



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

GLAUDEMIR SANTOS LEITE

**VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE SAÚDE USANDO INFOGRÁFICOS
INTERATIVOS: Plataforma Panorama Malária**

Recife
2024

GLAUDEMIR SANTOS LEITE

**VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE SAÚDE USANDO INFOGRÁFICOS
INTERATIVOS: Plataforma Panorama Malária**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em ciência da computação. Área de concentração: Multimídia e visualização de dados

Área de concentração: Multimídia e visualização de dados

Orientadora: Judith Kelner

Coorientador: Vanderson Souza Sampaio

Recife

2024

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Leite, Glaudemir Santos.

Visualização de dados de saúde usando infográficos interativos: Plataforma Panorama Malária / Glaudemir Santos Leite. - Recife, 2024.

113f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática, Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, 2024.

Orientação: Judith Kelner Coorientação: Vanderson Souza Sampaio.

Inclui referências.

1. Trigramas; 2. Malária; 3. Plasmodium; 4. Panorama de Malária; 5. SIVEP. I. Kelner, Judith. II. Sampaio, Vanderson Souza. III. Título.

GLAUDEMIR SANTOS LEITE

**VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE SAÚDE USANDO INFOGRÁFICOS
INTERATIVOS: Plataforma Panorama Malária**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em ciência da computação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em ciência da computação. Área de concentração: Multimídia e visualização de dados

Aprovado em: 06/12/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Judith Kelner
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
(Orientadora)

Prof. Dr. Cleber Matos de Moraes
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Prof^a. Dr^a. Camila Helena Aguiar Bôtto de Menezes
Universidade Estadual do Amazonas - UEA

AGRADECIMENTOS

Escrever estas palavras talvez seja tão desafiador quanto foi o desenvolvimento deste trabalho, pois é difícil expressar plenamente o significado desta dissertação em minha trajetória.

Sou o filho mais novo de quatro irmãos, fruto do lar de Geraldo Leite e Geralda Maria. Viemos de uma família de classe média baixa e, desde cedo, meu pai sempre destacou o poder transformador da educação. Ele acreditava que, por meio dela, poderíamos mudar nossa realidade, apesar dos desafios enfrentados desde o ensino básico até o superior. Essa sempre foi uma de suas maiores aspirações para nós, pois, por circunstâncias da vida, ele só conseguiu concluir o ginásio aos 28 anos.

Em primeiro lugar, expresso minha profunda gratidão a Deus, sem quem nada seria. Ele esteve comigo em todos os momentos, fortalecendo-me ao longo dessa jornada.

Minha sincera gratidão à minha orientadora, Profa. Dra. Judith Kelner, por sua orientação valiosa ao longo de todo o processo de pesquisa. Sua expertise, dedicação e disponibilidade foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Sou imensamente grato por sua paciência, por me desafiar a aprimorar minhas ideias e por me fornecer direcionamento acadêmico sempre com tanta generosidade. Também agradeço imensamente meu co-orientador, Dr. Vanderson Souza Sampaio, pois seus direcionamentos se mostraram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço profundamente aos meus pais, Geraldo e Geralda, e aos meus irmãos, Glaucio, Glauber e Glaubécio, pelo apoio incondicional e incentivo constante. Sem vocês, nada disso teria sido possível.

Também manifesto minha gratidão aos professores e pesquisadores do CIN, que compartilharam seus conhecimentos comigo durante o mestrado. Suas aulas, seminários e discussões foram não apenas enriquecedores para minha formação acadêmica, mas também fonte de inspiração e motivação.

Expresso, ainda, meu reconhecimento especial à Profa. Dra. Camila Helena Aguiar Bôto de Menezes e ao Prof. Dr. Cleber Matos de Moraes, pois suas contribuições, apontamentos e conselhos foram fundamentais para o desenvolvimento e a conclusão deste trabalho.

Por fim, agradeço de maneira especial ao meu amigo e irmão Dr. Gabriel Cozzela. Mesmo distante fisicamente, ele sempre esteve presente nesta jornada, oferecendo apoio inestimável. Seus direcionamentos, momentos de desabafo e conselhos muitas vezes foram a bússola que me ajudou a encontrar o melhor caminho. Como diz Provérbios 18:24: **“Quem tem muitos amigos pode chegar à ruína, mas existe amigo mais apegado que um irmão.”**

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade, o meu mais sincero agradecimento.

Glaudemir

RESUMO

Os dados desempenham um papel fundamental no processo de tomada de decisões, pois permitem aos profissionais da saúde compreender aspectos como a disseminação de doenças, o estado clínico dos pacientes, a disponibilidade de medicamentos, entre outros fatores relevantes. Um recurso eficaz para explorar as informações contidas em bases de dados da área da saúde é o uso de técnicas de visualização, que tornam os dados mais acessíveis e compreensíveis. Nesse contexto, a integração e análise de dados de saúde para o enfrentamento de epidemias no Brasil, especialmente no caso da malária, tem se mostrado um grande desafio nos últimos anos. Um dos principais obstáculos é a desorganização e a ausência de ferramentas apropriadas para visualizar o vasto volume de informações contido no DATASUS, o que dificulta sua interpretação. Diante disso, torna-se urgente o desenvolvimento de uma solução computacional capaz de integrar diferentes bases de dados da saúde e fornecer representações visuais interativas, a fim de apoiar gestores e profissionais no monitoramento e controle da malária. Esta dissertação de mestrado teve como propósito especificar, modelar e desenvolver uma ferramenta computacional para a visualização de dados sobre a malária, utilizando infográficos, quadros e mapas com informações georreferenciadas, denominada *Panorama Malária*. O desenvolvimento da ferramenta seguiu diversas etapas, incluindo a definição de objetivos e requisitos, coleta e preparação dos dados, seleção da tecnologia, implementação de recursos interativos, testes e depuração. O *Panorama Malária* foi projetado para apoiar gestores de organizações de saúde e pesquisadores na análise interativa e intuitiva de informações relacionadas aos casos da doença. A ferramenta possibilita a exploração visual desses dados ao longo de uma série temporal, utilizando trigramas representados por infográficos. O uso de trigramas na área da saúde permite compreender fenômenos complexos em diferentes escalas, proporcionando múltiplas formas de visualização dos dados. As limitações e desafios da ferramenta estão diretamente relacionados à qualidade das bases de dados utilizadas, uma vez que a precisão das visualizações depende da confiabilidade das informações disponíveis. Como proposta para aprimoramento futuro, pretende-se submeter o *Panorama Malária* à avaliação de gestores da área da saúde, visando refinamentos. Além disso, planeja-se o desenvolvimento de uma estrutura de painel *plug 'n play* integrada à API de dados do SIVEP-Malária, permitindo a atualização em tempo real e a incorporação de estratégias baseadas em inteligência artificial para otimizar a análise e monitoramento da doença.

Palavras-chave: Trigrama, Malária, *Plasmodium*, Panorama de Malária, SIVEP

ABSTRACT

Data plays a fundamental role in the decision-making process, as it enables healthcare professionals to understand aspects such as disease spread, patients' clinical conditions, medication availability, and other relevant factors. An effective way to explore information contained in healthcare databases is through visualization techniques, which make data more accessible and easier to interpret. In this context, the integration and analysis of health data for epidemic response in Brazil, particularly in the case of malaria, have posed significant challenges in recent years. One of the main obstacles is the lack of organization and the absence of appropriate tools to visualize the vast amount of information stored in DATASUS, making its interpretation difficult. Given this scenario, the development of a computational solution capable of integrating different health databases and providing interactive visual representations becomes urgent to support managers and professionals in malaria monitoring and control. This master's dissertation aimed to specify, model, and develop a computational tool for visualizing malaria data using infographics, charts, and maps with georeferenced information, named *Panorama Malária*. The tool's development followed several stages, including defining objectives and requirements, data collection and preparation, technology selection, implementation of interactive features, testing, and debugging. *Panorama Malária* was designed to assist healthcare organization managers and researchers in the interactive and intuitive analysis of malaria case information. The tool enables visual exploration of data over a time series using trigrams represented by infographics. The use of trigrams in the healthcare field allows for a better understanding of complex phenomena on different scales, offering multiple ways to visualize the data. The tool's limitations and challenges are directly related to the quality of the databases used since the accuracy of visualizations depends on the reliability of the available information. As a future improvement proposal, *Panorama Malária* will be submitted for evaluation by healthcare managers to refine its features. Additionally, a *plug 'n play* dashboard structure integrated with the SIVEP-Malária data API is planned, enabling real-time updates and incorporating artificial intelligence-based strategies to optimize disease analysis and monitoring.

Keywords: Trigram, Malaria *Plasmodium*, Malaria Overview, SIVEP

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Infográfico do consumo semanal de frutas de Victor em comparação com outros homens de sua faixa etária e com as porções mínimas recomendadas.....	19
Figura 2 - Infográfico da pressão arterial de Maria no contexto de faixas de critérios juntamente com alguns dos riscos de hipertensão.	19
Figura 3 - Infográfico representando valores de pressão arterial e categorias de critérios usando uma analogia de semáforo.	20
Figura 4 - Infográfico representando valores de pressão arterial e categorias de critérios usando uma analogia de semáforo.	21
Figura 5 - Infográfico do nível de estresse crônico de Maria comparado ao de outras mulheres da sua faixa etária.....	22
Figura 6 - Infográfico de (a) dias de exercício de Maria por semana em comparação com outras mulheres da sua faixa etária e (b) a autoavaliação de Victor sobre a saúde geral em comparação com a de outros homens de sua faixa etária. Os ícones nesses infográficos.....	22
Figura 7 - Casos confirmados e mortes por malária de 2010 a 2022 na região das Américas para <i>Plasmodium vivax</i> e <i>Plasmodium falciparum</i>	27
Figura 8 - Mapa clicável do MEWS para monitoramento de precipitação: 21–31 de dezembro de 2004.	31
Figura 9 - Protocolos de Tratamento para Malária Causada por <i>Plasmodium vivax</i> ou <i>Plasmodium ovale</i> – Alternativa 1.....	34
Figura 10 - Protocolo de Tratamento para Malária Causada por <i>Plasmodium vivax</i> ou <i>Plasmodium ovale</i> – Alternativa 2.....	35
Figura 11 - Protocolo de Tratamento para Malária por <i>Plasmodium vivax</i> ou <i>Plasmodium ovale</i> em Gestantes	36
Figura 12 - Protocolo 1 para o Tratamento da Recorrência de <i>Plasmodium vivax</i> em até 60 Dias.....	37
Figura 13 - Protocolo 2 para o Manejo da Recorrência de <i>Plasmodium vivax</i> em um Período de até 60 Dias.....	38
Figura 14 - Protocolo 1 para o Tratamento da Malária Causada por <i>Plasmodium falciparum</i>	39
Figura 15 - Protocolo 1 para o Manejo da Malária Causada por <i>Plasmodium falciparum</i>	40
Figura 16 - Protocolo 1 para o Tratamento da Malária por <i>Plasmodium falciparum</i> em Gestantes.....	40
Figura 17 - Protocolo 2 para o Tratamento da Malária por <i>Plasmodium falciparum</i> em Gestantes.....	41
Figura 18 - Protocolo 1 para o Tratamento da Malária Mista.....	42
Figura 19 - Protocolo 2 para o Tratamento da Malária Mista.....	42
Figura 20 - Manifestações clínicas e laboratoriais indicativas de malária grave e complicada	44
Figura 21 - Etapas da Revisão de Literatura	46
Figura 22 - Estrutura de análise iterativa de idealizada por Checkland (1999), adaptada e traduzida por Moraes (2021).	50
Figura 23 - Exibição do relatório de vigilância das unidades de saúde durante uma semana num distrito de estudo. A) Capturas de tela da ferramenta de relatório de vigilância baseada na Web SMS for Life. (B) Painel de dados de vigilância do SMS for Life.	60

Figura 24 - Aplicativo móvel Malaria Screener. a) Telas em uma sessão de triagem de lâminas. b) O fluxo de trabalho de uma sessão de Malaria Screener	62
Figura 25 - Capturas de tela do aplicativo Electronic Data System. (A) Tela de entrada de dados para módulo de observação de teste de diagnóstico rápido (RDT). (B) Página de resumo de desempenho.....	63
Figura 26 - Painel do Software de Informações de Saúde Distritais 2 (DHIS2) do Sistema Eletrônico de Dados (EDS). TDR = teste de diagnóstico rápido.....	64
Figura 27 - Visualização multilayer com dados da cidade de Manaus mostrando balneários: (a) zonas onde houve pulverização (b) laboratórios, (c) juntamente com hotspots/criadores. As áreas onde foram detectadas infecção são mostradas em amarelo/laranja.....	66
Figura 28 - Exemplo de filtros interativos disponibilizados pela ferramenta Malaria-VisAnalytics: (a) Entradas por tipo de casos, subtipo de Plasmodium, variável climática, ano e destaques (coloração) por Estado ou região; (b) Insumos por subtipo (raça ou gênero).....	67
Figura 29 - Exemplo de técnicas de zoom aplicadas sobre Manaus, em diferentes escalas (a e b)	68
Figura 30 - Prevalência estimada da malária em 2019 entre crianças menores de cinco anos em Gana.....	69
Figura 31 - Captura de tela da página inicial do VecNet-DW. A página inicial fornece links (na barra de navegação esquerda) para o navegador Dimensional Data e o navegador Lookup Tables.	70
Figura 32 - Captura de tela de uma pesquisa de dados meteorológicos. Neste exemplo, os dados de temperatura média e precipitação total são agrupados ao longo do tempo por ano, utilizando a dimensão hierárquica de “data”. A localização Quênia! Nyanza! Kisumu é sel.....	71
Figura 33 - Captura de tela de gráficos gerados a partir de dados não agrupados. Este exemplo mostra os gráficos resultantes de uma pesquisa facetada com dados não agregados no cubo de dados meteorológicos.....	72
Figura 34 - Exemplo de uso do VecNet-DW.....	73
Figura 35 - Localização dos casos notificados de malária	74
Figura 36 - a) Estrutura arquitetônica e b) Interface do WebGIS	75
Figura 37 - Estrutura visual do trigramas da malária.....	82
Figura 38 - Caso de recaída ou reinfeção	85
Figura 39 - A interface exibe Trigramas individuais para cada paciente no lado esquerdo da tela, enquanto à direita estão informações complementares e ferramentas de navegação. Essa seção também apresenta análises sobre reinfeção e recaída, além de uma visualização gráfica agregada dos dados.....	85
Figura 40 - Tela de login da ferramenta Panorama de Malária	88
Figura 41 - Incidência de casos de malária georreferenciados (dados fictícios)	90
Figura 42- Número de casos, monitorados, em contato e óbitos por município (dados fictícios).....	91
Figura 43 - Incidência de casos de malária divididos por região (dados fictícios).....	93
Figura 44 - Incidência de casos de malária divididos por estado (dados fictícios).....	93
Figura 45 - Incidência de casos de malária divididos por município (dados fictícios).....	94
Figura 46 - Informações referentes aos pacientes de malária para o município de Rio Preto da Eva (dados fictícios).....	95
Figura 47 - Informações de identificação do paciente fictício, planos de tratamento e seu histórico de testes, tipo de malária, parasitemia e resultados	96

Figura 48 - Trigramas de malária de um paciente (paciente fictício)	98
Figura 49 - Diagrama ER da base de dados do SIVEP, com os dados fictícios utilizados para o desenvolvimento e avaliação da Plataforma Malária.	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Artigos selecionados por meio da revisão da literatura	55
Quadro 2 - Códigos de tratamento e suas respectivas descrições são indicados em cada notificação dentro do Trigrama Malária	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	Interface de programação de aplicações
CATWOE	O termo CATWOE é um acrônimo que representa diferentes elementos essenciais para a análise de sistemas. Ele abrange os clientes ou beneficiários (C, de <i>customers</i>), os atores envolvidos no processo (A, de <i>actors</i>), as transformações que ocorrem (T, de <i>transformation process</i>), a perspectiva ou visão de mundo adotada (W, derivado do termo alemão <i>weltanschauung</i>), a figura do proprietário ou responsável (O, de <i>ownership</i>) e as limitações impostas pelo ambiente (E, de <i>environmental constraints</i>).
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de saúde
G6PD	Glicose-6-fosfato desidrogenase.
OMS	Organização Mundial da Saúde
SIVEP	Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica
SUS	Sistema Único de Saúde

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	23
1.3 QUESTÕES DE PESQUISA.....	24
1.4 OBJETIVOS.....	24
1.4.1 Objetivo geral	24
1.4.2 Objetivos específicos	25
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	25
2 APRESENTAÇÃO DOS DOMÍNIOS.....	26
2.1 MALÁRIA.....	26
2.1.1 Diagnóstico da malária	31
3 METODOLOGIA.....	45
3.1 QUANTO AOS PROCEDIMENTOS UTILIZOU-SE A PESQUISA BIBLIOGRÁFICA E PESQUISA-AÇÃO.....	45
3.1.1 Pesquisa Bibliográfica.....	46
3.3.2 Pesquisa-ação	47
4 RESULTADOS ALCANÇADOS.....	53
4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	53
4.1.1 Objetivos	53
4.1.3 Critérios de seleção de fontes	53
4.1.4 Métodos de busca de fontes.....	53
4.1.5 Palavras-chaves	53
4.1.6 Listagem de fontes	53
4.1.7 Tipo dos artigos	53
4.1.8 Idioma(s) dos artigos:	54
4.1.9 Critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos	54
4.1.10 Critérios de qualidade dos estudos primários:.....	54
4.1.11 Processo de seleção dos estudos primários:	54
4.1.12 Estratégia de extração de informação:	54
4.1.13 Sumarização dos resultados	55
4.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TRABALHOS RELACIONADOS	76
5 DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL	78
5.1 PRIMEIRO CICLO ITERATIVO DE DESENVOLVIMENTO	78
5.2 SEGUNDO CICLO ITERATIVO DE DESENVOLVIMENTO	81

5.3 TERCEIRO CICLO ITERATIVO DE DESENVOLVIMENTO	86
5.4 QUARTO CICLO ITERATIVO DE DESENVOLVIMENTO	87
5.5 QUINTO CICLO ITERATIVO DE DESENVOLVIMENTO	87
5.6 SEXTO CICLO ITERATIVO DE DESENVOLVIMENTO	92
5.7 SÉTIMO CICLO ITERATIVO DE DESENVOLVIMENTO.....	96
6 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DO DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA.....	100
6.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS E LIMITAÇÕES	101
6.3 TRABALHOS FUTUROS.....	102
7 CONCLUSÕES	103
8 REFERÊNCIAS	105

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentada uma visão geral sobre o tema pesquisado nesta dissertação, assim como, as principais questões que motivaram a realização deste trabalho e o objetivo da pesquisa. As seções estão estruturadas da seguinte forma: contextualização, caracterização do problema, objetivos, questões de pesquisa e estrutura do trabalho.

