

METODOLOGIA

A plataforma VacinaBR disponibiliza publicamente e de forma acessível uma base de dados vacinais no Brasil por instâncias geográficas conforme a escolha do usuário, desde a instância nacional até dados desagregados por regiões e macrorregiões de saúde que compõem o Sistema Único de Saúde (SUS): Unidade Federadas (27) e municípios (5570). A interface permite gerar mapas, gráficos e visualizar tabelas com indicadores de imunizações, e exportar essas visualizações no formato de imagens ou arquivos csv.

Para tal, o desenvolvimento da plataforma partiu dos dados brutos de doses aplicadas, consolidados e disponibilizados no Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DataSUS). A partir destes e de outros bancos de dados foram calculados índices relevantes a gestores de saúde, pesquisadores e legisladores, como indicadores de coberturas vacinais, taxas de abandono de vacinação e homogeneidade de cobertura vacinal para as vacinas dos Calendários Nacionais de Vacinação aplicados entre 2000 e 2023. Essa reconstrução permitiu documentar detalhadamente o tratamento dos dados, além de validar os registros de doses aplicadas contabilizadas no DataSUS para compor estes índices. Espera-se que com esta documentação e os scripts e tabelas disponibilizados seja possível replicar os resultados obtidos, partindo dos mesmos bancos de dados.

COLETA DE DADOS

Foram obtidos os seguintes conjuntos de dados para a realização deste projeto:

Doses aplicadas

- Datasets de número de doses aplicadas por município e por ano, contendo informações de dose, imunizante e faixa etária do vacinado foram obtidos para o período 1994-2018 do servidor FTP do Datasus. Foram acessados pelo endereço <ftp.datasus.gov.br/dissemin/publicos/PNI/DADOS> e baixados no formato DBF. Foram selecionados apenas os arquivos contendo os dados para o país inteiro em cada ano. Os arquivos foram salvos localmente e decodificados para uso em R, usando a função `read.dbf` do pacote `foreign`.
- Os dados de 2017 a 2022 foram disponibilizados a partir de uma solicitação ao DataSUS com base na Lei de Acesso à Informação (Protocolo NUP no 25072.006441/2023-05). Além disso, foram obtidas as tabelas de legendas para decodificação de doses, imunizantes e faixas etárias da pasta <ftp.datasus.gov.br/dissemin/publicos/PNI/AUXILIARES>.
- Os dados de 2023 foram extraídos do painel do InfoMS (https://infoms.saude.gov.br/extensions/SEIDIGI_DEMAS_VACINACAO_CALENDARIO_NACIONAL_RESIDENCIA/SEIDIGI_DEMAS_VACINACAO_CALENDARIO_NACIONAL_RESIDENCIA.html) incluindo doses de transcrição de caderneta.

Dados demográficos

- Dados populacionais de pessoas com 2 anos ou mais foram obtidos no tabulador de dados desenvolvido pelo Datasus TABNET. Os dados foram colhidos por idade, ano e instâncias geográficas para o período de 2000 a 2021. Estas estimativas foram elaboradas pelo Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde Ambiente/Departamento de Análise Epidemiológica e Vigilância de Doenças Não Transmissíveis/Coordenação/Geral de Informações e Análises Epidemiológicas (MS/SVSA/DAENT/

CGIAE), com base nos dados populacionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Para o ano de 2023 foram repetidos os denominadores de 2022, visto que dados atualizados ainda não foram publicados.

