

O DESAFIO DA PRECISÃO A FALTA DE TRANSPARÊNCIA E DINAMISMO NAS FILAS DE ESPERA DO SUS: ESTUDO DE CASO DO SISTEMA INTEGRADO DE PREVISÃO E FILA DO SUS

SANDRYEL VICTOR ROSA MORAIS
GIAN LUCCA SIMPSONS DE MENESES
DAVI DE SOUZA LOPES

RESUMO

A gestão das filas de espera no Sistema Único de Saúde (SUS) representa um dos maiores desafios da administração pública brasileira, impactando diretamente a qualidade de vida do cidadão. Este trabalho apresenta o Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS, um sistema inteligente projetado para atuar de forma integrada aos prontuários eletrônicos e sistemas hospitalares já existentes. A pesquisa adotou uma metodologia mista, com levantamento descritivo e análise exploratória, fundamentada na extração de eventos clínicos em tempo real e na simulação de fluxos assistenciais. O diferencial da solução reside em seu "Módulo de Integração Externa", que utiliza APIs para capturar em tempo real eventos como agendamentos, atendimentos e faltas. Essa automação elimina o erro humano do preenchimento manual e alimenta um modelo preditivo capaz de recalcular previsões de espera com alta precisão. Os resultados teóricos indicam que a transição de uma gestão estática para um monitoramento dinâmico e automatizado promove maior transparência, reduz a ociosidade dos consultórios e humaniza o atendimento ao fornecer previsões realistas aos pacientes.

Palavras-chave: API. Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS. atendimento. Pacientes

ABSTRACT

Managing waiting lists within the Unified Health System (SUS) is one of the greatest challenges facing Brazilian public administration, directly impacting citizens' quality of life. This paper presents the SUS Integrated Forecasting and Queue System, an intelligent system designed to integrate with existing electronic health records and hospital systems. The research employed a mixed-methods approach—combining a descriptive survey with exploratory analysis—based on the real-time extraction of clinical events and the simulation of care workflows. The solution's key feature is its "External Integration Module," which uses APIs to capture events such as appointments, consultations, and no-shows in real time. This automation eliminates human error associated with manual data entry and feeds a predictive model capable of recalculating wait-time forecasts with high precision. Theoretical results indicate that transitioning from static management to dynamic, automated monitoring fosters greater transparency, reduces idle time in consultation rooms, and humanizes care by providing patients with realistic forecasts.

Keywords: API. SUS Integrated Forecasting and Queue System. Care delivery. Patients.

1. INTRODUÇÃO

A saúde pública é feita de pessoas e para pessoas, mas muitas vezes, o que separa o paciente do seu direito ao atendimento é uma barreira invisível e complexa: a fila. No cenário atual, a gestão

dessas listas de espera ainda sofre com a fragmentação de dados e processos manuais que geram previsões imprecisas e consequentemente frustração tanto para o profissional de saúde quanto para o usuário.

Este projeto foi desenvolvido com o objetivo de tornar a gestão das filas de espera mais transparente e eficiente. A proposta consiste na criação do Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS, um sistema capaz de integrar informações provenientes dos sistemas já utilizados pelas unidades de saúde, fornecendo previsões mais precisas sobre o tempo de espera dos pacientes e auxiliando gestores na tomada de decisões.

Ao implementar uma arquitetura baseada em integração via API, o sistema passa a ouvir o que acontece no consultório em tempo real. Quando um médico realiza um atendimento ou registra uma falta, o Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS reage instantaneamente, recalculando as posições e o tempo de espera para todos os outros pacientes da rede.

Além dos ganhos operacionais, a proposta busca reduzir a incerteza enfrentada pelos pacientes durante a espera por atendimento. Parte-se da premissa de que a falta de informações confiáveis sobre o andamento da fila contribui diretamente para a insatisfação dos usuários. Dessa forma, o sistema utiliza a automação e a análise de dados para fornecer previsões mais próximas da realidade, promovendo maior transparência, melhor gestão dos recursos disponíveis e apoio à tomada de decisão por parte dos gestores públicos.

2. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Para fins de desenvolvimento desta pesquisa, foi considerado um cenário conceitual baseado nas características operacionais de uma Unidade de Pronto Atendimento (UPA) de médio porte pertencente à rede pública de saúde. A modelagem desse ambiente teve como referência os fluxos de atendimento normalmente descritos na literatura sobre gestão em saúde e organização dos serviços do Sistema Único de Saúde (SUS).

A escolha desse cenário justifica-se pela elevada demanda de atendimentos observada nesse tipo de unidade, onde o gerenciamento eficiente das filas representa um fator importante para a qualidade do serviço prestado à população. Nesse contexto, pacientes frequentemente enfrentam dificuldades relacionadas à falta de previsibilidade sobre o tempo de espera, enquanto profissionais e gestores precisam lidar com informações dispersas entre diferentes sistemas de informação.

Ressalta-se que o cenário utilizado neste trabalho não corresponde a uma unidade específica nem foi construído a partir de coleta direta de dados em campo. Trata-se de uma representação conceitual elaborada com o objetivo de simular os desafios encontrados em unidades públicas de saúde e permitir a modelagem da solução proposta.

A partir desse cenário, foram identificados problemas relacionados à fragmentação das informações, à atualização manual das filas e à ausência de mecanismos capazes de fornecer previsões confiáveis sobre o tempo de atendimento. Esses desafios serviram como base para a concepção do Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS, cuja proposta é integrar sistemas existentes, automatizar processos e disponibilizar informações mais precisas para pacientes, profissionais e gestores.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 O Fator Humano e os Gargalos na Gestão Pública

A saúde pública brasileira, embora monumental em sua abrangência, enfrenta desafios estruturais que impactam diretamente o cidadão. Como bem observa **Paim** (2018), o SUS é um sistema de "luzes e sombras", onde o acesso universal muitas vezes esbarra na ineficiência da gestão de fluxos. Essa ineficiência não é apenas técnica; ela é humana. Segundo a **Política Nacional de Humanização** (BRASIL, 2013), o acolhimento deve ser a base de qualquer atendimento, e a espera sem informação é uma das maiores formas de desumanização no serviço público, transformando o cuidado em ansiedade.