No mundo atual, diariamente são geradas e coletadas um número de informações em escalas e velocidades cada vez maiores. Diariamente, são gerados cerca de 2,5 quintilhões de bytes de dados (MIT TECHNOLOGY REVIEW, 2022). Para que essas informações possam ser utilizadas em diferentes processos de tomada de decisão, é essencial que sejam devidamente armazenadas, gerenciadas, estruturadas e organizadas de maneira eficiente. Nesse sentido, a visualização de dados estabelece sua importância ao ser capaz de transformar os dados em informações visuais, com o intuito de torná-los compreensíveis e processáveis correlacionando diversas variáveis, identificando relações e padrões e auxiliando no agrupamento de informações para os diversos setores.

O setor da saúde, de maneira geral, está passando por uma fase de transformação, especialmente no que se refere à prestação de serviços assistenciais, ao desenvolvimento de pesquisas, à formação de profissionais e ao suporte a iniciativas humanitárias (ARAÚJO et al., 2019). Nesse campo, as informações desempenham um papel crucial na tomada de decisões, permitindo que os profissionais analisem a disseminação de doenças, avaliem o estado de saúde dos pacientes, monitorem os estoques de medicamentos e gerenciem diversas outras situações. De acordo com Wu et al. (2019), a obtenção, estruturação e análise de grandes volumes e diferentes tipos de dados provenientes de diversas fontes desempenham um papel fundamental em praticamente todas as áreas da assistência à saúde.

Diversos autores (LUCA NELLI et al., 2024; AJEGBILE et al., 2024; AROWOOGUN et al., 2024) recomendam que a utilização da análise de dados na área da saúde possibilita a identificação de padrões, a previsão de desfechos e contribui significativamente para aprimorar a qualidade e a eficiência dos serviços prestados. Contudo, é essencial assegurar que esses dados sejam precisos, confiáveis e protegidos. A privacidade dos pacientes deve ser resguardada, e as informações armazenadas de forma segura, em conformidade com as normativas e legislações vigentes. Além disso, é fundamental contar com profissionais qualificados para a coleta, gestão e interpretação adequada dos dados, visto que a análise

exige conhecimento especializado tanto em ciência de dados quanto em saúde, garantindo assim decisões embasadas e eficazes, evitando interpretações errôneas.

Um dos principais desafios dos últimos anos, tem sido a integração e análise de dados de saúde para aprimorar o combate às epidemias de malária no Brasil. De acordo com o **Guia de Vigilância em Saúde** (BRASIL, 2019), essa doença é uma infecção febril aguda provocada por protozoários e transmitida por vetores. No contexto nacional, sua alta incidência está fortemente relacionada à região amazônica, onde há um risco elevado de evolução para quadros graves. Esse cenário pode gerar impactos expressivos tanto sociais quanto econômicos, especialmente entre grupos vulneráveis, que enfrentam dificuldades relacionadas à moradia e ao acesso a serviços de saneamento básico.

A malária, também conhecida como febre palustre, febre intermitente, febre terçã benigna e febre terçã maligna, paludismo, impaludismo, possui ainda nomes populares como maleita, sezão, tremedeira, batedeira e febre (BRASIL, 2019). No Brasil, a maior concentração de casos ocorre na região Norte, especialmente nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, onde as condições ambientais favorecem a proliferação do mosquito transmissor. Um dos desafios atuais no país é a dificuldade em organizar e interpretar os dados sobre a doença disponibilizados pelo DATASUS, devido ao alto volume de informações e à complexidade da análise manual. O Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) foi estabelecido em 1991, juntamente com a criação da Fundação Nacional de Saúde (Funasa), conforme determinado pelo Decreto nº 100, de 16 de abril de 1991. A publicação oficial ocorreu no *Diário Oficial da União* em 17 de abril do mesmo ano, com uma retificação feita em 19 de abril de 1991 (DATASUS, 2024). Com o aumento dos casos de malária causados pelo *Plasmodium vivax*, um parasita de difícil eliminação, torna-se essencial adotar novas estratégias de vigilância e monitoramento. O controle e a erradicação do mosquito vetor exigem abordagens inovadoras, especialmente em regiões tropicais, como a Amazônia, onde as condições ambientais são propícias para sua reprodução.

Nesse contexto, construir uma plataforma de análises em tempo real para malária, conectada via API à base de dados do DATASUS, representaria um passo significativo para aprimorar a vigilância epidemiológica e a tomada de decisões baseadas em informações.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O surgimento da informática em saúde está diretamente relacionado ao desenvolvimento dos primeiros computadores capazes de armazenar e processar grandes

quantidades de dados. Esse avanço tecnológico impulsionou, na década de 1960, a criação de um novo campo de estudo voltado para a aplicação da informática na área da saúde. Um dos marcos mais relevantes nesse processo foi a implementação dos Registros Médicos Eletrônicos (EMRs). No final dos anos 1990, a bioinformática começou a ganhar destaque, possibilitando a análise de informações biológicas, como sequências de DNA. Já nas décadas de 1980 e 1990, a comunidade científica concentrou esforços na pesquisa e no aprimoramento de novas estruturas de EMR, visando substituir os registros em papel, otimizar o compartilhamento de informações e tornar a gestão de dados mais ágil e econômica (SAHED e SAHED, 2019).

Recursos visuais, como gráficos, diagramas e infográficos, desempenham um papel importante na comunicação e no engajamento em saúde. Esses elementos são particularmente eficazes para auxiliar a compreensão de informações por pessoas com baixo nível de alfabetização em saúde. Arcia et al. (2016), ao desenvolverem o projeto *Washington Heights/Inwood Informatics Infrastructure for Comparative Effectiveness Research* (WICER), buscaram compreender e aprimorar a saúde da população dos bairros de Washington Heights e Manhattan Inwood, onde a maioria dos residentes é de origem latina, com raízes na República Dominicana. Como parte do estudo, foram coletados dados de mais de 5.800 membros da comunidade, abrangendo informações autorrelatadas, como hábitos alimentares, saúde mental, atividade física e estado geral de saúde, além de medidas antropométricas, incluindo altura, peso, circunferência da cintura e pressão arterial, bem como dados sobre alfabetização em saúde. Na etapa de design participativo, um dos objetivos foi identificar características comuns a infográficos eficazes e desafios encontrados em representações visuais pouco eficientes. Os resultados apontaram que infográficos bem-sucedidos eram aqueles que apresentavam um alto nível de informação, facilitavam a comparação, ofereciam contexto e utilizavam cores e analogias simbólicas familiares ao público. Por outro lado, infográficos que usavam ícones repetidos para representar múltiplas categorias dentro de um mesmo grupo (como maçãs para indicar diferentes tipos de frutas) foram interpretados de maneira excessivamente literal, tornando-se inadequados para a comunidade estudada. Com base nesses achados, os autores sugerem que infográficos podem ser uma ferramenta útil para incentivar comportamentos que promovam a saúde (Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6).

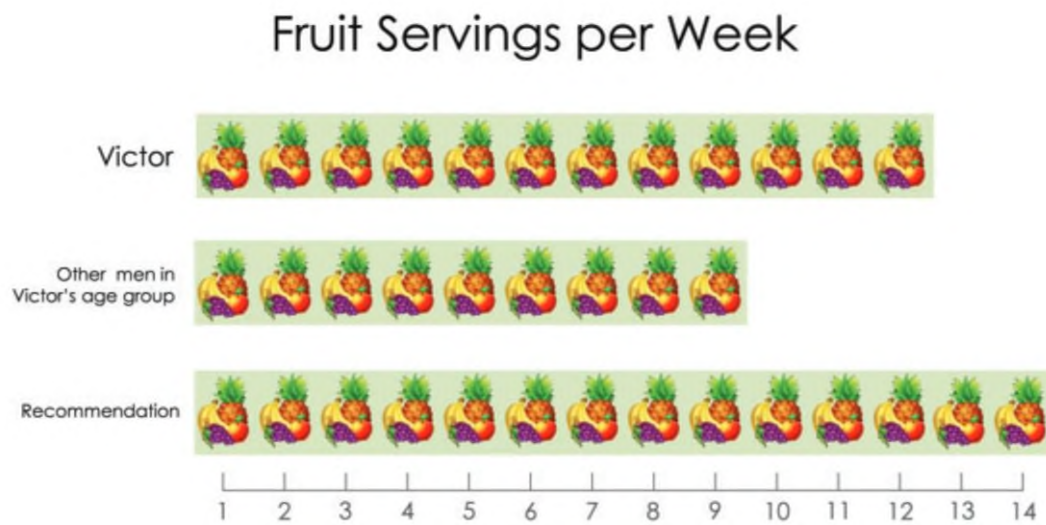
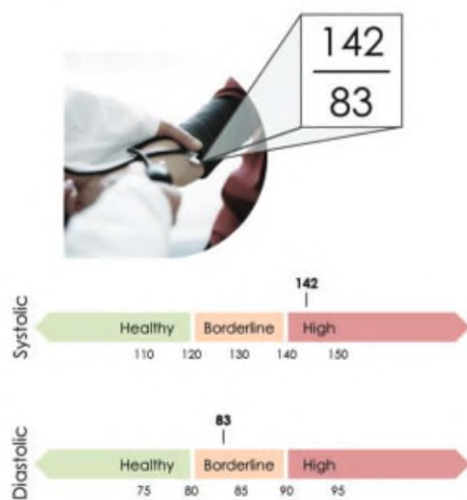


Figura 1 - Infográfico do consumo semanal de frutas de Victor em comparação com outros homens de sua faixa etária e com as porções mínimas recomendadas.

Maria's Blood Pressure



Risks of High Blood Pressure

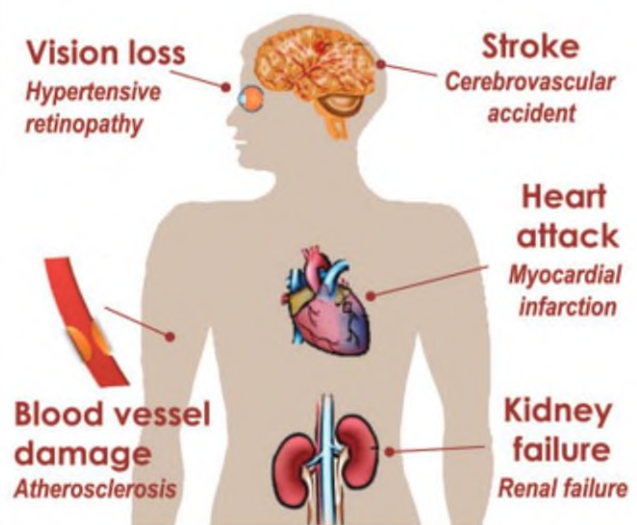


Figura 2 - Infográfico da pressão arterial de Maria no contexto de faixas de critérios juntamente com alguns dos riscos de hipertensão.

Blood Pressure

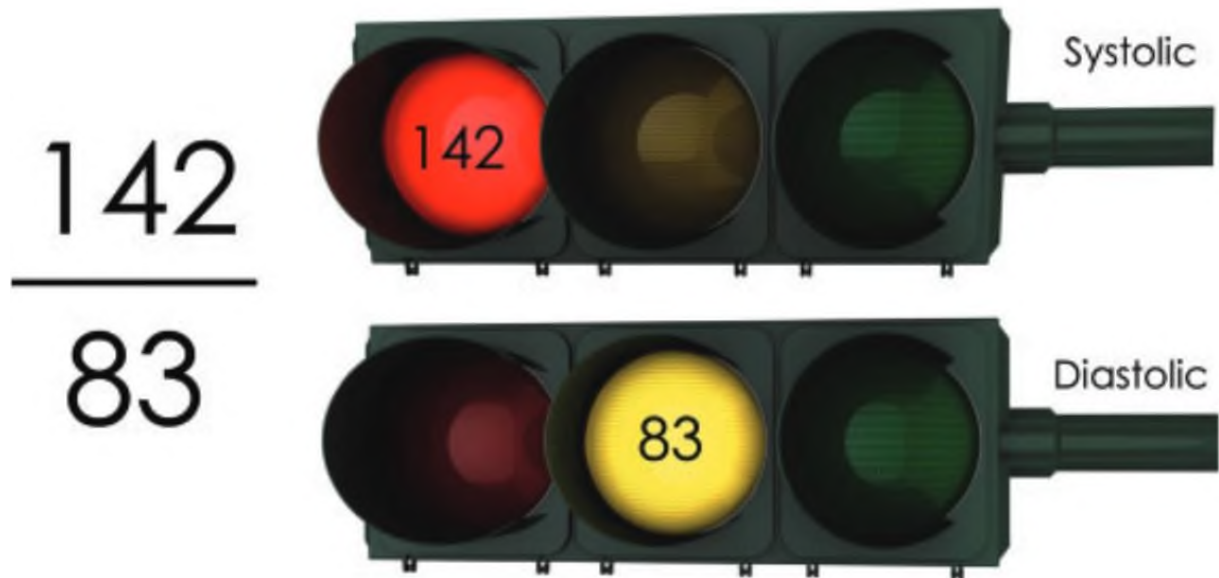


Figura 3 - Infográfico representando valores de pressão arterial e categorias de critérios usando uma analogia de semáforo.

Sleep and Energy



Figura 4 - Infográfico representando valores de pressão arterial e categorias de critérios usando uma analogia de semáforo.

Chronic Stress



Maria
Low



Other women in
Maria's age group
Very High

Figura 5 - Infográfico do nível de estresse crônico de Maria comparado ao de outras mulheres da sua faixa etária.

Days of Exercise Per Week

Maria



Other women in
Maria's age group



Your Overall Health

Poor Fair Good Very Good Excellent

Victor
Very Good



Other men in
Victor's age group
Fair



Figura 6 - Infográfico de (a) dias de exercício de Maria por semana em comparação com outras mulheres da sua faixa etária e (b) a autoavaliação de Victor sobre a saúde geral em comparação com a de outros homens de sua faixa etária. Os ícones nesses infográficos

1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A malária tem sido um desafio persistente para as esferas federal e estadual no Brasil ao longo dos anos. Segundo o Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas (FIOCRUZ), aproximadamente 99% dos casos autóctones da doença – aqueles contraídos dentro do território nacional – ocorrem na Região Amazônica. Esse elevado número de infecções está diretamente associado a fatores demográficos, ambientais e sociais que favorecem a continuidade da transmissão. Além disso, muitas comunidades ribeirinhas estão localizadas em áreas isoladas, onde o acesso a serviços essenciais, incluindo assistência médica, é limitado e apresenta desafios logísticos significativos (HAGA et al., 2022).

Nesse cenário, a utilização dos dados do Sistema Único de Saúde (SUS) para formular estratégias de enfrentamento da malária no Brasil enfrenta diversos desafios. Um dos principais entraves é a subnotificação, que ocorre quando casos da doença não são registrados, muitas vezes devido às dificuldades de acesso a serviços de saúde em áreas remotas e com infraestrutura precária. Essa limitação compromete a compreensão da real dimensão da epidemia. Ademais, a qualidade dos dados disponibilizados pode ser afetada pela falta de padronização nos registros, dificultando uma análise precisa da distribuição e progressão da doença. Conforme destacado por Eufrásio e Lopes (2023), a subnotificação é um problema identificado há muito tempo e exige um diagnóstico mais preciso, além de um maior esclarecimento para os profissionais de saúde que atuam diretamente no atendimento e registro dos casos dessa infecção.

Outro obstáculo importante é a característica sazonal da malária em determinadas áreas do país. As variações climáticas e ambientais influenciam significativamente na incidência da doença, tornando desafiador prever e planejar intervenções eficazes. A ausência de informações recentes e detalhadas sobre os padrões sazonais da malária representa um entrave adicional para a adoção de estratégias eficazes de prevenção e controle da doença.

Conforme destacado por Wolfarth-Couto et al. (2020), mesmo em áreas onde a malária é considerada endêmica, sua transmissão e distribuição espacial podem apresentar variações significativas. Essas diferenças são influenciadas pela interação de diversos fatores, incluindo aspectos ambientais, socioculturais, econômicos e políticos, bem como pela qualidade dos serviços de saúde disponíveis. Além disso, a heterogeneidade na ocupação do solo, as particularidades epidemiológicas de cada localidade e as características da paisagem também contribuem para essa variação na disseminação da doença.

Por fim, a ausência de uma integração eficiente entre os distintos níveis do sistema de saúde no Brasil pode comprometer a coordenação de ações e a troca de informações essenciais para o enfrentamento da malária. A cooperação entre os âmbitos federal, estadual e municipal é indispensável para a implementação de políticas públicas eficazes. No entanto, esse processo frequentemente enfrenta obstáculos devido a entraves burocráticos e questões políticas.

Assim, a visualização de dados sobre a malária desempenha um papel essencial na compreensão e no enfrentamento da doença. Ao converter informações complexas em gráficos, mapas e outras representações visuais, torna-se mais fácil detectar padrões de incidência, identificar áreas de maior risco e analisar tendências ao longo do tempo. Essa abordagem contribui para a tomada de decisões mais assertivas por parte dos gestores de saúde pública, favorecendo a distribuição eficiente de recursos e a adoção de intervenções direcionadas. Além disso, a apresentação visual dos dados facilita a comunicação com a população e demais stakeholders, promovendo a conscientização sobre a doença e incentivando a adoção de medidas preventivas e educativas. A longo prazo, essas estratégias podem ter um impacto significativo na redução da transmissão da malária e na melhoria dos indicadores de saúde das comunidades afetadas. Diante do exposto, infere-se que uma ferramenta computacional que possa integrar as várias bases de dados, apresentando formas de visualização interativas se torna premente para auxiliar gestores da área da saúde no contexto da malária.

1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

Com base na contextualização e caracterização do problema sobre a importância da visualização de dados de malária para a compreensão e combate eficaz da doença surgiram algumas questões de pesquisa:

- Como têm sido trabalhadas as diversas bases de dados de malária em ferramentas de visualização nos processos de gestão na área da saúde?
- É possível desenvolver uma ferramenta computacional Web que possa integrar as várias bases de dados, apresentando formas de visualização interativas para auxiliar gestores da área da saúde no contexto da malária?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Apresentar a especificação, modelagem e desenvolvimento de uma solução, que utiliza técnicas de visualização de informação, para auxiliar gestores de organizações de saúde em

uma análise mais profunda das informações e permitir tomada de decisão adequadas no contexto de controle e erradicação da malária.