- Para as faixas etárias “0 ano” e “1 ano”, os dados de população que compõem o denominador do indicador de coberturas vacinais foram obtidos do Sistema de Informação sobre Nascidos Vivos (Sinasc), do Ministério da Saúde, disponível em <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?-sinasc/cnv/nvbr.def>, acessado em 24/08/2023. Os dados de nascidos vivos para os anos de 2022 e 2023 foram obtidos através do portal Dados Abertos em <https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/sistema-de-informacao-sobre-nascidos-vivos-sinasc-1996-a-20201>, acessado em 03/06/2024.
- Dados populacionais de pessoas com 15 anos de idade foram obtidos a partir dos registros populacionais do Censo de 2022. Foram colhidos por idade, por sexo e instâncias geográficas para o ano de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE disponível no Sistema IBGE de Recuperação Automática, SIDRA, acesso em <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/9514>. Estas estimativas foram elaboradas retroagindo e projetando os dados populacionais de 2022 para outros anos. Dessa forma, para a população de 15 anos de idade em 2020 foi utilizado o dado de população de 17 anos do censo de 2022, e para a população de 15 anos de idade em 2024 foi utilizado o dado de população de 13 anos do censo de 2022, por exemplo.

Informações auxiliares

- A tabela relacionando municípios a regiões e macrorregiões de saúde foi obtida do Ministério da Saúde via pedido de Lei de Acesso à Informação (pedido 25072.030731/2023-61).
- A lista de metas de cobertura para cada vacina foi retirada do Guia De Vigilância Em Saúde 2022.

Uma planilha foi gerada apresentando, para cada ano, as doses registradas para cada vacina do calendário de acordo com o esquema vacinal e idade recomendada, com base nas portarias ministeriais e instruções normativas que alteram o Calendário Nacional de Vacinação.

Doses de vacinas utilizadas em serviços privados de vacinação contendo componentes semelhantes às vacinas do serviço público também compuseram numerador para o cálculo dos indicadores de vacinação, desde que elas tenham sido reportadas ao SIPNI e incluídas nos dados do DataSUS.

IMPORTAÇÃO E TRATAMENTO INICIAL

A seguir são descritas as adaptações e alterações feitas aos dados obtidos do Datasus de acordo com as regras adotadas pelo PNI para estimar coberturas vacinais.

- Os dados brutos de doses se encontram originalmente agrupados por faixas etárias irregulares. Apesar da grande maioria dos dados estarem discriminados em idades específicas, alguns registros se encontram em faixas etárias de mais de um ano (por exemplo: “0 a 3 anos”). Para estes casos limitados (0,04% das doses registradas), o total de doses foi dividido igualmente entre os anos discretos da faixa.
- Na decodificação da coluna “IMUNO”, 6 códigos presentes no dataset não possuíam correspondência nos arquivos de legenda. Estes códigos foram removidos, uma vez que este é o funcionamento apresentado pelo Tabnet.
- Na decodificação dos tipos de doses (1ª dose, 2ª dose, 3ª dose, 1º Reforço, 2º Reforço), as entradas que aparecem apenas como “Reforço” foram alteradas para “1º Reforço”, a fim de manter a padronização dos dados. “Dose única” e “Dose Inicial” foram substituídos por “1ª dose”.
- As coberturas vacinais normalmente são estimadas em relação à última dose do esquema vacinal, mas o VacinaBR permite ao usuário aplicar a regra para qualquer dose do esquema vacinal. Algumas vacinas, devido a mudanças ocorridas ao longo do tempo, tanto relacionadas com alterações no esquema vacinal ou no próprio sistema de informação para registro adotando-se diferentes nomenclaturas para definir a mesma dose, ou ainda possíveis erros de registro, requerem detalhar como se deu o cálculo da cobertura.
- Nos dados demográficos, as duas fontes de dados - Estimativas Populacionais e Nascidos Vivos - foram integradas, substituindo os dados estimados para a população de 0 ano de idade pelo número de nascidos vivos registrados para cada ano da série. Para a

população de 1 ano de idade foi aplicado o número de nascidos vivos do ano anterior. A partir de 2 anos de idade, quando se aplica, foram utilizadas as estimativas populacionais elaboradas pelo Ministério da Saúde e disponibilizadas no site do DataSUS. Para o ano de 2023 foram repetidas as estimativas populacionais de 2022 para as idades de 2, 3 e 4 anos, já que ainda não foram divulgadas estimativas atualizadas por idade simples e municípios para este ano.

