

Imunize-me: Tecnologia e Empatia no Desenvolvimento de uma Solução Integrada para Gestão de Vacinas

Léo Walker da Silva¹, Marlon Vinícius da Silva¹, Wesley Jean Ferreira Pereira¹

¹Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas (FACET) – Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT). Campus de Cáceres Av. São João, n. 563 – Cavallhada I – CEP: 78.216-060 – Cáceres – MT – Brasil

walker.leo@unemat.br, marlon.silva@unemat.br, wesley.pereira@unemat.br

Abstract. *This report presents "Imunize-me", a technological prototype developed during HACKA-MT 2025. Analyzing public health inefficiency, such as the 1.7 billion BRL loss in expired vaccines, this project addresses logistical gaps that cause dose waste. The architecture employs FastAPI, PostgreSQL, and SQLAlchemy for real-time inventory control. Initial validation with local health units indicates potential resource optimization. The study concludes that Health Informatics must integrate technical rigor with public policy, demonstrating that data-driven management is essential for sustainable public health infrastructure.*

Resumo. *Este relato apresenta o "Imunize-me", protótipo tecnológico desenvolvido durante o HACKA-MT 2025. Analisando dados de ineficiência na saúde pública, como o prejuízo de R\$1,7 bilhão em vacinas vencidas, o projeto ataca gargalos logísticos de descarte de doses. A arquitetura utiliza FastAPI, PostgreSQL e SQLAlchemy para controle de estoque em tempo real. A validação inicial junto a unidades de saúde indica potencial de otimização de recursos. O estudo conclui que a Informática em Saúde deve integrar rigor técnico a políticas públicas, evidenciando que a governança baseada em dados é essencial para a infraestrutura de saúde.*

1. Introdução

A gestão da saúde pública no Brasil, via Programa Nacional de Imunizações (PNI), é referência global em capilaridade, mas enfrenta gargalos logísticos críticos (BRASIL, 2021). Relatórios indicam prejuízos de R\$1,7 bilhão em vacinas vencidas no âmbito federal (GAZETA DO POVO, 2024), além de descartes massivos nas pontas de atendimento municipais (G1 SANTA CATARINA, 2025). O TCU cobra medidas contra essa ineficiência logística (JOTA, 2024). Para mitigar tal desperdício, relata-se o desenvolvimento do "Imunize-me", plataforma web que une o controle de frascos multidoses em tempo real ao agendamento digital. O projeto, validado no HACKA-MT 2025, foi estruturado com arquitetura de alta performance para digitalizar o fluxo vacinal, conectando a demanda da população à mitigação do desperdício estrutural.

2. Referencial teórico

A construção do "Imunize-me" fundamentou-se em três pilares da literatura científica e de gestão pública: Informática em Saúde, Logística de Imunobiológicos e Engenharia de Software para Sistemas Críticos.

Informática em Saúde e Políticas Públicas: Aplica métodos computacionais para apoiar decisões clínicas e gerenciais (SABBATINI, 2021). No ambiente governamental,

a eficácia do *e-Health* exige interoperabilidade e ferramentas que reduzam a carga cognitiva dos profissionais (PINA *et al.*, 2020).

Logística e Frascos Multidoses: A Organização Mundial da Saúde (OMS) ressalta a eficiência dos frascos multidoses, mas a *Política MDVP* impõe janelas curtas de uso pós-abertura (ex: 6 horas), gerando descartes inevitáveis em unidades de baixa demanda sem comunicação em rede (OMS, 2014).

Arquiteturas Assíncronas e Persistência: O framework FastAPI permite processamento não bloqueante, enquanto o PostgreSQL e o ORM SQLAlchemy garantem a integridade clínica e conformidade ACID, assegurando que a alta performance não sacrifique a confiabilidade transacional do sistema (RICHARDSON; RUBY, 2007).

