

Estado da publicação: O preprint não foi publicado em outro meio.

# Central Inteligente do Câncer de Mama: Plataforma Digital de Código Aberto para Gestão da Linha de Cuidado no SUS

Neusa Andrade

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15452>

Submetido em: 2026-03-13

Postado em: 2026-03-20 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

## **Central Inteligente do Câncer de Mama: Plataforma Digital de Código Aberto para Gestão da Linha de Cuidado no SUS**

PREPRINT – versão não revisada por pares. Este manuscrito foi submetido ao SciELO Preprints e ainda não passou por revisão por pares.

### **Breast Cancer Intelligent Hub: Open-Source Digital Platform for Care Pathway Management in the Brazilian SUS**

### **Centro Inteligente de Câncer de Mama: Plataforma Digital de Código Aberto para la Gestión de la Ruta de Atención en el SUS**

#### **Autores:**

Neusa Maria de Andrade<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8390-4563>

Jailton Carlos Paiva<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2080-9945>

Vinicius Ramos Garcia<sup>3</sup> · <https://orcid.org/0009-0007-0353-7267>

Marcos André da Luz<sup>3,4</sup> · <https://orcid.org/0000-0003-4674-5342>

#### **Afilições:**

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo, Brasil

<sup>2</sup> Instituto Federal do Rio Grande do Norte

<sup>3</sup> Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR

<sup>4</sup> Secretaria Municipal da Saúde de Curitiba, Curitiba, PR, Brasil

**Autor correspondente:** Neusa Andrade · [neusa.andrade@usp.br](mailto:neusa.andrade@usp.br)

**Conflito de interesses:** Os autores declaram não haver conflito de interesses.

**Financiamento:** O projeto contou com apoio da Roche Indústria Farmacêutica por meio de termo de cooperação técnica com a Secretaria Municipal da Saúde de Curitiba.

**Agradecimentos:** As equipes técnicas da SMS Curitiba e Roche

## RESUMO

Este artigo descreve o desenvolvimento e a implementação da Central Inteligente do Câncer de Mama em Curitiba, Paraná, uma plataforma digital de código aberto para monitoramento e gestão da linha de cuidado oncológica. A solução integra automação de processos (RPA), processamento de laudos de mamografia do Sistema de Informação do Câncer (SISCAN) e visualização analítica interativa, permitindo identificar exames suspeitos, reduzir duplicidades cadastrais e monitorar prazos legais de atendimento. Foram processados mais de cem mil laudos, estruturados em um pipeline baseado em Python, PostgreSQL e Dash, com controle de acesso hierárquico e proteção de dados sensíveis conforme a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). A plataforma adota o modelo *human-in-the-loop*, em que as priorizações automatizadas são revisadas por profissionais de saúde. A experiência tem a intenção de viabilizar soluções de código aberto, alinhadas às políticas nacionais (Lei dos 30/60 dias, Programa Agora Tem Especialistas, Rede Nacional de Dados em Saúde – RNDS) e com potencial de replicabilidade para outros municípios e linhas de cuidado.

**Palavras-chave:** Gestão da fila de câncer de mama, Inteligência Artificial aplicada, Interoperabilidade de dados.

## ABSTRACT

### **Breast Cancer Intelligent Center: an open-source platform for managing the oncological care line in the Brazilian Unified Health System**

This experience report describes the development and implementation of the Breast Cancer Intelligent Center in Curitiba, Paraná, an open-source digital platform for monitoring and managing the oncological care pathway. The solution integrates process automation (RPA), processing of mammography reports from the Brazilian Cancer Information System (SISCAN), and interactive analytical dashboards, enabling the identification of suspicious exams, reduction of duplicate records, and monitoring of legal waiting times. Over one hundred thousand reports were processed and structured in a pipeline based on Python, PostgreSQL, and Dash, with hierarchical access control and protection of sensitive data in accordance with the Brazilian General Data Protection Law (LGPD). The platform adopts a *human-in-the-loop* model, where automated prioritizations are reviewed by health professionals. The experience demonstrates the feasibility of open-source solutions aligned with national policies (30/60-day laws, “Specialists Now” Program, National Health Data Network – RNDS) and with potential for replication in other municipalities and care lines.

**Keywords:** Breast Cancer Waiting List Management, Applied Artificial Intelligence, Data Interoperability.

## RESUMEN

### **Central Inteligente del Cáncer de Mama: una plataforma de código abierto para la gestión de la línea de cuidado oncológica en el SUS**

Este relato de experiencia describe el desarrollo y la implementación de la Central Inteligente del Cáncer de Mama en Curitiba, Paraná, una plataforma digital de código abierto para el monitoreo y la gestión de la línea de cuidado oncológica. La solución integra automatización de procesos (RPA), procesamiento de informes de mamografía del Sistema de Información del Cáncer (SISCAN) y visualización analítica interactiva, permitiendo identificar exámenes sospechosos, reducir duplicidades de registro y monitorear los plazos legales de atención. Se procesaron más de cien mil informes, estructurados en un pipeline basado en Python, PostgreSQL y Dash, con control de acceso jerárquico y protección de datos sensibles conforme a la Ley General de Protección de Datos (LGPD). La plataforma adopta el modelo *human-in-the-loop*, en el que las priorizaciones automatizadas son revisadas por profesionales de salud. La experiencia demuestra la viabilidad de soluciones de código abierto, alineadas con las políticas nacionales (Leyes de 30/60 días, Programa “Ahora Tiene Especialistas”, Red Nacional de Datos en Salud – RNDS) y con potencial de replicabilidad para otros municipios y líneas de cuidado.