- Os dados de doses aplicadas são agrupados por Município, Ano, Imunizante, Dose e Faixa Etária e somados, de forma que exista apenas uma linha para cada combinação destas variáveis. Essas linhas são combinadas em um único arquivo, que por sua vez é salvo em disco.
- Para os anos de 2004 a 2012, o código do município de Brasília é alterado manualmente para “530010”, uma vez que nesse período vários outros códigos são usados para a cidade. Isso é feito aplicando este código a todos os municípios com “53” como os primeiros dígitos do código ibge7.

Processamento de vacinas específicas:

- Em relação à vacina Tríplice Viral, doses aplicadas na faixa etária de 1 ano de idade e registradas como “dose” foram contabilizadas para a cobertura. Doses aplicadas em menores de um ano não são contabilizadas para a cobertura vacinal, visto que nessa idade a vacinação é indicada apenas na ocorrência de surtos, definida como “dose zero”, e não se aplica ao cálculo do indicador de coberturas para a criança de um ano de idade.
- Em relação à cobertura vacinal da vacina Hepatite B, recomendada até o 30º dia de vida, foram contabilizadas no cálculo registros feitos como dose D e D1 neste grupo de idade. Um pequeno número (20907) de doses 2, 3 e 4 registradas como aplicadas em crianças menores de 30 dias foi excluído, assumindo-se que se trata de erro de registro. A partir de 31 dias até menores de um ano de idade (11 meses e

29 dias) foram analisadas as coberturas por dose do esquema vacinal considerando o esquema primário de vacinação para esta vacina composto de 3 doses (D1, D2, D3), quando apresentadas as coberturas por imunizante, definida na plataforma como cobertura vacinal por “doença”. Cabe ainda destacar que a vacina Hepatite B é componente da vacina penta (DTP/Hib/HB) e Hexa (DTPa/Hib/HB/VIP), indicada em três doses na população de “0” ano de idade. Portanto, a cobertura vacinal para proteção da hepatite B é estimada também quando avaliada a cobertura da vacina penta que incorpora no cálculo todas as vacinas que contêm os cinco componentes da penta (DTP/Hib/HB).

- A vacina Tetraviral - sarampo, rubéola, caxumba e varicela (SRCV) - é indicada no esquema de dose única (DU) para a população de 1 ano de idade já vacinada com a D1 da vacina tríplice viral (sarampo, rubéola, caxumba). Foram selecionados para compor o cálculo de cobertura específica para a tetraviral doses registradas no Tabnet como DU e D1. Para a cobertura vacinal da vacina Febre Amarela (FA) na faixa etária de “0 ano” foram consideradas todas as doses registradas nesse grupo alvo como D1, D, DU e DI. Em relação à cobertura da vacina Varicela na faixa etária de 1 ano, foram utilizados os registros de doses feitos como D1 e DU das vacinas Tetraviral e Quádrupla Viral e D1 da Varicela Monovalente.
- Vacina Meningocócica C: doses da “Meningocócica ACYW1325” foram somadas às de “Meningocócica Conjugada - C (MncC)”.
- Vacina Tetraviral: foram somadas doses registradas como “Quádrupla viral”.
- “Esq. Vip/Vop”: Doses com esse nome no campo imunizante foram registradas como VIP para doses 1, 2 e 3; e VOP para reforços. Para anos anteriores, 3^{as} doses são consideradas sendo VOP, de acordo com o calendário na época.
- Foram excluídos os dados de 1^a dose do imunizante “Esq.Seq. VIP/VOP” para Carapicuíba, 2017, por apresentarem valores incorretos.

PROCESSAMENTO

Para o cálculo dos indicadores e montagem das tabelas finais, foram combinadas as tabelas citadas nas etapas anteriores. Foi criada uma planilha com as populações para cada faixa etária (0 ano, 1 ano, e 4 anos) para cada município do país e para cada ano do período analisado (2000-2021).