1.4.2 Objetivos específicos

- obter informações na literatura sobre como tem sido integradas às diversas bases de dados de malária identificando possíveis demandas;
- Desenvolver uma Plataforma Computacional Web para Visualização de Dados de Malária por meio de Infográficos interativos;

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho está estruturado em seis capítulos descritos a seguir:

O **Capítulo 1** apresentou a introdução: contextualização e caracterização do problema a ser abordado, os objetivos do trabalho e as questões de pesquisa. No **Capítulo 2** a base conceitual e a revisão bibliográfica utilizadas para embasar o estudo aqui apresentado foram introduzidas. O **Capítulo 3** descreve a metodologia utilizada nesta dissertação. No **Capítulo 4** os resultados alcançados são apresentados e uma discussão sobre os dados obtidos é relatada, e no **Capítulo 5** é apresentado o desenvolvimento de uma ferramenta computacional para visualização de dados de malária em ambiente web. No **Capítulo 6** são discutidas as contribuições provenientes do desenvolvimento da plataforma. Finalmente, o **Capítulo 7** apresenta as conclusões, a relevância e o impacto do trabalho para o desenvolvimento científico e tecnológico.

2 APRESENTAÇÃO DOS DOMÍNIOS

Neste capítulo são apresentados conceitos relevantes para o entendimento desta dissertação.

2.1 MALÁRIA

De acordo com o Guia de Tratamento da Malária no Brasil (2021), a malária é uma enfermidade infecciosa provocada por protozoários do gênero *Plasmodium*. As principais espécies que causam a doença em seres humanos são *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae* e *P. ovale*. Além disso, existem plasmódios que normalmente infectam macacos, como *P. knowlesi* e *P. simium*, sendo este último já identificado em casos humanos no Brasil. Vale destacar que não há registros de transmissão autóctone de *P. ovale* no território brasileiro, pois essa espécie está limitada a regiões específicas do continente africano. A forma natural de transmissão da malária se dá por meio da picada de fêmeas infectadas de mosquitos do gênero *Anopheles*, sendo a espécie *Anopheles darlingi* a mais relevante no Brasil. Essa espécie costuma se reproduzir em ambientes com água limpa, morna, sombreada e de pouca movimentação, características comuns na região amazônica.

Conforme destacado por Dorneles et al. (2023), a malária é uma doença febril aguda causada por protozoários do gênero *Plasmodium* e transmitida aos seres humanos por meio da picada de fêmeas infectadas do mosquito *Anopheles*. Há cinco espécies desse parasita capazes de causar malária em humanos, sendo *P. falciparum* e *P. vivax* as de maior relevância para a saúde pública. O *P. falciparum* está associado à maior taxa de mortalidade entre os casos de malária e é o mais prevalente no continente africano. Já o *P. vivax* é a espécie predominante na maior parte dos países localizados fora da região da África Subsaariana.

Em 2021, cerca de 247 milhões de pessoas foram diagnosticadas com malária. De acordo com os números oficiais da Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 619.000 pessoas morreram em decorrência disso. No entanto, o número de casos não registrados é ainda maior porque nem todas as doenças são registradas e as causas de morte nem sempre são atribuídas à malária (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2024).

Na Figura 7 pode-se visualizar o número de casos confirmados e mortes por malária de 2010 a 2022 na região das Américas para *Plasmodium vivax* e *Plasmodium falciparum*.

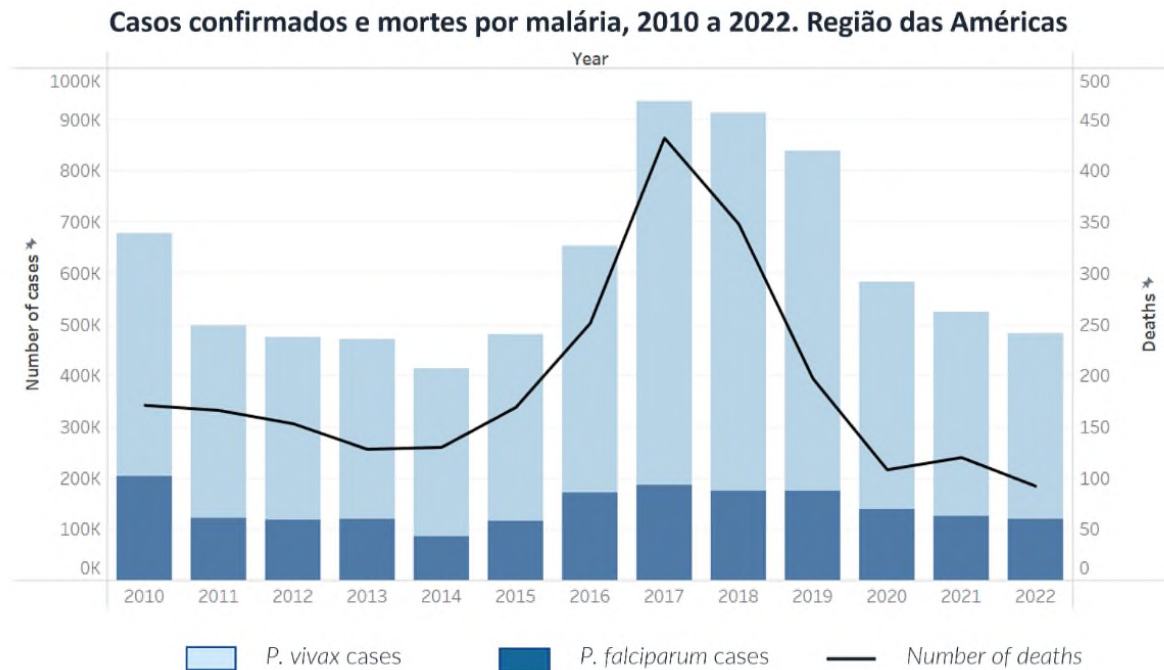


Figura 7 - Casos confirmados e mortes por malária de 2010 a 2022 na região das Américas para *Plasmodium vivax* e *Plasmodium falciparum*.

Fonte: OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde (2024), Adaptado.

Após a picada, os parasitas invadem as células do fígado e caem na circulação sanguínea, invadindo as hemácias e causando os sintomas agudos da doença, como febre alta, calafrios, sudorese, cefaleia e vômitos. No Brasil, a malária é uma das mais importantes doenças endêmicas, principalmente na região Amazônica (99% dos casos autóctones). A região compreende os estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Mato Grosso e Maranhão. (OLIVEIRA e COSTA, 2023).

Por outro lado, embora a região amazônica concentre mais de 99% dos casos de malária no Brasil, também há registros da doença em áreas não endêmicas, sejam eles autóctones ou importados, oriundos tanto da Amazônia quanto de países da América Latina e da África. O desafio nessas regiões está na maior vulnerabilidade da população às formas graves da enfermidade, devido a dois fatores principais: a baixa resistência imunológica ao *Plasmodium*, já que essa imunidade se desenvolve gradualmente com a exposição contínua ao parasita, e a dificuldade dos profissionais de saúde em estabelecer um diagnóstico preciso, seja por falta de experiência clínica ou pela inespecificidade dos sintomas apresentados (PEREIRA BRAZ et al., 2020)

Reforçando essa questão, Santos et al. (2023) destacam que a malária continua sendo um desafio para a saúde pública no Brasil, pois ainda não foi erradicada da região amazônica, deixando as populações locais vulneráveis à infecção, especialmente aquelas que vivem em condições inadequadas de habitação e saneamento. Embora surtos esporádicos e um

aumento da incidência sejam observados em outras regiões do país, a grande maioria dos casos de malária (99%) permanece concentrada na bacia amazônica. Essa região, caracterizada por vastas áreas de floresta equatorial, apresenta diversos fatores que favorecem a transmissão da doença e dificultam sua erradicação. De acordo com Siqueira et al. (2018), os mosquitos transmissores da malária, conhecidos popularmente por nomes como carapanã, muriçoca, sovela, mosquito-prego e bicuda, pertencem à ordem *Diptera*, família *Culicidae*, e ao gênero *Anopheles Meigen, 1818*. Esse gênero engloba cerca de 400 espécies, sendo aproximadamente 60 delas identificadas no Brasil. Segundo os mesmos autores, “a espécie *Anopheles darlingi* é o principal vetor da malária no país. A fêmea desta espécie tem um comportamento extremamente antropofílico e endofílico.”

Nesse contexto, embora seja uma doença prevenível e tratável, a malária ainda causa impactos significativos na saúde e nas condições de vida das populações ao redor do mundo. Dados recentes da Organização Mundial da Saúde (OMS) indicam que, desde o ano 2000, aproximadamente 2,2 bilhões de casos de malária e 12,7 milhões de mortes foram evitados. No entanto, a doença continua representando um grande desafio para a saúde global, especialmente na Região Africana da OMS. Conforme o mais recente do *World Malaria Report* (2024), estima-se que, em 2023, tenham ocorrido cerca de 263 milhões de casos e 597 mil mortes em todo o mundo. Esse número reflete um aumento de aproximadamente 11 milhões de casos em relação a 2022, enquanto o total de óbitos permaneceu em patamares semelhantes. Cerca de 95% das mortes ocorreram na Região Africana da OMS, onde grande parte da população em risco ainda enfrenta dificuldades no acesso a serviços essenciais para a prevenção, diagnóstico e tratamento da doença (WHO, 2024).

Do ponto de vista histórico, a malária é uma das doenças infecciosas mais letais do mundo, afetando a humanidade há milênios e permanecendo como uma das principais enfermidades parasitárias até os dias de hoje. Seu percurso ao longo do tempo está profundamente entrelaçado com a história da civilização e com os avanços da medicina. É uma das doenças mais antigas conhecidas, com registros que datam de 2700 a.C. Hipócrates, no século V a.C., foi um dos primeiros a descrever seus sintomas, e na Idade Média acreditava-se que sua origem estava relacionada ao "ar ruim" de regiões pantanosas, o que deu origem ao nome da doença. Durante as grandes navegações, a malária se disseminou para diversas partes do mundo. No século XVII, missionários jesuítas observaram que povos indígenas utilizavam cascas de árvores para tratar febres e levaram esse conhecimento para a Europa, onde mais tarde o quinino foi identificado como um tratamento eficaz. No século XIX, avanços científicos possibilitaram a descoberta do parasita causador por Charles Laveran, e, anos depois, Ronald Ross confirmou que a transmissão ocorria por meio da picada de mosquitos (SIQUEIRA et al., 2018; OPAS, 2022).

No século XX, a malária passou a ser alvo de campanhas globais para sua erradicação. A Organização Mundial da Saúde (OMS) lançou, em 1955, uma campanha que reduziu significativamente os casos em diversas regiões, mas as dificuldades levaram a um redirecionamento de estratégias, priorizando o controle da morbidade e mortalidade a partir dos anos 1980. Em 2021, foi desenvolvido o Plano de Ação para a Eliminação da Malária, reforçando medidas regionais de prevenção, diagnóstico e resposta rápida. Esse plano destaca a importância da colaboração entre países e instituições, evidenciando que, apesar dos avanços, o combate à malária ainda exige esforços contínuos para sua erradicação definitiva (SIQUEIRA et al., 2018; OPAS, 2022).

De acordo com Braz e Barcellos (2018), a incidência da malária é determinada por uma combinação de fatores ambientais, sociodemográficos, biológicos e político-organizacionais. Entre os aspectos ambientais, destacam-se a vegetação, o clima e a hidrologia. No âmbito sociodemográfico, elementos como migração, densidade populacional, nível de escolaridade, cultura, renda e ocupação profissional influenciam a disseminação da doença. Já os fatores biológicos incluem a espécie e a densidade de mosquitos do gênero *Anopheles*, o tipo de *Plasmodium* envolvido e o nível de imunidade da população. Além disso, fatores político-organizacionais, como a divisão territorial, a estrutura e eficiência dos serviços de saúde, a ocupação do solo e empreendimentos agropecuários e de infraestrutura, também desempenham um papel relevante na dinâmica da transmissão da malária.

Ainda de acordo com Braz e Barcellos (2018), diversos fatores influenciam a incidência da malária. Entre eles, aspectos ambientais, como vegetação, clima e hidrologia, desempenham um papel fundamental. Além disso, fatores sociodemográficos, incluindo migração, densidade populacional, nível de escolaridade, cultura, renda e ocupação da população, também afetam a propagação da doença. No âmbito biológico, a presença e densidade de mosquitos do gênero *Anopheles*, a espécie de *Plasmodium* e o nível de imunidade da população são determinantes. Por fim, fatores político-organizacionais, como a divisão territorial, a estrutura e eficácia dos serviços de saúde, o uso do solo e empreendimentos agropecuários e de infraestrutura, também impactam a dinâmica da transmissão da malária.

Diante disto, Grover-Kopec et al. (2005) demonstraram que a precipitação é um dos principais fatores que desencadeiam epidemias em zonas quentes semiáridas e periféricas desérticas. As epidemias explosivas ocorrem frequentemente nestas regiões após chuvas excessivas e, quando estas ocorrem após períodos de seca e baixa segurança alimentar, podem ser especialmente graves. Consequentemente, o monitoramento da precipitação constitui um dos elementos essenciais para o desenvolvimento de sistemas integrados de

alerta precoce da malária para a África Subsaariana, conforme descrito pela Organização Mundial de Saúde.

Os mesmos autores relatam que a Rede de Recursos Técnicos *Roll Back Malaria* sobre Prevenção e Controle de Epidemias recomendou que um simples indicador de alterações no risco epidêmico em regiões de transmissão marginal, consistindo principalmente em mapas de anomalias de precipitação, poderia proporcionar benefícios imediatos aos esforços de alerta precoce. Em resposta a estas recomendações, a Rede de Sistemas de Alerta Antecipado contra a Fome produziu mapas que combinam informações sobre anomalias de precipitação e risco de malária epidêmica, disponíveis através do seu Serviço de Divulgação de Dados em África. Estes mapas foram posteriormente disponibilizados num formato compatível com o *HealthMapper*, o software de mapeamento e vigilância desenvolvido pelo Departamento de Vigilância e Resposta a Doenças Transmissíveis da OMS. Uma nova interface de monitorização foi recentemente desenvolvida no Instituto Internacional de Investigação para Previsão Climática (IRI) que permite ao utilizador obter uma perspectiva mais contextual das estimativas atuais de precipitação, comparando-as com épocas anteriores e médias climatológicas. Esses recursos estão disponíveis sem custo para o usuário e são atualizados rotineiramente. A Figura 8 ilustra a combinação dessas informações na interface de visualização.

Nesse contexto, Colher (2020) investigou os fatores naturais que influenciam a ocorrência da malária, com ênfase nas variações climáticas, como temperatura e precipitação, na cidade de Quelimane, em Moçambique. A análise dos dados climáticos abrangeu um período de 37 anos, de 1980 a 2017, enquanto a relação entre essas variáveis e a incidência da malária foi estudada ao longo de 17 anos, de 2000 a 2017. Baseando-se na premissa de que a incidência da doença está fortemente associada às oscilações de temperatura e precipitação, utilizou-se um método quantitativo para explorar essa correlação. Através do Coeficiente de Pearson, foi possível identificar a relação entre esses elementos climáticos e a ocorrência da malária, evidenciando que os casos da doença seguem um padrão sazonal. Os resultados indicaram que a precipitação exerce uma influência imediata, tanto sazonal quanto anual, enquanto a temperatura se mantém como um fator favorável à transmissão da malária ao longo de todo o ano em Quelimane.

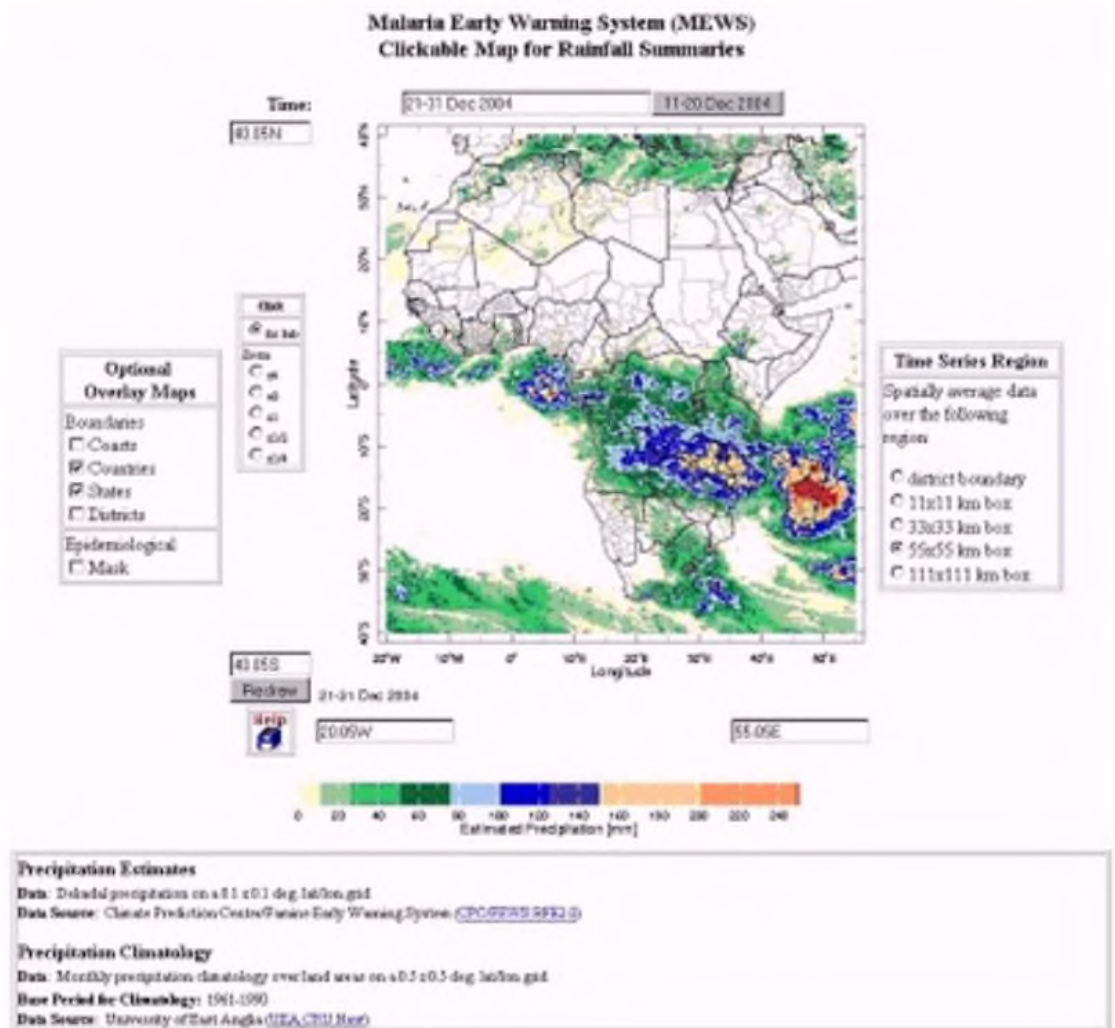


Figura 8 - Mapa clicável do MEWS para monitoramento de precipitação: 21–31 de dezembro de 2004.

