

# DESENVOLVIMENTO DE PRONTUÁRIO ELETRÔNICO PROGRESSIVO (PWA) COM SINCRONIZAÇÃO ASSÍNCRONA PARA COMUNIDADES INDÍGENAS

DEVELOPMENT OF A PROGRESSIVE WEB APP (PWA) ELECTRONIC  
HEALTH RECORD WITH ASYNCHRONOUS SYNCHRONIZATION FOR  
INDIGENOUS COMMUNITIES

Ciências Exatas e da Terra, Ciências da Saúde • 13/08/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/786600213](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/786600213)

---

Ian Viana Cruz<sup>1</sup>

Emerson da Silva Aguiar<sup>2</sup>

Jean Mark Lobo de Oliveira<sup>3</sup>

---

## RESUMO

A prestação de serviços odontológicos em territórios indígenas na Amazônia é limitada por severos desafios logísticos e pela intermitência de conectividade. Atualmente, as equipes de saúde bucal dependem de registros manuais em fichas de papel, sujeitos à deterioração por alta umidade e ao extravio, o que resulta em retrabalho de digitação e inconsistência de dados. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de *Progressive Web App* (PWA) fundamentado no paradigma *Offline-First*, visando substituir o fluxo de registros físicos em missões de campo. A metodologia consistiu na utilização da biblioteca *React* para a interface e do banco de dados *IndexedDB* para persistência local, assegurando a operação do sistema em cenários de desconexão total. Os resultados destacam um odontograma digital interativo e um módulo de importação de dados capaz de padronizar e tratar cadastros automaticamente via expressões regulares. Conclui-se que a arquitetura proposta favorece a integridade dos dados clínicos e demográficos, mitigando perdas materiais e qualificando as informações enviadas ao Subsistema de Atenção à Saúde Indígena (SasiSUS).

**Palavras-chave:** Saúde Indígena; Offline-First; PWA; Odontograma Digital; SasiSUS.

## ABSTRACT

The provision of dental services in Indigenous territories of the Amazon is constrained by significant logistical challenges and intermittent internet connectivity. Currently, oral health teams rely on paper-based records, which are highly susceptible to deterioration due to the region's high humidity and to loss during field missions, resulting in duplicate data entry and inconsistencies in clinical records. This study presents the development of a

Progressive Web Application (PWA) prototype based on the Offline-First paradigm, designed to replace paper-based record-keeping during field operations. The methodology involved the use of the React library for the user interface and the IndexedDB database for local data persistence, ensuring full system functionality even in complete offline scenarios. The results highlight an interactive digital odontogram and a data import module capable of automatically standardizing and processing patient records through regular expressions. It is concluded that the proposed architecture enhances the integrity of clinical and demographic data, reduces material losses, and improves the quality of information submitted to the Indigenous Health Care Subsystem (SasiSUS).

**Keywords:** Indigenous Health; Offline-First; Progressive Web Application (PWA); Digital Odontogram; SasiSUS.

## 1. INTRODUÇÃO

A prestação de serviços de saúde nos territórios amazônicos enfrenta desafios significativos. Um dos principais problemas é a conectividade, a capacidade de se conectar à internet. Além disso, o manejo de dados clínicos também é uma questão importante. Nessas localidades, o registro dos atendimentos odontológicos ainda depende de fichas físicas em papel, que enfrentam riscos constantes de deterioração pela alta umidade, extravio em deslocamentos fluviais e erros críticos de transcrição manual. No caso do Subsistema de Atenção à Saúde Indígena (SasiSUS), as equipes que trabalham nessas áreas de difícil acesso têm que lidar com esses problemas todos os dias. Isso torna o trabalho ainda mais complicado.

A literatura internacional sobre implementação de prontuários eletrônicos em países em desenvolvimento demonstra que limitações estruturais de infraestrutura e conectividade constituem barreiras recorrentes à digitalização sustentável da assistência em saúde (BOSTAN et al., 2024). Tais desafios não se restringem a contextos isolados, mas refletem um problema sistêmico enfrentado por regiões remotas em diferentes partes do mundo, nas quais a dependência de conectividade contínua inviabiliza modelos tradicionais de sistemas web centralizados.

No contexto da saúde bucal, conforme ilustrado na Figura 1, a dependência de sistemas web tradicionais revela-se incompatível com a realidade territorial amazônica. O fluxo atual exige que o cirurgião-dentista registre dados clínicos manualmente para, apenas após o retorno à base, transcrevê-los para os sistemas oficiais. Esse processo introduz riscos à integridade dos dados e atrasos na consolidação de indicadores de saúde bucal e produtividade clínica essenciais para a gestão pública. Assim, surge a necessidade premente de arquiteturas de software que operem de forma autônoma e resiliente durante longos períodos de desconexão.