Paim (2018) reforça que a fila é o espelho das desigualdades sociais, e ignorar o tempo do usuário é ignorar sua própria dignidade. Além disso, a espera prolongada sem suporte informativo corrói a imagem de resolutividade do sistema gerando um ciclo de descrença que afeta a própria adesão do paciente ao tratamento. Dessa forma, a redução do tempo de espera não representa apenas uma melhoria operacional, mas também uma ação capaz de contribuir para o bem-estar dos pacientes e para a qualidade do atendimento prestado. A gestão inteligente de fluxos atua como uma ferramenta de justiça distributiva, garantindo que o tempo, esse recurso escasso, seja gerido com equidade e transparência absoluta para todos.

3.2 Sistemas de Informação e a Fragmentação de Dados

A tecnologia tem o papel de ser a espinha dorsal da assistência, mas a realidade atual é de isolamento. **Moraes** (2002) já alertava para a "prática fragmentada", onde cada setor hospitalar funciona como uma ilha de informação. Para **Marin** (2014), um sistema de informação eficiente não deve ser apenas um depósito de dados, mas uma ferramenta que liberte o profissional da carga burocrática. O Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS surge para combater essa fragmentação, conectando o que **Moraes** (2002) chama de ilhas de dados em um ecossistema único, dinâmico e inteligente. Essa integração é vital porque a desatualização de um registro pode significar um leito vazio enquanto alguém espera ou uma consulta perdida por falha de agendamento. Quando os sistemas são isolados, o custo operacional aumenta drasticamente devido à duplicidade de tarefas e ao tempo perdido em conferências manuais. **Marin** (2014) destaca que a qualidade do dado é a garantia da segurança do paciente; se o sistema falha em comunicar o status real da unidade, o erro administrativo acaba se transformando em um erro assistencial. Essa visão sistêmica transforma a unidade de saúde de uma estrutura reativa para uma unidade estratégica de alta performance assistencial e informativa.

3.3 APIs: Pontes Invisíveis e Interoperabilidade

A solução para o silêncio entre os softwares reside na capacidade de diálogo entre eles. **Sayão e Sales** (2016) definem a interoperabilidade técnica como uma "dimensão invisível", mas essencial para a comunicação científica e tecnológica. Ao utilizar APIs (Interfaces de Programação de Aplicações), o sistema permite que o dado flua sem intervenção manual. Conforme explicam **Sayão e Sales** (2016), essa automação é o que garante a integridade da informação, evitando o erro humano e o retrabalho, que são pontos críticos na gestão da qualidade. Sob a perspectiva de controle de falhas, a API atua como um mecanismo de inspeção automática: ela valida a conformidade do evento clínico quando ele ocorre. Essa arquitetura de microsserviços promove uma resiliência sistêmica, permitindo a rastreabilidade completa do processo e tornando a gestão pública imune a manipulações externas ou esquecimentos. É a tecnologia de "ponta a ponta" que assegura que o médico foque

exclusivamente no paciente, enquanto a inteligência dos bastidores cuida da fidelidade dos dados.

3.4 A Psicologia da Espera e a Previsibilidade

A ciência de dados aplicada à saúde permite transformar números em alívio emocional. **Maister** (1985), o precursor dos estudos sobre a psicologia das filas, defende que "a espera incerta parece muito mais longa do que a espera com tempo determinado". Quando o sistema fornece uma previsão realista, ele atua diretamente no bem-estar do paciente. Complementando essa visão, **Moretti** (2010) afirma que a gestão do tempo de espera é, antes de tudo, um ato de respeito e transparência, permitindo que o hospital se organize antes mesmo que o gargalo se torne uma crise. A previsibilidade fornecida pelo modelo dinâmico cria um ambiente de cooperação, reduzindo drasticamente os níveis de ansiedade e conflito na recepção hospitalar. **Maister (1985)** enfatiza que o sentimento de injustiça como não entender a ordem de chamada é o que gera a maior percepção negativa do serviço. Ao exibir dados calculados por algoritmos neutros e atualizados, o sistema promove uma percepção de imparcialidade e honestidade. No fim, a precisão matemática das previsões se traduz em uma melhora direta na reputação do serviço público perante a comunidade, transformando a angústia da fila em um tempo planejado e respeitado.

4. METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, exploratória e descritiva, tendo como objetivo propor uma solução tecnológica para o gerenciamento das filas de atendimento do Sistema Único de Saúde (SUS). O estudo foi desenvolvido por meio de revisão bibliográfica e análise de trabalhos relacionados às áreas de gestão em saúde, interoperabilidade de sistemas, engenharia de software e inteligência artificial.

A proposta do Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS foi modelada a partir de um cenário conceitual baseado nas características operacionais de uma Unidade de Pronto Atendimento (UPA) de médio porte. Dessa forma, o trabalho não envolveu coleta de dados em campo, entrevistas com profissionais de saúde ou observação direta de atendimentos, sendo classificado como um estudo de natureza teórica e aplicada voltado à modelagem de uma solução computacional.

A partir dos problemas identificados na literatura e nos processos normalmente observados em unidades públicas de saúde, foram definidos os requisitos, a arquitetura da solução, os fluxos operacionais e os mecanismos de integração entre sistemas utilizados na proposta. A arquitetura proposta foi baseada em APIs REST desenvolvidas com o framework FastAPI, responsável por receber eventos provenientes dos sistemas externos por meio de endpoints específicos. Esses eventos representam situações como conclusão de atendimentos, faltas de pacientes, cancelamentos de consultas e novos agendamentos, permitindo a atualização automática das filas em tempo quase real.

5. PROPOSTA DE MELHORIA

O Alicerce Tecnológico das Ferramentas de TI para a Integração para materializar a "ponte inteligente" proposta pelo Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS e quando orientada pela

padronização de dados, pela integração dos sistemas e pela melhoria contínua dos processos seja aplicada sem gerar novas cargas de trabalho para os profissionais de saúde, a arquitetura do sistema foi desenhada sobre ferramentas de Tecnologia da Informação modernas, ágeis e focadas em interoperabilidade. A escolha de cada tecnologia não se deu apenas por critérios de processamento, mas pela capacidade de responder à urgência do paciente em tempo real. Para corrigir essa falha de comunicação, a intervenção propõe a implementação do Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS. O principal diferencial da proposta está na utilização de APIs para integração com sistemas já existentes, permitindo que eventos clínicos sejam registrados e processados em tempo real.