Fonte: Grover-Kopec et al. (2005)

2.1.1 Diagnóstico da malária

Conforme destacado por Siqueira et al. (2018), a identificação clínica da malária por parte do profissional de saúde, diante de um quadro de síndrome febril aguda, é essencial para um diagnóstico precoce. Essa suspeita deve se basear tanto nos sinais clínicos quanto no histórico epidemiológico do paciente, sendo especialmente relevante em regiões fora da Amazônia. Quando a malária não é considerada entre as possíveis causas de febre, há um risco significativo de atraso no diagnóstico, o que pode comprometer o início oportuno do tratamento e aumentar a probabilidade de complicações. Diante de sintomas sugestivos da doença, é fundamental investigar o contexto epidemiológico de cada caso. A manifestação clínica da malária pode ser influenciada por diversos fatores, resultando em um espectro

variado de apresentação, que vai desde infecções assintomáticas até formas graves da doença.

O diagnóstico preciso da malária depende da identificação do parasita ou de seus antígenos no sangue do paciente, utilizando métodos específicos. Segundo *Guia de Vigilância em Saúde* publicado pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2019), no Brasil, a gota espessa é a técnica mais amplamente empregada, sendo considerada o padrão ouro pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Esse exame, de baixo custo e fácil execução, permite visualizar o parasita por meio de microscopia óptica após coloração, possibilitando a diferenciação das espécies e a avaliação da densidade parasitária, fator essencial para determinar a gravidade da infecção, especialmente em casos de *Plasmodium falciparum*. Além disso, essa técnica também possibilita a detecção de outros hemoparasitas, como *Trypanosoma sp.* e microfilárias. Outro método utilizado é o esfregaço delgado, que, apesar de ser menos sensível do que a gota espessa, facilita a identificação da espécie do parasita devido à melhor preservação da morfologia dos eritrócitos infectados.

Os testes rápidos baseados na detecção de antígenos do plasmódio surgiram como uma alternativa para o diagnóstico, sendo úteis em locais remotos onde a realização do exame microscópico não é viável. Apesar da praticidade, esses testes não fornecem informações sobre a densidade parasitária nem permitem avaliar a presença de outros hemoparasitas, além de poderem gerar resultados falso-positivos devido à persistência de antígenos após o tratamento. Já as técnicas moleculares, como PCR convencional, *Nested PCR* e PCR em tempo real, oferecem alta precisão na identificação do parasita, mas seu uso é restrito a laboratórios de referência devido ao custo elevado, à necessidade de infraestrutura adequada e à exigência de profissionais capacitados para sua interpretação (BRASIL, 2019).

2.1.1.1 Malária não complicada

A malária não complicada é uma forma da doença caracterizada por sintomas como febre, calafrios, dores de cabeça, fadiga, náuseas e vômitos, sem sinais de gravidade clínica ou complicações em órgãos vitais. Essa forma da malária é causada, na maioria dos casos, por *Plasmodium falciparum* ou *Plasmodium vivax*, e ocorre principalmente em áreas endêmicas, onde a exposição frequente confere algum grau de imunidade parcial nos indivíduos (WHO, 2021).

O *Guia de Tratamento da Malária no Brasil* (BRASIL, 2021) estabelece diretrizes gerais para o manejo da doença. No país, a prescrição e a dispensação de antimaláricos só devem ocorrer mediante confirmação laboratorial do diagnóstico. Embora as doses recomendadas sejam baseadas na faixa etária do paciente, sempre que possível, o ajuste

deve ser feito conforme o peso para garantir eficácia e minimizar a toxicidade. É fundamental que todos os profissionais envolvidos no tratamento, desde agentes comunitários de saúde até médicos, forneçam orientações claras aos pacientes sobre o uso dos medicamentos, incluindo a forma correta de ingestão, os horários e a importância de completar o tratamento. Quando viável, a supervisão do uso dos medicamentos deve ser realizada.

Na mesma publicação é recomendado que para evitar efeitos adversos, a medicação deve ser ingerida diariamente no mesmo horário, preferencialmente após uma refeição, reduzindo o risco de vômitos. Caso o paciente vomite até 60 minutos após a administração do medicamento, a dose deve ser repetida; se ocorrer depois desse período, não há necessidade de nova administração. Além disso, sintomas como urina escura, icterícia (pele e olhos amarelados), tontura ou falta de ar devem ser tratados como sinais de alerta, exigindo busca imediata por atendimento médico. Sempre que possível, os responsáveis ou acompanhantes também devem receber orientações, pois os pacientes podem estar debilitados e desatentos devido aos sintomas da doença. Algumas restrições específicas devem ser observadas, como a proibição do uso de primaquina por gestantes, puérperas com até um mês de lactação e crianças menores de seis meses. Em casos de pacientes com mais de 120 kg, a dose de primaquina deve ser ajustada conforme o peso. O tratamento correto e oportuno não apenas previne a evolução para formas graves da doença e reduz o risco de óbito, mas também contribui para a interrupção da transmissão, eliminando fontes de infecção para os mosquitos.

Os esquemas recomendados para o tratamento da malária não complicada estão ilustrados nas Figuras 9 a 19, segundo a Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde do Brasil (BRASIL, 2021).

TABELA 1 – Tratamento de malária por <i>P. vivax</i> ou <i>P. ovale</i> – OPÇÃO 1										
IDADE/PESO	DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
<6 meses <5 kg	AL	AL	AL	AL	AL	AL				
6-11 meses 5-9 kg	AL	AL 5	AL	AL 5	AL	AL 5	5	5	5	5
1-3 anos 10-14 kg	CQ	5 5	CQ	5 5	CQ	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5
4-8 anos 15-24 kg	CQ CQ	15	CQ	15	CQ	15	15	15	15	15
9-11 anos 25-34 kg	CQ CQ	15	CQ CQ	15	CQ CQ	15	15	15	15	15
12-14 anos 35-49 kg	CQ CQ CQ	15 15	CQ CQ CQ	15 15	CQ CQ CQ	15 15	15 15	15 15	15 15	15 15
>15 anos 50-69 kg	CQ CQ CQ CQ	15 15	CQ CQ CQ	15 15	CQ CQ CQ	15 15	15 15	15 15	15 15	15 15
70-89 kg	CQ CQ CQ CQ	15 15 15	CQ CQ CQ	15 15 15	CQ CQ CQ	15 15 15	15 15 15	15 15 15	15 15 15	15 15 15
90-120 kg	CQ CQ CQ CQ	15 15 15 15	CQ CQ CQ	15 15 15 15	CQ CQ CQ	15 15 15 15	15 15 15 15	15 15 15 15	15 15 15 15	15 15 15 15

Cloroquina 150 mg
 Arteméter 20 mg + Lumefantrina 120 mg
 Primaquina 5 mg
 Primaquina 15 mg

Figura 9 - Protocolos de Tratamento para Malária Causada por Plasmodium vivax ou Plasmodium ovale – Alternativa 1

Fonte: Brasil (2021)

A cloroquina e a primaquina podem ser administradas juntas em dose única diária, mas é necessário monitorar o paciente devido ao risco de vômitos. A primaquina é contraindicada para gestantes, puérperas até um mês após o parto e crianças menores de seis meses. Para pacientes com mais de 120 kg, a dosagem deve ser ajustada conforme o peso. Sintomas como urina escura, icterícia, tontura ou falta de ar exigem atendimento médico imediato. Sempre que possível, o tratamento deve ser supervisionado, e os medicamentos devem ser ingeridos após as refeições para reduzir efeitos adversos.

TABELA 2 – Tratamento de malária por <i>P. vivax</i> ou <i>P. ovale</i> – OPÇÃO 2										
IDADE/PESO	DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
 <6 meses <5 kg										
 6-11 meses 5-9 kg										
 1-3 anos 10-14 kg		 		 		 	 	 	 	 
 4-8 anos 15-24 kg	 									
 9-11 anos 25-34 kg	 		 		 					
 12-14 anos 35-49 kg	  	 	  	 	  	 	 	 	 	 
 >15 anos 50-69 kg	  	 	  	 	  	 	 	 	 	 
 70-89 kg	  	  	  	  	  	  	  	  	  	  
 90-120 kg	  	  	  	  	  	  	  	  	  	  
 Cloroquina 150 mg  Artesunato 25 mg + Mefloquina 50 mg  Primaquina 5 mg  Primaquina 15 mg										

Figura 10 - Protocolo de Tratamento para Malária Causada por Plasmodium vivax ou Plasmodium ovale – Alternativa 2

Fonte: Brasil (2021)

A primaquina é contraindicada para gestantes, puérperas até um mês após o parto e crianças menores de seis meses. Pacientes com mais de 120 kg devem ter a dose ajustada conforme o peso. Sintomas como urina escura, icterícia, tontura ou dificuldade para respirar exigem atendimento médico imediato. O tratamento deve ser supervisionado sempre que possível, e os medicamentos devem ser tomados após as refeições para minimizar efeitos adversos.

TABELA 3 – Tratamento de malária por <i>P. vivax</i> ou <i>P. ovale</i> em gestantes				
IDADE/PESO	DIA 1	DIA 2	DIA 3	CLOROQUINA SEMANAL POR ATÉ UM MÊS DE ALEITAMENTO
 9-11 anos 25-34 kg	 	 	 	
 12-14 anos 35-49 kg	  	  	  	 
 >15 anos 50-69 kg	   	  	  	 
 70-89 kg				
 90-120 kg				
 Cloroquina 150 mg				
IMPORTANTE • Gestantes, puérperas com até um mês de lactação e crianças menores de 6 meses não podem usar a primaquina. • Caso surjam urina escura, icterícia (pele e olhos amarelos), tontura ou falta de ar, é necessário buscar urgentemente auxílio médico. • Sempre que possível, deve-se supervisionar o tratamento. • Os medicamentos devem ser administrados preferencialmente após as refeições.				

Figura 11 - Protocolo de Tratamento para Malária por Plasmodium vivax ou Plasmodium ovale em Gestantes

Fonte: Brasil (2021)

Gestantes não devem utilizar primaquina. No caso de infecção por *P. vivax*, o tratamento recomendado é cloroquina por três dias, seguida de doses semanais durante o primeiro mês de amamentação. Além disso, primaquina é contraindicada para puérperas com até um mês de lactação e crianças menores de seis meses. Sintomas como urina escura, icterícia, tontura ou falta de ar exigem atendimento médico imediato. Sempre que possível, o tratamento deve ser supervisionado, e os medicamentos devem ser administrados após as refeições para reduzir efeitos adversos.

TABELA 4 – Tratamento de recorrência em até 60 dias para <i>P. vivax</i> – OPÇÃO 1							
IDADE/PESO	DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4 ATÉ DIA 14
	☀	☾	☀	☾	☀	☾	
 <6 meses <5 kg	AL	AL	AL	AL	AL	AL	
 6-11 meses 5-9 kg	AL	AL 5	AL	AL 5	AL	AL 5	5
 1-2 anos 10-14 kg	AL	AL 5 5	AL	AL 5 5	AL	AL 5 5	5 5
 3-8 anos 15-24Kg	AL AL	AL AL 15	AL AL	AL AL 15	AL AL	AL AL 15	15
 9-14 anos 25-34 kg	AL AL AL	AL AL 15 AL	AL AL AL	AL AL 15 AL	AL AL AL	AL AL 15 AL	15
 >15 anos 35-69kg	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL	15 15
 70-89 kg	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL 15	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL 15	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL 15	15 15 15
 90-120 kg	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL 15 15	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL 15 15	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL 15 15	15 15 15 15

 Arteméter 20 mg + Lumefantrina 120 mg
 Primaquina 5 mg
 Primaquina 15 mg

Figura 12 - Protocolo 1 para o Tratamento da Recorrência de *Plasmodium vivax* em até 60 Dias

Fonte: Brasil (2021)

Se a malária por *P. vivax* reaparecer entre o quinto e o sexagésimo dia após o início do tratamento, pode haver falha da cloroquina, da primaquina ou de ambas. Nesses casos, recomenda-se um esquema mais eficaz para recorrências, utilizando arteméter + lumefantrina ou artesunato + mefloquina por três dias, seguido de primaquina (0,5 mg/kg/dia) por 14 dias, devido à sua maior ação contra hipnozoítos. Além disso, a primaquina é contraindicada para gestantes, puérperas até um mês após o parto e crianças menores de seis meses. Pacientes com mais de 120 kg devem ter a dose ajustada conforme o peso. Sintomas como urina escura, icterícia, tontura ou dificuldade para respirar requerem atendimento médico imediato. Sempre que possível, o tratamento deve ser supervisionado, e os medicamentos devem ser tomados após as refeições para reduzir efeitos adversos.

TABELA 5 – Tratamento de recorrência em até 60 dias para <i>P. vivax</i> – OPÇÃO 2				
IDADE/PESO	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4 ATÉ DIA 14
 <6 meses <5 kg				
 6-11 meses 5 a <9 kg	 	 	 	
 1-6 anos 9 a <18 kg	   	   	   	 
 7-12 anos 18-29 kg	 	 	 	
 12-14 anos 30-49 kg	   	   	   	 
 >15 anos 50-69 kg	   	   	   	 
 70-89 kg	    	    	    	  
 90-120 kg	    	    	    	  
 Artesunato 25 mg + Mefloquina 50 mg  Artesunato 100 mg + Mefloquina 200 mg  Primaquina 5 mg  Primaquina 15 mg				

Figura 13 - Protocolo 2 para o Manejo da Recorrência de *Plasmodium vivax* em um Período de até 60 Dias

Fonte: Brasil (2021)

A primaquina é contraindicada para gestantes, puérperas com até um mês de amamentação e crianças menores de seis meses. Pacientes com peso superior a 120 kg devem ter a dose ajustada conforme seu peso corporal. Sintomas como urina escura, icterícia, tontura ou dificuldade para respirar exigem atendimento médico imediato. Sempre que possível, o tratamento deve ser supervisionado, e os medicamentos devem ser ingeridos após as refeições para reduzir possíveis efeitos adversos.

TABELA 7 – Tratamento de malária por <i>P. falciparum</i> – OPÇÃO 1						
IDADE/PESO	DIA 1		DIA 2		DIA 3	
<6 meses <5 kg	AL	AL	AL	AL	AL	AL
6-11 meses 5-9 kg	AL	AL 5	AL	AL	AL	AL
1-2 anos 10-14 kg						
3-8 anos 15-24 kg	AL AL	AL AL 15	AL AL	AL AL	AL AL	AL AL
9-14 anos 25-34 kg	AL AL AL	AL AL 15 AL	AL AL AL	AL AL AL	AL AL AL	AL AL AL
>15 anos 35-69 kg	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL	AL AL AL AL	AL AL AL AL	AL AL AL AL	AL AL AL AL
70-89 kg	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL	AL AL AL AL	AL AL AL AL	AL AL AL AL	AL AL AL AL
90-120 kg	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL	AL AL AL AL	AL AL AL AL	AL AL AL AL	AL AL AL AL

AL Arteméter 20 mg + Lumefantrina 120 mg
 5 Primaquina 5 mg
 15 Primaquina 15 mg

Figura 14 - Protocolo 1 para o Tratamento da Malária Causada por *Plasmodium falciparum*.

Fonte: Brasil (2021)

A primaquina não deve ser utilizada por gestantes, puérperas com até um mês de lactação e crianças menores de seis meses. Para pacientes com mais de 120 kg, a dose deve ser ajustada conforme o peso. Se houver sinais como urina escura, icterícia, tontura ou dificuldade para respirar, é essencial procurar atendimento médico imediato. Sempre que viável, o tratamento deve ser supervisionado, e os medicamentos devem ser tomados após as refeições para minimizar efeitos adversos.

TABELA 8 – Tratamento de malária por <i>P. falciparum</i> – OPÇÃO 2			
IDADE/PESO	DIA 1	DIA 2	DIA 3
 <6 meses <5 kg			
 6-11 meses 5 a <9 kg	 		
 1-6 anos 9 a <18 kg	  	 	 
 7-12 anos 18-29 kg	 		
 12-14 anos 30-49 kg	   	 	 
 >15 anos 50-69 kg	   	 	 
 70-89 kg	   	 	 
 90-120 kg	   	 	 
 Artesunato 25 mg + Mefloquina 50 mg  Artesunato 100 mg + Mefloquina 200 mg  Primaquina 5 mg  Primaquina 15 mg			

Figura 15 - Protocolo 1 para o Manejo da Malária Causada por *Plasmodium falciparum*

Fonte: Brasil (2021)

A primaquina não deve ser utilizada por gestantes, puérperas com até um mês de lactação e crianças menores de seis meses. Para pacientes com mais de 120 kg, a dose deve ser ajustada conforme o peso. Se houver sinais como urina escura, icterícia, tontura ou dificuldade para respirar, é essencial procurar atendimento médico imediato. Sempre que viável, o tratamento deve ser supervisionado, e os medicamentos devem ser tomados após as refeições para minimizar efeitos adversos.