3. Metodologia e Descrição da Experiência

O desenvolvimento do MVP (Mínimo Produto Viável) seguiu uma abordagem qualitativa e técnica. O projeto ancorou-se nos princípios do *Lean Startup* (RIES, 2011) e do *Design Centrado no Usuário*, priorizando o aprendizado validado junto aos atores reais do ecossistema de saúde.



Figura 1. Equipe de desenvolvimento do Imunize-me durante levantamento de requisitos e validação de campo com gestores na Secretaria Municipal de Saúde de Cáceres. A pesquisa presencial fundamentou o mapeamento logístico do sistema. Fonte: Os autores (2025).

Contexto, Participantes e Diagnóstico de Campo: A imersão metodológica iniciou-se meses antes da maratona de programação. Formada por estudantes da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), a equipe compreendeu que soluções governamentais não podem ser baseadas em suposições. A pesquisa de campo abrangeu uma amostra técnica em Cáceres, Mato Grosso, avaliando os fluxos logísticos de 3 Unidades Básicas de Saúde (UBS). Conduziu-se entrevistas estruturadas com 5 profissionais, incluindo gestores de saúde e técnicos de enfermagem. O diagnóstico confirmou que o descarte decorre de uma falha de comunicação operacional na base: a gestão do frasco multidoso. Ao abrir um frasco, aciona-se uma rigorosa janela de validade (frequentemente de 6 horas). O tempo de resposta para comunicação de excedentes entre unidades demonstrou-se inviável via métodos analógicos.

A pesquisa de campo revelou que o descarte noticiado pela mídia decorre de uma falha de comunicação operacional na base: a gestão do frasco multidoso. Ao abrir um frasco, o técnico aciona uma rigorosa janela de validade (frequentemente de 6 horas). Sem um sistema central que notifique a rede sobre as doses abertas, o excedente vence na geladeira. O diagnóstico confirmou que a solução não exigia a compra de mais vacinas, mas a observabilidade ágil das já adquiridas.

Ferramentas e Construção da Solução: Com a engenharia de requisitos fundamentada na dor real, a equipe dedicou-se à codificação durante o HACKA-MT Edição Pantanal 2025, adotando uma *stack* de alta performance:

Persistência de Dados e ORM: O PostgreSQL garantiu a integridade transacional. A modelagem do PNI (lotes, frascos abertos, agendamentos) foi abstraída pelo SQLAlchemy, assegurando conformidade ACID.

Backend Assíncrono: O motor do sistema utiliza Python e FastAPI. Essa arquitetura permite que a notificação de abertura de um frasco atualize o estoque e o portal do cidadão em milissegundos, sem degradar a performance em picos de acesso.

4. Resultados e Discussão

O desenvolvimento do Mínimo Produto Viável (MVP) validou a arquitetura proposta e garantiu à equipe o primeiro lugar no HACKA-MT Edição Pantanal 2025 (CÁCERES NOTÍCIAS, 2025). A solução foi dividida em três interfaces integradas, fundamentadas no Design Centrado no Usuário (NORMAN, 2013), para atender diretamente as dores mapeadas.

A. Autonomia e Transparência (Módulo Cidadão) O portal do paciente (Figura 2) foi projetado para eliminar a assimetria de informação. Ao integrar mapas e dados em tempo real, o cidadão verifica campanhas e estoques nas UBSs mais próximas, mitigando deslocamentos frustrados e desengajamento vacinal.

