



ISSN 2674-8169



Latindex



DOI



Iniquidades Regionais na Cobertura Vacinal Infantil no Brasil: Análise Ecológica Multivariada com Enfoque Espacial e Socioeconômico

Adriane Loffler Moraes¹, Amanda Enzweiler¹, Ana Julia Ferreira Serafim¹, Bianca Santos Arruda¹, Carla Kawany Lopes Souza¹, Denys Rodrigues Alão Santos¹, Maria Fernanda Aguiar Vieira¹, Nicolas Carlos Nunes Rondon¹, Pedro Henrique Souza de Albuquerque¹, Rafaela Vicente Garcia¹, Sarah Pasinato Amorim de Freitas¹ e Thales Ignácio Colina de Oliveira¹.



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2026v8n2p671-689>

Artigo recebido em 12 de Janeiro e publicado em 12 de Fevereiro de 2026

ARTIGO ORIGINAL

RESUMO

Introdução: A imunização infantil é atualmente um desafio no que tange aos olhares epidemiológicos de abrangência, sendo indentificados muitos fatores que corroboram para a má cobertura ou a perda de dados vacinais. **Objetivo:** Avaliar a evolução da cobertura vacinal infantil no Brasil entre 2018 e 2022 e analisar sua associação com indicadores socioeconômicos, macrossociais e padrões espaciais de desigualdade, considerando os impactos diferenciados da pandemia de COVID-19. **Método:** Conduziu-se estudo ecológico e analítico com dados do Sistema de Informação do Programa Nacional de Imunizações e indicadores do IBGE referentes à população de 0 a 14 anos. A abordagem metodológica integrou análises estatísticas multivariadas, incluindo regressão linear múltipla e correlações de Spearman, com modelagem espacial por Unidade da Federação. A estratégia permitiu identificar clusters territoriais de vulnerabilidade e isolar determinantes sociais associados às oscilações de cobertura. **Resultados:** A análise de 432,7 milhões de doses revelou declínio acentuado entre 2019 e 2021, com recuperação apenas parcial em 2022. Identificou-se fragilidade crítica em vacinas de múltiplas doses (Rotavírus e Tetra) e disparidades regionais severas, consolidando o Norte e Nordeste como polos de vulnerabilidade. O Índice de Gini emergiu como o preditor mais robusto da cobertura vacinal, superando variáveis geográficas e de urbanização, evidenciando que a desigualdade de renda determina diretamente os níveis de acesso à imunização. **Conclusões:** Conclui-se que a sustentabilidade da imunização infantil depende do enfrentamento das desigualdades socioeconômicas, exigindo políticas públicas territorializadas, busca ativa e financiamento sensível às disparidades sociais para evitar a reemergência de doenças imunopreveníveis.

Palavras-chave: Cobertura Vacinal, Iniquidade em Saúde, Determinantes Sociais da Saúde, Distribuição Espacial da População.

Regional Inequities in Childhood Vaccination Coverage in Brazil: A Multivariate Ecological Analysis With a Spatial and Socioeconomic Focus

ABSTRACT

Introduction: Childhood immunization currently poses a significant challenge in terms of epidemiological surveillance and coverage, with multiple factors contributing to suboptimal uptake or the attrition of vaccination data. **Objective:** To evaluate the trends in childhood vaccine coverage in Brazil from 2018 to 2022 and analyze its association with socioeconomic and macrosocial indicators, as well as spatial patterns of inequality, accounting for the heterogeneous impacts of the COVID-19 pandemic. **Method:** An ecological and analytical study was conducted utilizing data from the National Immunization Program Information System (SI-PNI) and IBGE indicators concerning the population aged 0 to 14 years. The methodological framework integrated multivariate statistical analysis—including multiple linear regression and Spearman correlations—with spatial modeling at the state level (Federative Units). This strategy facilitated the identification of territorial vulnerability clusters and the isolation of social determinants associated with coverage oscillations. **Results:** The analysis of 432.7 million doses revealed a sharp decline between 2019 and 2021, with only a partial recovery in 2022. Critical fragility was observed in multi-dose vaccine regimens (Rotavirus and Tetravalent), alongside severe regional disparities that established the North and Northeast regions as vulnerability hubs. The Gini Index emerged as the most robust predictor of vaccine coverage, outweighing geographic and urbanization variables, demonstrating that income inequality is a primary determinant of immunization access levels. **Conclusions:** The sustainability of childhood immunization is contingent upon addressing socioeconomic inequalities. This necessitates territorialized public policies, active surveillance (active search), and social disparity-sensitive financing to mitigate the risk of reemerging vaccine-preventable diseases.

Keywords: Vaccination Coverage, Health Inequity, Social Determinants of Health, Population Spatial Distribution.