TABELA 9 – Tratamento de malária por <i>P. falciparum</i> em gestantes – OPÇÃO 1						
IDADE/PESO	DIA 1		DIA 2		DIA 3	
						
 9-14 anos 25-34 kg	 	 	 	 	 	 
 >15 anos 35 kg ou mais	 	 	 	 	 	 
 Arteméter 20 mg + Lumefantrina 120 mg						

Figura 16 - Protocolo 1 para o Tratamento da Malária por *Plasmodium falciparum* em Gestantes

Fonte: Brasil (2021)

TABELA 10 – Tratamento de malária por <i>P. falciparum</i> em gestantes – OPÇÃO 2			
IDADE/PESO	DIA 1	DIA 2	DIA 3
 12-14 anos 35-49 kg	 	 	 
 >15 anos 50-69 kg			
 70-89 kg			
 90-120 kg			
 Artesunato 100 mg + Mefloquina 200 mg			

Figura 17 - Protocolo 2 para o Tratamento da Malária por Plasmodium falciparum em Gestantes

Fonte: Brasil (2021)

Em casos de infecção mista, o tratamento para gestantes, independentemente do trimestre, deve ser feito exclusivamente com derivados de artemisinina (ACT). Além disso, para prevenir recaídas, recomenda-se o uso de cloroquina profilática (5 mg/kg/dose) uma vez por semana até o primeiro mês após o parto, uma vez que a primaquina é contraindicada nesse grupo. A primaquina não deve ser utilizada por gestantes, puérperas até um mês após o parto e crianças menores de seis meses. Caso o paciente apresente sintomas como urina escura, icterícia, tontura ou dificuldade para respirar, é essencial buscar atendimento médico imediato. Sempre que possível, o tratamento deve ser supervisionado, e os medicamentos devem ser administrados após as refeições para reduzir efeitos adversos.

TABELA 11 – Tratamento de malária mista – OPÇÃO 1										
IDADE/PESO	DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
<6 meses <5 kg	AL	AL	AL	AL	AL	AL				
6-11 meses 5-9 kg	AL	AL 5	AL	AL 5	AL	AL 5	5	5	5	5
1-2 anos 10-14 kg	AL	AL 5 5	AL	AL 5 5	AL	AL 5 5	5 5	5 5	5 5	5 5
3-8 anos 15-24 kg	AL AL	AL AL 15	AL AL	AL AL 15	AL AL	AL AL 15	15	15	15	15
9-14 anos 25-34 kg	AL AL AL	AL AL 15 AL	AL AL AL	AL AL 15 AL	AL AL AL	AL AL 15 AL	15	15	15	15
>15 anos 35-69 kg	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL	15 15	15 15	15 15	15 15
70-89 kg	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL 15	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL 15	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL 15	15 15 15	15 15 15	15 15 15	15 15 15
90-120 kg	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL 15 15	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL 15 15	AL AL AL AL	AL AL 15 15 AL AL 15 15	15 15 15 15	15 15 15 15	15 15 15 15	15 15 15 15

Arteméter 20 mg + Lumefantrina 120 mg
 Primaquina 5 mg
 Primaquina 15 mg

Figura 18 - Protocolo 1 para o Tratamento da Malária Mista

Fonte: Brasil (2021)

A primaquina é contraindicada para gestantes, puérperas com até um mês de lactação e crianças menores de seis meses. Pacientes com peso acima de 120 kg devem ter a dosagem ajustada conforme seu peso corporal. Se houver sinais como urina escura, icterícia, tontura ou dificuldade para respirar, é fundamental procurar atendimento médico imediato. Sempre que possível, recomenda-se a supervisão do tratamento, e os medicamentos devem ser tomados após as refeições para reduzir possíveis efeitos adversos.

TABELA 12 – Tratamento de malária mista – OPÇÃO 2							
IDADE/PESO	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
<6 meses <5 kg							
6-11 meses 5 a <9 kg							
1-6 anos 9 a <18 kg							
7-12 anos 18-29 kg							
12 anos ou mais 30-69 kg							
70-89 kg							
90-120 kg							

Artesunato 25 mg + Mefloquina 50 mg
 Artesunato 100 mg + Mefloquina 200 mg
 Primaquina 5 mg
 Primaquina 15 mg

Figura 19 - Protocolo 2 para o Tratamento da Malária Mista

Fonte: Brasil (2021)

A primaquina não deve ser administrada em gestantes, puérperas até um mês após o parto e crianças com menos de seis meses. Pacientes com peso superior a 120 kg precisam ter a dosagem ajustada de acordo com seu peso corporal. Se ocorrerem sintomas como urina escura, icterícia, tontura ou dificuldade respiratória, é fundamental buscar atendimento médico imediatamente. O tratamento deve ser supervisionado sempre que possível, e os medicamentos devem ser ingeridos preferencialmente após as refeições para minimizar efeitos adversos.

2.1.1.2 Malária grave e complicada

A malária grave está associada a uma alta carga parasitária, podendo comprometer mais de 2% das hemácias e, em casos extremos, atingir até 30% dos eritrócitos. Os principais sinais indicativos de gravidade incluem febre elevada acima de 41°C, convulsões, hiperparasitemia ($> 200.000/\text{mm}^3$), vômitos frequentes, insuficiência renal, dificuldade respiratória, anemia severa, icterícia, hemorragias e hipertensão arterial. Além disso, podem ocorrer alterações neurológicas, como delírio, comprometimento da consciência e coma (BRASIL, 2019).

A mortalidade por malária grave não tratada (particularmente malária cerebral) se aproxima de 100%. Com tratamento antimalárico rápido e eficaz e cuidados de suporte, a taxa cai para 10–20% no geral. Dentro da definição ampla de malária grave, algumas síndromes estão associadas a taxas de mortalidade mais baixas (por exemplo, anemia grave) e outras a taxas de mortalidade mais altas (por exemplo, acidose). O risco de morte aumenta na presença de complicações múltiplas (WHO, 2024).

Indivíduos pertencentes a grupos mais vulneráveis, como aqueles infectados pela primeira vez, gestantes, crianças e pessoas com comorbidades — incluindo doenças crônicas do fígado, condições cardiovasculares, imunossupressão e deficiência de glicose-6-fosfato desidrogenase (G6PD) — apresentam um risco aumentado de desenvolver complicações. Nesse contexto, a detecção precoce e o início imediato do tratamento em casos de malária não complicada são essenciais para prevenir a evolução da doença para formas graves (SIQUEIRA et al., 2018)

A malária grave caracteriza-se como uma emergência médica, exigindo intervenção imediata. Pacientes com confirmação da infecção por qualquer espécie do parasita que apresentem sinais clínicos de gravidade (conforme indicado na Figura 20) devem ser classificados como casos críticos. O tratamento deve ser realizado, preferencialmente, em hospitais de referência. Nessas circunstâncias, a prioridade é reduzir o risco de óbito, sendo que a eficácia da terapia antimalárica está diretamente associada à agilidade no início do

tratamento, fator essencial para aumentar as chances de recuperação do paciente (BRASIL, 2021)..

MANIFESTAÇÕES CLÍNICAS	MANIFESTAÇÕES LABORATORIAIS
▪ Dor abdominal intensa (ruptura de baço, mais frequente em <i>P. vivax</i>). ▪ Mucosas amareladas, icterícia (não confundir com mucosas hipocoradas). ▪ Mucosas muito hipocoradas (avaliada fora do ataque paroxístico febril). ▪ Redução do volume de urina a menos de 400 mL em 24 horas. ▪ Vômitos persistentes que impeçam a tomada da medicação por via oral. ▪ Qualquer tipo de sangramento. ▪ Falta de ar (avaliado fora do ataque paroxístico febril). ▪ Extremidades azuladas (cianose). ▪ Aumento da frequência cardíaca (avaliar fora do acesso malárico). ▪ Convulsão ou desorientação (não confundir com o ataque paroxístico febril). ▪ Prostração (em crianças). ▪ Comorbidades descompensadas.	▪ Anemia grave. ▪ Hipoglicemia. ▪ Acidose metabólica. ▪ Insuficiência renal. ▪ Hiperlactatemia. ▪ Hiperparasitemia (>250.000/mm³ para <i>P. falciparum</i>).

Figura 20 - Manifestações clínicas e laboratoriais indicativas de malária grave e complicada

Fonte: Brasil (2020)

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os conceitos metodológicos e os procedimentos utilizados para a realização desta pesquisa.

A pesquisa pode ser entendida como um processo metódico e estruturado, cujo propósito é encontrar respostas para questões previamente formuladas. Ela se torna necessária quando não há informações suficientes para solucionar o problema em questão ou quando os dados disponíveis estão desorganizados a ponto de não permitirem uma associação clara com o problema investigado (GIL, 2022).

Segundo Marconi e Lakatos (2021), a pesquisa é um processo sistemático, reflexivo, controlado e analítico, que possibilita a descoberta de novos fatos, dados, relações ou princípios em diversas áreas do conhecimento. A pesquisa, portanto, é um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais.

De acordo com Wazlawick (2020), as pesquisas podem ser classificadas em exploratórias, descritivas ou explicativas, conforme seus objetivos. A pesquisa exploratória ocorre quando o autor não tem uma hipótese ou objetivo previamente definido, servindo como uma etapa inicial para investigações mais aprofundadas. Seu foco é examinar fenômenos e identificar possíveis anomalias que possam fundamentar estudos futuros. A pesquisa descritiva, por sua vez, busca coletar dados mais consistentes sobre determinada realidade sem interferência do pesquisador ou tentativa de formular teorias explicativas. Esse tipo de estudo utiliza técnicas como levantamentos, entrevistas e questionários e pode servir como base para investigações posteriores. Já a pesquisa explicativa é a mais complexa, pois, além de analisar os dados coletados, procura entender suas causas e fatores determinantes, sendo considerada essencial para a construção do conhecimento científico.

Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa pode ser classificada em bibliográfica, documental, experimental, de levantamento, pesquisa-ação, etnográfica ou estudo de caso, entre outras formas. Além disso, muitas vezes técnicas mistas são aplicadas combinando especialmente a pesquisa bibliográfica com outras formas (WAZLAWICK, 2020).

3.1 QUANTO AOS PROCEDIMENTOS UTILIZOU-SE A PESQUISA BIBLIOGRÁFICA E PESQUISA-AÇÃO

A pesquisa bibliográfica e a pesquisa-ação são metodologias complementares na construção do conhecimento científico. A pesquisa bibliográfica consiste na análise de produções acadêmicas e científicas previamente publicadas, permitindo a fundamentação teórica do estudo e a compreensão do estado da arte sobre determinado tema (GIL, 2022).

Já a pesquisa-ação é uma abordagem investigativa que envolve a participação ativa dos sujeitos no processo de transformação da realidade, articulando teoria e prática para a resolução de problemas concretos (THIOLLENT, 2018). Dessa forma, a pesquisa bibliográfica pode servir como etapa preliminar para a pesquisa-ação, fornecendo embasamento teórico para a formulação de intervenções, enquanto a pesquisa-ação pode gerar novos conhecimentos que enriquecem a literatura acadêmica.

3.1.1 Pesquisa Bibliográfica

Assim como outros tipos de pesquisa, a pesquisa bibliográfica ocorre em várias etapas, que podem variar em quantidade e ordem conforme diferentes fatores. Entre eles, destacam-se a natureza do problema investigado, o conhecimento prévio do pesquisador sobre o tema e o nível de precisão desejado para o estudo (GIL, 2022).

Neste trabalho, foi elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e, também com material disponibilizado na Internet (GIL, 2022). Nesta pesquisa utilizou-se uma técnica chamada de **revisão da literatura** (RL), com o objetivo de buscar evidências na literatura que servissem de base para o desenvolvimento do tema proposto para esse trabalho. A Revisão da Literatura é um mecanismo para identificar, avaliar e interpretar, com rigor científico, toda pesquisa relevante e disponível relativa a uma determinada questão, tópico ou fenômeno de interesse específico. Os procedimentos utilizados na RL podem ser visualizados na Figura 21.

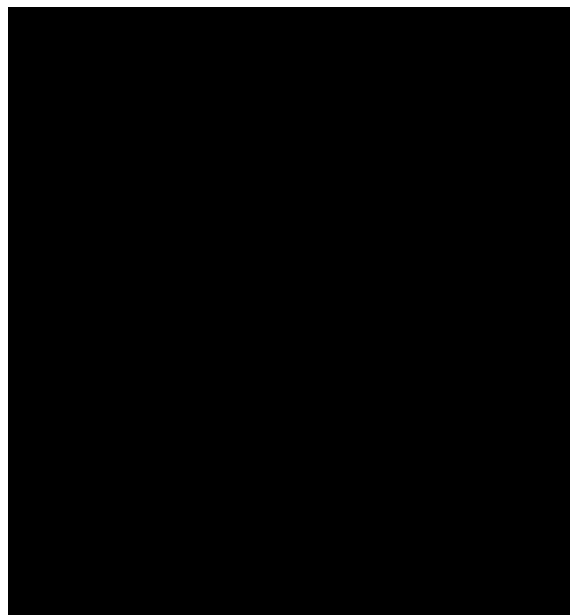


Figura 21 - Etapas da Revisão de Literatura

Fonte: Elaborado pelo autor

A pergunta de pesquisa que conduziu à realização desta etapa foi: “Como têm sido trabalhadas as diversas bases de dados de malária em ferramentas de visualização nos processos de gestão na área da saúde no mundo?”. Como explicado anteriormente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica por meio de uma revisão da literatura e foram selecionados artigos que utilizaram alguma ferramenta de visualização de dados de malária. A partir da pergunta de pesquisa, as palavras-chave escolhidas foram: *malaria, data visualization, infographic, Visualization tools, disease e epidemiology*. As bases de dados utilizadas foram periódicos da capes, *Google Scholar, ScienceDirect, Scopus e SpringerLink e Pubmed*, sendo selecionadas fontes primárias e secundárias.

3.3.2 Pesquisa-ação

Nesta etapa, buscou-se responder à seguinte questão de pesquisa: “É viável o desenvolvimento de uma ferramenta computacional Web capaz de integrar múltiplas bases de dados e oferecer visualizações interativas para apoiar gestores da área da saúde no enfrentamento da malária?” Com base nos resultados obtidos na fase anterior, foi desenvolvida uma plataforma Web que unifica diferentes bases de dados relacionadas à malária, associada a um front-end interativo e intuitivo. O objetivo principal é proporcionar uma experiência dinâmica ao usuário, oferecendo diversas formas de visualização dos dados para facilitar a análise e a tomada de decisão por parte dos gestores de saúde.

Por esta razão, com relação aos procedimentos metodológicos, esta pesquisa também utilizou pressupostos da pesquisa-ação (*action research*) (BARTON, STEPHENS e HASLETT, 2009). De acordo com Gil (2022), a pesquisa-ação se caracteriza por seu enfoque situacional, pois busca identificar e compreender um problema específico em determinado contexto, com o objetivo de gerar uma solução prática. Ao contrário da pesquisa tradicional, seu propósito não é formular princípios científicos generalizáveis. No entanto, quando diferentes estudos apresentam resultados semelhantes, pode haver contribuições para algum nível de generalização.

Dentre as abordagens metodológicas da pesquisa-ação, optou-se pela **Soft Systems Methodology** (SSM), proposta por Peter Checkland (CHECKLAND; POULTER, 2020). Essa metodologia de análise e desenvolvimento de sistemas destaca-se por sua abordagem colaborativa, envolvendo pesquisadores e stakeholders em um processo iterativo de concepção e aprimoramento do sistema. Além disso, a SSM já foi aplicada em outros estudos, como o de Moraes et al. (2021), que resultou na criação do infográfico Trigramas.

A **Soft Systems Methodology** (SSM) é uma abordagem estruturada voltada para a análise e resolução de problemas em contextos sociais complexos. Com um foco prático, essa metodologia organiza o raciocínio em torno de questões problemáticas, auxiliando na tomada

de decisões e na implementação de melhorias. Diferente da abordagem tradicional de **Hard Systems**, característica da engenharia de sistemas, que parte de objetivos bem definidos e busca atingi-los dentro de restrições estabelecidas, como orçamento, legislação e fatores ambientais, a SSM adota uma perspectiva mais flexível e adaptável às particularidades de cada situação (CHECKLAND & POULTER, 2020).

Dessa maneira, a metodologia propõe a análise de problemas dentro de um contexto específico, levando em consideração as particularidades e experiências dos envolvidos, em vez de se apoiar em modelos pré-definidos e abstratos. Diferentemente dos sistemas naturais ou autônomos, a atuação humana em ambientes organizacionais, como o sistema de saúde, possui uma dinâmica própria. A colaboração entre os participantes é essencial para ampliar a compreensão do processo, permitindo uma abordagem mais aprofundada e detalhada da análise (MORAIS, 2021).

A abordagem analítica utilizada nesta etapa da dissertação segue os ciclos de desenvolvimento iterativo propostos por Checkland (CHECKLAND & POULTER, 2020). Esses ciclos apresentam semelhanças conceituais com metodologias ágeis, como o Scrum (MASCHIETTO et al., 2021), ao integrar princípios fundamentais, como a participação ativa dos stakeholders e o papel do *product owner* no processo.

No contexto do desenvolvimento de software, os stakeholders são os responsáveis por viabilizar e apoiar a criação da solução proposta para um determinado problema. Em muitos casos, esses stakeholders correspondem aos próprios usuários do sistema, enquanto, em outras situações, diferentes grupos podem estar envolvidos, cada um com interesses e objetivos distintos. É essencial considerar cuidadosamente as expectativas e necessidades desses envolvidos, pois divergências entre stakeholders com visões contrastantes sobre o projeto podem gerar conflitos que impactam negativamente o desenvolvimento do software (SBROCCO e MACEDO, 2012).

Destaca-se que o Scrum é uma abordagem de organização de equipes desenvolvida por Schwaber e Sutherland (2020), na qual um grupo de profissionais se estrutura para criar soluções voltadas a problemas complexos e adaptativos, resultando em produtos de alto valor para as organizações. Esse framework tem sido amplamente adotado por equipes de desenvolvimento de software em todo o mundo, devido aos resultados positivos que proporciona. Maschietto et al. (2021) ressaltam alguns aspectos fundamentais do Scrum, enfatizando a existência de três papéis principais que merecem destaque:

- o Product Owner, que define o que irá compor o Product Backlog (lista de ações do Sprint) e prioriza isso nas Sprint Planning Meetings (reuniões de planejamento do Sprint);

- o Scrum Master (geralmente um gerente ou líder técnico), que verifica se todos seguem as regras e, também busca impedir trabalhos excessivos;
- o Scrum Team é a equipe de desenvolvimento.

Destaca-se que a estrutura de análise desta dissertação se baseou nos ciclos de desenvolvimento iterativo propostos por Checkland (CHECKLAND e POULTER, 2020). Esses autores defendem que a abordagem da Soft System Methodology (SSM) é um processo investigativo que, por meio da aprendizagem social, busca orientar a tomada de decisões com o objetivo de promover melhorias. Sua estrutura segue o seguinte formato:

1. Compreender a problemática e as especificidades da intervenção para aprimorá-la, considerando os desafios envolvidos, a cultura predominante e a distribuição do poder dentro do contexto geral.