Arquitetura Tecnológica do Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS

O Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS é um sistema web, não um software instalado na máquina de cada funcionário. Ele funciona como uma camada de inteligência que roda em servidores e é acessado pelo navegador tanto pelo gestor no painel administrativo quanto pelo paciente na sala de espera em um monitor ou TV. Ele não substitui os sistemas do governo (como o SISREG), mas se conecta a eles via API, lendo os eventos que acontecem lá em tempo real. Em vez de ser embarcado dentro de um portal governamental, o Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS opera nos bastidores: escuta o que ocorre no prontuário eletrônico e no sistema de agendamento, processa esses dados e devolve informações organizadas para os painéis da recepção e para o portal do paciente. É como um intérprete que traduz eventos clínicos em informações úteis em milissegundos.

As ferramentas de Tecnologia da Informação (TI) que alicerçam esta mudança incluem:

FastAPI (Framework Python): Atuará como o motor do Módulo de Integração Externa. Sua escolha justifica-se pela altíssima performance e suporte a operações assíncronas. Na prática, isso significa que quando um médico finaliza um atendimento, o FastAPI processa essa informação em milissegundos, garantindo que o painel na recepção seja atualizado sem qualquer "engasgo" ou latência.

APIs RESTful e Webhooks: Representam a linguagem de comunicação do sistema. As APIs funcionam como as "estradas" por onde os dados viajam entre o prontuário eletrônico do hospital e o Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS de forma invisível. Os endpoints (como POST /integracao/atendimento-realizado) garantem que o sistema apenas "escute" os eventos, eliminando o erro humano do retrabalho de digitação.

Modelo de Inteligência Preditiva (Ciência de Dados): Ferramentas de análise de dados e algoritmos preditivos atuarão como o "cérebro" do recálculo de filas. Em vez de usar médias de tempo estáticas e irreais, o sistema utiliza dados vivos para recalculá-la posição e o tempo estimado de quem ainda aguarda, aprendendo com as taxas de faltas e cancelamentos do dia.

Como que funciona o funcionamento do sistema

Para a construção do módulo de previsão, poderão ser avaliadas diferentes abordagens de aprendizado supervisionado, como Regressão Linear, Random Forest Regressor e algoritmos baseados em Séries Temporais. Essas técnicas permitem analisar padrões históricos relacionados ao volume de atendimentos, faltas, cancelamentos, horários de pico e tempo médio de consulta.

A implementação poderá ser realizada utilizando bibliotecas amplamente adotadas na comunidade científica e de desenvolvimento de software, como Scikit-Learn, Pandas e NumPy. A

seleção do modelo mais adequado dependerá dos resultados obtidos durante os testes de desempenho e precisão das previsões.

Painel de Monitoramento Web (Dashboard UI): Ferramentas de desenvolvimento Frontend (como React, Vue ou HTML/JS moderno) serão utilizadas para criar a interface gráfica. Haverá duas visões: uma humanizada e clara para os painéis da sala de espera, reduzindo a ansiedade do cidadão; e um painel técnico e analítico para que os gestores possam atuar na prevenção de superlotação.

As tecnologias utilizadas no sistema

O Painel de Monitoramento Web (Dashboard UI) constitui a camada de inteligência visual e governança do Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS, projetado para consolidar a transparência pública e subsidiar a tomada de decisão gerencial. Operando de forma assíncrona com consumo de dados estruturados em formato JSON via API FastAPI, a interface renderiza em tempo real os indicadores de fluxo assistencial extraídos das tabelas do banco de dados MySQL. Através de componentes visuais reativos, o painel exibe de forma centralizada a ordenação dinâmica das filas, os tempos médios de atendimento por especialidade médica e os índices epidemiológicos de absenteísmo diário.

Segurança e Autenticação (Tokens e API Keys): Tratando-se de dados de saúde, o respeito à privacidade é inegociável. A comunicação via API utilizará tokens de segurança e validação de origem, garantindo que a rede seja blindada contra acessos indevidos e que os logs de auditoria mantenham o processo transparente e seguro.

Segurança da Informação e Conformidade com a LGPD

Considerando que o Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS realiza o tratamento de informações relacionadas ao atendimento de pacientes, a solução foi projetada em conformidade com os princípios estabelecidos pela Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).

A comunicação entre os sistemas ocorrerá por meio de conexões seguras utilizando o protocolo HTTPS e autenticação baseada em JSON Web Tokens (JWT), garantindo que apenas sistemas autorizados possam acessar os serviços disponibilizados pela API.

Além disso, sempre que possível, os modelos de análise e previsão utilizarão dados pseudonimizados, reduzindo a exposição de informações pessoais dos pacientes durante o processamento estatístico. Também serão implementados mecanismos de registro de eventos (logs), controle de acesso por perfil de usuário e rastreabilidade das operações realizadas no sistema.

Levantamentos dos Requisitos Funcionais e Requisitos não Funcionais

Requisitos Funcionais (RF)

São as funções diretas do sistema. Eles descrevem as ações, comportamentos e serviços que o software deve obrigatoriamente executar para atender às necessidades do usuário. Em Resumo: é o que o sistema faz.



Tabela dos Requisitos Funcionais (RF)

ID	Requisito Funcional	Descrição
RF01	Consulta posição na fila	deO paciente consulta sua posição informando o CPF ou o número do cartão/protocolo SUS.
RF02	Receber evento de atendimento	deO sistema recebe automaticamente via API a confirmação de início/realização de atendimento.
RF03	Receber evento de falta	deO sistema processa a falta (absenteísmo) e reposiciona o paciente automaticamente.
RF04	Receber cancelamento	O sistema recebe cancelamentos de consultas e libera o slot vago na fila.
RF05	Recalcular previsões	Após qualquer evento clínico na rede, o sistema recalcula a previsão de tempo de espera.
RF06	Painel monitoramento	deO gestor acessa o painel em tempo real com métricas, logs operacionais e indicadores.
RF07	Autenticação API Key	porTodos os endpoints do sistema exigem chave de API válida para aceitar requisições.
RF08	Histórico auditoria	deO sistema registra todos os eventos com data, hora, origem, destino e resultado.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Requisitos Não Funcionais (RNF)

São as características de qualidade, restrições e propriedades de comportamento do sistema. Eles não descrevem uma função específica, mas determinam as condições e critérios sob as quais as funções devem operar. Em Resumo: é como o sistema deve ser (em termos de desempenho, segurança, confiabilidade etc.).