Para solucionar esse gargalo, o paradigma Offline-First emerge como abordagem técnica adequada. Ao priorizar a persistência local e tratar a sincronização com a nuvem como processo assíncrono, esse modelo desloca o eixo da confiabilidade do servidor remoto para o dispositivo do usuário, alinhando-se às recomendações da literatura que defendem a independência operacional como requisito essencial em ambientes de baixa infraestrutura (BOSTAN et al., 2024). Entretanto, a simples adoção de armazenamento local não é suficiente, é fundamental assegurar que mecanismos como o IndexedDB e a sincronização via Service Workers garantam

integridade local e sincronização consistente sob modelo eventual dos prontuários e evitem a duplicidade de registros no momento do restabelecimento da rede.

Diante do cenário de vulnerabilidade dos registros físicos e das barreiras tecnológicas impostas pela geografia regional, este trabalho estabelece como objetivo geral o desenvolvimento de um protótipo de prontuário eletrônico baseado na arquitetura Progressive Web App (PWA) e no paradigma Offline-First. A solução proposta visa mediar o encontro entre a necessidade administrativa de registro e a realidade territorial amazônica, assegurando que o mapeamento odontológico ocorra de forma resiliente mesmo em áreas de desconexão total.

Para a concretização desta proposta, a pesquisa busca, especificamente, digitalizar o fluxo de atendimento clínico por meio de um odontograma digital interativo, permitindo substituir a complexidade da Ficha 4 física e mitigar os riscos de perda de informação por umidade ou extravio. Complementarmente, o projeto foca em assegurar a persistência digital local utilizando o banco de dados IndexedDB, permitindo que grandes volumes de dados clínicos sejam armazenados com integridade até que o profissional retorne a uma base com conectividade.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Esta seção fundamenta os desafios logísticos da saúde em áreas remotas e as bases tecnológicas que sustentam a arquitetura da solução proposta.

### **2.1. O Subsistema de Atenção à Saúde Indígena (SasiSUS)**

A saúde indígena no Brasil tem um caminho próprio dentro do SUS. É o SasiSUS que cuida dessa organização, estruturando a assistência através dos Distritos Sanitários Especiais Indígenas (DSEI) (BRASIL, 2026). Tudo isso foi construído em cima da PNASPI, que parte de uma ideia básica, mas fundamental, não dá para atender povos indígenas do mesmo jeito que se atende o restante da população. Cada povo tem sua cultura, seu território, sua realidade epidemiológica, e o cuidado em saúde precisa respeitar isso (BRASIL, 2002).

Na prática, esse princípio cobra um sistema de gestão de dados que consiga conectar o que acontece nas aldeias, muitas vezes em locais de difícil acesso, ao que é registrado e monitorado nos sistemas centrais.

## **2.2. Desafios da Digitalização e a Atenção Diferenciada**

A assistência em contextos transculturais é marcada por desafios no encontro entre a gestão administrativa e as realidades locais (DE ARAÚJO; DE SOUSA LOPES, 2023). Na região amazônica, as dificuldades logísticas são potencializadas pela infraestrutura de rede precária e pelas condições climáticas que comprometem a integridade de prontuários físicos em papel. A transição para o registro digital deve mediar essas dificuldades, exigindo ferramentas que operem de forma resiliente para garantir que a tecnologia suporte a continuidade do cuidado (CORREIA et al., 2026).

Quem olha para experiências de outros países em desenvolvimento percebe que implantar prontuários eletrônicos nunca é simples. A falta de infraestrutura e a internet instável travam esses projetos com uma frequência que não pode ser ignorada. Bostan et al. (2024)

são diretos ao afirmar que sistemas pensados para esse tipo de realidade precisam ser simples, aguentar falhas e funcionar sem depender de conexão constante. Sem isso, a tecnologia acaba criando novos problemas em cima dos que já existiam.

Nesse sentido, a adoção do paradigma Offline-First neste trabalho não se apresenta apenas como escolha técnica, mas como estratégia alinhada às recomendações da informática em saúde para ambientes com infraestrutura limitada, nos quais a continuidade do cuidado não pode depender da disponibilidade permanente de rede.

### **2.3. Tecnologias PWA e o Paradigma Offline-First**

A superação das limitações estruturais de conectividade na região amazônica demanda soluções arquiteturais concebidas para operar sob conectividade intermitente ou inexistente. Nesse contexto, as Progressive Web Apps (PWAs) configuram-se como abordagem técnica orientada à resiliência operacional em ambientes de rede instável.

As PWAs fundamentam-se na utilização de Service Workers, mecanismos executados em segundo plano no navegador responsáveis por interceptar requisições de rede e gerenciar políticas de cache. Tal arquitetura possibilita a dissociação parcial entre interface e conectividade, permitindo que a aplicação mantenha comportamento funcional mesmo na ausência temporária de comunicação com o servidor (SILVA; TIOSSO, 2020).