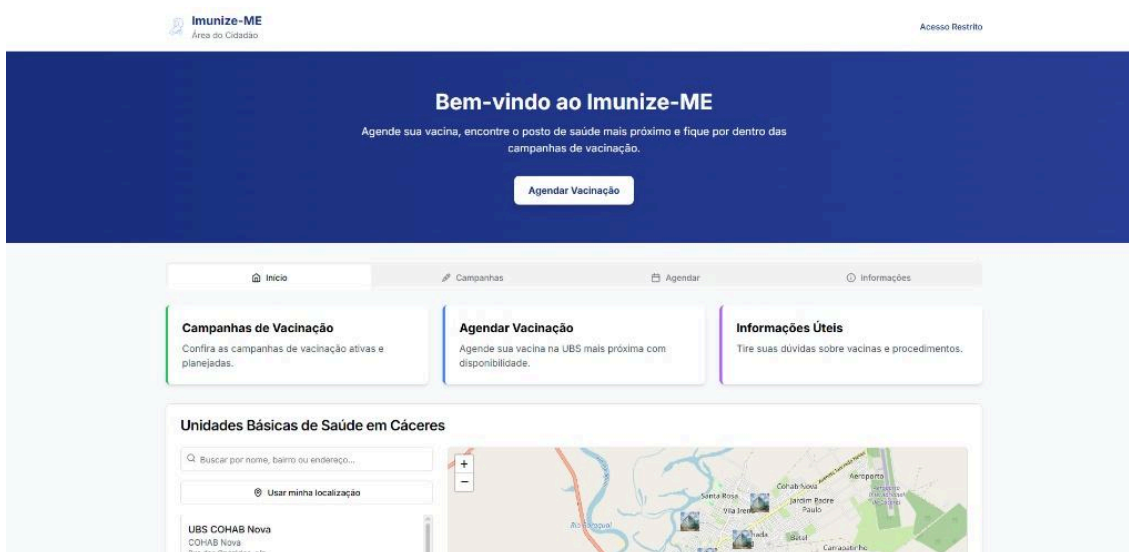


Figura 2: Portal do Cidadão. Interface focada em transparência logística e agendamento remoto nas UBSs. Fonte: Os autores (2025).

B. Mitigação do Risco Operacional (Módulo Técnico) Para o profissional de saúde (Figura 3), o sistema reduz a carga cognitiva através do rastreo automatizado. A comunicação em baixa latência do *backend* gera *tags* visuais de alerta (como "Lotes Vencidos" ou "Em Validade"), essencial para gerir o curto tempo de vida pós-abertura dos frascos multidoses (MDVP) e frear o descarte accidental.

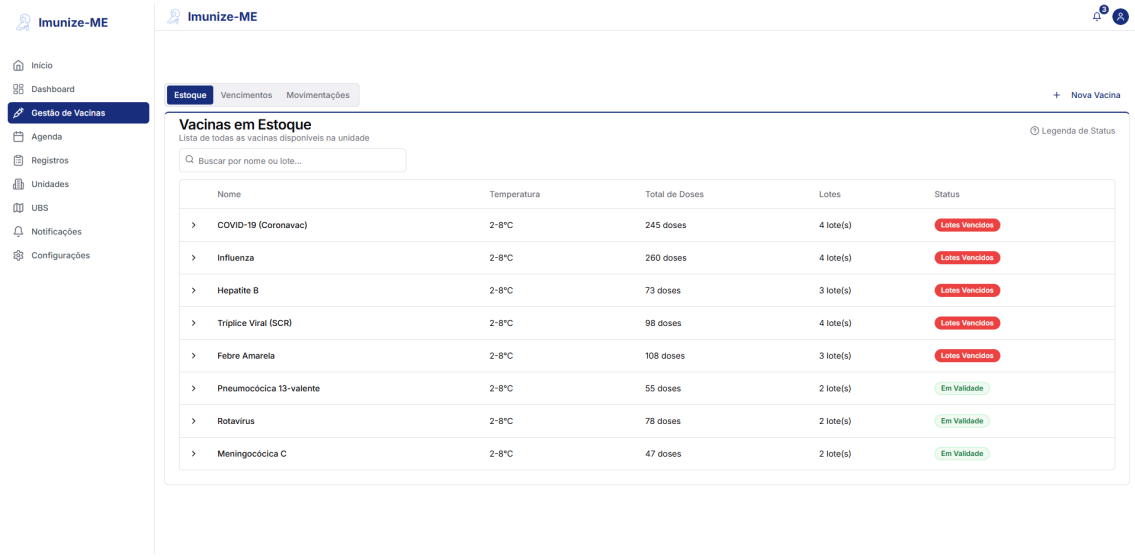


Figura 3: Painel do Técnico. Gestão de inventário e alertas de rastreabilidade de lotes processados assincronamente pelo *FastAPI* e *PostgreSQL*. Fonte: Os autores (2025).