**Palabras clave:** Gestión de listas de espera para cáncer de mama, Inteligencia Artificial aplicada, Interoperabilidad de Datos.

## Introdução

O câncer de mama é o tipo mais incidente entre mulheres no Brasil, com estimativa de 73.610 casos novos por ano no triênio 2023-2025<sup>1</sup>. A detecção precoce e o acesso oportuno ao diagnóstico e tratamento são fundamentais para a redução da mortalidade e melhoria dos prognósticos<sup>2</sup>. No Sistema Único de Saúde (SUS), a organização da linha de cuidado oncológica enfrenta desafios relacionados à fragmentação dos sistemas de informação e à limitada interoperabilidade entre as bases de dados que registram o percurso assistencial das pacientes<sup>3</sup>.

A gestão das filas diagnósticas é um dos pontos críticos: atrasos entre exames de rastreamento alterados e a confirmação diagnóstica podem comprometer o início do tratamento e impactar negativamente o prognóstico<sup>4</sup>. A Lei Federal nº 12.732/2012 (Lei dos 60 dias) garante o início do tratamento oncológico em até sessenta dias após o diagnóstico, enquanto a Lei nº 13.896/2019 (Lei dos 30 dias) estabelece prazos máximos para consultas e exames em casos prioritários<sup>5, 6</sup>. Mais recentemente, a Lei nº 15.233/2025 instituiu o Programa Agora Tem Especialistas, visando ampliar a oferta de serviços especializados e reduzir o tempo de espera no SUS<sup>7</sup>.

Nesse contexto, a incorporação de tecnologias digitais e ferramentas de análise de dados tem ampliado as possibilidades de aprimorar a gestão em saúde. Soluções baseadas em inteligência artificial (IA) vêm sendo utilizadas para apoiar diagnóstico, análise de imagens e gestão de serviços<sup>8</sup>. No entanto, a implementação dessas tecnologias exige mecanismos de governança que garantam transparência, segurança e supervisão clínica. Abordagens conhecidas como *human-in-the-loop* tem sido destacadas como estratégias para combinar automação algorítmica com validação humana em processos decisórios<sup>9</sup>.

Este artigo descreve a experiência de desenvolvimento e implantação da Central Inteligente do Câncer de Mama no município de Curitiba, uma plataforma digital de código aberto que integra automação de processos, processamento de documentos clínicos e visualização analítica. O objetivo é apresentar a arquitetura da solução, seus resultados iniciais e discutir suas contribuições para a gestão da linha de cuidado no SUS, com ênfase na metodologia de código aberto, na aderência às políticas públicas e nos padrões de interoperabilidade.

## Material e métodos

O artigo apresenta o relato de experiência sobre a concepção, desenvolvimento e implantação do projeto piloto da Central Inteligente do Câncer de Mama, realizada no âmbito de um termo de cooperação técnica entre a Secretaria Municipal da Saúde de Curitiba (SMS Curitiba) e Roche Indústria Farmacêutica. O projeto foi conduzido entre 2025 e 2026, abrangendo a modelagem, a prova de conceito para resolver os desafios da fragmentação de dados e interoperabilidade de dados oncológicos e respectiva troca de informações entre os diversos níveis de atenção.

### Fonte de dados e automação

A plataforma consome dados do Sistema de Informação do Câncer (SISCAN), sistema nacional utilizado para registro dos exames de rastreamento e diagnóstico do câncer no Brasil<sup>10</sup>. Para a extração automatizada dos laudos de mamografia, foi desenvolvido um robô de automação de processos (RPA – *Robotic Process Automation*) que simula a navegação de um usuário humano no sistema, extraindo campos críticos como identificação da paciente, unidade de saúde, datas de solicitação/realização, classificação BI-RADS e conteúdo textual do laudo. O robô opera em periodicidade diária e registra logs completos para auditoria.

### Processamento e estruturação dos dados

Os dados extraídos são armazenados em banco PostgreSQL e submetidos etapas sequenciais: limpeza, enriquecimento e preparação para visualização.

- **Limpeza:** conversão de formatos de data para padrão ISO, remoção de duplicidades cadastrais (23% dos registros) e tratamento de valores ausentes.
- **Enriquecimento:** cálculo de indicadores assistenciais como tempo de espera entre mamografia alterada e biópsia, conformidade com a Lei nº 13.896/2019 (Lei dos 30 dias para exames prioritários) e categorização de risco por BI-RADS.
- **Preparação para visualização:** criação de tabelas pré-calculadas com taxas de conformidade mensal por unidade de saúde e distribuição de casos BI-RADS 4/5 por distrito, otimizando consultas no painel gerencial.