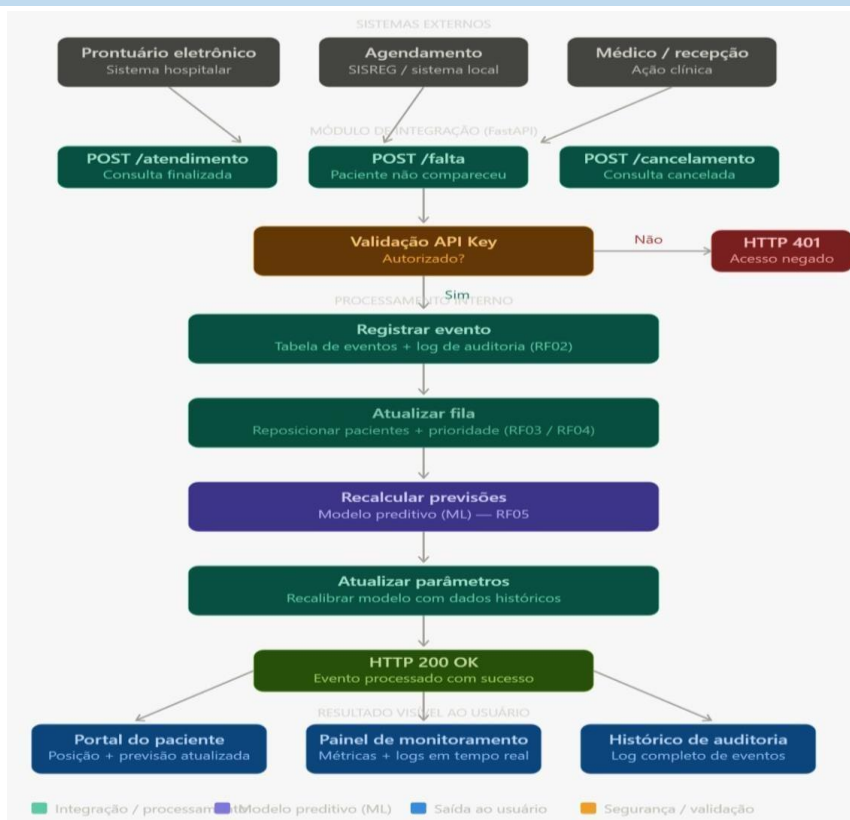
Tabela dos Requisitos não Funcionais (RNF)

ID	Requisito Funcional	Não	Critério de Aceitação
RNF01	Desempenho		O sistema deverá responder às requisições em até 2 segundos em 99% dos acessos realizados.
RNF02	Disponibilidade		O sistema deverá manter disponibilidade mínima de 99% durante sua operação.
RNF03	Segurança		Todas as comunicações de dados devem ser criptografadas via HTTPS, e as chaves de acesso (API Keys) devem ser armazenadas com hash seguro (bcrypt).
RNF04	Escalabilidade		A arquitetura de microsserviços deve suportar múltiplas unidades de saúde simultâneas sem sofrer degradação de desempenho.
RNF05	Usabilidade		O portal do paciente deve ser totalmente responsivo para dispositivos celulares, apresentando um tempo de carregamento inferior a 3 segundos.
RNF06	Manutenibilidade		A base de código do ecossistema deve seguir rigidamente os padrões da PEP8, contando com a documentação automatizada de todos os endpoints via OpenAPI/Swagger.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Toda essa engrenagem conceitual, de escopo e estrutural ganha vida por meio de um ciclo integrado de funcionamento, no qual o dado transita fluidamente por quatro etapas distintas e interdependentes. O processo se inicia no consultório médico com o gatilho clínico operacional, momento em que o profissional de saúde encerra o atendimento e interage com o prontuário eletrônico preexistente na unidade. No mesmo instante, ocorre o trânsito automático pela API desenvolvida em FastAPI que, por meio de mecanismos simultâneos e sem necessitar de qualquer redigitação ou intervenção manual humana, intercepta o sinal técnico e valida a conformidade da requisição no endpoint correspondente, inserindo imediatamente um registro de sucesso nos logs do sistema.

Diagrama de Fluxo da Arquitetura Operacional do Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS



Fonte: elaborado pelos autores, 2026



Fluxo do Paciente

O paciente é o principal beneficiário da solução da proposta. Seu fluxo de utilização ocorre da seguinte forma:

1. Realiza o cadastro ou agendamento do atendimento na unidade de saúde.
2. Recebe um número de protocolo para acompanhamento.
3. Tem seus dados registrados no sistema integrado.
4. Consulta sua posição na fila por meio do portal ou aplicativo.
5. Visualiza a previsão estimada de atendimento gerada pelo sistema.
6. Recebe notificações sobre alterações na fila.
7. É chamado para atendimento quando chegar sua vez.

Fluxo da Recepcionista

A recepcionista atua como responsável pelo controle inicial do atendimento.

1. Realiza o cadastro do paciente ou confirma informações já existentes.
2. Registra a chegada do paciente na unidade de saúde.
3. Atualiza dados cadastrais quando necessário.
4. Confirma a presença do paciente para inclusão na fila.
5. Acompanha em tempo real o andamento da fila de atendimento.
6. Auxilia pacientes na consulta das informações disponibilizadas pelo sistema.

Fluxo do Médico

O médico é responsável pela atualização do status dos atendimentos realizados.

1. Acessa a lista de pacientes disponíveis para atendimento.
2. Inicia o atendimento do paciente selecionado.
3. Realiza os procedimentos clínicos necessários.
4. Finaliza o atendimento no sistema.
5. O Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS registra automaticamente o encerramento da consulta.
6. Os dados gerados alimentam o modelo preditivo de estimativa de tempo.
7. A fila é recalculada automaticamente para os demais pacientes.

