplitude de oscilação local amplificada, o que é corroborado pelos diagramas de dispersão da **Figura 1**.

Figura 1 - Sincronia Nacional e Regional.



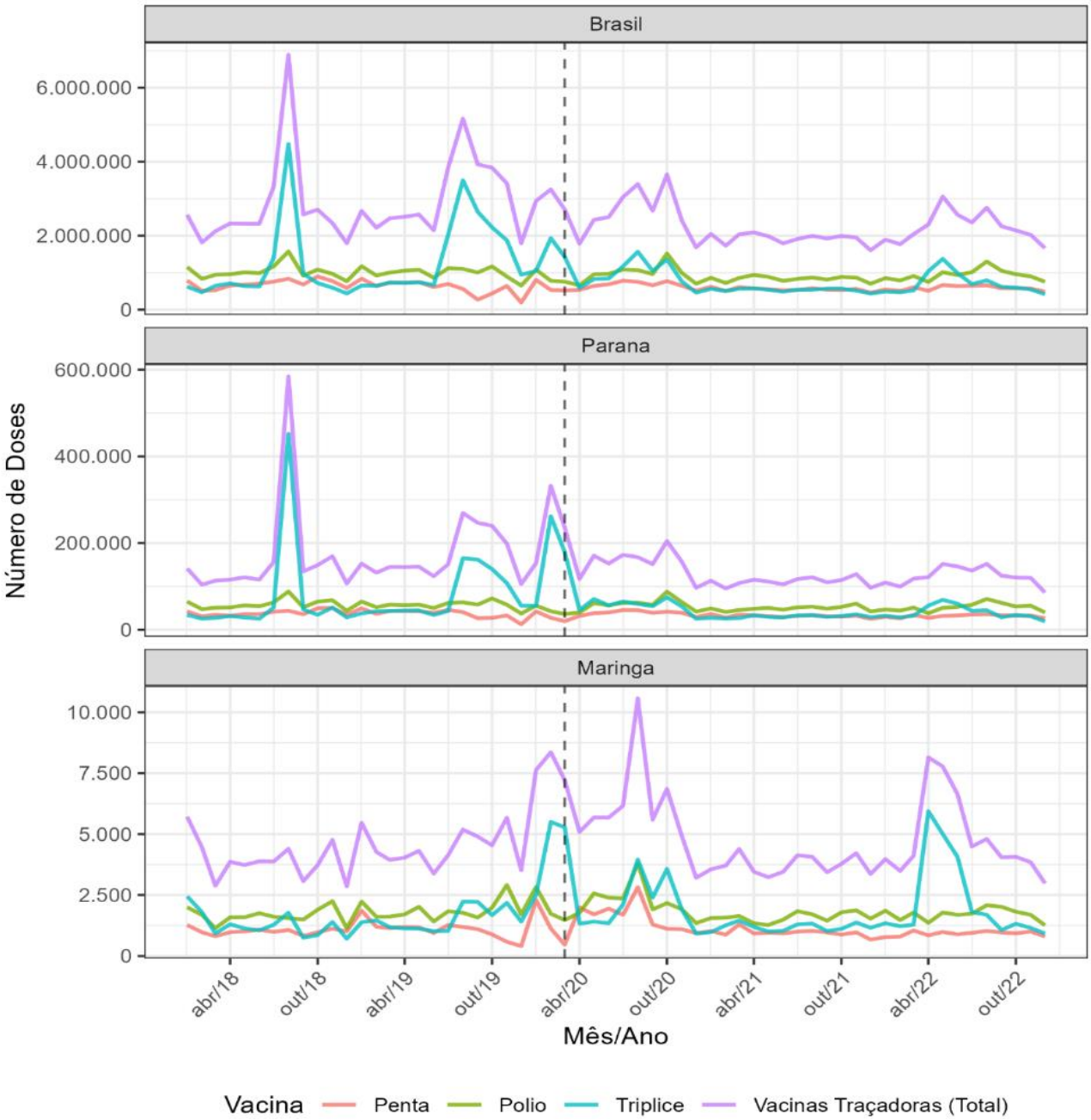
Fonte: Moreno LC, et al., 2026.