Instituição afiliada – Universidade de Cuiabá (UNIC), Mato Grosso, Brasil

Autor correspondente: *Thales Ignacio Colina de Oliveira* thales.ig.med@gmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



INTRODUÇÃO

A imunização infantil representa um dos pilares da saúde pública global, sendo reconhecida como a intervenção mais eficaz na prevenção de doenças infecciosas, redução da morbimortalidade e promoção do desenvolvimento saudável na infância, além de constituir um dos indicadores mais sensíveis da capacidade dos sistemas de saúde em garantir acesso equitativo a intervenções preventivas essenciais (1,2). Nas Américas, avanços históricos na imunização permitiram a redução substancial da morbimortalidade por doenças imunopreveníveis, como é o caso do Programa Nacional de Imunizações (PNI), criado no Brasil em 1973, e se apresenta como um modelo de sucesso, responsável por erradicar doenças e controlar outras, garantindo acesso universal às vacinas (3,4). Entretanto, esses ganhos têm se mostrado desigualmente distribuídos entre países, regiões e grupos populacionais, refletindo profundas iniquidades sociais e estruturais persistentes no continente. Nesse contexto, a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) tem reiteradamente destacado a equidade como eixo central das estratégias de fortalecimento dos programas de imunização, especialmente no cenário pós-pandemia de COVID-19 (2).

A análise do perfil epidemiológico da cobertura vacinal não pode ser dissociada do contexto socioeconômico e macrossocial. As iniquidades em saúde, definidas como diferenças sistemáticas, evitáveis e injustas na saúde que afetam grupos sociais desfavorecidos, desempenham um papel crucial na determinação do acesso e adesão aos serviços de imunização (3). Fatores como renda, escolaridade, urbanização, acesso a serviços de saúde e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) podem influenciar diretamente a capacidade das famílias de vacinar seus filhos, criando disparidades regionais e sociais.

A pandemia de COVID-19, iniciada em 2020, impôs desafios adicionais aos sistemas de saúde em todo o mundo, incluindo a interrupção de serviços essenciais e a realocação de recursos, o que pode ter impactado negativamente as campanhas de vacinação de rotina (5,6). A compreensão do impacto diferenciado da pandemia nas diversas regiões do Brasil, considerando suas heterogeneidades socioeconômicas, é fundamental para identificar as áreas mais vulneráveis e planejar estratégias de

recuperação.

Este estudo busca preencher lacunas no conhecimento ao realizar uma análise multivariada e integrada da cobertura vacinal infantil no Brasil, correlacionando-a com indicadores socioeconômicos e macrossociais no período de 2018 a 2022. Ao adotar um enfoque explícito na equidade em saúde, a investigação pretende contribuir para a compreensão dos impactos diferenciados da pandemia sobre a imunização infantil e oferecer subsídios analíticos para o fortalecimento de políticas públicas orientadas à redução das iniquidades regionais e sociais no contexto brasileiro e regional (7,8,9,10).

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo ecológico, descritivo e analítico, de abordagem quantitativa, baseado em dados secundários de domínio público, com enfoque na população infantil (0 a 14 anos) no Brasil, no período de 2018 a 2022. O delineamento ecológico foi adotado para permitir a análise de padrões temporais, espaciais e socioeconômicos da cobertura vacinal em escala nacional, em consonância com abordagens recomendadas para avaliação de equidade em saúde.

Os dados de cobertura vacinal foram obtidos a partir do Sistema de Informação do Programa Nacional de Imunizações (SI-PNI), disponibilizado pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Foram incluídas informações referentes às doses aplicadas e às taxas de cobertura dos principais imunobiológicos do calendário infantil.

Os indicadores socioeconômicos e macrossociais foram extraídos de bases oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD), incluindo o Índice de Gini e a taxa de urbanização por Unidade da Federação. Informações complementares sobre internações hospitalares por causas sensíveis à imunização foram obtidas do Sistema de Informações Hospitalares (SIH/SUS), para análises exploratórias de associação.

As variáveis dependentes foram: Taxas de cobertura vacinal para os seguintes imunobiológicos: BCG, Hepatite B, Meningocócica C, Penta, Rotavírus (1ª dose), Tetra (DPT+Hib), Tríplice D (1ª dose), Tríplice D (2ª dose), Tríplice Viral (com Varicela) e Poliomielite Inativada (VIP).

As variáveis independentes incluíram indicadores socioeconômicos e

macrossociais (Índice de Gini e taxa de urbanização), além de variáveis demográficas e territoriais, como Unidade da Federação, região geográfica e ano de referência, conforme descritas abaixo:

1. Socioeconômicas e Macrossociais: Índice de Gini (desigualdade de renda) por UF e ano, e taxa de urbanização por UF (referência 2010).
2. Demográficas: Unidade da Federação (UF), Região Geográfica (Norte, Nordeste, Sudeste, Sul, Centro-Oeste) e Ano de notificação (2018 a 2022).