Fluxo do Gestor da Unidade

O gestor utiliza o sistema para monitoramento e tomada de decisões.

1. Acessa o painel administrativo do sistema.
2. Monitora indicadores de desempenho das filas.
3. Analisa tempos médios de espera e atendimento.
4. Identifica gargalos operacionais.
5. Acompanha relatórios estatísticos gerados pela plataforma.
6. Utiliza as informações para planejamento e otimização dos recursos da unidade.

Sistemas externos onde tudo começa o fluxo nasce fora do Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS. Três fontes disparam eventos: o prontuário eletrônico do hospital (quando o médico conclui um atendimento), o sistema de agendamento como o SISREG (quando uma consulta é marcada ou cancelada) e a própria ação do médico ou recepcionista no balcão. Para que a integração ocorra em tempo real, os sistemas de origem deverão disponibilizar mecanismos de comunicação por APIs REST ou Webhooks.

Quando essa integração não estiver disponível, poderá ser utilizado um mecanismo de consulta periódica (polling) para sincronização das informações. Dessa forma, o Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS adapta-se às diferentes realidades tecnológicas encontradas nas unidades de saúde.

Módulo de integração FastAPI a porta de entrada cada evento que chega dos sistemas externos bate em um endpoint específico da API. São três "portas" diferentes:

POST /atendimento: consulta foi finalizada, POST /falta paciente não compareceu, POST

/cancelamento consulta foi cancelada. Cada uma dessas portas recebe os dados automaticamente sem digitação manual.

Exemplos de Endpoints do Módulo de Integração FastAPI

O módulo de integração do Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS será responsável por receber eventos provenientes dos sistemas externos utilizados pelas unidades de saúde. Cada evento será encaminhado para um endpoint específico da API, permitindo que a fila seja atualizada automaticamente sem a necessidade de intervenção manual.

A partir desse evento, o Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS registra a duração do atendimento, remove o paciente da fila e recalcula as previsões dos próximos atendimentos.

Validação da API Key o segurança da entrada Antes de qualquer dado ser processado, o sistema pergunta: essa requisição tem autorização?

Se a chave de API for inválida ou ausente, o sistema devolve um erro HTTP 401 e bloqueia o acesso o dado não entra. Se a chave for válida, o fluxo segue no processamento interno onde a inteligência acontece com a requisição autorizada, o sistema executa quatro ações em sequência:

Registrar evento: grava o que aconteceu na tabela de eventos junto com um log de auditoria, com horário exato e tipo de operação. Isso garante rastreabilidade total.

Atualizar a fila: reorganiza as posições de todos os pacientes que ainda aguardam, respeitando prioridades clínicas como o Protocolo de Manchester.

Recalcular previsões: aciona o modelo de machine learning para recalcular o tempo estimado de espera de cada paciente com base nos dados do dia.

Recalibrar o modelo: atualiza os parâmetros do algoritmo com o novo dado histórico, tornando as próximas previsões ainda mais precisas.

HTTP 200 OK tudo certo após todo o processamento, o sistema confirma que o evento foi tratado com sucesso. Esse retorno sinaliza ao sistema de origem que pode seguir normalmente.

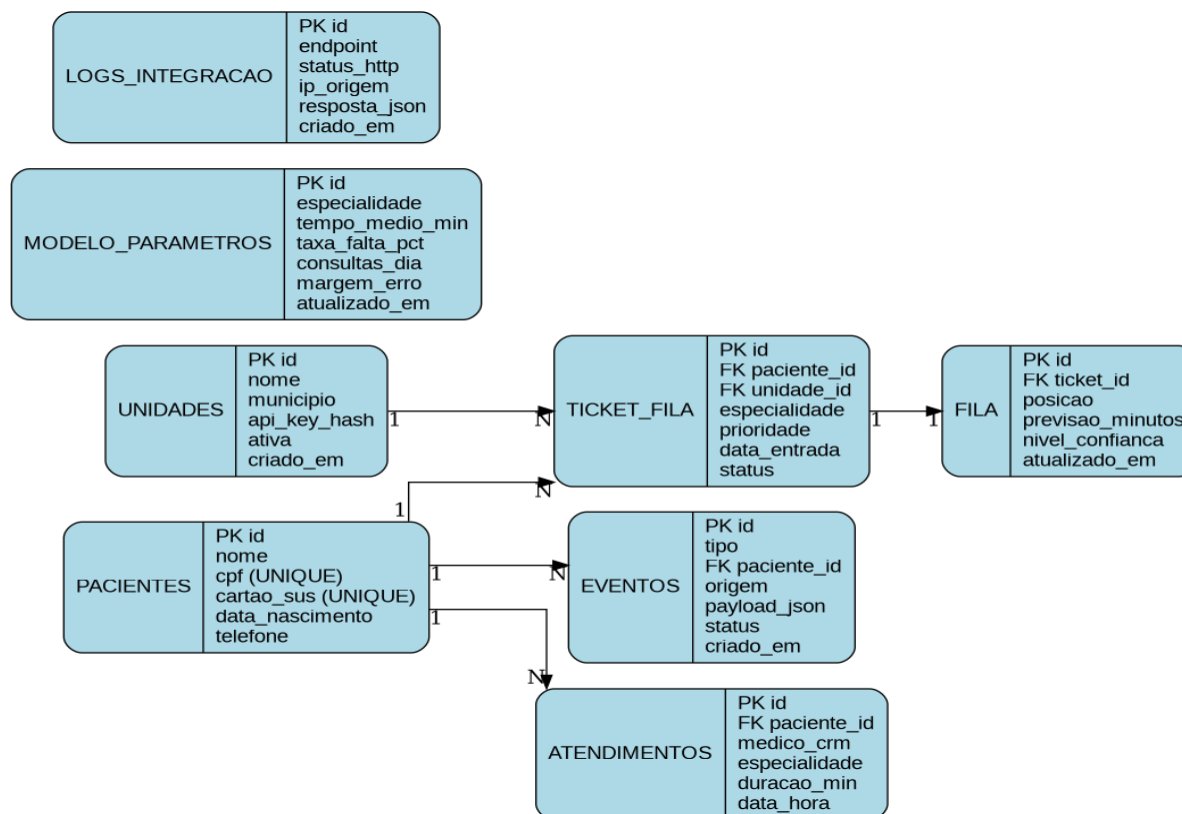
Saídas o resultado chega às pessoas o processamento se desdobra em três frentes visíveis:

Portal do paciente mostra a posição atualizada na fila e o tempo estimado de espera, diretamente na tela da sala de espera ou em um acesso pessoal.