No campo da saúde móvel (m-Health), essa abordagem tem sido investigada como alternativa às aplicações nativas tradicionais dependentes de conectividade contínua. O estudo *Towards PWA in*

*Healthcare* demonstra que a adoção de PWAs permite a construção de aplicações resilientes, capazes de operar de maneira consistente em ambientes caracterizados por instabilidade de rede. Os autores evidenciam que mecanismos como Service Workers, Cache API e sincronização posterior de dados viabilizam funcionamento offline e sincronização assíncrona quando a conectividade é restabelecida, configurando vantagem estratégica em cenários de infraestrutura limitada (RÊGO et al., 2019).

Complementarmente, o paradigma Offline-First propõe a inversão do modelo tradicional centrado na nuvem. Em vez de tratar o dispositivo como mero terminal dependente de um backend continuamente acessível, o processamento e a persistência primária de dados passam a ocorrer localmente. Nesse modelo, a conectividade deixa de ser uma dependência crítica e passa a ser tratada como evento esporádico.

No ambiente de navegador, o IndexedDB constitui mecanismo de armazenamento estruturado orientado a objetos, permitindo operações transacionais e persistência assíncrona de dados no escopo local (MOZILLA, 2026). Sua arquitetura baseada em object stores e transações explícitas oferece garantias de atomicidade no nível do cliente, viabilizando armazenamento robusto mesmo diante de encerramentos inesperados da aplicação.

Sob a perspectiva da Engenharia da Computação, essa abordagem insere-se no campo dos sistemas distribuídos tolerantes a partições. O Teorema CAP estabelece que, na presença de partições de rede, um sistema distribuído não pode garantir simultaneamente consistência forte e disponibilidade, sendo a tolerância a partições condição inerente ao modelo. Em regiões amazônicas, a ocorrência

frequente de partições de rede constitui condição operacional recorrente, exigindo que o sistema priorize a disponibilidade local e adote a consistência eventual como estratégia de sincronização assíncrona.

Essa escolha arquitetural implica reconhecer que a atualização síncrona em tempo real pode ser inviável ou até contraproducente em campo. Protocolos dependentes de comunicação contínua, como requisições HTTPS síncronas ao backend, tornam-se suscetíveis a falhas frequentes em regiões monitoradas pelos Distritos Sanitários Especiais Indígenas (DSEIs), onde há extensas áreas sem cobertura de rádio ou satélite.

Assim, as restrições de conectividade ao longo das áreas ribeirinhas amazônicas devem ser compreendidas como fenômeno técnico decorrente da combinação entre limitações físicas de infraestrutura de telecomunicações e propriedades inerentes aos sistemas distribuídos sob partição. A adoção de arquiteturas Offline-First representa, portanto, não apenas uma decisão tecnológica, mas uma resposta de engenharia alinhada às propriedades formais desses sistemas.

Ao estabelecer esse arcabouço conceitual, cria-se a base teórica que orienta a construção da solução apresentada na seção seguinte, na qual são descritos os procedimentos técnicos adotados para materializar tais princípios em uma prova de conceito funcional.

### **3. METODOLOGIA**

Este trabalho caracteriza-se como desenvolvimento de protótipo de software orientado ao paradigma Offline-First, configurando-se

como prova de conceito arquitetural para digitalização de registros de saúde em contextos de conectividade intermitente.

A Ficha 4 (Figura 1) serviu como referência central para o desenvolvimento do sistema. Trata-se de um formulário da Secretaria de Saúde Indígena usado no registro odontológico individual, que reúne dados do paciente, aspectos culturais, exame clínico, odontograma e necessidade de prótese.