## Arquitetura da plataforma

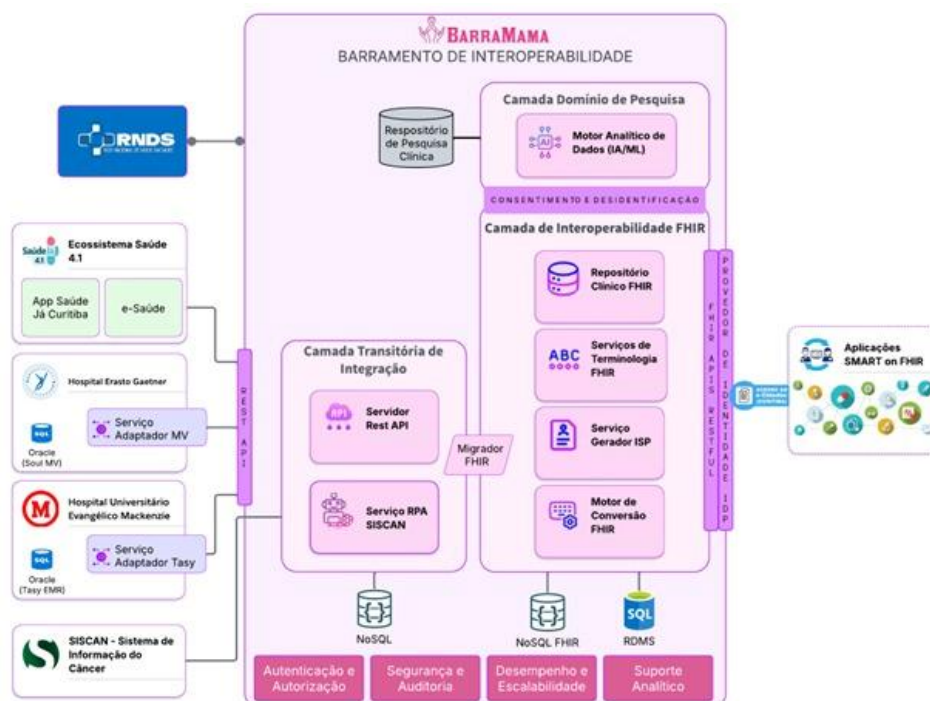
A plataforma foi desenvolvida em código aberto (Python) utilizando-se camadas separadas (negócio, aplicação e dados) como modelo para tecnologias estáveis e para saúde digital. A figura 1 indica a concepção da plataforma para atender aos requisitos e modelagem de micro serviços e seguintes especificações técnicas.

**Camada de processamento (*backend*):** Python 3.11 com Flask 3.0 (servidor web), SQLAlchemy 2.0 (gerenciamento de banco) e Pandas 2.3 (análise de dados clínicos).

**Interface visual (*frontend*):** Dash 2.18 para painéis interativos, Plotly 6.5 para gráficos clicáveis e responsivos.

**Infraestrutura:** Gunicorn 23.0 (servidor de alta performance), PostgreSQL 14+ com índices otimizados para buscas rápidas por distrito sanitário/unidade de saúde e tabelas pré-calculadas. A Figura 1 ilustra a arquitetura geral do sistema.

Figura 1: Arquitetura da Central Inteligente do Câncer de Mama



Fonte: Elaboração própria.

## Segurança e governança

A plataforma incorpora controles rigorosos de segurança e proteção de dados, em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD – Lei nº 13.709/2018)<sup>11</sup>.

**Autenticação hierárquica:** usuários com perfis diferenciados (administrador municipal, gestor distrital, visualizador de UBS) e controle de acesso baseado em papéis (RBAC - controle pelo cargo do usuário).

**Pseudonimização de dados:** nomes exibidos apenas com iniciais (ex.: "M.L."); números de CNS, CPF e telefone parcialmente ocultados, com desmascaramento restrito a administradores.

**Criptografia:** senhas armazenadas com bcrypt; todas as comunicações em trânsito via TLS 1.2+.

**Auditoria:** registros de acesso e alterações mantidos para rastreabilidade completa.

## Modelo *human-in-the-loop*

As classificações de risco e priorizações geradas automaticamente (ex.: listas de pacientes com BI-RADS 4 ou 5) são apresentadas no dashboard para validação por profissionais de saúde e o respectivo encaminhamento e navegação do paciente. A decisão final sobre qualquer ação assistencial permanece sob responsabilidade humana, garantindo supervisão clínica e evitando decisões automatizadas sem revisão.

## Considerações éticas

Por se tratar de análise baseada em dados administrativos agregados, sem identificação direta de pacientes, o projeto não foi submetido a Comitê de Ética em Pesquisa, em conformidade com a Resolução CNS nº 510/2016 (artigo 1º, parágrafo único)<sup>12</sup>.

## Resultados

A partir da arquitetura proposta foi possível elaborar um robô (RPA) cujo processamento inicial de 112.347 laudos de mamografia (2023-2026) revelou as potencialidades técnicas de todos os dados extraídos fossem apresentados visualmente em um dashboard visando facilitar a gestão da linha de cuidado oncológica no SUS, no qual fosse possível conjugar modelos de Inteligência Artificial com intervenção humana, com os seguintes resultados preliminares.