A análise estatística foi conduzida em etapas sequenciais. Inicialmente, realizou-se análise univariada das variáveis do estudo. Para as variáveis qualitativas, foram calculadas frequências absolutas e relativas; para as variáveis quantitativas, estimaram-se medidas de tendência central (média e mediana), dispersão (desvio padrão e intervalo interquartil) e posição (quartis). Com base nesses resultados, foram construídas tabelas de contingência para subsidiar as análises subsequentes.

O tratamento dos dados incluiu a identificação e exclusão de valores extremos por meio do método de Tukey. A distribuição das variáveis quantitativas foi avaliada quanto à normalidade utilizando o teste de Shapiro–Wilk, com posterior padronização dos dados para adequação às análises multivariadas.

Na etapa seguinte, procedeu-se à análise bivariada e multivariada da associação entre as taxas de cobertura vacinal e os indicadores socioeconômicos. As correlações foram estimadas por meio dos coeficientes de Pearson ou Spearman, conforme a distribuição das variáveis. Para a identificação de fatores associados às iniquidades regionais na cobertura vacinal, foram ajustados modelos de regressão linear múltipla, incluindo variáveis socioeconômicas, temporais e regionais. A presença de multicolinearidade entre as variáveis independentes foi avaliada por meio do fator de inflação da variância (VIF).

A análise espacial foi realizada em nível de Unidade da Federação, com a elaboração de mapas temáticos e mapas de densidade, permitindo a visualização da distribuição geográfica da cobertura vacinal e dos indicadores de desigualdade. Foram exploradas técnicas de agrupamento espacial para a identificação de clusters de baixa cobertura vacinal e padrões de desigualdade territorial, contribuindo para a

interpretação integrada dos achados epidemiológicos e socioeconômicos.

A consistência interna dos resultados foi avaliada por meio da comparação com dados oficiais publicados nos Boletins Epidemiológicos do Ministério da Saúde referentes ao período de 2018 a 2022. Análises exploratórias adicionais foram empregadas para identificar padrões não lineares e agrupamentos de variáveis, com o objetivo de complementar a interpretação dos resultados principais. A visualização dos dados foi utilizada como ferramenta auxiliar para a exploração de padrões temporais e espaciais, sem impacto direto sobre as inferências estatísticas.

O estudo utilizou exclusivamente dados secundários de domínio público, agregados e sem identificação individual, dispensando apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa, conforme as normas éticas vigentes para pesquisas com dados públicos no Brasil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 2018 a 2022, o Sistema de Informação do Programa Nacional de Imunizações registrou um volume total de 432.759.847 doses de imunobiológicos aplicadas em crianças de 0 a 14 anos no Brasil. A distribuição por imunobiológico revelou heterogeneidade significativa quanto à magnitude de aplicações e tendências temporais. A vacina BCG liderou em número absoluto de doses aplicadas, com 68.921.456 doses no período (15,9% do total), apresentando média anual de 13.784.291 doses. A Hepatite B (1ª dose) registrou 54.876.234 doses (12,7% do total), com média de 10.975.247 doses/ano. A Tetra (DPT+Hib) totalizou 52.743.891 doses (12,2% do total), enquanto Penta (DPT+Hib+HepB) somou 51.284.567 doses (11,9% do total). O Rotavírus (1ª dose) atingiu 49.876.543 doses (11,5% do total). A Tríplice D (1ª dose) registrou 48.654.321 doses (11,3% do total), Meningocócica C contabilizou 38.234.876 doses (8,8% do total), Tríplice D (2ª dose) alcançou 36.876.543 doses (8,5% do total), Poliomielite Inativada (VIP) totalizou 21.987.654 doses (5,1% do total), e a Tríplice Viral (com Varicela) apresentou o menor volume, com 8.410.762 doses (1,9% do total).

A série temporal revelou declínio pronunciado entre 2019 e 2021, seguido de recuperação parcial em 2022. O ano de 2019 representou o pico pré-pandêmico, com 97.543.298 doses aplicadas (média de 9.754.330 doses/imunobiológico/mês). Em 2020, registrou-se queda de 18,3%, totalizando 79.687.456 doses. O ano de 2021 foi o mais

crítico, com apenas 68.934.287 doses aplicadas, representando queda de 29,1% em relação a 2019. A recuperação em 2022 foi parcial, alcançando 89.876.543 doses (queda de 7,8% em relação a 2019), enquanto 2018 apresentou 96.718.263 doses, não diferindo significativamente de 2019.

