

Diretrizes para o Desenvolvimento de Sistemas de Apoio à Decisão na Área da Saúde: Um Estudo de Caso na Atenção Primária à Saúde

Dimas Cassimiro Nascimento, Igor Medeiros Vanderlei, Daliton da Silva

¹ Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE) – Garanhuns, PE – Brasil

{dimas.cassimiro, igor.vanderlei, daliton.silva}@ufape.edu.br

Abstract. *Public health management requires systems capable of integrating heterogeneous data, running analytical models, and supporting strategic decision-making. This paper presents practical guidelines derived from the development of SmartApSUS, an analytical platform for Brazilian Primary Health Care. The guidelines address flexible data modeling, modular architecture, asynchronous processing, user-centered interfaces, interoperability, geospatial visualization, scenario analysis, and analytical traceability.*

Resumo. *A gestão em saúde pública exige sistemas capazes de integrar dados heterogêneos, executar modelos analíticos e apoiar decisões estratégicas. Este artigo apresenta diretrizes práticas derivadas do desenvolvimento do SmartApSUS, uma plataforma analítica para a Atenção Primária à Saúde no Brasil. As diretrizes abordam modelagem flexível, arquitetura modular, processamento assíncrono, interfaces centradas no usuário, interoperabilidade, visualização geoespacial, análise de cenários e rastreabilidade analítica.*

1. Introdução

O setor de saúde pública, especialmente no contexto do Sistema Único de Saúde (SUS), enfrenta desafios contínuos relacionados à alocação de recursos, previsão de demandas e tomada de decisão estratégica. A organização federativa do SUS, aliada aos princípios de universalidade, integralidade e equidade, exige que gestores lidem com dados heterogêneos, múltiplos níveis administrativos e restrições operacionais. Estudos recentes sobre interoperabilidade em sistemas universais de saúde, como o de [Fernandez et al. 2025], reforçam a relevância da integração entre bases de atenção primária, atenção hospitalar e sistemas administrativos para a gestão pública.

Nesse cenário, sistemas analíticos de apoio à decisão podem contribuir para integrar dados, executar modelos preditivos e de otimização e apresentar resultados de forma compreensível. Revisões recentes sobre arquiteturas para sistemas de informação em saúde indicam que a efetividade dessas soluções depende da articulação entre componentes técnicos, padrões de integração, mecanismos de processamento e interfaces adequadas às práticas institucionais [Casanova et al. 2025]. Além disso, aplicações em saúde pública demandam atenção a aspectos territoriais, pois desigualdades no acesso, distribuição de unidades e demanda por serviços possuem forte dimensão geográfica.

Este artigo sintetiza diretrizes derivadas do desenvolvimento do SmartApSUS [Pinheiro et al. 2025], uma plataforma analítica integrada para a Atenção Primária à

Saúde (APS) brasileira. A plataforma integra dados públicos, módulos de previsão de demanda, mecanismos de otimização e visualizações interativas para apoiar decisões sobre alocação de recursos e planejamento de serviços, conforme apresentado por [Pinheiro et al. 2025]. O objetivo deste trabalho é sistematizar lições aprendidas em diretrizes práticas para o desenvolvimento de sistemas de informação em saúde, destacando sua aplicação em um estudo de caso real e suas implicações sociotécnicas.

2. Trabalhos Relacionados

Sistemas de apoio à decisão em saúde combinam informática em saúde, ciência de dados, visualização de informação e interação humano-computador. No contexto brasileiro, a integração entre sistemas nacionais de informação em saúde permanece como desafio relevante, especialmente na atenção primária. O estudo de [Coelho Neto et al. 2021] discute a integração entre sistemas nacionais de informação em saúde no Brasil e evidencia limitações associadas à fragmentação informacional, à heterogeneidade das bases e à necessidade de produzir informação acionável para gestores.

A literatura recente também destaca a importância de arquiteturas modulares e interfaces adequadas ao uso por profissionais não técnicos. Trabalhos sobre microsserviços, como [Jamshidi et al. 2018], discutem benefícios e desafios da decomposição de sistemas em serviços independentes. Em paralelo, estudos sobre interação humano-dados, como [Vitorelli and Dos Reis 2024], reforçam que visualizações e mecanismos de exploração devem ser projetados considerando o entendimento, as tarefas e as limitações dos usuários finais.

Por sua vez, trabalhos vinculados ao ecossistema SmartApSUS exploram componentes específicos dessa linha de pesquisa. A plataforma integrada foi apresentada por [Pinheiro et al. 2025], enquanto [Nascimento et al. 2025] discutem a modelagem conceitual para parametrização e armazenamento de resultados analíticos. O serviço de previsão de demanda foi descrito por [Pereira et al. 2025], e a otimização do dimensionamento da força de trabalho em unidades de APS foi abordada por [Santos et al. 2026]. Apesar desses avanços, ainda há espaço para sistematizar diretrizes que conectem arquitetura, modelagem, interoperabilidade, visualização e design de interfaces em sistemas de apoio à decisão para saúde pública.