Os diagramas de dispersão indicam maior sincronia entre o comportamento vacinal de Maringá e o estado do Paraná quando comparado ao alinhamento com a série nacional. Observa-se maior concentração dos pontos ao longo da linha de tendência nas comparações regionais, sugerindo que as variações no volume de doses aplicadas no município acompanham mais de perto o ritmo estadual do que o federal.

Esse padrão visual reforça a interpretação de que a dinâmica vacinal municipal é fortemente influenciada pela organização logística e operacional da esfera regional. A maior dispersão observada em relação à série nacional indica menor acoplamento direto com o nível federal, evidenciando que as instabilidades da vacinação em Maringá tendem a refletir prioritariamente oscilações regionais, com amplificação local da variabilidade.

Os gráficos confirmam visualmente a ruptura paramétrica (quebra de nível e alteração da inclinação) para Brasil e Paraná, enquanto para Maringá ilustram a trajetória volátil e não estruturada que se ajusta a uma única linha de tendência sem descontinuidades estatisticamente detectáveis.

Figura 2 - Tendências observadas e preditas pelo modelo de série temporal interrompida (ITS) entre 2018 e 2022.



Nota: As linhas contínuas representam os valores ajustados pelo modelo de regressão segmentada; os pontos indicam os valores mensais observados. A linha tracejada vertical marca o início da pandemia da COVID-19 (março/2020).
Fonte: Moreno LC, et al., 2026.

O comportamento do gráfico indica não apenas um impacto imediato, mas também uma modificação estrutural na trajetória de longo prazo da vacinação de rotina, resultado compatível com os achados de Da Silva TMR, et al. (2021), que demonstraram redução estatisticamente significativa no número de doses da vacina tríplice viral após a implementação das medidas de mitigação da pandemia no Brasil.

Em contraste, a série de Maringá apresenta uma trajetória volátil e não estruturada, caracterizada por oscilações de alta amplitude que se ajustam a uma única linha de tendência sem descontinuidades estatisticamente detectáveis, sugerindo que, no nível municipal, o impacto da pandemia se manifestou predominantemente como desorganização do fluxo vacinal, e não como uma ruptura linear sustentada.

Os achados do presente estudo dialogam diretamente com a literatura internacional recente, que descreve a pandemia da COVID-19 como um evento disruptivo de grande magnitude para os programas de imunização de rotina. Revisões integrativas e sistemáticas indicam que a interrupção ou redução da vacinação infantil foi observada de forma consistente em diferentes contextos geográficos, afetando tanto países de alta renda quanto países de baixa e média renda, ainda que com intensidades distintas (MORÉ JS, et al., 2025; BASU S, et al., 2023; SHET A, et al., 2022).

Esses estudos convergem ao apontar que a queda na aplicação de vacinas ocorreu de maneira mais acentuada nos primeiros meses da pandemia, coincidindo com medidas de lockdown, reorganização dos serviços de saúde e restrições de mobilidade, fenômeno compatível com a ruptura de nível observada nas séries temporais do Brasil e do Paraná.

Além do impacto imediato, a literatura destaca que, em muitos países, a pandemia alterou a trajetória de longo prazo da vacinação infantil, com recuperação parcial e heterogênea ao longo dos anos subsequentes. Análises globais baseadas em dados de mais de 170 países demonstraram que, embora alguns sistemas de saúde tenham conseguido retomar gradualmente as atividades de imunização ainda em 2020, persistiram déficits relevantes em 2021 e 2022, especialmente para vacinas como DTP e Tríplice Viral (SHET A, et al., 2022; BASU S, et al., 2023). Esses resultados são coerentes com os coeficientes negativos de mudança de tendência identificados neste estudo para o Brasil e o Paraná, indicando que a pandemia não apenas reduziu o patamar vacinal, mas acelerou o declínio já em curso antes de 2020.