2. Com base nas informações coletadas, é necessário definir atividades relevantes que permitam uma análise aprofundada da situação, sempre tendo em mente que o objetivo final é a implementação de "ações para melhoria". Essas atividades devem ser expressas como um "modelo", no qual cada uma reflete uma visão de mundo específica. Esse modelo consiste em um conjunto de atividades interligadas que, em conjunto, formam um sistema intencional. Vale ressaltar que esses modelos não representam a realidade de forma literal, pois são construídos a partir de uma perspectiva conceitual específica. No entanto, funcionam como ferramentas úteis para organizar e explorar o contexto de maneira estruturada.

3. Utilizar os modelos como base para formular questões sobre a realidade da situação. Esse processo oferece uma estrutura organizada para debates e reflexões sobre possíveis transformações, possibilitando a identificação de diferentes perspectivas e a geração de ideias voltadas para mudanças e aprimoramentos.

4. Durante o debate, é fundamental compilar constantemente os achados identificados na etapa (1) e as sugestões de mudança geradas na etapa (3). O próximo passo consiste em identificar transformações que sejam não apenas desejáveis, mas também compatíveis com o contexto cultural das pessoas envolvidas nessa situação específica. Esse processo busca estabelecer um equilíbrio entre diferentes perspectivas e visões de mundo.

Os elementos (1) a (4) acima constituem um ciclo de desenvolvimento iterativo de Checkland. Eles foram necessariamente descritos linearmente aqui, mas existe muita iteração dentro do ciclo à medida que ocorre o aprendizado, como pode ser constatado por meio da figura 22.

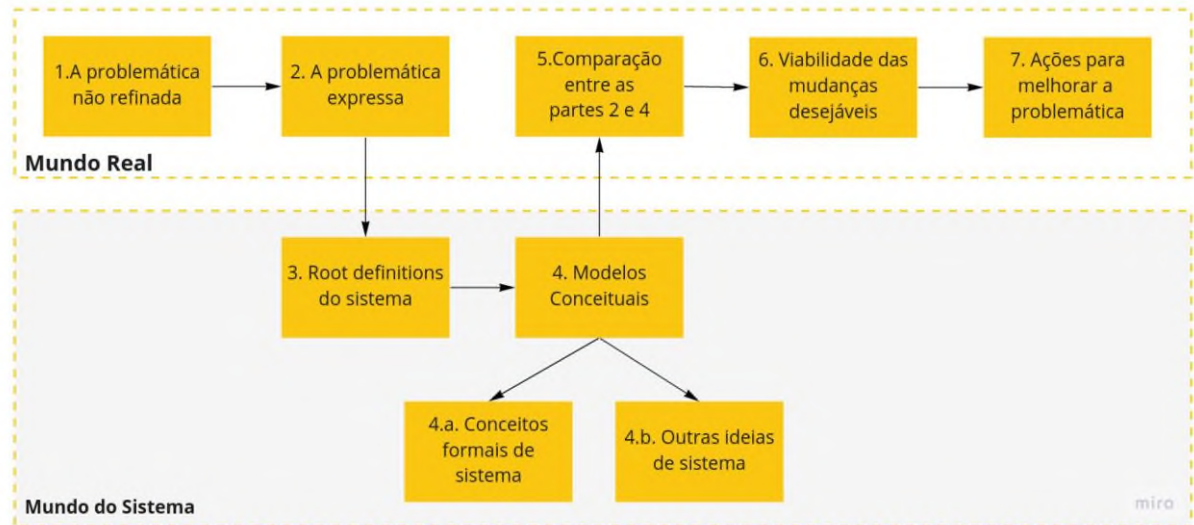


Figura 22 - Estrutura de análise iterativa de idealizada por Checkland (1999), adaptada e traduzida por Moraes (2021).

Nesta dissertação, os ciclos de desenvolvimento foram realizados em estreita colaboração com o stakeholder, com o propósito de construir e consolidar conhecimento ao longo do processo de criação da ferramenta. Cada ciclo gerava um novo resultado, que servia como base para análises subsequentes, dando origem a uma nova iteração. O foco principal foi o aprimoramento contínuo do modelo, buscando adaptá-lo à complexidade do contexto em que o stakeholder estava inserido, até que a implementação conseguisse refletir parte dessa complexidade. A metodologia adotada envolveu coletas de dados e avaliações realizadas por meio de reuniões, bem como pela documentação dos encontros por atas e gravações. Em cada etapa do desenvolvimento, a ferramenta em construção foi submetida a avaliações sucessivas, orientando as decisões e permitindo a validação das escolhas junto ao stakeholder.

Antes dessa etapa, foi conduzida uma fase dedicada à descrição e contextualização do problema, essencial para compreender a dinâmica de uso e os papéis desempenhados pelos stakeholders envolvidos. Para esse fim, adotaram-se duas estratégias principais: o *rich picture* (CHECKLAND, 1989) e a análise CATWOE. Essas abordagens foram fundamentais para a formulação de uma *root definition* inicial, que serviu como referência para a compreensão aprofundada do problema e do sistema em análise.

O *rich picture* é uma ferramenta visual utilizada para mapear de forma dinâmica e intuitiva as hierarquias, relações de poder e fluxos de processos dentro de um ambiente organizacional. Diferentemente dos diagramas formais, essa abordagem adota representações gráficas livres, como símbolos e ícones, que refletem a realidade do domínio e a perspectiva dos stakeholders de maneira mais acessível e significativa. Quanto maior a proximidade semântica entre a representação e os stakeholders, maior será a identificação e

o impacto gerado, facilitando o envolvimento no processo de mudança. Como cada domínio conta com um conjunto específico de stakeholders, o *rich picture* proporciona uma visão abrangente das interações organizacionais, evidenciando as estruturas hierárquicas e os fluxos operacionais. Dessa forma, contribui para uma compreensão mais aprofundada do funcionamento do sistema, permitindo uma análise mais eficiente das dinâmicas envolvidas.

Já a análise CATWOE complementa essa abordagem, organizando os elementos críticos da *root definition*. A sigla CATWOE representa: **C**lientes/Beneficiários (*Customers*), **A**tores (*Actors*), **T**ransformação (*Transformation Process*), **V**isão de Mundo (*Weltanschauung*), **P**roprietário (*Ownership*) e **R**estrições Ambientais (*Environmental Constraints*). Ao mapear esses componentes, a CATWOE garante que, durante o desenvolvimento do sistema, fique claro quem são os destinatários dos recursos, quem os avalia e quais são as transformações necessárias. Além disso, ela explicita a visão de mundo que sustenta o sistema, identifica os proprietários e considera as restrições ambientais que podem influenciar o processo.

A combinação do *rich picture* com a análise CATWOE proporciona uma visão abrangente e objetiva dos stakeholders e de suas interações, delimitando com clareza os envolvidos na evolução do sistema. Essa integração de ferramentas não apenas facilita a compreensão do contexto organizacional, mas também oferece uma base sólida para a tomada de decisões e a implementação de mudanças eficazes.

3.3.2.1 Ciclo de desenvolvimento da ferramenta Panorama Malária

O processo iterativo de desenvolvimento da ferramenta teve um total de cinco meses e uma semana de duração, sendo estruturado em sete iterações, com sprints de 21 dias cada. Ressalta-se a qualificação do stakeholder envolvido nesse ciclo, uma vez que sua experiência foi essencial para aprofundar o entendimento do domínio e contribuir para a construção do conhecimento ao longo do desenvolvimento.

Possui doutorado em Medicina Tropical pela Universidade do Estado do Amazonas e pela Fundação de Medicina Tropical Doutor Heitor Vieira Dourado. Atualmente, é Pesquisador e Diretor de Operações do Instituto Todos pela Saúde, coordenando iniciativas voltadas ao fortalecimento do SUS na preparação e resposta a epidemias e pandemias. Atuou como Pesquisador Adjunto na Fundação de Medicina Tropical Dr. Heitor Vieira Dourado (FMT-HVD), desenvolvendo pesquisas nacionais e internacionais sobre doenças infecciosas e tropicais, incluindo malária, tuberculose, arboviroses, HIV/AIDS, leishmaniose e doença de Chagas. Também foi Coordenador e atualmente integra o corpo docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical (UEA/FMT-HVD). Durante 17 anos, trabalhou como biólogo na Fundação de Vigilância em Saúde do Amazonas (FVS-AM),

desempenhando funções gerenciais e assessorando programas de controle de doenças transmitidas por vetores. Suas atividades abrangeram áreas como entomologia, diagnóstico e tratamento de doenças, políticas públicas, organização logística e capacitações. Possui expertise em epidemiologia, bioestatística, análise de dados, entomologia, controle vetorial, georreferenciamento e no uso de sistemas de informação geográfica, além do desenvolvimento de softwares e scripts para análise de dados.

4 RESULTADOS ALCANÇADOS

Neste capítulo serão apresentados primeiramente os resultados encontrados na revisão de literatura, utilizando a técnica de pesquisa bibliográfica, como apresentado no capítulo anterior (item 3.3.1). Como ficará evidenciado, estes resultados justificaram a segunda parte deste trabalho, que foi o desenvolvimento da plataforma de visualização de dados de malária num ambiente Web.

4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A seguir é apresentado o protocolo utilizado para a revisão da literatura executada nesta dissertação:

4.1.1 Objetivos

Obter informações na literatura sobre como tem sido integradas às diversas bases de dados de malária identificando possíveis demandas e de que forma tem sido trabalhadas ferramentas visuais de dados na área da saúde.

4.1.2 Questão de pesquisa

Como têm sido trabalhadas as diversas bases de dados de malária em ferramentas de visualização nos processos de gestão na área da saúde no mundo?

4.1.3 Critérios de seleção de fontes

As fontes estavam disponíveis via web, em bases de dados científicas da área.

4.1.4 Métodos de busca de fontes

A pesquisa foi realizada utilizando palavras-chave previamente estabelecidas para buscar artigos em periódicos disponíveis na web.

4.1.5 Palavras-chaves

A partir da pergunta de pesquisa, as palavras-chaves escolhidas foram: *malaria, data visualization, infographic, Visualization tools, disease e epidemiology*.

4.1.6 Listagem de fontes

As bases de dados utilizadas foram periódicos da capes, *Google Scholar, ScienceDirect, Scopus e SpringerLink e Pubmed*, sendo selecionadas fontes primárias e secundárias.

4.1.7 Tipo dos artigos

Artigos de periódicos ou anais de eventos científicos da área.

4.1.8 Idioma(s) dos artigos:

Inglês.

4.1.9 Critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos

Critérios de inclusão:

- a) Trabalhos publicados e disponíveis integralmente em bases de dados científicas;
- b) Trabalhos publicados a partir de 2009;
- c) Os trabalhos devem tratar ferramentas de visualização de dados de saúde, principalmente malária e outras doenças, além do uso de aplicativos que usam bases de dados de malária.

Critérios de exclusão:

- a) Trabalhos indisponíveis na íntegra nas bases de dados consultadas foram excluídos da análise.
- b) Foram excluídos estudos publicados antes de 2009 e aqueles que não abordavam conceitos fundamentais relacionados à área de interesse desta revisão.
- c) Foram excluídos os estudos que não estavam alinhados com os temas abordados nesta pesquisa.
- d) Foram desconsiderados trabalhos que não detalhavam as aplicações práticas para testar as suas hipóteses;
- e) Foram desconsiderados trabalhos, que apesar de tratar dos temas desta pesquisa os resultados eram semelhantes a outros trabalhos já selecionados, sendo mencionado a versão mais recente da pesquisa.

4.1.10 Critérios de qualidade dos estudos primários:

Ter sido publicado em periódico com revisão por pares.

4.1.11 Processo de seleção dos estudos primários:

As buscas foram conduzidas utilizando as palavras-chave nas fontes de pesquisa previamente estabelecidas. Após a recuperação dos trabalhos, os resumos foram analisados e uma triagem inicial foi realizada com base nos critérios de inclusão e exclusão, a fim de selecionar os textos para leitura completa. Os artigos selecionados passaram por uma análise detalhada, seguindo os mesmos critérios, para determinar sua relevância e adequação aos objetivos desta revisão da literatura.

4.1.12 Estratégia de extração de informação:

Foram preenchidos “formulários de extração de dados” para cada texto, considerado válido para a revisão, lido integralmente. Além das informações básicas (dados bibliográficos, data de publicação, abstract, entre outros), esses formulários continham a síntese do trabalho, redigida pelo pesquisador que conduziu a revisão e reflexões pessoais do mesmo a respeito do conteúdo e das conclusões do estudo.

4.1.13 Sumarização dos resultados

Foram selecionados doze artigos científicos, e as informações dos trabalhos relacionados são apresentadas no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Artigos selecionados por meio da revisão da literatura

Ano	Título do artigo	Autores	País
2009	Malaria surveillance- united states	Mali, S., Tan, K.R., Arguin, P.M	EUA
2014	Using mobile phone text messaging for malaria surveillance in rural Kenya	Githinji, S., Kigen, S., Memusi, D.; Yandigisi, A.; Wamari, A.; Muturi, A.; Jagoe, G.; Ziegler, R	Kênia
2016	Web-based gis for spatial pattern detection: application to malaria incidence in vietnam	Bui, T.Q., Pham, H.M	Vietnã
2017	An online analytical processing multi-	S. M. Niaz Arifin, Gregory R. Madey,	EUA

	dimensional data warehouse for malaria data	Alexander Vyushkov, Benoit Raybaud, Thomas R. Burkot and Frank H. Collins	
2019	Evaluating visual analytics for health informatics applications: a systematic review from the American Medical Informatics Association Visual Analytics Working Group Task Force on Evaluation	Wu, D.T.Y.; Chen, A.T.; Manning, J.D.; Levy-Fix, G.; Backonja, U.; BORLAND, D., Caban, J.J.; Dowding, D.W.; Hochheiser, H.; Kagan, V.; Kandaswamy, S.; Kumar, M.; Nunez, A.; Pan, E.; Gotz, D.	Vários
2019	Introduction and Evaluation of an Electronic Tool for Improved Data Quality and Data Use during Malaria Case Management Supportive Supervision	Sarah M. Burnett, Jolene Wun, Illah Evance, Kelly M. Davis, Graham Smith, Cristina Lussiana, Goodluck Tesda, Andrew Quao, Troy Martin, Fozo Alombah, Molly Robertson, and Paul Hamilton	EUA

2020	Malaria Screener: a smartphone application for automated malaria screening	Hang Yu, Feng Yang, Sivaramakrishnan Rajaraman, Ilker Ersoy, Golnaz Moallem, Mahdieh Poostchi, Kannappan Palaniappan, Sameer Antani, Richard J. Maude, and Stefan Jaeger	EUA
2021	Malaria Surveillance — United States, 2017	Mace, K. E. Mace; Lucchi, N. W.; Tan. K. R.	EUA
2021	Graduated return to play guidance following COVID-19 infection	Velichko, M. N.; Belyakova, A. M.; Khrabrova, A. S.; Samoilov, N. V. Rylova	Rússia
2021	Malaria Trigram: Improving recurrence data visualization for malaria elimination	Morais, C. M.; Monteiro, K. H. C.; Brito-Souza, J. D.; Monteiro, W. M.; Sampaio, V. S.; Endo, P. T.; Kelner, J.	Brasil

2022	Malaria-VisAnalytics: a tool for visual exploratory analysis of Brazilian public malaria data	Sironi, A. P.; Bertoldo, J. Sampaio, V.; Coimbra, D.; Rasella, D.; Barreto, M. E.	Brasil
2022	Mapping under-five child malaria risk that accounts for environmental and climatic factors to aid malaria preventive and control efforts in Ghana: Bayesian geospatial and interactive web-based mapping methods	Aheto, J. M. K.	Gana

Inicialmente, Wu et al. (2019) em revisão sistemática, buscaram trabalhos nos quais foram desenvolvidas aplicações com análise visual de dados, e apresentaram uma visão geral com relação ao uso de aplicativos de análise visual de dados na literatura de saúde. Ficou evidenciado que em 62% (47 de 76) dos trabalhos foram desenvolvidas ferramentas não interativas, com resultados de usabilidade focados em medidas tradicionais de eficácia, eficiência e satisfação. Desta forma, pode-se inferir que existe uma demanda por pesquisas que desenvolvam e avaliem ferramentas interativas para a área de saúde.

Mali et al. (2009) desenvolveram um sistema para visualização e monitoramento de casos de malária nos EUA. O estudo envolveu a análise de dados de pacientes diagnosticados em 2009, comparando-os com os três anos anteriores. O objetivo foi mapear os casos de acordo com o local de infecção, a espécie do parasita e a principal abordagem terapêutica, permitindo a identificação de surtos decorrentes de casos importados por viajantes internacionais ou de transmissão local, com foco na eliminação da doença em nível nacional.

Nesse contexto, Mace et al. (2021) utilizaram um sistema de visualização e monitoramento para analisar dados de malária nos EUA até 2017. Os autores detalharam o funcionamento do sistema de monitoramento, que registra casos diagnosticados por microscopia de esfregaço sanguíneo, reação em cadeia da polimerase (PCR) ou testes de diagnóstico rápido. Essas notificações são enviadas aos departamentos de saúde locais e estaduais por meio de relatórios laboratoriais eletrônicos, prestadores de cuidados de saúde ou membros de laboratório. As investigações dos casos são conduzidas pelos departamentos de saúde locais e estaduais, e os relatórios são repassados ao CDC (Centers for Disease Control and Prevention) através do Sistema Nacional de Vigilância da Malária (NMSS), do Sistema Nacional de Vigilância de Doenças Notificáveis (NNDSS) ou por consultas diretas ao CDC. Esse relatório compila dados integrados do NMSS, do NNDSS, de relatórios laboratoriais de referência do CDC e de consultas clínicas realizadas pelo CDC.

Githinji et al. (2014) relatam que profissionais de saúde de 87 unidades públicas utilizaram seus próprios telefones celulares para enviar, semanalmente, mensagens de texto SMS estruturadas. Essas mensagens continham a contagem de quatro elementos essenciais de vigilância e eram transmitidas para um sistema baseado na web, acessado pelos gestores distritais. Essa iniciativa, conhecida como *SMS for Life*, foi desenvolvida para monitorar casos de malária em distritos rurais do Quênia, permitindo que profissionais de saúde relatassem, de forma regular, os casos confirmados da doença.

