

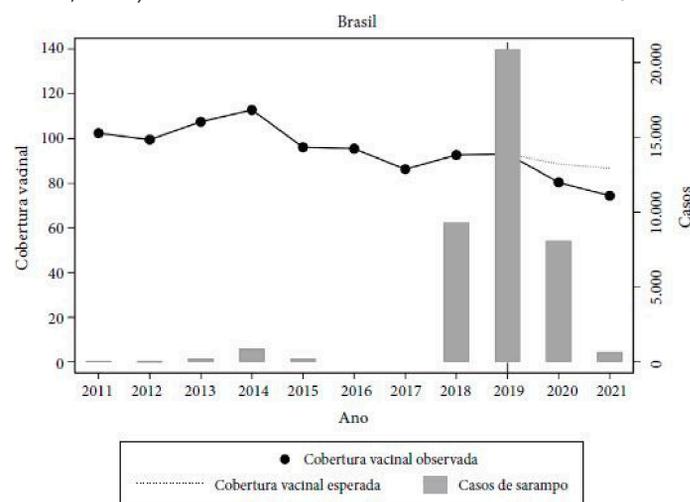
Introdução

- O sarampo apresenta grandes riscos para a saúde pública (MINTA et al., 2023);
- Queda da cobertura vacinal, que se mantém abaixo da necessária para erradicação (SATO et al., 2023).



Figura 1 - Principal sintoma do sarampo: aparecimento de manchas vermelhas pelo corpo (Fonte: RomoloTavani/iStock.)

Figura 2 - Série temporal da cobertura vacinal da primeira dose da tríplice viral e casos de sarampo no Brasil (Fonte: SATO et al., 2023).



Justificativa/ Objetivo

- 1) Permitir a visualização do comportamento do sistema imune humano (SIH) em diversos cenários da primeira vacinação contra o sarampo;
- 2) Identificar qual população imunológica influencia na resposta imune mais eficaz;
- 3) Contribuir para a redução da necessidade de testes clínicos.

Metodologia

- 1 Revisão bibliográfica**
 - Sarampo e sua epidemiologia, o SIH e a modelagem computacional;
 - Definição do modelo-base (BONIN, 2029);
 - Coleta de dados na literatura - Dinâmica das populações imunológicas pós-vacinação contra o sarampo (Anticorpos e vírus vacinal).
- 2 Implementação do modelo-base**
 - Linguagem de programação Python (Odeint, Matplotlib e Pygmo).

$$\frac{d}{dt}V = \pi_v V - \frac{c_{v1}V}{c_{v2} + V} - k_{v1}VA - k_{v2}VT_{ke} \quad \frac{d}{dt}A = \pi_{ps}P_s + \pi_{pl}P_l - \delta_a A.$$

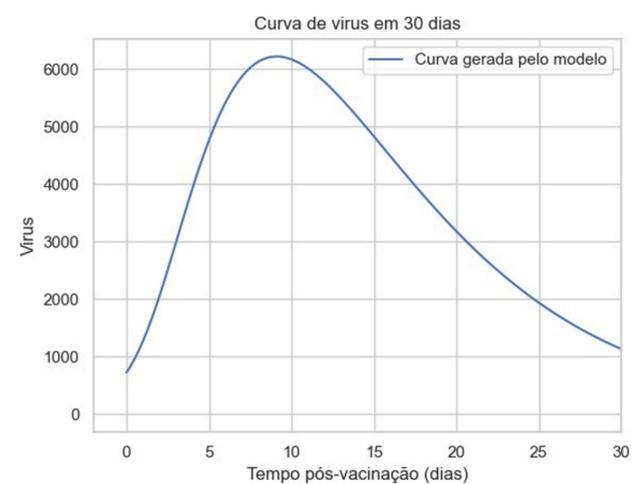
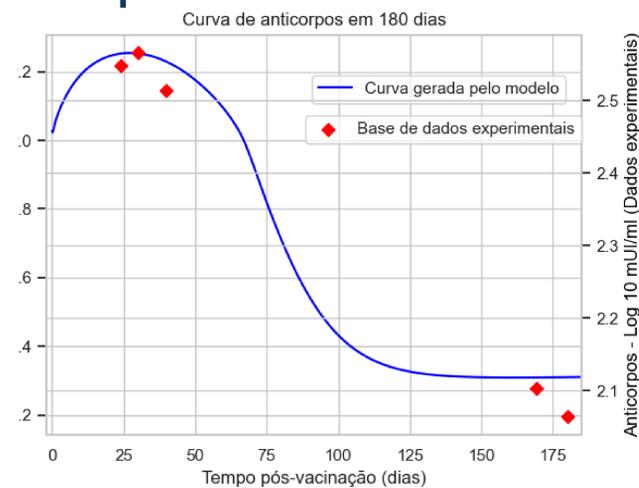
Figura 4 - Duas Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) retiradas do modelo-base, que expressam, respectivamente, a variação da população de vírus vacinal e anticorpos em um determinado tempo na resposta imunológica. (Fonte: Bonin et al.(2019))