**1. Estratificação de risco clínico:** 8.742 pacientes BI-RADS 4/5 (7,8% do total) automaticamente identificados, facilitando priorização regulatória e busca ativa.

**2. Deduplicação de registros:** padronização detectou 23% de duplicidades (~25.840 casos), habilitando consolidação para análises longitudinais precisas, totalizando 112.347 | BI-RADS 4/5: 8.742 (7,8%) | Duplicidades: ~25.840 (23%) extraídos a partir das bases do SISCAN.

**3. Monitoramento de aderência regulatória:** cálculo automático do intervalo mamografia alterada/biópsia, potencializando cumprimento da Lei nº 13.896/2019 (30 dias para prioritários) através de alertas automatizados e estratificação temporal.

**4. Governança territorial:** dashboard permitirá análise geoespacial por distrito/UBS, identificando iniquidades no acesso, gargalos operacionais e subsidiando matriciamento regional equitativo.

Esses dados permitiram de modo auspicioso culminar em um dashboard, como primeira versão da Central Inteligente do Câncer de Mama que atuará como um painel executivo para a respectiva linha de cuidado. A fim de garantir a segurança, a privacidade e o uso ético das informações no âmbito do Dashboard Central Inteligente do Câncer de Mama foi estabelecido um modelo de acesso permissionado baseado em perfis de usuário.

Este modelo segue os princípios da LGPD e as diretrizes de governança do projeto, assegurando que cada ator envolvido na linha de cuidado tenha visibilidade apenas dos dados estritamente necessários para o desempenho de suas funções.

A tabela abaixo detalha os níveis de acesso, o escopo de visibilidade e as limitações aplicadas a cada perfil, promovendo a transparência e o controle institucional sobre os dados sensíveis da jornada oncológica municipal.

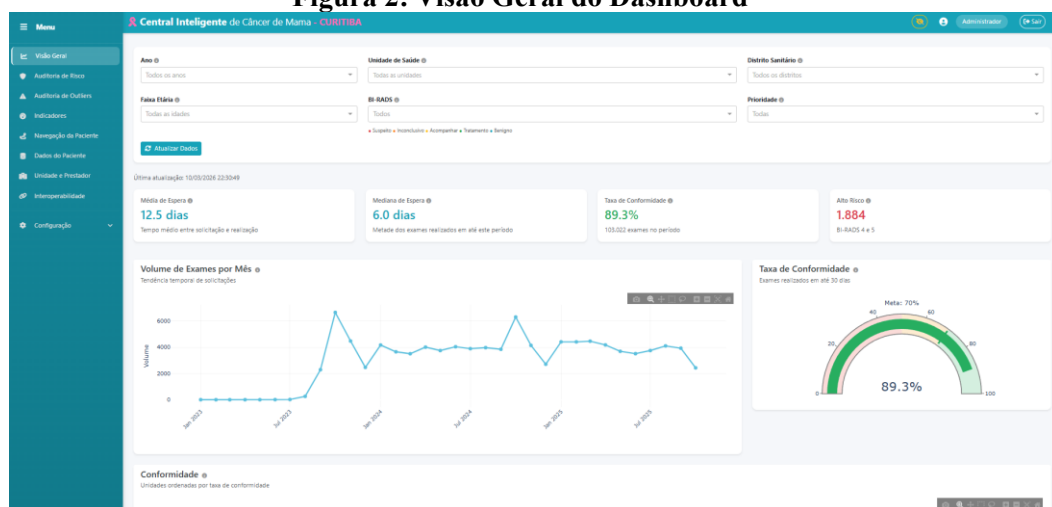
**Tabela 1: Permissões de acesso**

Usuário	Visibilidade	Limitações
Secretaria Municipal de Saúde	Visão completa de todos os Distritos e Unidades	Acesso a todos as funcionalidades, os pacientes e exames do município
Gestores de Distrito Sanitário	Visão restrita às Unidades pertencentes ao seu Distrito	Pacientes, exames e indicadores limitados ao Distrito.
Unidades de Saúde / Prestadores de Serviço	Visão restrita aos pacientes e exames vinculados àquela Unidade / Prestador.	Não visualizam dados de outras Unidades / Prestador
Parceiros / Colaboradores	Visão completa de todos os Distritos e Unidades	Não visualizam dados sensíveis de pacientes, de acordo com a LGPD. Precisam de consentimento de acordo com a governança

Fonte: Elaboração própria

## Funcionalidades implementadas

A versão atual disponível está recebendo novas funcionalidades e permanente sistema de avaliação a fim de garantir sua usabilidade. O dashboard inicialmente foi concebido e estruturado em oito telas principais. Elas ficam acessíveis tanto pelo menu lateral, quanto pelas abas superiores e apresentadas da seguinte forma: 1) Visão Geral de Performance, 2) Auditoria de Risco, 3) Auditoria de Dados e Inconsistências, 4) Indicadores, Navegação da Paciente, 5) Dados da Paciente, 6) Análise por Unidade de Saúde e Interoperabilidade, conforme apresentada na Figura 2.