**Figura 1.** Modelo da Ficha 4 utilizada para coleta manual de dados odontológicos em áreas indígenas

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------|-------|-----------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|--|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|
| DSEI: _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |     | Polo Base: _____ |       | Aldeia: _____                                 |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| Nome: _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| Nascimento: ____/____/____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |     | Idade: _____     |       | Sexo: Masculino ( ) Feminino ( ) Etnia: _____ |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| Nome da Mãe: _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| Nome do Pai: _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| Gestante: ( ) SIM Trimestre: _____ (Preencher o Cadeneta da Gestante)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| Medicamentos em uso: _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| É alérgico? ( ) SIM Ex: _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| É Hipertenso? ( ) SIM P.A: _____ É Diabético? ( ) SIM Glicemia: _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| ( ) Controlado ( ) Descontrolado Pessoa com Deficiência: ( ) SIM Tipo de Deficiência: _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| <b>ASPECTOS CULTURAIS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| • Uso de tabaco: ( ) SIM ( ) NÃO Tipo: _____ Frequência: _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| • Hábitos alimentares: ( ) Regional ( ) Industrializado Ex: _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| • Higiênização oral: Escovação: _____ vezes ao dia Uso de fio dental: ( ) SIM ( ) NÃO Frequência: _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| • Uso de creme dental: ( ) SIM ( ) NÃO Adorno na cavidade bucal: ( ) SIM ( ) NÃO Qual? _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| <b>EXAME CLÍNICO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| • Má formação: ( ) SIM ( ) NÃO Qual? ( ) 0 - Lábio Leporino; 1 - Fenda Palatina; 2 - Interferência de Freios; Outros: _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| • Fluorose: _____ (12 e 15 a 19 anos) 0 - Normal; 1 - Questionável; 2 - Muito Leve; 3 - Leve; 4 - Moderada; 5 - Severa; 9 - Excluído                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%;"><tr><td colspan="6" style="text-align: center;">Condição Periodontal</td></tr><tr><td style="text-align: center;">16/17</td><td style="text-align: center;">11</td><td style="text-align: center;">26/27</td></tr><tr><td style="text-align: center;">[ ]</td><td style="text-align: center;">[ ]</td><td style="text-align: center;">[ ]</td></tr><tr><td style="text-align: center;">41/42</td><td style="text-align: center;">11</td><td style="text-align: center;">36/37</td></tr><tr><td style="text-align: center;">[ ]</td><td style="text-align: center;">[ ]</td><td style="text-align: center;">[ ]</td></tr></table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |                  |       |                                               |       | Condição Periodontal                                                                                                           |       |       |       |       |       | 16/17 | 11    | 26/27 | [ ]   | [ ]   | [ ]   | 41/42 | 11 | 36/37 | [ ] | [ ] | [ ] |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| Condição Periodontal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 16/17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 11  | 26/27            |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| [ ]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | [ ] | [ ]              |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 41/42                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 11  | 36/37            |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| [ ]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | [ ] | [ ]              |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%;"><tr><td colspan="6" style="text-align: center;">0 - Sadio; 1 - Sangramento; 2 - Cálculo; 3 - Bolsas 4-5 mm;<br/>4 - Bolsa 6mm ou mais; X - Sextante excluído; 9 - Não examinado</td></tr></table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |                  |       |                                               |       | 0 - Sadio; 1 - Sangramento; 2 - Cálculo; 3 - Bolsas 4-5 mm;<br>4 - Bolsa 6mm ou mais; X - Sextante excluído; 9 - Não examinado |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 0 - Sadio; 1 - Sangramento; 2 - Cálculo; 3 - Bolsas 4-5 mm;<br>4 - Bolsa 6mm ou mais; X - Sextante excluído; 9 - Não examinado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| <b>ODONTOGRAMA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 0 - Hígido; 1 - Cariado; 2 - Restaurado com Cárie; 3 - Restaurado sem Cárie; 4 - Perdido com Cárie; 5 - Perdido por Outras Razões; 6 - Selante; 7 - Apoio de Prótese; 8 - Não Erupcionado; 9 - Excluído; T - Trauma.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| <table style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td></td><td></td><td></td><td>15/55</td><td>14/54</td><td>13/53</td><td>12/52</td><td>11/51</td><td>21/61</td><td>22/62</td><td>23/63</td><td>24/64</td><td>25/65</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>18</td><td>17</td><td>16</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr><tr><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td></tr><tr><td>48</td><td>47</td><td>46</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>[ ]</td><td>36</td><td>37</td><td>38</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>45/85</td><td>44/84</td><td>43/83</td><td>42/82</td><td>41/81</td><td>31/71</td><td>32/72</td><td>33/73</td><td>34/74</td><td>35/75</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       | 15/55 | 14/54 | 13/53 | 12/52 | 11/51 | 21/61 | 22/62 | 23/63 | 24/64 | 25/65 |    |       |     | 18  | 17  | 16 | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | 26 | 27 | 28 | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | 48 | 47 | 46 | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | [ ] | 36 | 37 | 38 |  |  |  | 45/85 | 44/84 | 43/83 | 42/82 | 41/81 | 31/71 | 32/72 | 33/73 | 34/74 | 35/75 |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                  | 15/55 | 14/54                                         | 13/53 | 12/52                                                                                                                          | 11/51 | 21/61 | 22/62 | 23/63 | 24/64 | 25/65 |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 17  | 16               | [ ]   | [ ]                                           | [ ]   | [ ]                                                                                                                            | [ ]   | [ ]   | [ ]   | [ ]   | [ ]   | [ ]   | 26    | 27    | 28    |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| [ ]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | [ ] | [ ]              | [ ]   | [ ]                                           | [ ]   | [ ]                                                                                                                            | [ ]   | [ ]   | [ ]   | [ ]   | [ ]   | [ ]   | [ ]   | [ ]   | [ ]   |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 48                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 47  | 46               | [ ]   | [ ]                                           | [ ]   | [ ]                                                                                                                            | [ ]   | [ ]   | [ ]   | [ ]   | [ ]   | [ ]   | 36    | 37    | 38    |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                  | 45/85 | 44/84                                         | 43/83 | 42/82                                                                                                                          | 41/81 | 31/71 | 32/72 | 33/73 | 34/74 | 35/75 |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| Supranumerário na região dos dentes: _____ e _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| <b>NECESSIDADE DE PRÓTESE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| Superior: ( ) Sem necessidade ( ) Necessidade de Prótese Parcial ( ) Necessidade de Prótese Total                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| Inferior: ( ) Sem necessidade ( ) Necessidade de Prótese Parcial ( ) Necessidade de Prótese Total                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| <b>USO DE PRÓTESE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| Superior: ( ) Não usa ( ) Uso de Prótese Parcial ( ) Uso de Prótese Total                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| Inferior: ( ) Não usa ( ) Uso de Prótese Parcial ( ) Uso de Prótese Total                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |                  |       |                                               |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| Cirurgião (o) - dentista: _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     | CRO: _____       |       | Data: _____                                   |       |                                                                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |       |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |  |  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |

Fonte: FICHA\_4\_DENTAL 2023-3 (2023).

A seleção da pilha tecnológica buscou atender aos requisitos de alta disponibilidade, compatibilidade com navegadores modernos e ergonomia móvel. O frontend foi desenvolvido utilizando a biblioteca React.js, aliada ao framework de componentes Material UI para assegurar responsividade visual em dispositivos móveis.

A infraestrutura de backend foi estruturada no modelo Backend-as-a-Service disponibilizado pelo Google Firebase. Para a persistência de informações clínicas e demográficas no escopo local, definiu-se a

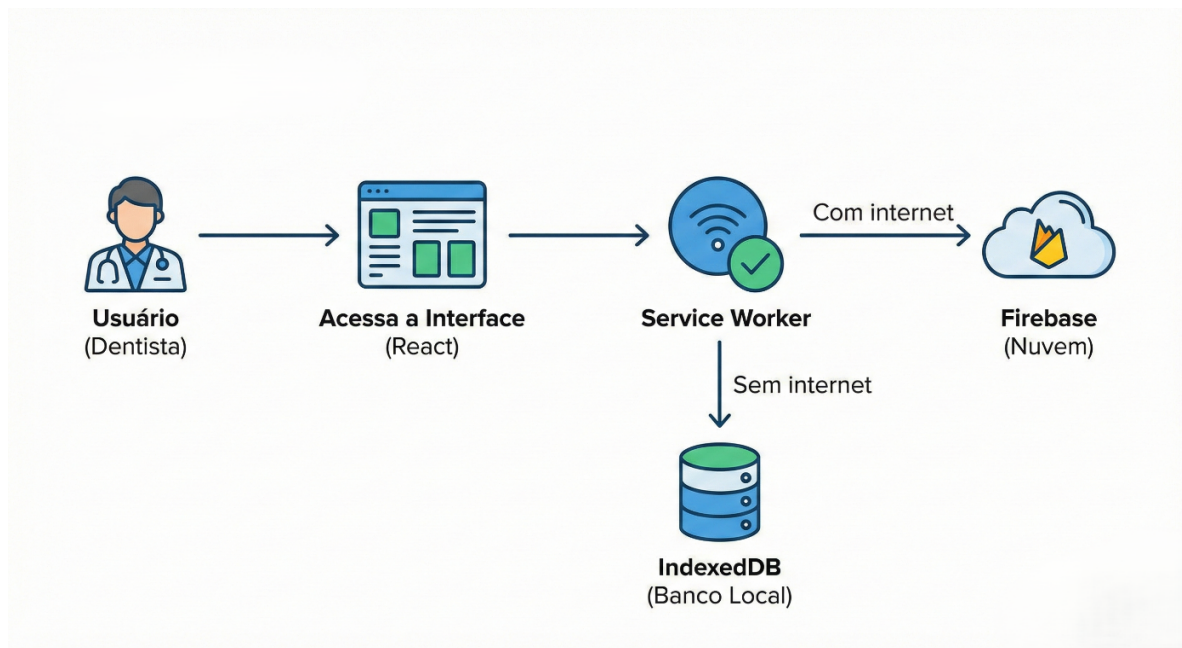
API nativa IndexedDB como mecanismo de armazenamento estruturado no navegador.

A arquitetura da solução foi estruturada em três pilares técnicos voltados à resiliência operacional. No que diz respeito à disponibilidade da interface, empregou-se a interceptação de requisições por meio de Service Workers, responsáveis por disponibilizar os recursos estáticos a partir do cache local, garantindo que a aplicação permaneça funcional mesmo na ausência de conectividade.