A esta tabela combinada com os dados de doses aplicadas, resultando em um dataset com o mesmo número de linhas que o inicial, mas agora com uma coluna de doses aplicadas naquela faixa etária, município, ano, imunizante e dose.

Em seguida a lista de imunizantes, doses e idades alvo no calendário vacinal foi importada e combinada com os dados sendo trabalhados. Essas informações foram utilizadas para determinar quais linhas seriam ou não consideradas para o cálculo da **cobertura vacinal**.

Os dados foram agrupados por município, faixa etária, dose e imunizante, organizados por ano e foi calculado o número de doses, representando o total de vacinas aplicadas naquela população. Esse número foi dividido pela população alvo, de forma a obter o índice de cobertura vacinal para determinada dose de cada vacina em cada município em cada ano.

$$CV = \frac{\text{N}^\circ \text{ de últimas doses do esquema vacinal} \times 100}{\text{Total da população alvo}}$$

O cálculo do indicador de cobertura vacinal para cada dose do esquema vacinal é realizado dividindo o número de doses registradas pela população da idade e ano correspondente. Foram adotados os parâmetros definidos pelo Programa Nacional de Imunizações (PNI) para avaliação do desempenho da vacinação. Ou seja, são consideradas coberturas vacinais adequadas aquelas que atingiram os índices de 95% da população alvo, exceto para as vacinas rotavírus humano e BCG, para as quais considerou-se 90% da população alvo, índice adotado pelo PNI.

Conforme já descrito anteriormente, foi estimada a cobertura vacinal por dose do esquema vacinal adotando o mesmo método de cálculo aplicado na dose que completa o esquema. A informação contida na coluna “Dose” foi separada em duas outras colunas: Número

da Dose (primeira, segunda, etc) e Tipo da Dose (Dose -esquema primário- ou Reforço).

Os dados foram agrupados por município, faixa etária, vacina e classe de dose (primária ou reforço), ordenadas por ano, e o número de primeiras doses daquela vacina foi calculado para todos os anos.

A **taxa de abandono vacinal** estima a adesão do usuário ao Programa de Imunizações e aplica-se apenas para vacinas de esquemas multidoso. Ela indica quantos daqueles que iniciaram o esquema vacinal primário não o completaram na idade recomendada.

O cálculo da taxa de abandono (TA) de vacinação foi feito utilizando o número de doses iniciais do esquema vacinal subtraído do número de doses finais no numerador, dividido pelo número de doses iniciais (denominador), multiplicando-se por 100. Para as cores usadas na visualização em mapa, foram adotados os critérios do PNI na classificação da adesão da população ao programa de vacinação considerando como TA alta quando o índice for igual ou maior que 10%, média entre 5% e menor que 10% e baixa quando for menor que 5%.

$$TA = \frac{\text{N}^\circ \text{ de primeiras doses} - \text{N}^\circ \text{ de últimas doses}}{\text{N}^\circ \text{ de primeira doses}} \times 100$$

O cálculo do abandono de vacinação é feito em relação ao esquema primário e aos reforços (quando há mais de um) separadamente. Além do abandono entre a primeira e última doses do esquema vacinal, são oferecidos dados de abandono de doses intermediárias. Por exemplo, nas vacinas de três doses é possível avaliar qual a proporção da população alvo que recebeu segunda dose em relação à primeira. O abandono da primeira dose de reforço é calculado em relação à última dose do esquema básico.

Este mesmo método foi aplicado em relação ao seguimento da vacinação após primeira dose, ou seja, dose intermediária.

Os dados de abandono de reforços são calculados da mesma forma, em relação à primeira dose de reforço.