Para validar a precisão dos dados, foi realizado um monitoramento longitudinal das informações reportadas pelo SMS por meio de um sistema baseado na web, complementado por duas rodadas de pesquisas transversais nas unidades de saúde. A ferramenta de gestão de SMS armazena o número de telefone de um profissional de saúde responsável por cada unidade cadastrada. Esse sistema utiliza um código curto gratuito, permitindo que os profissionais registrados recebam semanalmente uma solicitação de dados via mensagem de texto e enviem uma resposta em um formato padronizado, sem custos adicionais. A ferramenta de notificação baseada na Web capta os dados enviados por SMS pelos profissionais de saúde registrados e disponibiliza-os em tempo real através da Internet aos membros designados da Equipe Distrital de Gestão da Saúde (DHMT) e aos funcionários nacionais da Divisão de Controle da Malária (DOMC). Os membros do DHMT acessam diretamente o website *SMS for Life*, que é protegido por senha, para monitorizar os parâmetros de vigilância da malária de cada unidade de saúde do seu distrito, enquanto os funcionários do DOMC a nível nacional monitoram os casos em todos os distritos participantes no projeto. O website também fornece dados atuais e históricos sobre parâmetros de vigilância notificados e resumos das taxas de testagem, taxas de positividade dos testes e taxas de tratamento apropriado em cada unidade de saúde e agregados ao nível distrital (Figuras 23A

e 23B). Os funcionários do DOMC e os membros do DHMT também recebem um e-mail semanal enviado para os seus smartphones a partir do website SMS for Life resumindo todos os dados reportados na semana anterior, permitindo que eles monitorem os dados qualquer momento, mesmo na ausência de conectividade com a Internet, após o recebimento o e-mail.

O estudo evidenciou a viabilidade de utilizar mensagens de texto simples via celular para transmitir dados de vigilância de unidades de saúde periféricas para níveis superiores. Essas informações foram utilizadas pelos gestores locais para otimizar a alocação de recursos de forma eficiente, apoiando estratégias de diagnóstico e tratamento. No entanto, a precisão dos dados reportados ficou aquém do ideal. Trabalhos futuros devem se concentrar em aprimorar a qualidade dos dados de vigilância enviados por SMS.

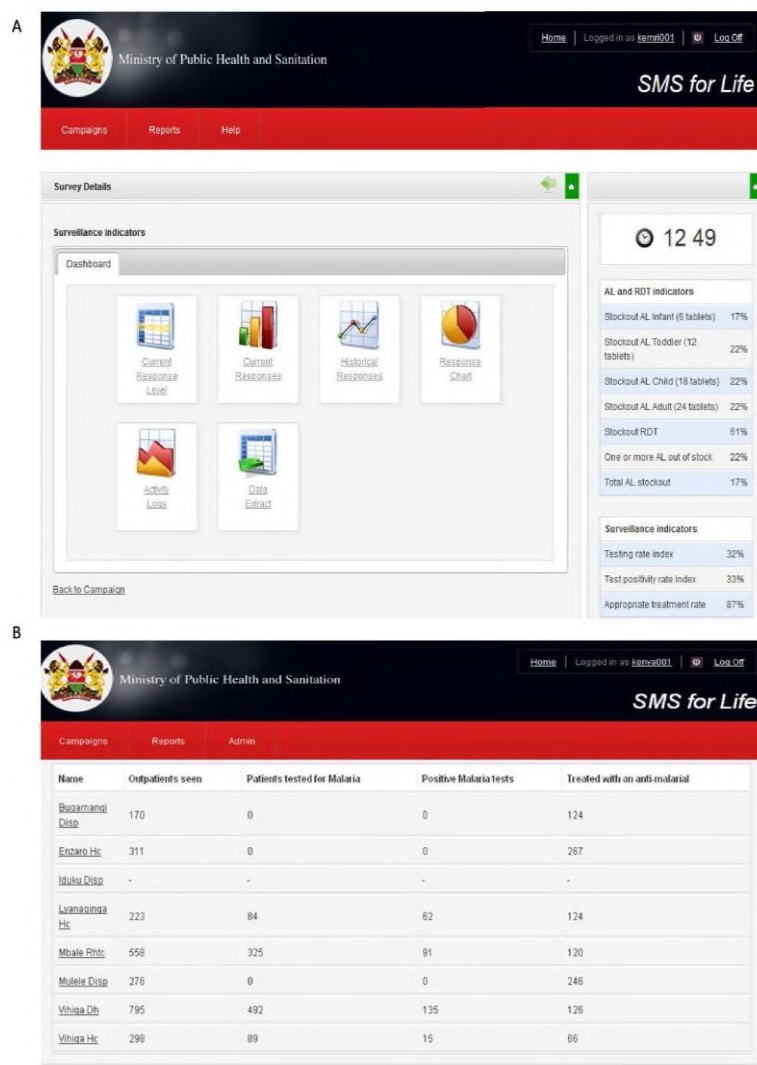


Figura 23 - Exibição do relatório de vigilância das unidades de saúde durante uma semana num distrito de estudo. A) Capturas de tela da ferramenta de relatório de vigilância baseada na Web SMS for Life. (B) Painel de dados de vigilância do SMS for Life.

Yu et al. 2020 projetaram um aplicativo em Android chamado *Malaria Screener* (Yu et al., 2020), que torna os smartphones uma solução acessível e eficaz para a microscopia óptica automatizada da malária. Outra iniciativa que utiliza smartphones para relatar o diagnóstico da malária. Sabe-se que a microscopia óptica é frequentemente utilizada para o diagnóstico da malária. No entanto, é um processo lento e a qualidade dos resultados depende muito da habilidade dos microscopistas. A automatização da microscopia óptica da malária é uma solução promissora, mas continua a ser um desafio e necessita de mais investigação. As ferramentas atuais costumam ser caras e envolvem componentes de hardware sofisticados, o que dificulta sua implantação em áreas com recursos limitados. O aplicativo móvel utiliza as câmeras de alta resolução e poder de processamento de smartphones modernos para escanear imagens de esfregaços de sangue finos e grossos para parasitas. O *Malaria Screener* (Figura 24) torna o processo de rastreio mais rápido, mais consistente e menos dependente da ação humana. O aplicativo é modular, permitindo que outros grupos de pesquisa integrem seus métodos e modelos de processamento de imagens e aprendizado de máquina, enquanto adquirem e analisam seus dados.

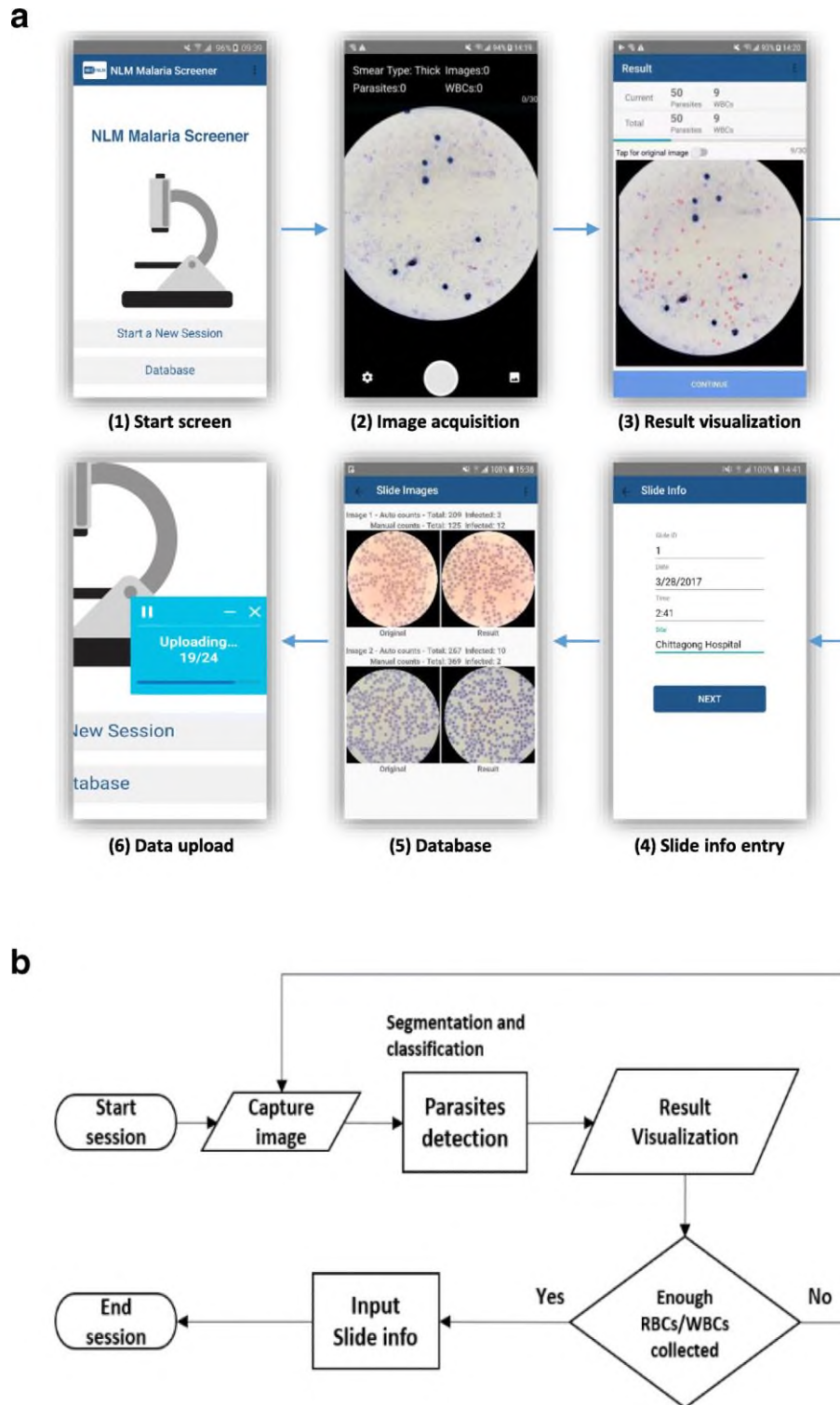


Figura 24 - Aplicativo móvel Malaria Screener. a) Telas em uma sessão de triagem de lâminas. b) O fluxo de trabalho de uma sessão de Malaria Screener

Burnett et al. (2019) desenvolveram o *MalariaCare Electronic Data System (EDS)*, um aplicativo Android (Figuras 25 e 26), de código aberto, baseado em Java, que se conecta ao *District Health Information Software 2*, para armazenamento e visualização de dados. O EDS foi utilizado durante visitas de supervisão a 4.951 unidades de saúde em sete países de África.

A introdução do EDS levou a melhorias na atualização dos dados e consequentemente sobre a qualidade dos cuidados prestados aos pacientes. O EDS melhorou a integralidade dos dados em 47 pontos percentuais, em média, quando comparado com o registro dos dados em papel. O tempo médio desde o envio dos dados até a análise final de dados caiu de 5 meses para 1 mês. Com dados mais completos foi possível planejar de forma mais eficaz ações corretivas e disponibilizar os recursos, conduzindo em última análise a várias melhorias na qualidade da gestão de casos de malária. Apesar de todo o potencial, os autores informam que são necessários esforços adicionais para institucionalizar a utilização de dados de supervisão nos ministérios da saúde e nos Planos Nacionais de Combate à Malária.

A

MW 4, RDT Observations

Preparing and Reading RDTs

Observation 1

HEALTHCARE WORKER INFORMATION

Type of provider: Other

If other, specify: laboratory attendant

Has this worker received OTSS mentorship before?

☐ Yes ☒ No ☐ N/A

If yes, how many times? (Leave blank if not mentored): 0

Has this worker been formally trained to use RDTs?

☒ Yes ☐ No

RDT PREPARATION

Expiry date checked: ☐ Yes ☒ No

Cassette labeled with patient's name/ID number: ☐ Yes ☒ No

PATIENT PREPARATION

Patient identified and identification information recorded in register: ☒ Yes ☐ No

Gloves worn: ☒ Yes ☐ No ☐ Not available

Puncture site cleaned with alcohol and allowed to air dry: ☒ Yes ☐ No

B

MW 4, RDT Observations

RETURN TO ALL ASSESSMENTS

Show only failed questions

Quality of Care (QoC) Score: 90.0%

1 RDT Observation 1: 87.5%

Expiry date checked	No	FAIL
Cassette labeled with patient's name/ID number	No	FAIL
Patient identified and identification information recorded in register	Yes	PASS
Gloves worn	Yes	PASS
Puncture site cleaned with alcohol and allowed to air dry	Yes	PASS
An adequate volume of blood is collected	Yes	PASS
Blood dispensed in correct well of RDT device	Yes	PASS

Figura 25 - Capturas de tela do aplicativo Electronic Data System. (A) Tela de entrada de dados para módulo de observação de teste de diagnóstico rápido (RDT). (B) Página de resumo de desempenho..

Fonte: www.ajtmh.org.

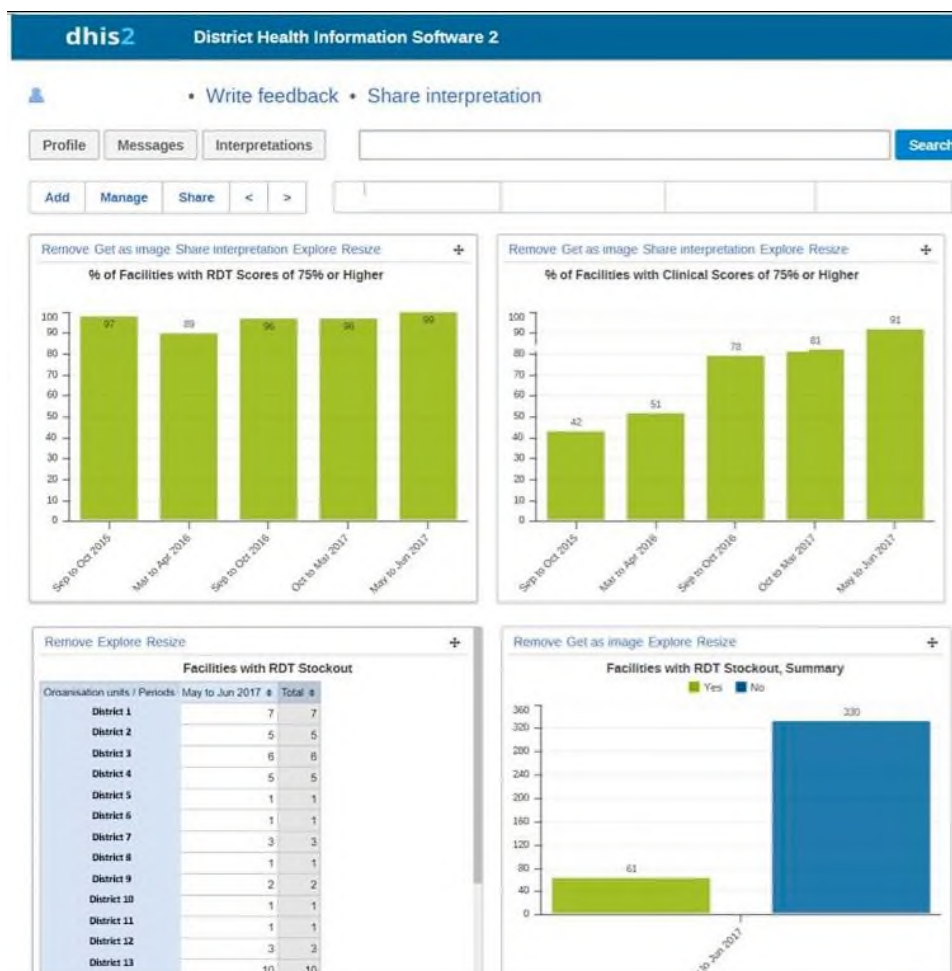


Figura 26 - Painel do Software de Informações de Saúde Distritais 2 (DHIS2) do Sistema Eletrônico de Dados (EDS). TDR = teste de diagnóstico rápido.

Os resultados encontrados nesta pesquisa têm evidenciado que as técnicas de integração e visualização de dados têm grande potencial na exploração de grandes volumes de dados e no apoio de questões de investigação complexas ou de longa duração. Isso porque a integração permite agregar dados de diferentes fontes em um único banco de dados composto por variáveis de interesse para diferentes tipos de estudos. A visualização permite que conjuntos de dados grandes e complexos sejam manipulados e interpretados de forma mais intuitiva.

Sironi et al. (2022) aplicaram técnicas de integração e visualização num ambiente de vigilância da malária para construir uma base de dados integrada que inclui notificações, mortes, controle de vetores e dados climáticos. Esta base de dados é acessada através do *Malaria-VisAnalytics*, que é uma plataforma visual para análises descritivas e preditivas de dados que auxiliam decisões e ajudam na elaboração de políticas por parte de agentes governamentais e de saúde. Os resultados experimentais e de validação mostraram que a exploração visual e os mecanismos de interação permitem uma vigilância eficaz para uma

ação rápida quando há suspeita de surtos, bem como também apoiam um conjunto de diferentes questões de investigação sobre registros de saúde eletrônicos integrados da malária.

A base de dados integrada e a plataforma de exploração visual (*Malaria-VisAnalytics*) desenvolvidos por Sironi et al. (2022) permitem que diferentes tipos de usuários explorem dados relacionados com a malária numa interface de fácil utilização. Resumos de dados e importantes conclusões podem ser obtidas por meio de diferentes técnicas e dimensões. O estudo de caso para esta plataforma utilizou dados de Manaus que pode servir de referência para futura replicação em outros municípios. Finalmente, tanto a base de dados como a plataforma de mineração visual podem ser ampliadas com novas fontes de dados e funcionalidades para acomodar cenários mais complexos (como captura e análise de dados em tempo real). A seguir são mostradas algumas capturas de telas da plataforma (Figuras 27, 28, 29). Apesar das várias funcionalidades apresentadas pela plataforma a mesma traz formas convencionais de visualização de dados, o que prejudica a curva de aprendizado.