Em relação à persistência de sessão e dados, o sistema implementa estratégia de persistência de longa duração por meio da configuração `browserLocalPersistence` do Firebase Authentication. O token de autenticação é armazenado persistentemente após o login inicial realizado em ambiente conectado, permitindo autorização local durante a operação offline e revalidação automática quando a conexão é restabelecida. Tudo que é inserido na interface vai direto para o IndexedDB, e fica salvo mesmo que a aplicação feche de forma inesperada ou o dispositivo seja reiniciado. Para a sincronização com a nuvem, foi usado o padrão Background Sync. O sistema fica monitorando a conectividade e, quando a rede volta, envia em lote o que ficou salvo localmente. Identificadores únicos e operações idempotentes foram adotados para evitar registros duplicados em caso de retransmissão.

A Figura 2 mostra como esse fluxo funciona na prática, com o Service Worker fazendo a ponte entre a interface, o armazenamento local e a nuvem. Os testes realizados cobriram o ambiente de desenvolvimento, verificando autenticação, persistência local e sincronização.

**Figura 2.** Arquitetura da solução baseada no paradigma *Offline-First*



**Fonte:** Autores, 2026

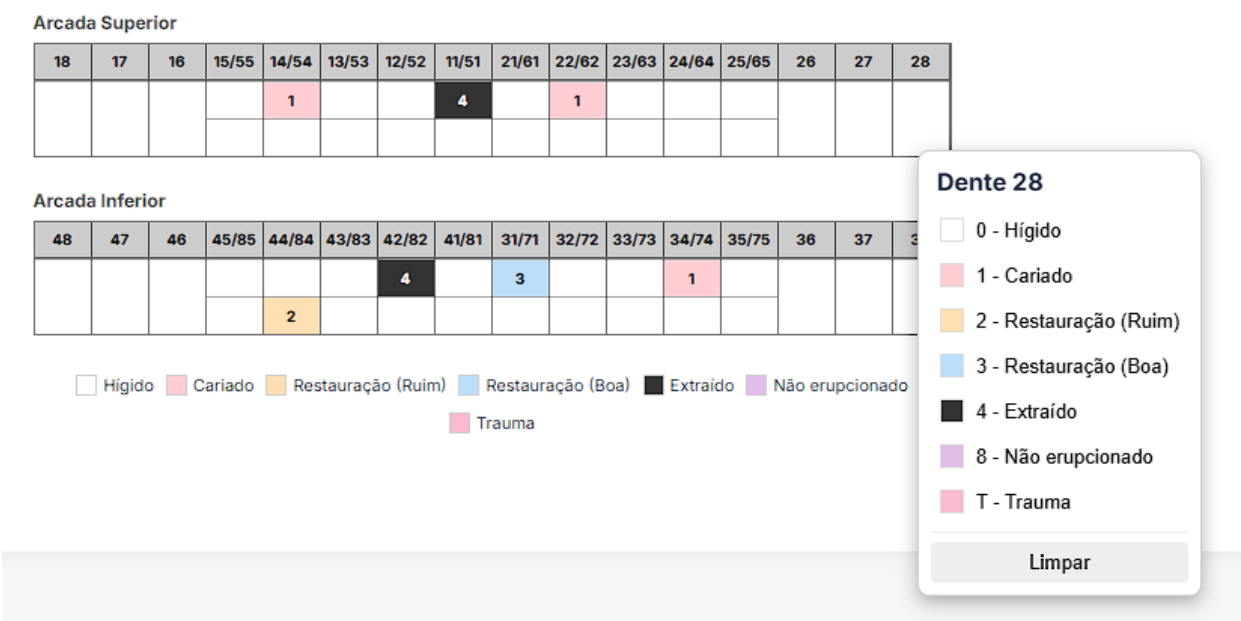
A análise da prova de conceito concentrou-se na verificação funcional da aplicação em ambiente conectado, contemplando autenticação, persistência local e sincronização com a infraestrutura em nuvem.

A validação ocorreu exclusivamente no ambiente de desenvolvimento. Não foram realizados testes específicos em condições reais de operação offline. A viabilidade do funcionamento em cenários de desconectividade fundamenta-se na arquitetura implementada, especialmente na utilização de Service Workers, no armazenamento local por meio do IndexedDB e na estratégia de sincronização eventual. A validação empírica em ambiente real de campo constitui etapa futura de desenvolvimento.

O módulo principal do sistema foi projetado para substituir a complexidade de preenchimento da Ficha 4 física. A interface desenvolvida prioriza a ergonomia cognitiva, permitindo que o

cirurgião-dentista registre os procedimentos por meio de interação direta com a representação visual da arcada dentária.

**Figura 3.** Interface do Odontograma Digital desenvolvido, permitindo o registro de procedimentos via interação tátil



Fonte: Autores, (2026)

Conforme apresentado na Figura 3, a seleção de um elemento dentário aciona menus contextuais que agilizam a entrada de dados. Diferentemente do registro em papel, o dado inserido no sistema é imediatamente serializado em formato JSON e armazenado no IndexedDB.