A homogeneidade entre vacinas numa mesma instância geográfica foi estimada utilizando-se no

numerador o total de vacinas com coberturas vacinais adequadas e no denominador o total de vacinas avaliadas para aquela localidade e tempo. Foi pactuado entre os gestores do SUS, no Programa de Qualificação das Ações de Vigilância em Saúde (PQAVS), um instrumento de gestão de estímulo à estruturação das ações de vigilância em saúde que a meta de homogeneidade de coberturas deve ser de 100% para quatro vacinas do calendário da criança. Ou seja, coberturas de ao menos 95% com a D3 para a vacina poliomielite, vacina pentavalente (DTP/Hib/HB) e D2 para a vacina pneumocócica 10 valente, nos menores de um ano de idade, e com a primeira dose (D1) da vacina tríplice viral (sarampo, caxumba e rubéola) em crianças de um ano de idade em determinado local, e tempo.

A homogeneidade de cobertura vacinais estima a proporção de localidades ou de vacinas com cobertura vacinal igual ou maior que a meta definida pelo PNI para cada vacina. Pode ser estimada em relação ao total de localidades geográficas ou entre vacinas, na mesma localidade.

A **homogeneidade geográfica de coberturas vacinais** (HCVg) entre localidades representa a proporção de localidades que atingiram a meta de cobertura vacinal para uma ou mais vacinas selecionadas. É calculada utilizando-se no numerador, o total de territórios (municípios, no caso do VacinaBR) com meta de cobertura vacinal alcançada para a vacina selecionada e, no denominador, o total de territórios analisados, multiplicando-se por 100.

$$\text{HCVg} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de localidades com meta de cobertura alcançada} \times 100}{\text{Total de localidades avaliadas}}$$

A **homogeneidade de Coberturas Vacinais entre vacinas** (HCVv) estima a proporção de vacinas que atingiram a meta de cobertura vacinal em um determinada localidade em relação ao total de vacinas avaliadas (todas as vacinas do calendário da criança, nesta versão do VacinaBR). É calculada utilizando-se, no numerador, o total de vacinas com meta de cobertura vacinal alcançada e no denominador, o total de vacinas avaliadas multiplicando-se por 100.

$$\text{HCVv} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de vacinas com meta de cobertura alcançada} \times 100}{\text{Total de vacinas avaliadas}}$$

Durante a elaboração e revisão do script de processamento, foram periodicamente selecionadas algumas combinações de municípios e imunizantes para checagem manual contra os números apresentados no DataSUS, a fim de garantir que não estavam sendo introduzidos erros sistemáticos na manipulação dos dados.

Finalmente, foi criada uma variável indicando apenas se a cobertura vacinal para determinada vacina atingiu ou não a meta estabelecida pelo PNI em determinada região.

DADOS DE HPV

Os dados de doses aplicadas são agrupados por município, ano da vacinação (independente da idade no momento da aplicação, na população de 9 a 14 anos de idade), imunizante, sexo e dose; e somados compondo o numerador, de forma que exista apenas uma linha para cada combinação destas variáveis. Essas linhas são combinadas em um único arquivo, que por sua vez é salvo em disco.

A separação por Sexo foi feita mediante agrupamento aos dados do Imunizante, por simplicidade na plataforma, com opções “HPV Quadrivalente - Feminino” e “HPV Quadrivalente - Masculino” disponíveis para seleção de Imunizante.

Foi utilizado o método recomendado pela Organização Panamericana de Saúde - Opas disponível em **Metodologia para o Cálculo de cobertura da vacina contra o HPV na Região das Américas elaborado pela Organização Pan-Americana da Saúde, 2019**, para fins de comparabilidade internacional tendo em vista “a diversidade dos esquemas, as populações-alvo e as estratégias utilizadas pelos países da Região das Américas e mundialmente. Neste documento foi estabelecido, em âmbito global e regional, o indicador de cobertura da vacina contra o HPV aos 15 anos de acordo com a fórmula a seguir. A cobertura da vacina contra o HPV aos 15 anos é calculada considerando as pessoas que receberam as doses em qualquer momento entre as idades de 9 e 14 anos.