**Figura 2: Visão Geral do Dashboard**

Fonte: Elaboração própria

Conforme mostra a figura 3, todas as telas compartilham um conjunto de filtros globais (ano, distrito sanitário, unidade de saúde, faixa etária, categoria BI-RADS e prioridade), que definem o subconjunto de dados a ser analisado em tempo real. Esses filtros funcionam como “chaves de comando”, permitindo ao usuário passar da visão municipal para recortes específicos de território ou população, com atualização automática dos gráficos e tabelas conforme a combinação selecionada e o perfil de acesso do usuário.

**Figura 3: Tela de Filtros Globais**

A captura de tela mostra uma interface de usuário com seis campos de seleção em uma grade de 2x3. Os campos são: 'Ano' (Todos os anos), 'Unidade de Saúde' (Todas as unidades), 'Distrito Sanitário' (Todos os distritos), 'Faixa Etária' (Todas as idades), 'BI-RADS' (Todos) e 'Prioridade' (Todas). Abaixo dos campos de BI-RADS e Prioridade, há uma legenda colorida com as opções: Suspeito (laranja), Inconclusivo (verde), Acompanhar (amarelo), Tratamento (roxo) e Benigno (azul). Um botão azul 'Atualizar Dados' está localizado na parte inferior esquerda do formulário.

Fonte: Elaboração própria.

A Auditoria de Risco aprofunda a análise clínica dos exames. A partir da classificação BI-RADS, a tela apresenta a distribuição absoluta e percentual das categorias, compondo uma “pirâmide de risco” para o município ou para o recorte territorial selecionado. Na parte operacional, a tela organiza duas listas de pacientes: uma voltada a casos de alto risco (BI-RADS 4 e 5) e outra para os demais exames (0 a 3). As tabelas exibem, de forma mascarada para preservar a privacidade, identificação da paciente, unidade de origem, datas e tempo de espera acumulado, bem como o status de cumprimento de prazo. Esse arranjo permite que as equipes utilizem o painel como base para fluxos de busca ativa e acompanhamento das usuárias com maior necessidade de investigação diagnóstica ou retorno programado.

A tela de Auditoria de Dados e Inconsistências (*Outliers*) tem como objetivo apoiar a qualificação da base de dados. Nela, os registros são agrupados em categorias de inconsistência definidas previamente, como “Data absurda” (datas fora do escopo do projeto), “Delta negativo” (data de realização anterior à data de solicitação) e “Espera superior a 365 dias”. Cards de resumo mostram o número total de registros afetados por cada tipo de regra, enquanto uma tabela detalhada apresenta, para cada caso, os campos necessários à correção, incluindo o valor crítico que está fora do padrão. Essa funcionalidade permite que as equipes técnicas localizem rapidamente erros de digitação ou de integração que poderiam distorcer indicadores

de desempenho, utilizando o próprio painel como ferramenta de saneamento e educação permanente em registro de informações.

A figura 4 apresenta a tela de Indicadores organiza um conjunto de métricas alinhadas às recomendações nacionais para o rastreamento e diagnóstico do câncer de mama conforme protocolos pré-estabelecidos pelos municípios. Os indicadores são distribuídos em blocos temáticos. Os indicadores sintéticos: média de espera, mediana de espera, taxa de conformidade com o prazo definido nas regras de negócio (por exemplo, realização do exame em até 30 dias) e número absoluto de exames classificados como BI-RADS 4 ou 5 e reúne visualizações temporais e comparativas, como o gráfico de volume de exames por mês, que permite identificar picos de demanda e variações sazonais, e o gráfico de taxa de conformidade, que compara o desempenho observado com a meta pactuada.

**Figura 4: Tela de Indicadores e blocos temáticos**



Fonte: Elaboração própria

O primeiro bloco acompanha a cobertura mamográfica na faixa etária prioritária conforme o protocolo local, tanto em valores absolutos quanto em proporção da população alvo, permitindo comparar o desempenho entre unidades e distritos. Blocos subsequentes monitoram a agilidade no acesso e na liberação de resultados (por exemplo, percentual de laudos liberados em até 30 dias, média e mediana do intervalo entre realização e liberação), a necessidade de exames complementares e encaminhamentos segundo categorias BI-RADS, bem como situações especiais, como mamografias inconclusivas ou casos suspeitos em mulheres fora da faixa etária de rastreamento. Um bloco final de diagnóstico destaca a detecção de casos em

estágio inicial a partir de exames de rastreamento, sintetizando o desempenho do programa na identificação precoce.

A funcionalidade de Navegação da Paciente reconstrói a jornada assistencial de mulheres com múltiplos exames. A tela apresenta, inicialmente, indicadores agregados desse grupo (número de pacientes com mais de um atendimento, total de exames, média e máximo de exames por paciente) e, em seguida, permite segmentar as usuárias de acordo com a evolução do seu quadro entre o primeiro e o último exame: evolução positiva, negativa ou estável. Um histórico de atendimentos resume, para cada paciente, o número de exames realizados e a variação das categorias BI-RADS ao longo do tempo, com possibilidade de expandir o registro para visualizar, em detalhe, datas de solicitação, realização e liberação de laudo, unidades envolvidas e demais informações clínicas. Essa visão longitudinal auxilia na identificação de trajetórias que demandam monitoramento mais próximo e na compreensão de pontos do percurso em que podem ter ocorrido atrasos.