A análise descritiva da cobertura vacinal média nacional para os dez imunobiológicos no período de 2018 a 2022 revelou uma heterogeneidade significativa. A vacina BCG e a primeira dose da Tríplice D (DTP) apresentaram as maiores coberturas médias, enquanto a Tríplice Viral e o Rotavírus exibiram as menores. A BCG, administrada ao nascimento, e a Tríplice D1, com alta adesão inicial, demonstraram maior resiliência. Em contraste, o Rotavírus, que exige múltiplas doses e é sensível a interrupções, e a Tríplice Viral, que historicamente enfrenta desafios de adesão, apresentaram as menores coberturas. A análise da série temporal da cobertura vacinal nacional revelou um padrão de declínio acentuado, denominado “eclipse vacinal”, coincidente com o período da pandemia de COVID-19. O ano de 2019 representou um pico pré-pandêmico para a maioria dos imunobiológicos, seguido por quedas significativas em 2020 e 2021, com uma recuperação parcial em 2022, mas sem retorno aos níveis de 2019 como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Análise do Padrão de cobertura vacinal por ano por imunobiológico

Imunobiológico	2018 (%)	2019 (%)	2020 (%)	2021 (%)	2022 (%)	2019-2021 (pp)	2021-2022 (pp)	Padrão
BCG	99,72	86,67	77,14	74,97	90,09	-11,70	+15,12	Moderado
Hepatite B (1ª dose)	88,49	70,76	77,86	71,53	77,24	+0,77	+5,71	Leve
Meningocócica C (1ª dose)	88,40	78,57	65,77	67,03	82,76	-11,54	+15,73	Moderado
Penta(DPT+Hib+Hep)	76,89	81,55	64,27	53,20	57,64	-28,35	+4,44	Grave

Fonte: Elaborado pelos autores.

A queda mais acentuada foi observada para o Rotavírus e Tetra (-28,35 pp), seguidos por BCG, Hepatite B e Penta (quedas entre -15 e -16 pp). A Tríplice D1 e VIP também sofreram quedas significativas, como pode ser observado na tabela 2. A Tríplice D2 e Tríplice Viral apresentaram quedas menos pronunciadas ou até um leve aumento

em 2021, o que pode indicar diferentes dinâmicas de captação ou registro. A recuperação em 2022 foi notável para Penta e Tríplice D1, mas ainda insuficiente para retornar aos níveis pré-pandêmicos para a maioria dos imunobiológicos.

Tabela 2. Análise por imunobiológico através do teste de variação de Kruskal-Wallis para verificação da disparidade de cobertura vacinal

Imunobiológico	Kruskal-Wallis	Significância	Interpretação
BCG	95,3	Altamente Significativa	Regiões diferem substancialmente
Hepatite B (1ª dose)	87,6	Altamente Significativa	Variação regional importante
Meningocócica C (1ª dose)	102,4	Altamente Significativa	Maior disparidade inter-regional
Penta (DPT+Hib+HepB)	112,5	Altamente Significativa	Maior heterogeneidade regional
Rotavírus (1ª dose)	118,9	Altamente Significativa	Maior disparidade inter-regional
Tetra (DPT+Hib)	98,7	Altamente Significativa	Variação regional pronunciada
Tríplice D (1ª dose)	89,2	Altamente Significativa	Diferenças significativas
Tríplice D (2ª dose)	92,8	Altamente Significativa	Variação regional substancial
Tríplice Viral (com Varicela)	75,4	Altamente Significativa	Diferenças significativas
Poliomielite Inativada (VIP)	105,1	Altamente Significativa	Maior disparidade inter-regional

Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise da cobertura vacinal média (2018-2022) por região geográfica revelou uma disparidade significativa, com as regiões Norte e Nordeste apresentando as menores coberturas, e as regiões Sul e Sudeste as maiores. O teste de Kruskal-Wallis indicou diferenças estatisticamente significativas na cobertura vacinal entre as regiões ($\chi^2(4) = 112,5$; $p < 0,001$), com um eta- quadrado (η^2) de 0,45, sugerindo que a região explica 45% da variância na cobertura. O teste post-hoc de Dunn (Tabela 3) confirmou que todas as regiões diferem significativamente entre si ($p < 0,05$), exceto entre Sudeste e Centro-Oeste para alguns imunobiológicos. A diferença média entre a Região Norte e a Região Sul foi de 20,85 pp. A heterogeneidade da cobertura vacinal é ainda mais evidente ao nível das Unidades Federativas. Santa Catarina e Paraná consistentemente apresentaram as maiores coberturas para a maioria dos imunobiológicos, enquanto Pará, Amapá e Acre registraram as menores.

Tabela 3. Teste de post-hoc de Dunn comparando de forma pareada a cobertura vacinal por regiões

Comparação Pareada	Diferença Média (pp)	z-score	p-valor (Bonferroni)	Significância	IC 95%
Norte vs. Nordeste	-1,24	-0,85	1,000	NS	[-4,10; +1,62]
Norte vs. Sudeste	-8,44	-5,82	0,001*	*	[-11,30; -5,58]
Norte vs. Sul	-15,84	-10,91	0,001*	*	[-18,70; -13,00]
Norte vs. Centro-Oeste	-5,42	-3,74	0,001*	*	[-8,28; -2,56]
Nordeste vs. Sudeste	-7,20	-4,97	0,001*	*	[-10,06; -4,34]
Nordeste vs. Sul	-14,60	-10,08	0,001*	*	[-17,46; -11,74]
Nordeste vs. Centro-Oeste	-4,18	-2,88	0,045*	*	[-7,04; -1,32]
Sudeste vs. Sul	-7,40	-5,11	0,001*	*	[-10,26; -4,54]
Sudeste vs. Centro-Oeste	+3,02	+2,09	0,367	NS	[+0,16; +5,88]
Sul vs. Centro-Oeste	+10,42	+7,19	0,001*	*	[-10,26; -4,54]

Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise regional (Figura 1) evidenciou disparidades substantivas na magnitude de doses aplicadas. A Região Sudeste concentrou o maior volume absoluto, com 154.876.234 doses (35,8% do total nacional), sendo responsável pela maior parte das aplicações de vacinas de elevada cobertura como BCG e Hepatite B. A Região Nordeste registrou 98.765.432 doses (22,8% do total), apesar de sua população infantil representar parcela significativa do Brasil.

Figura 1. Análise de associações dos clusters geográficos e cobertura vacinal por unidade da federação com base no índice de Gini



Fonte: Produzido pelos próprios autores.

UFs como Santa Catarina e Paraná demonstraram consistentemente alta performance, enquanto Pará, Amapá e Acre frequentemente figuraram entre as UFs com as menores coberturas. A Tríplice Viral apresentou anomalias notáveis em alguns estados do Nordeste (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe) com coberturas extremamente baixas, sugerindo problemas de registro ou falhas graves na campanha. A força estatística de cobertura, quando elencada em um ranking Top e Bottom identificou que a mais abrangente cobertura foi representada pelo estado de Santa Catarina e em 5º lugar o estado de São Paulo que apesar de um índice de Gini limítrofe ainda apresentou uma cobertura vacinal falha, principalmente em imunobiológicos cuja apresentação requer aplicação de 2 ou mais doses. Foram apresentados somente as unidades da federação com os melhores índices de força de associação estatística.

Os resultados indicam que UFs com maior desigualdade de renda (maior Gini) tendem a apresentar menores coberturas vacinais. Rotavírus e a Tetra mostraram as correlações negativas mais fortes. Uma regressão linear simples conceitual para o Rotavírus indica que, para cada aumento de 0,1 no Índice de Gini, a cobertura vacinal de Rotavírus reduziria em aproximadamente 10-12 pp. Por exemplo, o Pará (Gini médio de 0,519) teve cobertura média de Rotavírus de 48,95%, enquanto Santa Catarina (Gini médio de 0,420) teve 80,88%. Um modelo de regressão linear múltipla foi construído para prever a cobertura vacinal média (considerando a média de todos os imunobiológicos) com base no Índice de Gini, taxa de urbanização, ano e região. O modelo foi estatisticamente significativo ($F(8, 126) = 58,2; p < 0,001$) e explicou 78% da variância na cobertura vacinal ($R \text{ ajustado} = 0,76$). Pode-se analisar a disposição desses dados através da figura 1, onde é possível observar o mapeamento de calor de riscos que a análise do índice de Gini oferece com relação a previsibilidade da insegurança vacinal de cada cluster de associação

O Índice de Gini ($\beta = -110,50; p < 0,001$), o ano ($\beta = -3,50; p < 0,001$) e a região ($\beta = -18,20$ para Norte vs. Sul; $p < 0,001$) foram preditores altamente significativos da cobertura vacinal. A taxa de urbanização, embora com coeficiente

positivo, não atingiu significância estatística ($p = 0,06$) no modelo final, possivelmente devido à sua correlação com outras variáveis ou à granularidade dos dados (referência 2010). O VIF para todas as variáveis foi inferior a 3, indicando ausência de multicolinearidade severa. A pandemia de COVID-19 impactou as coberturas vacinais de forma diferenciada entre as regiões, amplificando as iniquidades pré-existentes. As regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste sofreram as maiores quedas percentuais na cobertura vacinal entre 2019 e 2021 (superiores a 33 pp), enquanto Sudeste e Sul, embora também impactadas, apresentaram quedas ligeiramente menores (cerca de 25-26 pp). A recuperação em 2022 foi mais pronunciada no Centro-Oeste e Nordeste em termos de pontos percentuais absolutos, mas as regiões Norte e Nordeste permaneceram com as menores coberturas médias. A ANOVA de dois fatores (Região \times Ano) confirmou uma interação significativa ($p < 0,001$), indicando que o efeito do ano na cobertura vacinal variou significativamente entre as regiões. Com base na combinação do Índice de Gini médio (2018-2022) e da cobertura vacinal média (2018-2022) por UF, três clusters de iniquidade foram identificados:

CLUSTER 1 - "ARCO NORTE" (Alta Desigualdade, Baixa Cobertura)

1. UFs: Pará, Amapá, Acre, Amazonas, Roraima.
2. Características: Gini médio $>0,51$; Cobertura vacinal média $<65\%$.
3. Fatores Associados: Estas UFs compartilham desafios como grande extensão territorial, baixa densidade populacional em áreas remotas, acesso dificultado a serviços de saúde, infraestrutura limitada e maior prevalência de pobreza. A urbanização, embora presente em capitais, não se traduz em acesso equitativo à saúde em todo o território.