$$CV = \frac{\sum \text{de doses administradas em pessoas de 9 a 14 anos desde o primeiro ano de vacinação até o ano anterior ao ano de análise}}{\text{População da coorte de pessoas de 15 anos no ano de análise}}$$

Dessa forma, para o numerador soma-se a quantidade de doses aplicadas nos diferentes anos de vacinação na população de 9 a 14 anos de idade da mesma coorte, e no denominador a população de 15 anos, aplicando os dados do Censo de 2022 do IBGE, correspondente a essa determinada coorte no ano de análise.

Foram delimitadas na exibição dos dados os indicadores de coberturas vacinais, taxa de abandono e meta atingida, por sexo e dose - avaliados na população aos

15 anos de idade entre os anos de 2020 e 2024. Foram considerados os dados finais por idade na população vacinada nos anos de 2014 a 2023. O primeiro ano exibido (2020) foi escolhido pelo fato de ser o ano no qual a população vacinada em 2014 aos 9 anos de idade, completaria 15 anos e ser o ano no qual a vacina HPV foi implantada no calendário nacional de vacinação. O último ano (2024) contempla a população com 15 anos de idade vacinada aos 14 anos de idade em 2023.

LIMITAÇÕES

O ambiente de dados vacinais no Brasil é complexo e dinâmico, dificultando o processamento para períodos longos de tempo, como o realizado nesse processo. O calendário de vacinação passou por mudanças importantes no curso dos últimos 22 anos. Entre as dificuldades encontradas, destacamos: o registro de doses equivalentes para a mesma vacina apresenta nomenclaturas diferentes requerendo padronização; e mesmo o número e disposição dos municípios brasileiros se modificou nesse período.

A elaboração do indicador mais preciso possível requer conhecimento por parte dos envolvidos sobre composição de cada vacina e indicações. Por exemplo: A vacina poliomielite em suas apresentações oral (VOP) e injetável (VIP) e em combinação com outras vacinas do calendário de vacinação como a Penta acelular, e a Hexavalente.

Isso requer constante atualização dos desenvolvedores e conhecimentos das regras de negócio e do calendário nacional de vacinação como garantia de compor integridade da base de dados na construção do indicador.

Os dados históricos podem ter vieses devido a erros de registros, superestimação ou subestimação de registros de dados no numerador ou denominador, comprometendo a qualidade dos indicadores produzidos.

A comparação dos dados da plataforma com dados disponibilizados no Tabnet pode apresentar discrepâncias, ainda que pouco ou não significativas devido às diferentes fontes de dados de população utilizadas para estimar coberturas vacinais. No VacinaBR o dado do Sinasc foi aplicado em todos os anos como denominador para o cálculo da cobertura vacinal. Já o PNI adotou em todos os municípios brasileiros dados de estimativas do IBGE para menores de 1 ano e 1 ano entre os anos de 2000 e 2002; entre 2003 e 2005 dados do Sinasc para 15 estados e dados do IBGE para 12 estados; e, a partir de 2006 adotou em todos os municípios brasileiros os registros do Sinasc, com atraso em média de dois anos (Teixeira, Antonia Maria da Silva, & Mota, Eduardo Luiz Andrade. (2010). Denominadores para o cálculo de coberturas vacinais: um estudo das bases de dados para estimar a população menor de um ano de idade. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 19(3), 187-203. <https://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742010000300002>).

A atualização da plataforma com dados novos, embora seja parte integral da proposta do projeto, permanece sem data ou cronograma programado, uma vez que a disponibilização dos dados de vacinação se encontra atualmente interrompida no TABNET e demais repositórios oficiais. A equipe do VacinaBR já está em contato com funcionários do DataSUS e dados referentes ao ano de 2023 serão adicionados à plataforma assim que possível.