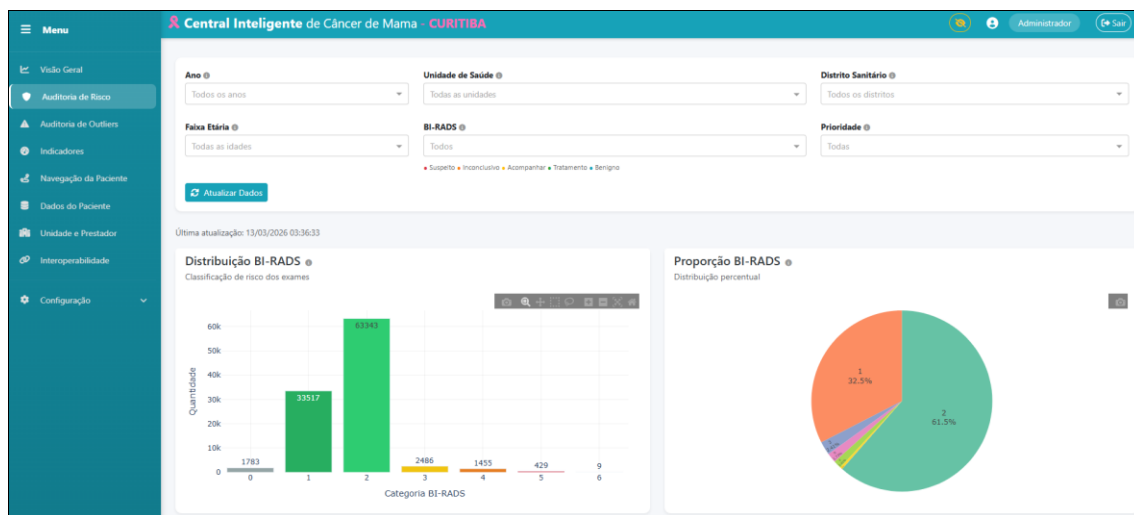
A tela de dados dos pacientes funciona como um repositório tabular para consulta direta. Ela oferece ferramentas de busca por nome, CPF, Cartão SUS e filtros por sexo e BI-RADS, além de controle da quantidade de registros exibidos por página, o que facilita atividades operacionais de conferência e extração de listas específicas. A tabela consolida dados demográficos, cronologia do exame (datas de solicitação, realização e liberação), informações da unidade de saúde e do prestador, tipo de mamografia e demais atributos clínicos. Para atender às exigências da Lei Geral de Proteção de Dados, campos sensíveis são exibidos com máscaras de privacidade, mantendo a utilidade para gestão sem exposição indevida de dados pessoais.

Na tela de Análise por Unidade de Saúde/Prestador, o foco recai sobre o desempenho de um estabelecimento específico. Após a seleção da unidade, o painel apresenta indicadores como volume total de exames, média e mediana de tempo de espera, taxa de conformidade, quantidade de casos de alto risco vinculados e tempo médio entre realização e liberação do laudo. Em complemento, são exibidas a distribuição de pacientes por nível de prioridade de atendimento, uma fila nominal ordenada segundo prioridade e prazo recomendado, gráficos de agilidade no atendimento por faixas de tempo e a evolução mensal do tempo médio de espera em relação à meta. A tela inclui ainda um mapa de calor que cruza faixas etárias com categorias BI-RADS e uma lista de pacientes sem retorno na data prevista, apoiando diretamente as rotinas de regulação, planejamento de agendas e busca ativa em cada unidade.

A tela de Interoperabilidade acompanha o cruzamento entre os dados extraídos. A interface disponibiliza mecanismos de pesquisa que retornam o status de vinculação dos registros em ambas as bases, bem como painéis que resumem o número total de exames capturados, de registros vinculados, de pacientes com dados completos (como CPF e telefone) e de situações que demandam saneamento cadastral, como Cartões SUS duplicados ou ausência de correspondência no sistema municipal. Uma tabela comparativa apresenta, lado a lado, os dados provenientes das duas fontes, incluindo um selo de tempestividade que indica se o exame foi realizado e liberado dentro dos prazos definidos. Essa funcionalidade permite monitorar a qualidade da integração entre sistemas, assegurando que a visão analítica refletida no dashboard corresponda ao histórico assistencial registrado nos sistemas oficiais.

Para a gestão, podem também ser apresentados um ranking de conformidade por unidade de saúde organiza os estabelecimentos de acordo com sua taxa de exames realizados dentro do prazo, favorecendo a identificação de unidades que necessitam de apoio adicional e daquelas que pode servir como referência de boas práticas, além dos respectivos riscos, conforme apresentado na figura 5.

**Figura 5: Visão de risco no dashboard da Central Inteligente**



Fonte: Elaboração própria

O código-fonte aberto está disponível no repositório <https://github.com/Prisma-Consultoria/siscan-dashboard>, onde uma versão é permanentemente atualizada para avaliação e implementação em Secretarias municipais e deve ser requisitado para a Secretária Municipal de Saúde de Curitiba, que tem a custódia do piloto.