3. Diretrizes Propostas

O desenvolvimento de sistemas de informação em saúde envolve desafios técnicos, organizacionais e sociais. Com base na experiência do SmartApSUS e na literatura recente sobre sistemas de informação em saúde, foram consolidadas oito diretrizes para orientar o projeto de plataformas analíticas voltadas à gestão pública.

Diretriz 1. Adotar modelagem de dados flexível e evolutiva. Sistemas de saúde precisam lidar com novos indicadores, mudanças em protocolos, atualização de bases públicas e evolução de métodos analíticos. Por isso, recomenda-se combinar estruturas relacionais com mecanismos capazes de armazenar parâmetros e resultados semiestruturados. Estudos sobre modelagem e persistência de dados em registros eletrônicos de saúde, como [Gamal et al. 2021], indicam que a padronização precisa ser equilibrada com flexibilidade para acomodar diferentes necessidades de análise.

Diretriz 2. Utilizar arquiteturas modulares e de baixo acoplamento. Plataformas analíticas devem separar responsabilidades entre módulos de ingestão, processamento, execução de modelos e visualização. Arquiteturas de serviços independentes favorecem evolução incremental, isolamento de responsabilidades e escalabilidade seletiva, conforme discutido por [Newman 2021]. Essa organização também reduz dependências diretas entre interface, regras de negócio e serviços analíticos.

Diretriz 3. Utilizar processamento assíncrono para tarefas analíticas. Modelos preditivos, rotinas de otimização e análises espaciais podem exigir alto tempo de processamento. A execução síncrona dessas tarefas compromete a responsividade da interface e dificulta o uso do sistema por gestores em atividades exploratórias. Assim, recomenda-se o uso de filas e serviços em segundo plano para registrar solicitações, executar algoritmos de forma independente e retornar resultados quando disponíveis.

Diretriz 4. Projetar interfaces centradas no usuário. Sistemas de apoio à decisão devem ser compreensíveis para gestores e profissionais com diferentes níveis de familiaridade tecnológica. Diretrizes de interação humano-dados ajudam a orientar interfaces com parâmetros explícitos, filtros compreensíveis e visualizações interpretáveis, como discutido por [Victorelli and Dos Reis 2024]. Essa diretriz também reforça a importância de avaliação de usabilidade e utilidade percebida durante o desenvolvimento.

Diretriz 5. Garantir interoperabilidade entre fontes de dados. Dados relevantes para a gestão da saúde estão distribuídos em bases administrativas, epidemiológicas, demográficas e geoespaciais. Portanto, é necessário adotar processos de extração, transformação, carga, padronização e integração. A experiência brasileira analisada por [Coelho Neto et al. 2021] evidencia que a interoperabilidade é condição essencial para reduzir a fragmentação informacional e ampliar o uso estratégico de dados na atenção primária.

Diretriz 6. Incorporar visualização geoespacial como ferramenta analítica. A dimensão territorial é central para a APS. Mapas interativos permitem comparar regiões, identificar vazios assistenciais, analisar cobertura e apoiar decisões sobre localização de unidades. A navegação por níveis de agregação, como estado, município e unidade de saúde, torna os resultados mais interpretáveis para gestores.

Diretriz 7. Oferecer suporte à análise de cenários. Além de descrever a situação atual, plataformas analíticas devem permitir simular alternativas de decisão. Funcionalidades do tipo *what-if* possibilitam avaliar impactos potenciais de redistribuição de profissionais, abertura de unidades, mudanças em critérios de priorização e variações de demanda. Estudos sobre priorização e alocação de recursos em saúde, como [Seixas et al. 2021], reforçam a importância de considerar múltiplos critérios e consequências práticas para diferentes grupos populacionais.

Diretriz 8. Assegurar rastreabilidade e reprodutibilidade analítica. Sistemas que executam modelos preditivos ou de otimização devem registrar parâmetros, versões de algoritmos, bases utilizadas e resultados obtidos. Esse registro permite reproduzir análises e auditar decisões, fortalecendo a governança dos processos analíticos.

4. Estudo de Caso: SmartApSUS

O SmartApSUS [Pinheiro et al. 2025] é uma plataforma analítica voltada ao apoio à tomada de decisão estratégica na APS brasileira. A solução integra dados de fontes como CNES, IBGE e DATASUS, além de módulos de previsão de demanda, otimização de recursos e visualização geoespacial. O desenvolvimento da plataforma ilustra como as diretrizes propostas podem ser aplicadas de forma integrada em um sistema real.