Painel de monitoramento exibe métricas e logs em tempo real para os gestores, permitindo decisões preventivas antes que um gargalo vire crise.

Histórico de auditoria registra todos os eventos do dia para consulta futura, garantindo transparência e conformidade com a gestão pública.

Diagrama Modelo Entidade-Relacionamento (MER) do Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

O Funcionamento Geral do Sistema

O funcionamento inicia-se pelas unidades de saúde cadastradas na entidade **UNIDADES**, responsável por armazenar informações das instituições que utilizam a solução. Cada unidade possui dados de identificação, localização e uma chave de autenticação utilizada para garantir a segurança da comunicação entre os sistemas externos e a API do Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS. Essas unidades representam a origem dos dados enviados ao sistema, uma vez que qualquer movimentação relacionada aos pacientes é transmitida por meio dos serviços de integração disponibilizados pela aplicação.

Os pacientes são armazenados na entidade **PACIENTES**, que centraliza todas as informações cadastrais necessárias para identificação dos usuários do SUS. Cada paciente possui um registro único, identificado por informações como CPF e Cartão Nacional de Saúde, evitando duplicidade de cadastros e garantindo a consistência das informações. A partir desse cadastro principal, o paciente passa a se relacionar com diversas outras entidades do sistema, como atendimentos, eventos e filas de espera.

Sempre que ocorre alguma movimentação relevante envolvendo um paciente, como o agendamento de uma consulta, o cancelamento de um procedimento, a ausência em um atendimento ou a conclusão de uma consulta, um registro é criado na entidade **EVENTOS**. Essa entidade funciona como um histórico operacional do sistema, armazenando todos os acontecimentos recebidos através das integrações realizadas com os sistemas das unidades de saúde. Além do tipo do evento, são armazenadas informações sobre a origem da solicitação, os dados recebidos em formato JSON, o status do processamento e a data em que o evento foi registrado. Dessa forma, o sistema mantém rastreabilidade completa de todas as operações realizadas.

Quando um paciente necessita ser encaminhado para uma especialidade médica, é criado um registro na entidade **TICKET FILA**. Esse registro representa a entrada formal do paciente na fila de espera. Nesse momento são armazenadas informações como a unidade responsável pelo encaminhamento, a especialidade médica solicitada, a prioridade do atendimento, a data de entrada na fila e o status atual do processo. Essa estrutura permite que o sistema acompanhe toda a trajetória do paciente enquanto aguarda atendimento, possibilitando futuras atualizações conforme novos eventos sejam recebidos.

A partir da criação do ticket, o sistema gera informações na entidade **FILA**, responsável pelo controle das previsões de atendimento. Nessa tabela são armazenados dados relacionados à posição ocupada pelo paciente na fila, o tempo estimado de espera até o atendimento, o nível de confiança da previsão gerada pelo algoritmo e a data da última atualização realizada. Sempre que ocorre uma alteração no cenário da fila, como a realização de um atendimento, uma falta ou um cancelamento, os cálculos são reprocessados para refletir a nova realidade da demanda. Isso garante que as

informações disponibilizadas aos gestores e pacientes permaneçam atualizadas e consistentes.

Os registros de consultas efetivamente realizadas são armazenados na entidade **ATENDIMENTOS**. Essa entidade possui papel fundamental no sistema, pois fornece os dados históricos necessários para alimentar os algoritmos de previsão. Cada atendimento registra o paciente atendido, o profissional responsável, a especialidade médica, a duração da consulta e a data e horário em que ela ocorreu. Com base nesses dados, é possível identificar padrões de atendimento, calcular tempos médios de consulta e analisar o comportamento das filas em diferentes especialidades médicas.

Para que as previsões sejam realizadas com maior precisão, o sistema utiliza a entidade **MODELO PARAMETROS**, responsável pelo armazenamento dos parâmetros utilizados pelos algoritmos de cálculo. Nessa estrutura são mantidas informações como tempo médio de atendimento por especialidade, percentual médio de faltas, quantidade média diária de consultas realizadas e margem de erro aceitável para as previsões. Esses parâmetros são constantemente atualizados à medida que novos dados são coletados pelo sistema, permitindo que as estimativas se tornem progressivamente mais precisas e aderentes à realidade operacional das unidades de saúde.

Complementando a estrutura, a entidade **LOGS INTEGRACAO** é responsável pelo registro de todas as comunicações realizadas entre os sistemas externos e a API do Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS. Cada requisição recebida gera um registro contendo o endpoint acessado, o código de resposta HTTP retornado pelo sistema, o endereço IP de origem, a resposta enviada e a data da operação. Esse mecanismo é essencial para auditoria, monitoramento, rastreamento de erros e manutenção da segurança da plataforma, possibilitando a identificação rápida de falhas ou inconsistências durante os processos de integração.

De forma integrada, todas essas entidades trabalham em conjunto para permitir que o Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS receba informações em tempo real das unidades de saúde, registre os eventos ocorridos, acompanhe a situação dos pacientes nas filas de espera, processe os dados históricos de atendimento e gere previsões atualizadas sobre o tempo estimado para consultas e procedimentos. Essa arquitetura proporciona maior transparência no gerenciamento das filas do SUS, contribuindo para a otimização dos recursos disponíveis e para uma melhor experiência dos pacientes que aguardam atendimento.

Com o dado acolhido na infraestrutura digital, tem início do processamento interno no banco de dados MySQL, que interpreta a mudança de status da consulta para concluído e dispara uma instrução de atualização em massa na tabela de filas de atendimento, deduzindo o tempo médio estipulado para os demais usuários e convocando o modelo de aprendizado de máquina para recalibrar as previsões da rede. Por fim, o fluxo resulta

em um desfecho na entrega humanizada da informação, onde os painéis de visualização web instalados na sala de recepção consomem os dados atualizados das posições por meio de uma consulta que correlaciona dinamicamente a numeração da fila com a identidade do paciente.