Para garantir a qualidade da aplicação foram importados via ETL (Extract, Transform, Load), sigla designada para o processo de extrair dados de múltiplas fontes, transformá-los (limpeza e padronização) e carregá-los em um repositório central para análise e tomada de decisão. Os dados processados são provenientes de 112.347 laudos de mamografia referentes ao período de setembro de 2023 a fevereiro de 2026 e foram gerados por pacientes reais que utilizaram o Sistema de Saúde (SUS) em Curitiba, tanto na Atenção Primária (requisições) quanto na Atenção Especializada (Hospitais de Referência). O início da fase de validação com Distritos Sanitários da Secretária Municipal de Curitiba inicia-se em março de 2026.

A Central Inteligente do Câncer de Mama revela-se protótipo viável a partir da automação RPA (Robot Process Automation) que permitiu estruturar dados provenientes do SISCAN em uma modelagem estruturada, gerando uma base analítica capaz de apoiar a gestão assistencial em tempo real para construção do modelo de interoperabilidade entre diferentes profissionais e níveis de atenção.

No contexto da saúde coletiva, o projeto responde a desfragmentação de dados do SISCAN que afetam o SUS municipal. A aplicação tem potencial para reduzir o entrave à integralidade e equidade na linha de cuidado oncológica, alinhando-se às políticas nacionais (Leis 30/60 dias, RNDS, Programa Agora Tem Especialistas) via priorização regulatória usando o modelo de intervenção combinando a Inteligência Artificial com intervenção humana (*human-in-the-loop*<sup>8</sup>) na qual o profissional de saúde tem o poder de tomar a decisão mais acertada e ao mesmo tempo faz a máquina ou algoritmo “aprender de forma assertiva” com as condutas indicadas.

O projeto traz em seu bojo a potencialidade de replicabilidade em redes locais, padronização e modelagem informacional e computacional para bases RNDS (interoperabilidade) e melhoria contínua da priorização multicritério (risco clínico, vulnerabilidade social, decisão de gestão), de modo a enfrentar iniquidades históricas no acesso oncológico, com perspectivas de institucionalização como bem público digital SUS.

## **Alinhamento com políticas públicas**

A plataforma foi desenvolvida em estreita sintonia com o marco legal e regulatório brasileiro. A Lei nº 12.732/2012 (Lei dos 60 dias<sup>4</sup>) garante início do tratamento oncológico em até 60 dias pós-diagnóstico, enquanto a Lei nº 13.896/2019 (Lei dos 30 dias<sup>5</sup>) estabelece prazos

máximos para consultas/exames prioritários. O Programa Agora Tem Especialistas (Lei nº 15.233/2025<sup>6</sup>) reforça ferramentas para gestão especializada. Ademais, adesão aos padrões RNDS (Portaria MS nº 2.073/2023<sup>12</sup>) e a utilização de terminologias padronizadas (CID-10, SIGTAP, TUSS, BI-RADS) posicionam a solução como interoperável e preparada para futuras integrações com sistemas nacionais.

## **Contribuições para resolubilidade e equidade**

A incorporação de variáveis territoriais e de vulnerabilidade social, previstas na evolução da Central, potencializa a resolubilidade, entendida como a capacidade estrutural do SUS para solucionamento hierarquizado de demandas complexas, permitindo avançar na equidade do acesso, princípio fundacional contra iniquidades espaciais na atenção oncológica<sup>14</sup>.

Estudos em saúde coletiva demonstram que modelos de priorização multicritério reduzem iniquidades históricas no acesso a procedimentos de média/alta complexidade, promovendo universalidade e integralidade SUS<sup>13</sup>.

O uso do serviço da Central evidencia resolatividade inicial ao processar 112.347 laudos possibilitou identificar 8.742 casos BI-RADS 4/5 e reduzir 23% duplicidades, revelando resolubilidade estrutural para redes locais fragmentadas.

## **O papel do código aberto**

O repositório com o código-fonte, a documentação técnica e os scripts de criação do banco de dados está disponível publicamente<sup>15</sup>, permitindo que outros municípios e estados adaptem e repliquem a solução sem custos de licenciamento. Essa abordagem está em linha com as recomendações da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) para a promoção da saúde digital na região<sup>16</sup>. A opção pelo desenvolvimento em código aberto confere a plataforma o caráter de bem público digital, como preconizado pela Organização Mundial da Saúde (OMS)<sup>17</sup>.

## **Governança algorítmica e supervisão humana**

O modelo *human-in-the-loop*, adotado pela Central Inteligente responde às preocupações éticas relacionadas ao uso de IA em saúde, além de se adequar a mais recente Resolução CFM nº

2.454/2026. A literatura recente enfatiza que sistemas totalmente automatizados podem apresentar riscos de vieses, falta de explicabilidade e limitações na generalização<sup>9</sup>. Manter o profissional de saúde como decisor final, apoiado por ferramentas de priorização e visualização, fortalece a segurança e a responsabilidade clínica.