A modelagem flexível foi implementada por meio da entidade EXECUCAO, responsável por armazenar parâmetros de entrada e resultados de algoritmos em formato JSON no PostgreSQL. Em vez de criar uma tabela específica para cada novo método analítico, essa estrutura permite incorporar modelos de previsão e otimização sem alterar o núcleo do esquema de dados. Essa decisão está alinhada à modelagem conceitual proposta por [Nascimento et al. 2025], especialmente por lidar com requisitos voláteis em aplicações de saúde.

A arquitetura segue princípios de modularidade e processamento assíncrono. O frontend, desenvolvido em React/Next.js, comunica-se com um serviço de software em Java/Spring, responsável por orquestrar requisições e enviá-las a uma fila RabbitMQ. Um serviço de dados em Python consome as mensagens, executa algoritmos preditivos ou de otimização e registra os resultados. Essa separação de responsabilidades facilita a evolução independente dos módulos e reduz o acoplamento entre componentes.

As interfaces foram concebidas para permitir que gestores configurem consultas e execuções analíticas por meio de parâmetros explícitos. No módulo de otimização locacional, o usuário define objetivos, métricas e pesos para critérios como população e densidade populacional. No módulo de otimização de força de trabalho, a plataforma apoia decisões sobre dimensionamento e redistribuição de profissionais em unidades de APS, em consonância com a abordagem apresentada por [Santos et al. 2026]. Já o módulo de previsão de demanda permite selecionar municípios, períodos e parâmetros de análise, seguindo a lógica de serviços analíticos discutida por [Pereira et al. 2025].

A visualização geoespacial é um componente central do sistema. O mapa interativo permite navegar por estados, municípios e unidades de saúde, aplicar filtros por tipologia de unidade e visualizar resultados de modelos diretamente no território. Ao combinar dados integrados, modelos analíticos e visualizações interativas, a plataforma cria um ambiente de apoio à decisão orientado por evidências, aproximando técnicas computacionais das necessidades práticas da gestão pública em saúde.

Implicações Sociotécnicas. A experiência do SmartApSUS evidencia que sistemas de informação em saúde não são apenas artefatos técnicos. Eles influenciam rotinas de trabalho, formas de interpretação dos dados e práticas institucionais de planejamento. No contexto do SUS, uma plataforma analítica pode apoiar gestores na identificação de desigualdades territoriais, na priorização de investimentos e na avaliação de alternativas antes da implementação de políticas públicas.

Do ponto de vista organizacional, visualizações geoespaciais, modelos preditivos e simulações de cenários ampliam o repertório analítico das equipes técnicas. Contudo, a adoção efetiva dessas ferramentas depende de sua adequação às práticas reais de gestão. Por isso, diretrizes como design centrado no usuário, interoperabilidade, rastreabilidade e modularidade devem ser compreendidas como elementos sociotécnicos, conectando de-

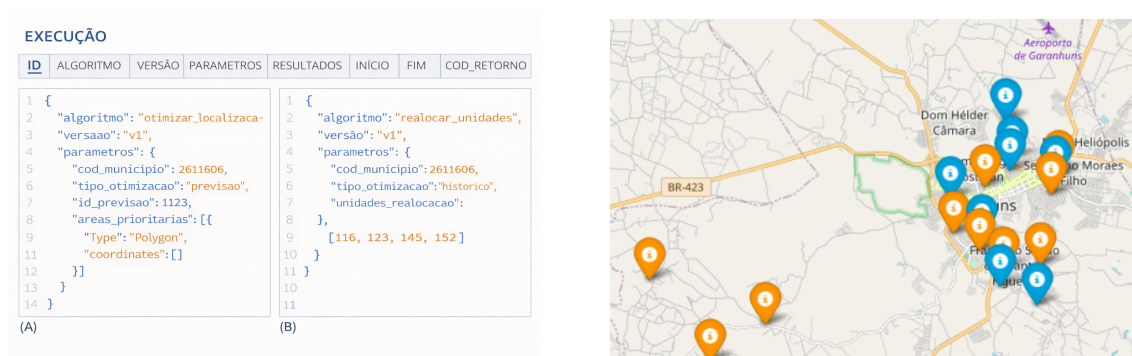


Figura 1. Exemplos da plataforma SmartApSUS: à esquerda, estrutura de execução para armazenamento flexível de parâmetros e resultados analíticos; à direita, visualização geoespacial de resultados de otimização espacial de unidades de APS.

cisões de engenharia de software a necessidades institucionais, culturais e operacionais.