- 3 Ajuste do modelo computacional**
 - Algoritmos genéticos - SGA (Simple Genetic Algorithm);
 - Validação: Análise qualitativa da proximidade dos resultados das simulações com os dados experimentais do sarampo obtidos.

- 4 Análise de sensibilidade**
 - Identificar o impacto de cada parâmetro do modelo (população imunológica) na resposta imune;
 - Quantidade máxima, dia de pico e dia de queda do nível de anticorpos.

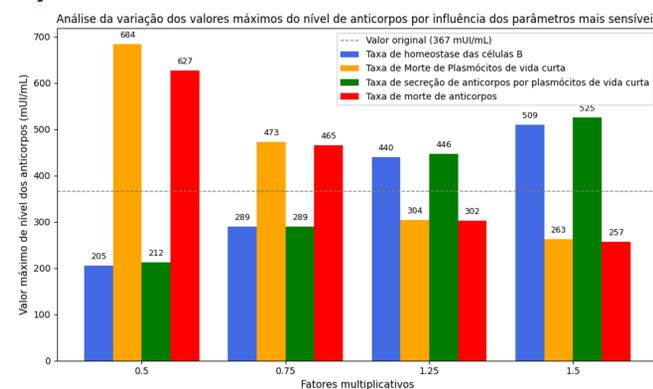
Resultados

1) Simulação da resposta do SIH frente à vacinação contra o sarampo



Gráficos 1 e 2 - Gráficos que representam os resultados obtidos pelo modelo computacional em comparação aos dados experimentais revisados. Expressam a variação da população de anticorpos e de vírus vacinal no tempo decorrido após a primeira vacinação contra o sarampo.

2) Análise de sensibilidade



Gráficos 3 - Análise da variação dos valores máximos do nível de anticorpos por influência dos parâmetros mais sensíveis (Autoria própria).

Conclusão

O modelo computacional foi capaz de:

- ✓ Reproduzir a resposta do SIH frente à primeira vacinação contra o sarampo;
- ✓ Contribuir para a identificação dos fenômenos imunológicos que influenciam a maior produção de anticorpos contra o sarampo;
- ✓ Chegar a resultados e conclusões sobre a resposta imunológica frente à vacinação contra o sarampo, poupando tempo e recursos necessários em teste clínicos de vacina.

Referências

- MINTA, Anna A.; FERRARI, Matt; ANTONI, Sebastien; PORTNOY, Allison; SBARRA, Alyssa; LAMBERT, Brian; HATCHER, Cynthia; HSU, Christopher H.; HO, Lee Lee; STEULET, Claudia. Progress Toward Measles Elimination — Worldwide, 2000–2022. *Mmwr. Morbidity And Mortality Weekly Report*, [S.L.], v. 72, n. 46, p. 1262-1268, 17 nov. 2023. Centers for Disease Control MMWR Office. <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm7246a3>.
- SATO, Ana Paula Sayuri; BOING, Alexandra Crispim; ALMEIDA, Rosa Livia Freitas de; XAVIER, Mariana Otero; MOREIRA, Rafael da Silveira; MARTINEZ, Edson Zangiacom; MATIJASEVICH, Alicia; DONALISIO, Maria Rita. Vacinação do sarampo no Brasil: onde estivemos e para onde vamos?. *Ciência & Saúde Coletiva*, [S.L.], v. 28, n. 2, p. 351-362, fev. 2023. FapUNIFESP (SciELO)
- BONIN, Carla Rezende Barbosa. Modelagem Computacional da Resposta Imune à Vacina Contra Febre Amarela. 2019. 137 f. Tese (Doutorado) - Curso de Modelagem Computacional, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2019.