No nível municipal, a ausência de uma ruptura estatisticamente significativa em Maringá não deve ser interpretada como ausência de impacto, mas como expressão de uma resposta local distinta. Evidências internacionais mostram que, em determinadas localidades, a pandemia se manifestou menos como um colapso linear sustentado e mais como um processo de instabilidade operacional, marcado por oscilações abruptas, desorganização do calendário vacinal e perda da sazonalidade tradicional (MORÉ JS, et al., 2025; HARTNER AM, et al., 2023). Esse padrão é compatível com a trajetória volátil observada neste município, sugerindo que estratégias locais de mitigação e recuperação podem ter amortecido a queda imediata, sem, contudo, garantir estabilidade estrutural do fluxo vacinal.

Outro aspecto amplamente documentado refere-se às desigualdades territoriais e socioeconômicas associadas ao impacto da pandemia. Revisões sistemáticas apontam que países de baixa e média renda foram mais severamente afetados, em função de fragilidades pré-existentes nos sistemas de saúde, interrupções nas cadeias de suprimentos, escassez de profissionais e maior dependência de estratégias extramuros (MORÉ JS, et al., 2025; BASU S, et al., 2023). Mesmo em países de alta renda, estudos mostram quedas persistentes na cobertura vacinal até 2022, com maior impacto em determinados grupos etários e contextos sociais, reforçando que a recuperação não ocorreu de forma homogênea (JI C, et al., 2025).

As consequências potenciais dessas interrupções são motivo de preocupação recorrente na literatura. Estimativas globais indicam aumento expressivo no número de crianças “zero dose” e subimunizadas, elevando o risco de surtos de doenças imunopreveníveis, como sarampo, poliomielite e difteria, em um cenário pós-pandêmico (BASU S, et al., 2023; MORÉ JS, et al., 2025). Modelagens e análises temporais realizadas em diferentes países demonstram que, mesmo após sinais de recuperação, os níveis de cobertura permanecem inferiores aos observados no período pré-pandemia, especialmente entre crianças mais velhas, o que exige estratégias direcionadas de busca ativa e vacinação de resgate (AGOPIAN A, et al., 2025).

De forma complementar, análises nacionais e globais recentes reforçam que a pandemia não apenas interrompeu temporariamente os serviços de imunização, mas expôs fragilidades estruturais e heterogeneidades pré-existentes nos sistemas de vacinação. No contexto brasileiro, destaca-se a persistência de bolsões de baixa cobertura e a influência de fatores como desorganização do processo de trabalho, dificuldades operacionais e hesitação vacinal, que contribuíram para padrões irregulares de aplicação mesmo após a fase aguda da crise sanitária (SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA, 2024).

Em escala global, estimativas baseadas em dados longitudinais de mais de quatro décadas indicam que a pandemia reverteu parte dos ganhos históricos da imunização infantil, com aumento do contingente de

crianças não vacinadas e recuperação incompleta das coberturas até 2023, evidenciando que o impacto da COVID-19 se prolongou para além do choque inicial e afetou a sustentabilidade dos programas de imunização (GBD 2023 VACCINE COVERAGE COLLABORATORS, 2025).

Nesse contexto, cresce o consenso de que a pandemia evidenciou a necessidade de fortalecer a resiliência dos sistemas de imunização. Estudos apontam que ações como reorganização do processo de trabalho, uso de ferramentas digitais para agendamento e lembretes, campanhas de vacinação de recuperação e investimento contínuo na Atenção Primária à Saúde foram determinantes para mitigar os efeitos da crise e acelerar a retomada da vacinação em alguns países (HARTNER AM, et al., 2023; SHET A, et al., 2022). Assim, os resultados aqui apresentados reforçam que a análise da dinâmica vacinal deve considerar não apenas quedas absolutas de cobertura, mas também alterações estruturais nas tendências e na estabilidade dos serviços, elementos centrais para o planejamento de políticas públicas voltadas à prevenção de futuras crises sanitárias.