Também é importante reconhecer que decisões apoiadas por sistemas analíticos podem impactar a distribuição territorial de recursos e o acesso a serviços. Assim, a transparência sobre parâmetros utilizados, dados integrados e resultados gerados é essencial para aumentar a confiança institucional na plataforma. A rastreabilidade das execuções contribui para auditoria, reprodutibilidade e discussão pública de cenários, fortalecendo práticas de gestão baseadas em evidências.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este artigo apresentou diretrizes para o desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão na área da saúde, com base na experiência do SmartApSUS. As diretrizes abrangem modelagem flexível, arquitetura modular, processamento assíncrono, interfaces centradas no usuário, interoperabilidade, visualização geoespacial, análise de cenários e rastreabilidade analítica. O estudo de caso mostrou como essas decisões contribuem para uma plataforma mais flexível, sustentável e adequada às necessidades da gestão pública em saúde.

Como trabalhos futuros, pretende-se ampliar a avaliação da plataforma com gestores e profissionais da saúde, investigando usabilidade, utilidade percebida e impacto no processo decisório. Também serão conduzidas avaliações de escalabilidade dos serviços analíticos, considerando diferentes volumes de dados, múltiplas execuções simultâneas e tempo de resposta dos módulos de previsão e otimização.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e o financiamento do Departamento de Ciência e Tecnologia da Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Complexo da Saúde do Ministério da Saúde – Decit/SECTICS/MS no projeto de pesquisa, processo 445259/2023-0.

Referências

Casanova, R., Villa-Garzon, F. A., and Branch-Bedoya, J. W. (2025). Architectural patterns for health information systems: a systematic review. *Frontiers in Digital Health*, 7:1694839.

- Coelho Neto, G. C., Andreazza, R., and Chioro, A. (2021). Integration among national health information systems in brazil: the case of e-sus primary care. *Revista de Saude Publica*, 55:93.
- Fernandez, M., Pinto, H. A., Fernandes, L. d. M. M., Oliveira, J. A. S. d., Lima, A. M. F. d. S., Santana, J. S. S., and Chioro, A. (2025). Interoperability in universal healthcare systems: insights from brazil's experience integrating primary and hospital health care data. *Frontiers in Digital Health*, 7:1622302.
- Gamal, A., Barakat, S., and Rezk, A. (2021). Standardized electronic health record data modeling and persistence: A comparative review. *Journal of Biomedical Informatics*, 114:103670.
- Jamshidi, P., Pahl, C., Mendonca, N. C., Lewis, J., and Tilkov, S. (2018). Microservices: The journey so far and challenges ahead. *IEEE Software*, 35(3):24–35.
- Nascimento, D. C., Vanderlei, I. M., and Silva, D. (2025). Conceptual modeling of algorithm parameterization and results considering volatile data requirements: A case study in the context of primary healthcare. In *Anais do XXI Simposio Brasileiro de Sistemas de Informacao*, pages 399–408, Recife, PE, Brasil. SBC.
- Newman, S. (2021). *Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems*. O'Reilly Media, Sebastopol, CA, 2 edition.
- Pereira, L. F. A., Ferreira, L. B., Nascimento, D. C., Vanderlei, I. M., Silva, D., Santos, V. B., Gomes, M. S., and Melo, I. A. (2025). Design, integration, and evaluation of a demand forecasting service in the context of primary healthcare. In *Anais do XXI Simposio Brasileiro de Sistemas de Informacao*, pages 506–514, Recife, PE, Brasil. SBC.
- Pinheiro, T., Gomes, M., Vanderlei, I., Nascimento, D., Fabricio, T., Andrade, R., and Silva, D. (2025). Smartapsus: Integrando dados, previsao e otimizacao para fortalecer a gestao da aps no brasil. In *Anais Estendidos do XL Simposio Brasileiro de Bancos de Dados*, pages 82–87, Fortaleza, CE, Brasil. SBC.
- Santos, M., Tenorio, G., Barros, B. J. S., Nogueira, B., Nascimento, D. C., and Pinheiro, R. G. S. (2026). A system for workforce sizing optimization to enhance service capacity in primary healthcare units. In *Anais do XXII Simposio Brasileiro de Sistemas de Informacao*, pages 890–909. SBC.
- Seixas, B. V., Dionne, F., and Mitton, C. (2021). Practices of decision making in priority setting and resource allocation: a scoping review and narrative synthesis of existing frameworks. *Health Economics Review*, 11:2.
- Victorelli, E. Z. and Dos Reis, J. C. (2024). Adopting human-data interaction guidelines and participatory practices for supporting inexperienced designers in information visualization applications. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 30(1):35–54.