Para mitigar os erros de cadastro comuns na transcrição manual, implementou-se o módulo de importação automatizada (ETL), que atua como uma barreira de validação de dados antes da persistência local.

**Figura 4.** Trecho do algoritmo de importação (ETL) demonstrando o uso de Expressões Regulares (Regex) para padronização

```

14  const limparNome = (valor) => {
15      if (!valor) return "";
16      let limpo = String(valor).replace(/^[a-zA-ZáàâãäåèéêëîíîóôõöúçñÀÁÂÃÄÅÈÉÊËÌÍÎÓÔÕÖÚÇÑ\s]/g, "");
17      return limpo.toUpperCase().trim();
18  };
19  const padronizarSexo = (valor) => {
20      if (!valor) return "";
21      const v = String(valor).toUpperCase().trim();
22      if (v.startsWith("M") || v === "HOMEM") return "Masculino";
23      if (v.startsWith("F") || v === "MULHER") return "Feminino";
24      return v;
25  };

```

Fonte: Autores, (2026)

A Figura 4 ilustra o uso de Expressões Regulares (Regex) para higienizar as entradas e padronizar a grafia de campos críticos. A lógica implementada na função *padronizarSexo* inclui tratativas para dados nulos ou vazios, atribuindo o valor "Não Informado" com o objetivo de evitar falhas durante a importação massiva.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implementação da arquitetura proposta resultou na criação de um artefato de software funcional, capaz de operar em ambientes com conectividade intermitente. A análise técnica demonstra que o deslocamento do ponto primário de persistência para o dispositivo do usuário reduz significativamente a dependência de infraestrutura externa.

### 4.1. Digitalização do Fluxo Clínico e Odontograma

Sob a perspectiva da ergonomia cognitiva, a gestão de erros humanos é um critério fundamental no design de interfaces, uma vez que falhas operacionais frequentemente decorrem de sistemas que sobrecarregam a capacidade de atenção do usuário (SANTOS, 2023, p. 34). No modelo tradicional baseado em papel, o cirurgião-dentista precisa dividir sua atenção entre o atendimento clínico e o preenchimento de uma grade visualmente densa, exigindo precisão

espacial para mapear as condições bucais nos campos corretos da Ficha 4. A interface digital do odontograma atua na mitigação dessa sobrecarga ao permitir a interação direta e tátil sobre a representação anatômica. Essa abordagem adota o princípio heurístico de reconhecimento em vez de memorização ou mapeamento mental complexo (NIELSEN, 2020), reduzindo a probabilidade de enganos e lapsos durante o registro em ambientes operacionais adversos.

A ativação de menus contextuais a partir da seleção direta do elemento dentário atua como mecanismo de suporte à decisão, padronizando semanticamente os registros e diminuindo ambiguidades na interpretação clínica. Essa estratégia converge com modelos de usabilidade aplicados a prontuários eletrônicos, que defendem o alinhamento entre o modelo mental do profissional e a representação visual do sistema como fator determinante para eficiência e segurança da informação.

De acordo com o método de design centrado no usuário descrito por Blocker et al. (2024), a priorização de fluxos familiares facilita o reconhecimento e reduz a curva de aprendizado. No presente trabalho, essa diretriz foi seguida ao mimetizar o odontograma físico, preservando a lógica visual já internalizada pelo profissional e reduzindo a incidência de erros operacionais durante missões em campo.

### **4.3. Análise de Robustez e Limitações Arquiteturais**

A estratégia de sincronização posterior foi concebida sob o princípio de consistência eventual. Nesse modelo, os registros são mantidos em fila local até o restabelecimento da conectividade, utilizando

identificadores únicos para reduzir o risco de duplicidade decorrente de retransmissões causadas por instabilidade de rede.

Foram considerados cenários críticos para avaliação da robustez, como interrupção abrupta da aplicação e falhas parciais de transmissão. Em todos os casos analisados, a persistência local transacional associada ao envio idempotente mostrou-se coerente com os princípios de integridade e continuidade operacional.

Entretanto, é necessário reconhecer que a decisão de priorizar a disponibilidade local em detrimento da consistência forte, conforme dito no Teorema CAP, implica que a base local pode divergir temporariamente da base central durante períodos de desconexão. Essa limitação constitui uma escolha arquitetural deliberada, necessária para assegurar que o atendimento na aldeia não seja interrompido por falhas de infraestrutura externa.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O desenvolvimento deste trabalho demonstrou que a aplicação de tecnologias web modernas, especificamente a arquitetura Progressive Web Apps e o armazenamento local via IndexedDB, constitui solução viável para os desafios de conectividade enfrentados pelas equipes de saúde bucal na Amazônia. O protótipo desenvolvido atingiu o objetivo de substituir a fragilidade dos registros em papel por uma interface digital resiliente, capaz de operar em total desconexão. A necessidade de soluções resilientes em áreas com conectividade instável, conforme observado por Blocker et al. (2024) em contextos rurais, reforça a escolha do paradigma Offline-First como abordagem adequada para garantir que o atendimento não seja interrompido pela ausência de rede.