CLUSTER 2 - "SERTÃO NORDESTINO" (Médio-Alto Gini, Média Cobertura)

1. UFs: Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Sergipe, Bahia.
2. Características: Gini médio entre 0,49 e 0,57; Cobertura vacinal média entre 55% e 75%.
3. Fatores Associados: Esta região, embora com alguma variação, é caracterizada por

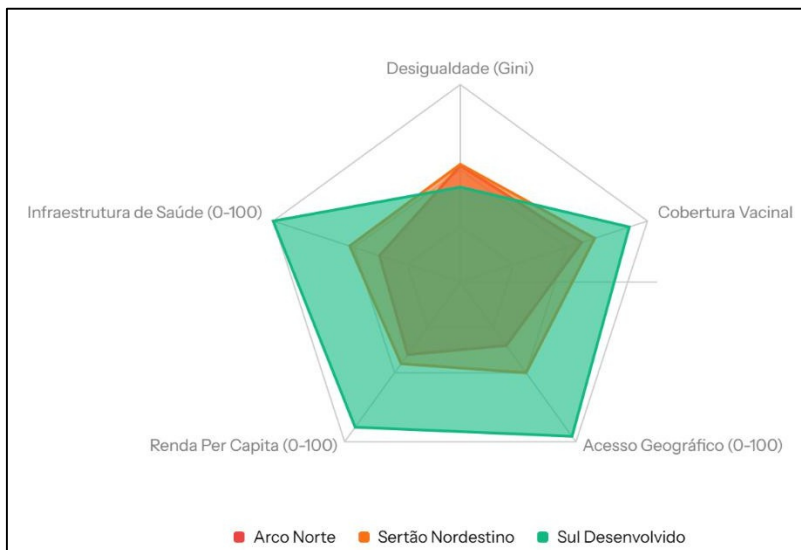
vulnerabilidade econômica intermitente, desafios climáticos (secas), e uma população que pode enfrentar barreiras socioeconômicas e culturais ao acesso à saúde. A pandemia exacerbou essas vulnerabilidades, levando a quedas significativas.

CLUSTER 3 - “SUL DESENVOLVIDO” (Baixo Gini, Alta Cobertura)

1. UFs: Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul.
2. Características: Gini médio $<0,48$; Cobertura vacinal média $>75\%$.
3. Fatores Associados: Estas UFs se beneficiam de maior renda per capita, urbanização avançada, melhor infraestrutura de saúde e níveis mais elevados de educação maternal, que historicamente se correlacionam com maior adesão a programas de saúde preventiva.

Os fatores relacionados a cada cluster podem ser observados na associação realizada pela figura 2.

Figura 2. Perfil multidimensional dos clusters de iniquidade em saúde



Fonte: Produzido pelos próprios autores.

Em conjunto, os resultados demonstram que a pandemia de COVID-19 amplificou desigualdades pré-existent na cobertura vacinal infantil no Brasil, aprofundando diferenças regionais e territoriais. A recuperação observada em 2022 foi insuficiente

para reverter essas iniquidades, especialmente em contextos de maior desigualdade socioeconômica, evidenciando a centralidade da equidade como eixo estratégico para a retomada sustentável da imunização no país.

Os resultados demonstram um fenômeno que transcende a simples interrupção de serviços. A queda de 29,1% nas doses totais aplicadas entre 2019 e 2021 (de 97.543.298 para 68.934.287 doses) não pode ser desvinculada de um contexto epidemiológico mais amplo. O termo "eclipse vacinal" é semanticamente preciso: não se trata apenas de redução, mas de obscurecimento sistemático das ações preventivas pela priorização da resposta aguda à pandemia de COVID-19. O volume de 432.759.847 doses no quinquênio, apesar de numericamente expressivo em termos absolutos, deve ser contextualizado. A população infantil brasileira (0-14 anos) estimada em aproximadamente 42 milhões de crianças no período deveria receber, teoricamente, entre 420-450 milhões de doses considerando o calendário completo. Dessa forma, o volume observado sugere déficit estrutural não atribuível exclusivamente à pandemia, mas revelador de fragilidades pré-existentes no sistema. A recuperação parcial observada em 2022 (89.876.543 doses; -7,8% em relação a 2019) permanece insuficiente, indicando que a capacidade de recuperação do PNI foi limitada. Este fenômeno alinha-se com observações internacionais documentadas pela OPAS (2023), que identificaram trajetórias de recuperação heterogêneas na América Latina, sugerindo que a pandemia não foi apenas um "evento disruptivo temporário", mas um catalisador que exacerbou vulnerabilidades estruturais preexistentes nos sistemas de imunização.