6. PLANEJAMENTO DA PROPOSTA

O planejamento da implementação do sistema foi desenvolvido pensando na realidade das unidades públicas de saúde, onde mudanças precisam acontecer sem prejudicar o atendimento da população. Por isso, a proposta foi organizada de forma gradual, permitindo que a adaptação aconteça aos poucos e com acompanhamento constante.

Antes da entrada em produção, será realizada uma carga inicial de dados históricos provenientes dos registros da unidade de saúde. Essa base servirá para o treinamento inicial do modelo preditivo. Após a implantação, os dados coletados em tempo real serão utilizados para recalibração contínua do algoritmo.

A primeira etapa consiste em analisar como funciona o fluxo atual da unidade. Nesse momento, serão observados os processos de recepção, triagem, encaminhamento e atendimento médico. O objetivo é identificar onde ocorrem os maiores atrasos, quais informações deixam de ser atualizadas corretamente e quais dificuldades os profissionais enfrentam no dia a dia.

Depois desse levantamento inicial, será realizada a integração entre o sistema proposto e os prontuários eletrônicos já utilizados pela unidade. Essa integração permitirá que os dados dos atendimentos sejam enviados automaticamente para a plataforma, reduzindo a necessidade de preenchimentos manuais e diminuindo a possibilidade de erros.

Com o funcionamento da integração, o sistema começará a registrar informações em tempo real sobre atendimentos realizados, faltas, cancelamentos e tempo médio das consultas. Esses dados serão utilizados para calcular previsões mais precisas sobre a fila de espera.

Durante a fase de testes, os resultados apresentados pelo sistema serão comparados com a rotina real da unidade para verificar se as previsões estão corretas. Caso seja necessário, os parâmetros do modelo serão ajustados até que os resultados se aproximem da realidade do atendimento.

Outro ponto importante do planejamento é o treinamento das equipes de Recepcionistas, gestores e profissionais envolvidos. Precisarão entender como utilizar as novas ferramentas e interpretar os dados apresentados no painel do sistema. Essa etapa é essencial para garantir que a tecnologia realmente contribua para melhorar a organização da unidade.

Após os testes e treinamentos, será iniciada uma implantação piloto em uma unidade específica. O objetivo é acompanhar os resultados iniciais, identificar possíveis falhas e avaliar o impacto do sistema na rotina dos profissionais e na experiência dos pacientes.

A expectativa é que, com a utilização do sistema, a unidade consiga reduzir falhas de comunicação, melhorar a organização dos atendimentos e oferecer mais transparência para a população. Além disso, a automatização das informações permitirá que os gestores tenham uma visão mais clara do funcionamento da unidade, facilitando decisões futuras.

Fases de Implementação (Cronograma Físico)

Fase 1: Planejamento e Configuração da Infraestrutura (Semanas 1 a 3)

Levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais do sistema.

Definição da arquitetura tecnológica do Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS.

Configuração do ambiente de desenvolvimento e hospedagem da aplicação. Instalação e parametrização do banco de dados PostgreSQL.

Configuração dos serviços da API desenvolvida em FastAPI.

Implementação dos protocolos de segurança, certificados SSL e controle de acesso aos dados.

Configuração dos mecanismos de autenticação e autorização dos usuários.

Fase 2: Modelagem e Desenvolvimento do Banco de Dados (Semanas 4 a 5)

Criação do modelo entidade-relacionamento (MER).

Implementação das tabelas de pacientes, tickets de fila, usuários e unidades de saúde.

Definição das chaves primárias, estrangeiras e regras de integridade. Implementação dos procedimentos de armazenamento e consultas otimizadas. Realização de testes de consistência e integridade dos dados.

Fase 3: Desenvolvimento da API e Integração dos Sistemas (Semanas 6 a 8)

Desenvolvimento dos endpoints REST para comunicação entre os módulos. Implementação dos serviços de cadastro, consulta e atualização das filas. Configuração dos mecanismos de integração com sistemas legados do SUS. Implementação de Webhooks e rotinas de sincronização periódica (Polling). Testes de comunicação e interoperabilidade entre os sistemas.

Fase 4: Desenvolvimento do Módulo de Previsão Inteligente (Semanas 9 a 10)

Coleta e preparação dos dados históricos de atendimento. Tratamento e normalização dos dados utilizados pelo modelo.

Treinamento inicial do algoritmo de Machine Learning. Configuração dos parâmetros de previsão de tempo de espera. Validação dos resultados obtidos pelo modelo preditivo.

Fase 5: Desenvolvimento da Interface e Dashboard Gerencial (Semanas 11 a 12)

Criação da interface de acompanhamento para pacientes. Desenvolvimento do painel administrativo para recepcionistas. Desenvolvimento do dashboard gerencial para gestores.

Implementação dos indicadores de desempenho e monitoramento. Integração das interfaces com os serviços da API.

Fase 6: Testes, Validação e Implantação Piloto (Semanas 13 a 14)

Execução dos testes funcionais e não funcionais. Validação das previsões geradas pelo modelo inteligente. Correção de falhas identificadas durante os testes.

Treinamento dos usuários da unidade de saúde. Implantação piloto em ambiente controlado.

Fase 7: Monitoramento e Avaliação dos Resultados (Semanas 15 a 16)

Monitoramento contínuo do desempenho do sistema. Avaliação da precisão das previsões de atendimento. Análise dos indicadores de redução do tempo de espera. Coleta de feedback dos usuários e gestores.

Planejamento de melhorias e evolução da solução.

7. RESULTADOS ESPERADOS

A partir do diagnóstico realizado sobre os problemas relacionados à gestão das filas de espera no Sistema Único de Saúde (SUS) e da modelagem do Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS, este trabalho projeta impactos técnicos, operacionais e sociais organizados em quatro frentes principais.

A primeira delas está relacionada à integração dos sistemas de informação utilizados nas unidades de saúde. Espera-se que a comunicação entre prontuários eletrônicos, sistemas de regulação e demais plataformas institucionais reduza a fragmentação dos dados atualmente observada nos processos de atendimento. Dessa forma, informações referentes a consultas realizadas, faltas, cancelamentos e novos agendamentos poderão ser compartilhadas de maneira mais rápida e consistente, contribuindo para a atualização contínua das filas de espera.