A análise funcional dos módulos de Odontograma Digital e de Importação de Dados evidenciou a viabilidade técnica de preservar a integridade das informações clínicas e demográficas mesmo em cenários adversos. Ao mitigar o retrabalho de digitação e automatizar a padronização dos cadastros, a ferramenta otimiza o tempo dos cirurgiões-dentistas e contribui para qualificar os indicadores de saúde que alimentam o SasiSUS, alinhando-se às diretrizes de atenção diferenciada.

Considerando a natureza sensível dos dados de saúde coletados, o alinhamento com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) (BRASIL, 2018) é mandatório. O protótipo atual utiliza o IndexedDB, que opera no escopo seguro do navegador, mas futuras implementações devem incluir a camada de criptografia (como AES-256) antes da persistência local. Essa medida é crucial para mitigar os riscos associados à perda ou ao acesso indevido ao dispositivo, um cenário plausível em missões de campo, assegurando assim a confidencialidade dos dados desde a coleta até a sincronização final.

Como desdobramento futuro, sugere-se a realização de testes de campo em um DSEI para avaliação da usabilidade da ferramenta, bem como o desenvolvimento de uma API segura para sincronização com o e-SUS AB.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLOCKER, A. et al. Development of a telemedicine virtual clinic system for remote, rural, and underserved areas using user-centered design methods. **Digital Health**, v. 10, p. 1–14, 2024.

BOSTAN, S. et al. Contextual barriers to implementing open-source electronic health record systems for low- and lower-middle-income

countries: scoping review. **Journal of Medical Internet Research**, v. 26, 2024.

BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018.** Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 15 ago. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Política Nacional de Atenção à Saúde dos Povos Indígenas (PNASPI).** Brasília: Ministério da Saúde, 2002. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica\\_saude\\_indigena.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_saude_indigena.pdf). Acesso em: 15 fev. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Saúde Indígena (SESAI). **Subsistema de Atenção à Saúde Indígena (SasiSUS).** Brasília, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sesai>. Acesso em: 15 fev. 2026.

BRASIL. Secretaria Especial de Saúde Indígena (SESAI). **Ficha 4 Dental.** Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/838443449/FICHA-4-DENTAL-2023-3>. Acesso em: 15 fev. 2026.

CORREIA, A. F. et al. **Gestão em Saúde e a Aplicabilidade das Tecnologias Digitais no Sistema Único de Saúde (SUS): potencialidades, limitações e tendências futuras.** Revista DCS, v. 23, n. 86, p. e4168, 2026. DOI: 10.54899/dcs.v23i86.4168.

DE ARAÚJO, A. A. F.; DE SOUSA LOPES, G. Desafios na assistência em saúde nas comunidades indígenas. **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 11, p. 22336-22361, 2023.

GOOGLE. **Firestore Documentation: Build and run your app with confidence.** 2026. Disponível em: <https://firebase.google.com/docs>. Acesso em: 17 fev. 2026.

META. **React: The Library for Web and Native User Interfaces.** 2026. Disponível em: <https://react.dev/>. Acesso em: 17 fev. 2026.

MOZILLA. **IndexedDB API.** MDN Web Docs, 2026. Disponível em: [https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/API/IndexedDB\\_API](https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/API/IndexedDB_API). Acesso em: 17 fev. 2026.

MUI. **Material UI: The React component library.** 2026. Disponível em: <https://mui.com/core/>. Acesso em: 18 fev. 2026.

NIELSEN, J. **10 Usability Heuristics for User Interface Design.** Nielsen Norman Group, 2020. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>. Acesso em: 15 fev. 2026.

RÊGO, F.; PORTELA, F.; SANTOS, M. F. Towards PWA in Healthcare. **Procedia Computer Science**, v. 160, p. 678-683, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.028>.

SANTOS, M. R. O. **Ergonomia cognitiva e teoria da atividade no processo de design de interfaces digitais: uma abordagem integrada do diagnóstico à (re)concepção.** 2023. 150 f., il. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade de Brasília, Brasília, 2023.

SILVA, J. K.; TIOSSO, F. Revisão bibliográfica sobre conceito de Progressive Web Applications (PWA). **Interface Tecnológica**, Taquaritinga, v. 17, n. 1, p. 53-64, 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i1.713.

---

<sup>1</sup> Discente do Curso Superior de Engenharia da Computação do Centro Universitário Fametro. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5216-1235>

<sup>2</sup> Cirurgião-Dentista. Especialista pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

<sup>3</sup> Mestrando em Engenharia de Processos (Ufpa – Pa). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).