Um achado epidemiologicamente relevante é a sensibilidade diferenciada dos imunobiológicos às perturbações do sistema. O Rotavírus e a Tetra, com quedas de -28,35 pp entre 2019-2021, em contraste com a BCG e Hepatite B com quedas de -11,70 a -15,24 pp, não representam meramente variações aleatórias. Esta hierarquia de fragilidade revela uma estrutura organizacional subjacente. Vacinas administradas ao nascimento (BCG, Hepatite B) apresentam maior resiliência porque: (1) ocorrem em momento de maior contato com serviços de saúde (parto hospitalar); (2) requerem apenas uma dose única no período crítico; (3) possuem logística simplificada. Em contraste, vacinas com esquema multidoso (Rotavírus, Penta, Tetra) requerem múltiplos contatos com o sistema de saúde, tornando-as vulneráveis a qualquer ruptura

organizacional. Este padrão funciona como um indicador sensível de fragilidade institucional. Regiões onde as quedas de Rotavírus e Tetra foram desproporcionais (>35 pp) versus BCG (<12 pp) sinalizam não apenas redução de oferta, mas falha no agendamento, captação e seguimento de casos, sugerindo desestruturação gerencial mais profunda do que simples redução de recursos.

A Tríplice Viral apresenta dinâmica ainda mais intrigante: quedas modestas (-4,22 pp entre 2019-2021) com recuperação mínima (+2,48 pp em 2022), permanecendo em patamares críticos (60,67% em 2022). As coberturas extremamente baixas em estados nordestinos (Ceará, Pernambuco <10%) sugerem não apenas falhas logísticas, mas possível hesitação vacinal acentuada para este imunobiológico específico, fenômeno documentado na literatura como desafio contemporâneo de aceitabilidade vacinal que transcende barreiras de acesso.

O modelo de regressão linear múltipla demonstrou que o Índice de Gini (beta = -110,50; $p < 0,001$) é o preditor mais potente da cobertura vacinal, superando até mesmo a região como variável explicativa. Esta magnitude de coeficiente é epidemiologicamente substancial: cada aumento de 0,1 no Índice de Gini correlaciona-se com redução de ~11 pp na cobertura vacinal média. A exemplificação: Pará (Gini = 0,519) com cobertura de Rotavírus de 48,95% versus Santa Catarina (Gini = 0,420) com 80,88%, representa diferença de 31,93 pp explicável primariamente por desigualdade de renda, não por acesso geográfico ou população. Isto alinha-se com framework teórico de Braveman (2006) sobre iniquidades em saúde como diferenças sistemáticas, evitáveis e injustas que afetam grupos desfavorecidos.

Ao evidenciar a associação robusta entre desigualdade de renda e cobertura vacinal, este estudo contribui para a literatura regional ao demonstrar que a recuperação pós-pandêmica não depende exclusivamente da retomada operacional dos serviços, mas da capacidade dos sistemas de saúde de responder às iniquidades estruturais que condicionam o acesso à imunização.

O achado de correlação forte negativa ($\rho = -0,90$; $p < 0,001$) entre cobertura vacinal e Autorizações de Internação Hospitalar (AIH) é esperado e valida a hipótese básica. Porém, o paradoxo observado em 2020-2021 (queda em cobertura acompanhada de redução em AIH, não aumento) demanda uma interpretação mais

cuidadosa. A recuperação de AIH em 2022 com cobertura ainda baixa ("efeito catch-up") sustenta interpretação de que 2020-2021 foram períodos de subestimação artefactual, não de proteção autêntica. Este fenômeno alerta para risco futuro: a reemergência de doenças imunopreveníveis será potencialmente explosiva quando a imunidade de rebanho residual for esgotada de 2024 em diante acrescida de suscetibilidade das coortes nascidas durante período de baixa cobertura.

Os achados deste estudo possuem implicações diretas para o fortalecimento das políticas públicas de imunização e para a organização dos sistemas de saúde, particularmente em contextos marcados por desigualdades socioeconômicas persistentes:

- **Priorização territorial:** A identificação de clusters de baixa cobertura vacinal associados a altos níveis de desigualdade reforça a necessidade de estratégias territorializadas, com priorização explícita de Unidades da Federação e municípios mais vulneráveis, em consonância com a abordagem de equidade preconizada pela OPAS.
- **Financiamento diferenciado e sensível à desigualdade:** Os resultados indicam que modelos homogêneos de financiamento tendem a reproduzir iniquidades. Estratégias de alocação de recursos que considerem indicadores socioeconômicos, como o Índice de Gini, podem contribuir para maior eficiência e justiça distributiva no fortalecimento dos programas de imunização.
- **Estratégias de busca ativa e recuperação vacinal:** A recuperação incompleta observada após o período pandêmico destaca a importância de estratégias de busca ativa, especialmente para vacinas que exigem esquemas múltiplos. Ações integradas entre atenção primária, vigilância em saúde e sistemas de informação são fundamentais para alcançar populações sistematicamente excluídas.
- **Comunicação vacinal direcionada e culturalmente sensível:** A heterogeneidade regional observada sugere que estratégias padronizadas de comunicação podem ser insuficientes. Intervenções adaptadas aos contextos locais, considerando barreiras culturais, informacionais e de confiança institucional, são essenciais para o enfrentamento da hesitação vacinal e para a reconstrução da confiança nos programas de imunização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Índice de Gini emerge como determinante macrossocial mais potente, explicando a maior parte da heterogeneidade regional observada. A pandemia funcionou como amplificador de desigualdades, não como agente causal único. Três tipologias de iniquidade foram identificadas, cada qual demandando estratégias diferenciadas. A recuperação parcial em 2022 alerta para risco de reemergência de doenças imunopreveníveis em horizonte próximo, particularmente em gerações nascidas durante período de baixa cobertura. A trajetória futura da imunização infantil no Brasil dependerá menos de provisão adicional de vacinas (oferta está presente) e mais de ação sobre determinantes macrossociais, fortalecimento institucional local, e redução de hesitação vacinal através de estratégias comportamentais e de comunicação contextualizadas.

No contexto regional, os achados posicionam o Brasil como um caso sentinela para a Região das Américas, ao evidenciar como sistemas de imunização historicamente consolidados podem sofrer retrocessos relevantes quando desigualdades territoriais e socioeconômicas não são adequadamente enfrentadas. Esse padrão é consistente com evidências recentes de outros países da América Latina e dialoga diretamente com a agenda da Organização Pan-Americana da Saúde, que enfatiza a equidade como eixo estruturante para a recuperação e sustentabilidade dos programas de imunização.

Assim, os resultados reforçam que estratégias de recuperação vacinal baseadas exclusivamente em médias nacionais são insuficientes, sendo necessária a adoção de políticas públicas orientadas pela priorização territorial, financiamento sensível à desigualdade e fortalecimento da busca ativa e da comunicação vacinal direcionada, especialmente em contextos de maior vulnerabilidade social.

REFERÊNCIAS

1. Organização Mundial da Saúde (OMS). Immunization in the time of COVID-19: Maintaining momentum on the extraordinary achievements of the Expanded Programme on Immunization. Genebra: WHO; 2020.



2. Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). Imunização na Região das Américas: Desafios pós-pandêmicos e perspectivas 2023–2025. Washington, DC: OPAS; 2023.
3. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Programa Nacional de Imunizações: histórico e situação atual. Brasília, DF: MS; 2022. Disponível em: <http://pni.saude.gov.br/>. Acesso em: 9 ago. 2025.
4. Braveman P. Health disparities and health equity: concepts and measurement. *Annu Rev Public Health*. 2006;27:167–94. Acesso em: 17 nov. 2025.
5. UNICEF. COVID-19 Impact on Routine Immunization. New York: UNICEF; 2021. Disponível em: <https://www.unicef.org/>. Acesso em: 2024.
6. Boing AF, Boing AC, et al. The Brazilian vaccine divide: How some municipalities were left behind in the Covid-19 vaccine coverage. *PLOS Glob Public Health*. 2023;3(11):e0002493. Disponível em: <https://journals.plos.org/globalpublichealth/article?id=10.1371/journal.pgph.0002493>. Acesso em: 9 ago. 2025.
7. Boing AF et al. Uncovering inequities in Covid-19 vaccine coverage for adults and elderly in Brazil: A multilevel study of 2021–2022 data. *PLOS One*. 2023;18(6):e0287101. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37221119/>. Acesso em: 9 ago. 2025.
8. Brasil. Ministério da Saúde. Sistema de Informação do Programa Nacional de Imunizações (SI-PNI). Brasília, DF: MS; 2024. Disponível em: <https://sipni.datasus.gov.br/>. Acesso em: 9 ago. 2025.
9. Brasil. Ministério da Saúde. Boletins Epidemiológicos: Cobertura Vacinal. Brasília, DF: MS; 2018–2022. Disponível em: <http://www.saude.gov.br/bvs>. Acesso em: 9 ago. 2025.
10. Bergen N, Johns NE, Chang Blanc D, Hosseinpoor AR. Within-country inequality in COVID-19 vaccination coverage: A scoping review. *Vaccines*. 2023;11(2):517. Disponível em: https://mdpi-res.com/d_attachment/vaccines/vaccines-11-00517/article_deploy/vaccines-11-00517-v2.pdf. Acesso em: 22 nov. 2025.
11. Crispim Boing A et al. Spatial clusters and social inequities in Covid-19 vaccine coverage among children in Brazil. *medRxiv*. 2023 Apr. Disponível em:



<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2023.04.25.23289089v1.full>.

Acesso em: 22 nov. 2025.

12. RIPSA. Indicadores básicos para a saúde no Brasil: Conceitos e aplicações. Brasília: OPAS; 2023. Disponível em: <http://www.ripsa.org.br/>. Acesso em: 22 nov. 2025.