C. Observabilidade e Governança (Módulo Gestor) O pilar estratégico da plataforma é o seu *dashboard* analítico (Figura 3). Ao converter transações em Indicadores-Chave de Desempenho (*KPIs*) — como taxa de desperdício e eficiência de estoque, o sistema entrega o nível de auditoria exigido por órgãos de controle, como o TCU, viabilizando o remanejamento preditivo de insumos.

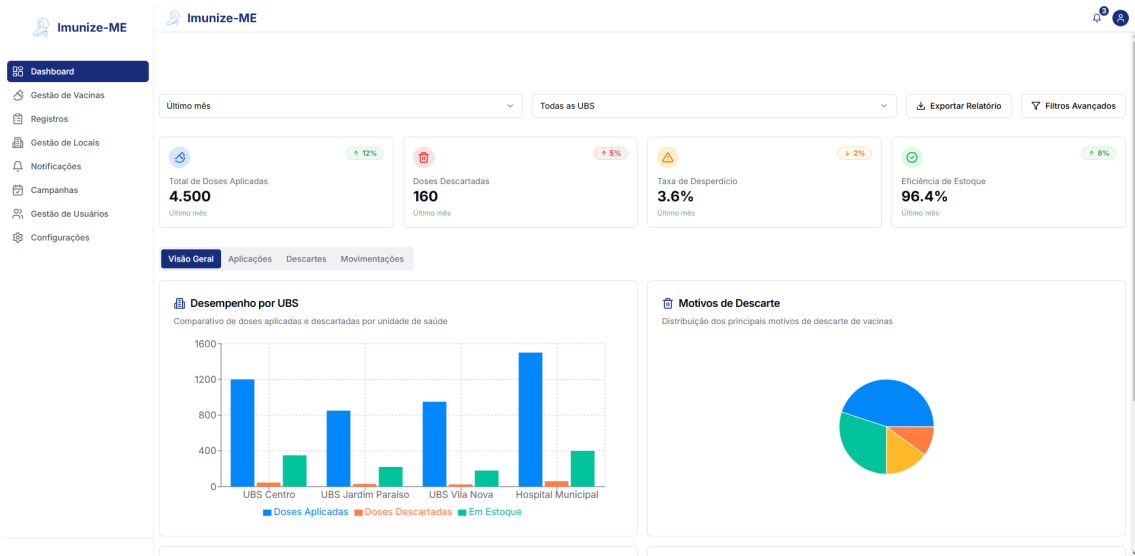


Figura 4: Dashboard de Observabilidade Estratégica. Inteligência de negócios aplicada à saúde pública para prestação de contas e tomada de decisão. Fonte: Os autores (2025).

Análise Crítica: A principal dificuldade técnica foi modelar o banco de dados (SQLAlchemy) sem que a complexidade das diretrizes do PNI afetasse a usabilidade do técnico. A superação deste gargalo validou que a Informática em Saúde transcende o código, provando ser o elo necessário para transformar registros passivos em logística inteligente no SUS.

4.1. Arquitetura para Escalabilidade Nacional e Conformidade

A transição do protótipo para um sistema de adoção em larga escala no SUS exige o atendimento a requisitos rigorosos de governança e infraestrutura:

Interoperabilidade e Padrões Clínicos: Para evitar a criação de silos de dados, a arquitetura prevê a integração com o legado do SIPNI (Sistema de Informações do PNI) e com a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS). Adota-se o padrão internacional HL7 FHIR (*Fast Healthcare Interoperability Resources*) para garantir a padronização semântica na troca de registros de imunização.