CONCLUSÃO

A pandemia da COVID-19 impactou de forma heterogênea a imunização infantil no Brasil, produzindo efeitos distintos entre os níveis nacional, estadual e municipal. Observou-se redução imediata e aceleração do declínio das doses aplicadas no Brasil e no Paraná após março de 2020, evidenciando uma alteração estrutural na trajetória vacinal e intensificação de tendências pré-existentes. Em Maringá, a ausência de mudanças estatisticamente significativas de nível ou tendência não reflete ausência de impacto, mas sim um padrão de elevada variabilidade e desorganização do fluxo vacinal, com perda de regularidade e sazonalidade. A modelagem por séries temporais interrompidas mostrou-se adequada para captar efeitos imediatos e de longo prazo, enquanto a análise do número absoluto de doses permitiu avaliar diretamente o desempenho operacional dos serviços de vacinação. Esses achados reforçam a necessidade de fortalecer a resiliência dos programas de imunização, com monitoramento contínuo, estratégias de recuperação vacinal e intervenções sensíveis às dinâmicas locais, a fim de prevenir a reemergência de doenças imunopreveníveis e reduzir vulnerabilidades estruturais nos serviços de saúde.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às instituições e aos profissionais que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a viabilização e o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. AGOPIAN A, et al. The prolonged impact of the COVID-19 pandemic on routine childhood vaccinations in Armenia: a time-series analysis. BMC Public Health, 2025; 25: art. 3948.
2. BASU S, et al. Impact of the COVID-19 pandemic on routine vaccine landscape: a global perspective. Human Vaccines & Immunotherapeutics, 2023; 19(1): 2199656.
3. BERNAL JL, et al. Interrupted time series regression for the evaluation of public health interventions: a tutorial. International Journal of Epidemiology, 2017; 46(1): 348–355.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. Vacina na Atenção Primária à Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2023.
5. CASTRO MC, et al. Brazil's unified health system: the first 30 years and prospects for the future. The Lancet, 2019; 394(10195): 345–356.
6. DA SILVA TMR, et al. Number of doses of Measles-Mumps-Rubella vaccine applied in Brazil before and during the COVID-19 pandemic. BMC Infectious Diseases, 2021; 21(1): art. 1237.
7. DOMINGUES CMS, et al. 46 años del Programa Nacional de Inmunizaciones de Brasil: una historia repleta de conquistas y desafíos que superar. Cadernos de Saúde Pública, 2020; 36(supl. 2): e00222919.
8. GARCIA LP, et al. Impact of the COVID-19 pandemic on vaccination coverage in Brazil. Revista de Saúde Pública, 2021; 55: e087.

9. GBD 2023 VACCINE COVERAGE COLLABORATORS. Global, regional, and national trends in routine childhood vaccination coverage from 1980 to 2023 with forecasts to 2030: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2023. The Lancet, 2025; 406(10500): 235–260, 2025.
10. HARTNER AM, et al. COVID-19 related disruption and resilience in immunization activities in low- and middle-income countries: a rapid review. BMJ Global Health, 2023; 8: e012345.
11. JI C, et al. Impact of the COVID-19 pandemic on routine immunization coverage of children and teenagers in Ontario, Canada. Vaccine, 2025; 43: art. 126811.
12. MORÉ JS, et al. How the COVID-19 pandemic affected routine child vaccination: an integrative review. Einstein (São Paulo), 2025; 23: eRW1119.
13. MOURA LL, et al. Heterogeneidade espaço-temporal dos indicadores de imunização da vacina tríplice viral em crianças no Brasil. Revista Panamericana de Salud Pública, 2024; 48: e34.
14. SANTOS LS, et al. O efeito da pandemia de COVID-19 na queda da adesão à vacinação da Tríplice Viral no Brasil. Revista Foco, 2024; 17(12): e7106.
15. SHET A, et al. Impact of the SARS-CoV-2 pandemic on routine immunisation services: evidence of disruption and recovery from 170 countries and territories. The Lancet Global Health, 2022; 10: e186–e194.
16. SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA. O desafio das coberturas vacinais e o fenômeno da hesitação. Documento científico do Departamento Científico de Imunizações (Gestão 2022–2024). São Paulo: Sociedade Brasileira de Pediatria, 2024.