Na perspectiva tecnológica, o objetivo é demonstrar a viabilidade da arquitetura proposta, baseada em APIs REST desenvolvidas em FastAPI, banco de dados relacional e mecanismos de integração em tempo real. Espera-se que a solução mantenha tempo de resposta inferior a 2 segundos em pelo menos 99% das requisições realizadas pelos usuários e disponibilidade superior a 99% durante sua operação, garantindo estabilidade e confiabilidade para os processos críticos da unidade de saúde.

No que se refere ao módulo de previsão inteligente, a expectativa é que o modelo de Machine Learning seja capaz de analisar dados históricos e operacionais para gerar estimativas mais precisas do tempo de espera dos pacientes. Como meta técnica, espera-se alcançar erro médio absoluto (MAE) inferior a 15 minutos após o período inicial de treinamento e calibração do algoritmo. Além disso, a atualização automática das previsões deverá ocorrer sempre que novos eventos forem registrados, como atendimentos concluídos, faltas ou cancelamentos.

Por fim, esperamos que a utilização do Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS produza benefícios diretos para pacientes, profissionais e gestores. Para os pacientes, a disponibilização da posição na fila e da previsão estimada de atendimento deverá reduzir a incerteza associada ao tempo de espera, proporcionando maior transparência e previsibilidade durante sua permanência na unidade de saúde. Para os profissionais, a automação dos processos de atualização das filas deverá reduzir significativamente a necessidade de controles manuais e retrabalho operacional. Já para os gestores, o dashboard gerencial permitirá o acompanhamento de indicadores estratégicos, facilitando a identificação de gargalos, o monitoramento do desempenho da unidade e o planejamento mais eficiente dos recursos disponíveis.

8. CONSIDERAÇÃO FINAIS

Este estudo demonstrou que a otimização das filas de espera no Sistema Único de Saúde (SUS) ultrapassa os limites de um desafio meramente logístico, configurando-se como uma necessidade premente de afirmação da dignidade humana e do acolhimento universal garantidos por preceitos constitucionais. A investigação evidenciou que os principais gargalos da gestão pública de saúde não residem unicamente na escassez de recursos, mas na crônica fragmentação de dados e no isolamento de sistemas que forcem profissionais e usuários a lidarem com fluxos desatualizados e informativamente rompidos.

Ao propor o Sistema Integrado de Previsão e Fila do SUS como uma ponte inteligente de interoperabilidade técnica baseada em APIs, O trabalho evidenciou a viabilidade teórica,

arquitetural e conceitual da solução proposta de integrar sistemas legados e prontuários eletrônicos sem impor novas cargas burocráticas ou retrabalhos aos profissionais de saúde, permitindo que o foco permaneça estritamente no ato assistencial.

Conclui-se que a automação do fluxo de dados, quando orientada pela disciplina metrológica e pela melhoria contínua, é capaz de mitigar significativamente o fator de incerteza que corrói a imagem da saúde pública perante a comunidade. Embora este trabalho tenha se limitado às fases de modelagem, especificação de requisitos e planejamento conceitual em ambiente simulado, as contribuições teóricas geradas abrem caminhos sólidos para futuras implementações práticas e testes de campo em larga escala na rede municipal.

Em última análise, o desenvolvimento desta pesquisa reitera o papel da Tecnologia da Informação como um instrumento de justiça distributiva e transformação social, demonstrando que é possível aproximar a precisão dos algoritmos matemáticos do acolhimento humanizado, devolvendo ao cidadão o respeito absoluto ao seu tempo e o direito a uma jornada assistencial transparente, clara e digna.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Brasília, DF: Presidência da República, 2018.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Política Nacional de Informação e Informática em Saúde (PNIIS). Brasília: Ministério da Saúde, 2016.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Sistema Único de Saúde (SUS): princípios e organização. Brasília: Ministério da Saúde, 2023.
- ELMASRI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B. Sistemas de Banco de Dados. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2019.
- FOWLER, Martin. Patterns of Enterprise Application Architecture. Boston: Addison-Wesley, 2002.
- MCKINNEY, Wes. Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy and Jupyter. 3. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2022.
- MOLINARI, Leonardo. Arquitetura de Software: fundamentos e práticas para o desenvolvimento de sistemas. São Paulo: Érica, 2020.
- PRESSMAN, Roger S.; MAXIM, Bruce R. Engenharia de Software: uma abordagem profissional. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2021.
- RICARDO, Gabriel. APIs REST com Python e FastAPI. São Paulo: Casa do Código, 2023.
- SCIKIT-LEARN DEVELOPERS. Scikit-Learn: Machine Learning in Python. Disponível em: <https://scikit-learn.org>. Acesso em: 10 jun. 2026.
- SOMMERVILLE, Ian. Engenharia de Software. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2019.

TANENBAUM, Andrew S.; STEEN, Maarten van. *Sistemas Distribuídos: princípios e paradigmas*. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2017.

THE POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP. PostgreSQL Documentation. Disponível em: <https://www.postgresql.org/docs/>. Acesso em: 10 jun. 2026.

TIWARI, Shashank. *FastAPI Modern Python Web Development*. Birmingham: Packt Publishing, 2022.

WITTEN, Ian H.; FRANK, Eibe; HALL, Mark A.; PAL, Christopher J. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*. 4. ed. Burlington: Morgan Kaufmann, 2016.

HL7 INTERNATIONAL. *FHIR Release 5: Fast Healthcare Interoperability Resources*. Ann Arbor: Health Level Seven International, 2023. Disponível em: <https://www.hl7.org/fhir/>.

OPENAPI INITIATIVE. *OpenAPI Specification Version 3.1.0*. San Francisco: Linux Foundation, 2021. Disponível em: <https://spec.openapis.org/oas/latest.html>.

VIDAL, Thiago Batista; ROCHA, Tatiana Augusta Cunha; HARZHEIM, Erno. Regulação do acesso e filas de espera no Sistema Único de Saúde: desafios para a gestão pública. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 6, p. 2203–2214, 2019.