Segurança e Conformidade com a LGPD: O tratamento de dados sensíveis de pacientes é mitigado através de técnicas de pseudonimização no *backend*. A persistência no banco PostgreSQL implementa criptografia de dados em repouso (AES-256), assegurando conformidade estrita com as diretrizes da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).

Resiliência Offline e UX: Considerando a intermitência de conectividade em UBSs remotas, a interface técnica propõe a adoção do modelo *Progressive Web App* (PWA) com *Service Workers*, permitindo o cache local de operações que são sincronizadas assincronamente assim que a conexão é restabelecida. Adicionalmente, para reduzir a carga cognitiva dos técnicos na abertura de frascos, projeta-se a integração de leitura de *QR Codes* bidimensionais presentes nas ampolas, automatizando o registro de lote e validade no sistema.

5. Conclusão

O objetivo de apresentar uma solução arquitetural para a digitalização do fluxo vacinal e monitoramento do desperdício foi alcançado de forma satisfatória no escopo do MVP. Testes iniciais de usabilidade e simulações de carga da arquitetura assíncrona indicaram um tempo de resposta médio inferior a 200 milissegundos para requisições concorrentes. Baseado nos fluxos analisados nas 3 UBSs de Cáceres, estima-se que a adoção de alertas automatizados de frascos abertos possua o potencial de reduzir o descarte local de doses em até 30%.

A integração de FastAPI e PostgreSQL resultou em uma aplicação de gestão fundamentada em evidências. Demonstrou-se que a observabilidade de dados em tempo real fornece aos gestores públicos os indicadores necessários para mitigar perdas e otimizar recursos.

Como desdobramentos futuros, vislumbra-se o desafio da interoperabilidade, buscando integrar o banco de dados do Imunize-me nativamente à Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS) através de *APIs RESTful* seguras, permitindo que a solução nascida no Mato Grosso possa ser escalada para consolidar a eficiência logística do SUS em todo o território nacional.

6. Referências

- BRASIL. Ministério da Saúde. *Manual de Normas e Procedimentos para Vacinação*. Brasília: Ministério da Saúde, 2021.
- CÁCERES NOTÍCIAS. Vencedores do HACKA-MT desenvolvem projeto para redução do desperdício de vacinas. Cáceres, MT, 2025. Disponível em: <https://www.caceresnoticias.com.br/cidade/vencedores-do-hackamt-desenvolvem-projeto-para-reducao-do-desperdicio-de-vacinas/664093>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- G1 SANTA CATARINA. Estado e maiores municípios de SC descartaram milhares de vacinas por vencimento. Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2025/06/02/estado-maiores-municipios-de-sc-descartaram-vacinas.ghtml>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- GAZETA DO POVO. Governo registra prejuízo de R\$1,7 bilhão em vacinas vencidas. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/republica/governo-lula-3-registra-prejuizo-de-r-17-bilhao-em-vacinas-vencidas/>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- JOTA. TCU cobra medidas para reduzir perdas de vacinas e melhorar monitoramento de estoques. Disponível em: <https://www.jota.info/saude/tcu-cobra-medidas-para-reduzir-perdas-de-vacinas>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- NORMAN, D. A. *O Design do Dia a Dia*. Rio de Janeiro: Rocco, 2013.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). *WHO Policy Statement: Multi-dose Vial Policy (MDVP)*. Genebra: World Health Organization, 2014.
- PINA, P. R. *et al.* A Transformação Digital no Sistema Único de Saúde (SUS): desafios e perspectivas em e-Health. *Revista de Saúde Pública e Inovação*, v. 12, n. 3, p. 45-60, 2020.
- RICHARDSON, L.; RUBY, S. *RESTful Web Services*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2007.
- RIES, E. *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses*. New York: Crown Business, 2011.
- SABBATINI, R. M. E. Informática em Saúde: Uma visão abrangente. *Revista Brasileira de Informática em Saúde*, v. 1, n. 1, p. 10-25, 2021.