## **Limitações e desafios**

Algumas limitações devem ser consideradas. A dependência exclusiva do SISCAN expõe a plataforma a eventuais atrasos ou inconsistências na alimentação do sistema nacional. A integração com outros sistemas (prontuário eletrônico eSaúde Curitiba e sistemas hospitalares) é um próximo passo necessário para o acompanhamento longitudinal completo. A sustentabilidade da solução a longo prazo dependerá da institucionalização da governança e da alocação de recursos humanos e tecnológicos ampliados em nível regional pelas secretarias de saúde.

## **Considerações finais**

A Central Inteligente do Câncer de Mama representa uma experiência concreta de transformação digital no SUS, integrando automação, análise de dados e visualização interativa para qualificar a gestão da linha de cuidado oncológica. A adoção de tecnologias de código aberto, aliada ao alinhamento com políticas públicas nacionais (Lei dos 30/60 dias, RNDS, Programa Agora Tem Especialistas) e à proteção de dados pessoais (LGPD), confere à solução potencial de replicabilidade e escalabilidade.

O modelo de governança baseado na supervisão humana (*human-in-the-loop*) garante segurança e responsabilidade clínica, respondendo aos desafios éticos do uso de IA em saúde. A experiência de Curitiba pode servir de referência para outros municípios e estados que buscam aprimorar o monitoramento e a gestão de suas redes de atenção oncológica, bem como para outras linhas de cuidado que enfrentam problemas semelhantes de fragmentação informacional e filas de espera.

Estudos futuros deverão avaliar o impacto da plataforma em indicadores de saúde de longo prazo (sobrevivência, mortalidade) e explorar a integração com modelos preditivos baseados em inteligência artificial para antecipar risco de atraso e apoiar a tomada de decisão em tempo real.

## Referências

1. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. Estimativa 2023: incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA; 2022.
2. World Health Organization. Breast cancer: early detection and screening. Geneva: WHO; 2023.
3. Lima CRA, Schramm JMA, Coeli CM, et al. Revisão das dimensões de qualidade dos dados e métodos aplicados na avaliação dos sistemas de informação em saúde. Cad Saúde Pública. 2009;25(10):2095-109.
4. Presidência da República (BR). Lei nº 12.732, de 22 de novembro de 2012. Dispõe sobre o primeiro tratamento de paciente com neoplasia maligna comprovada. Diário Oficial da União. 2012 nov 23.
5. Presidência da República (BR). Lei nº 13.896, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece prazos máximos para consultas médicas e exames em casos prioritários. Diário Oficial da União. 2019 dez 24.
6. Presidência da República (BR). Lei nº 15.233, de 7 de outubro de 2025. Institui o Programa Agora Tem Especialistas. Diário Oficial da União. 2025 out 8.
7. Topol E. Deep medicine: how artificial intelligence can make healthcare human again. New York: Basic Books; 2019.
8. Amann J, Blasimme A, Vayena E, et al. Explainability for artificial intelligence in healthcare. BMC Med Inform Decis Mak. 2020; 20:310.
9. Ministério da Saúde (BR). Sistema de Informação do Câncer – SISCAN [Internet]. Brasília: DATASUS. [acesso 2026 mar 9]. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/siscan/>
10. Presidência da República (BR). Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Diário Oficial da União. 2018 ago 15.
11. Conselho Nacional de Saúde (BR). Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. Diário Oficial da União. 2016 maio 24.
12. Ministério da Saúde (BR). Portaria nº 2.073, de 31 de agosto de 2023. Institui a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS). Diário Oficial da União. 2023 set 1.
13. Obermeyer Z, Powers B, Vogeli C, et al. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. Science. 2019;366(6464):447-53.
14. Projeto Central Inteligente do Câncer de Mama. Repositório GitHub [Internet]. [acesso 2026 mar 9]. Disponível em: <https://github.com/prisma/central-inteligente-mama>

15. Organização Pan-Americana da Saúde. Estratégia de saúde digital para a região das Américas 2022-2026. Washington: OPAS; 2022.
16. Conselho Federal de Medicina. Resolução CFM nº 2.454. Dispõe sobre o uso de inteligência artificial em medicina
17. World Health Organization. Common goods for health [Internet]. Geneva: WHO; 2019 Sep 11 [citado 2026 Mar 13]. Disponível em: [https://www.who.int/health-topics/common-goods-for-health#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/common-goods-for-health#tab=tab_1)

## **Contribuição dos autores**

Todos os autores contribuíram para a concepção do estudo, aquisição e análise dos dados, redação e revisão crítica do manuscrito, e aprovaram a versão final a ser publicada.

## **Declaração de Conflito de Interesses**

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse relacionados a este manuscrito.

## **Financiamento**

Este estudo foi desenvolvido no contexto de projetos de inovação em saúde digital voltados ao fortalecimento da gestão da linha de cuidado do câncer de mama no Sistema Único de Saúde (SUS).

## **Disponibilidade de Dados e Código**

O código-fonte e a documentação técnica da plataforma estão disponíveis em repositório aberto para fins de transparência científica e reprodutibilidade: <https://github.com/Prisma-Consultoria/siscan-dashboard>

## **Licença**

Este manuscrito está licenciado sob Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

## Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.