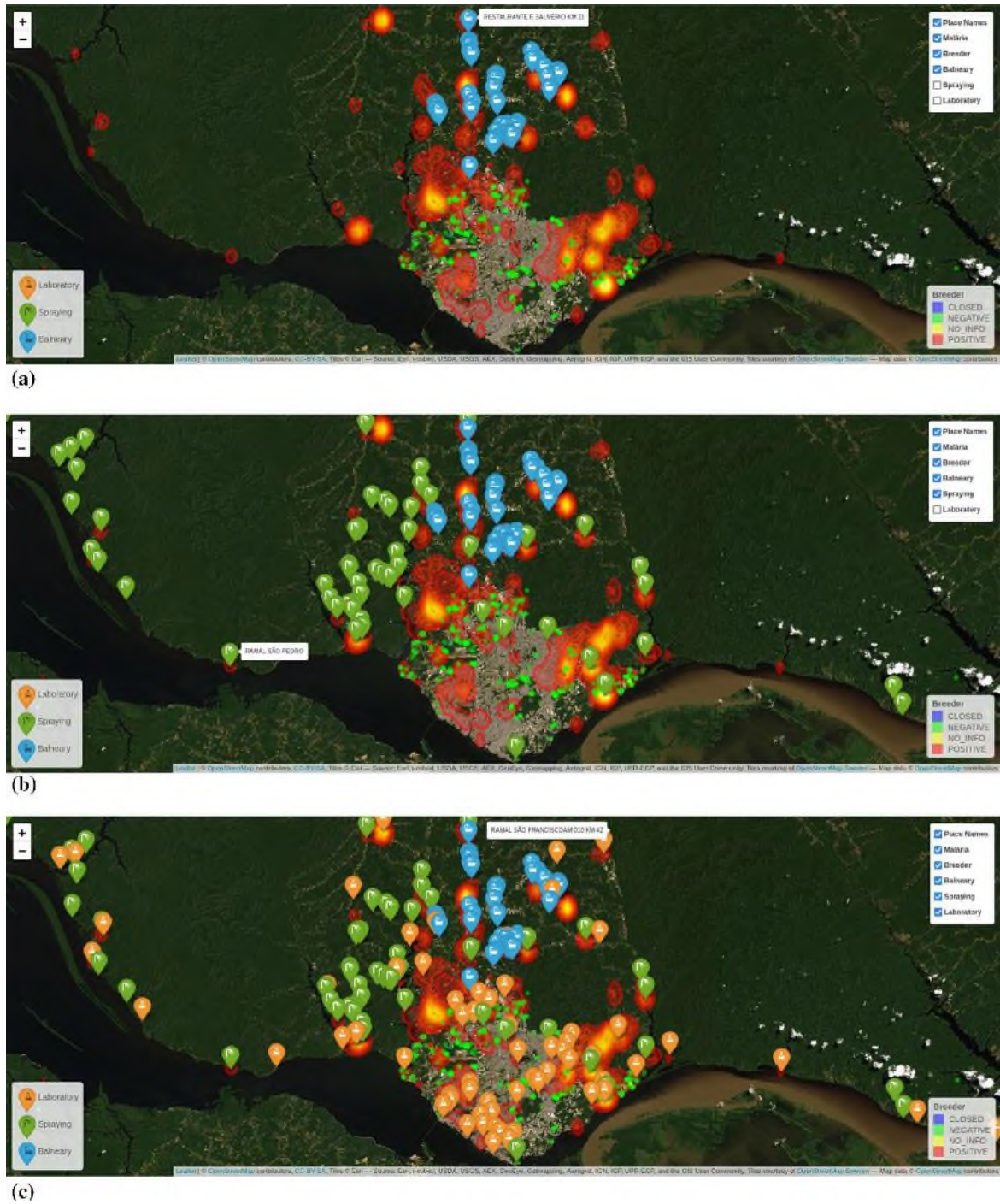


Figura 27 - Visualização multilayer com dados da cidade de Manaus mostrando balneários: (a) zonas onde houve pulverização (b) laboratórios, (c) juntamente com hotspots/criadores. As áreas onde foram detectadas infecção são mostradas em amarelo/laranja.

Inputs

Malaria Cases By:

Município de Notificação = Município de Residência ▼

Subtype:

Vivax ▼

Climate Variable:

Umidade do Ar ▼

Coloring by:

Estado ▼

Year:

2015 ▼

(a)

Inputs

Subtype:

Race ▼

Choose the municipality:

Type the municipality name ▼

Generate

(b)

Input

Select the Variable:

All Species - Todas ▼

Choose the municipality:

Type the municipality name ▼

☒ Show Grid

(c)

Figura 28 - Exemplo de filtros interativos disponibilizados pela ferramenta Malaria-VisAnalytics: (a) Entradas por tipo de casos, subtipo de Plasmodium, variável climática, ano e destaques (coloração) por Estado ou região; (b) Insumos por subtipo (raça ou gênero)

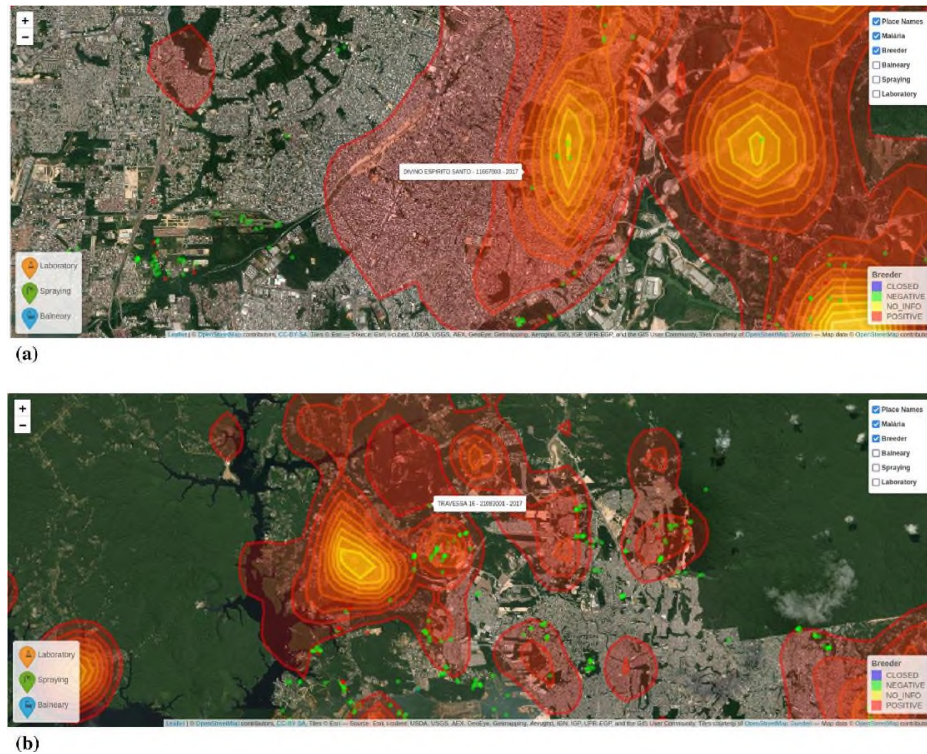


Figura 29 - Exemplo de técnicas de zoom aplicadas sobre Manaus, em diferentes escalas (a e b)

Em linha de pesquisa similar ao *Malaria-VisAnalytics*, Aheto (2022) desenvolveu, em Gana, uma ferramenta que exibe mapas espaciais interativos de alta resolução na web que caracterizaram as diferenças geográficas no risco de malária e identificam comunidades com uma alta incidência. Reforça-se que a malária infantil, em menores de cinco anos, é uma das principais causas de morbilidade e mortalidade a nível mundial, especialmente entre os países da África Subsaariana como Gana. Em Gana, a malária é responsável por cerca de 20.000 mortes de crianças anualmente, das quais 25% são crianças com idade inferior a 5 anos. Oferecer oportunidades para uma vigilância eficiente da malária e esforços de controle direcionados em meio a recursos limitados de saúde pública é fundamental. Foram utilizados dados da Pesquisa de Indicadores de Malária (MIS) de 2019 do Programa de Pesquisa Demográfica e de Saúde. Uma abordagem bayesiana de modelagem e mapeamento geoespacial foi utilizada para examinar preditores e diferenças geográficas na malária em menores de cinco anos. O modelo foi validado através de uma abordagem de validação cruzada. O estudo produziu mapas de visualização interativos do risco de malária através do mapeamento da prevalência prevista da malária em locais amostrados e não amostrados. Ficou evidenciado que os mapas preditivos interativos de alta resolução disponíveis na web se mostraram uma ferramenta eficaz na identificação de comunidades que requerem intervenções urgentes e direcionadas por parte dos gestores e implementadores de

programas de saúde pública. A seguir são mostradas algumas capturas de telas dos mapas interativos (Figura 30). A versão Web interativa deste mapa pode ser encontrada online.

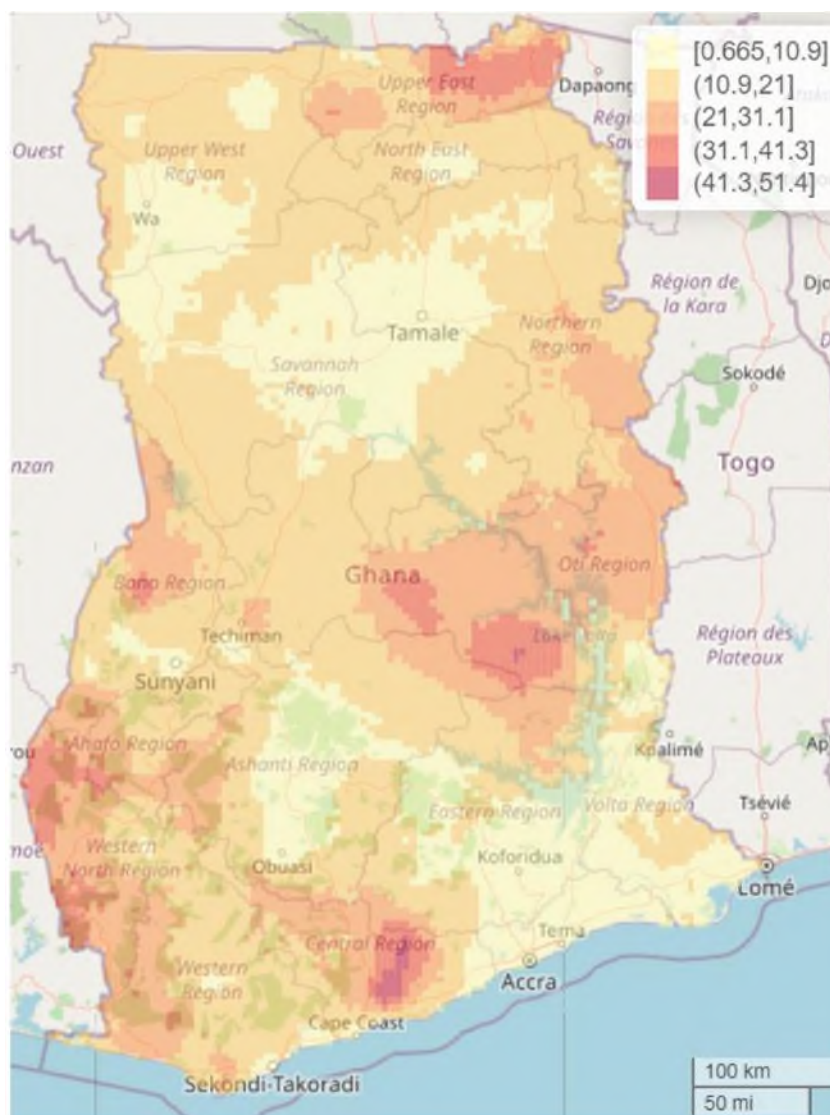


Figura 30 - Prevalência estimada da malária em 2019 entre crianças menores de cinco anos em Gana.

A malária é uma doença transmitida por vetores que representa uma significativa carga global de morbidade e mortalidade. A gestão de dados sobre a doença, provenientes de fontes diversas, autônomas e distribuídas, impõe desafios específicos e requer soluções especializadas. Embora existam plataformas online voltadas para o armazenamento de informações sobre a malária, ainda não havia um recurso integrado globalmente que abordasse os múltiplos aspectos da doença. Com essa necessidade em mente, Arifin et al. (2017) desenvolveram o *VecNet Data Warehouse* (VecNet-DW), um *data warehouse* multidimensional voltado para processamento analítico online. Segundo os autores, essa é a primeira plataforma online integrada globalmente, capaz de oferecer pesquisa, recuperação e

visualização eficientes de dados históricos, preditivos e estáticos sobre a malária, organizados em diferentes abas. Nas Figuras 31, 32, 33 e 34, podem ser observadas capturas de tela do navegador de Dados Dimensionais, do navegador de Tabelas de Pesquisa e da interface do Visualizador de Resultados.

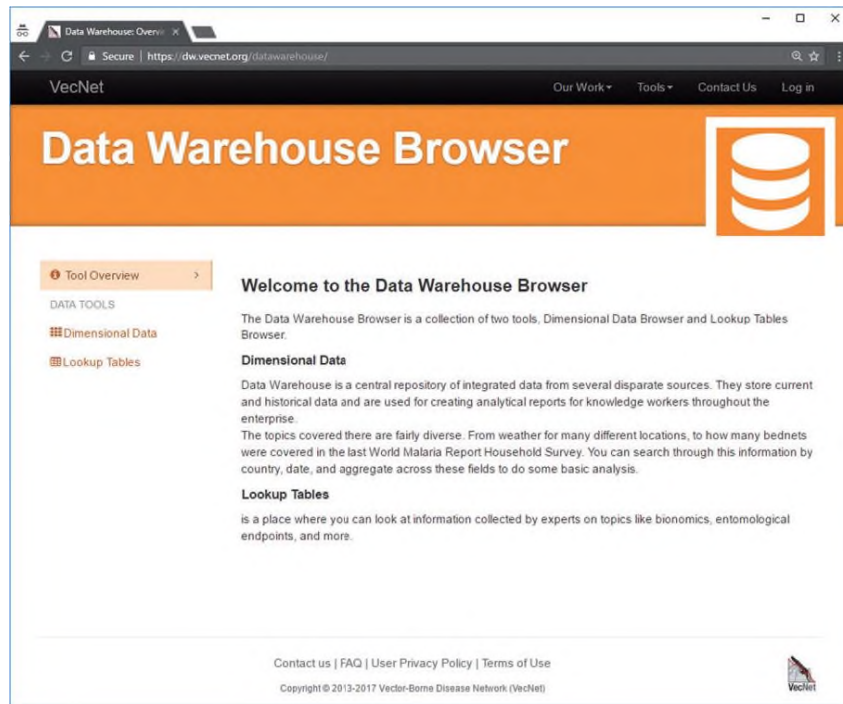


Figura 31 - Captura de tela da página inicial do VecNet-DW. A página inicial fornece links (na barra de navegação esquerda) para o navegador Dimensional Data e o navegador Lookup Tables.

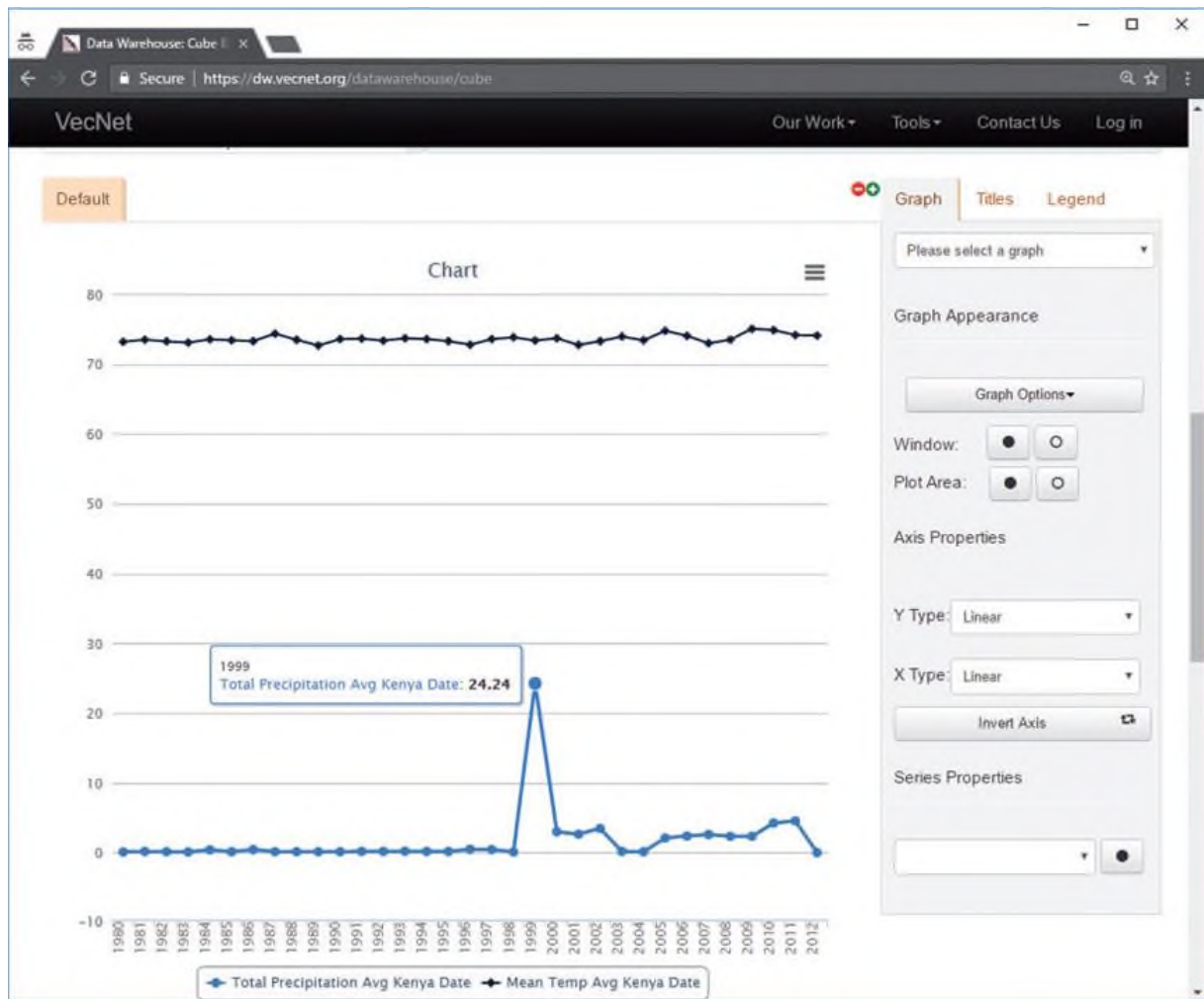


Figura 32 - Captura de tela de uma pesquisa de dados meteorológicos. Neste exemplo, os dados de temperatura média e precipitação total são agrupados ao longo do tempo por ano, utilizando a dimensão hierárquica de “data”.

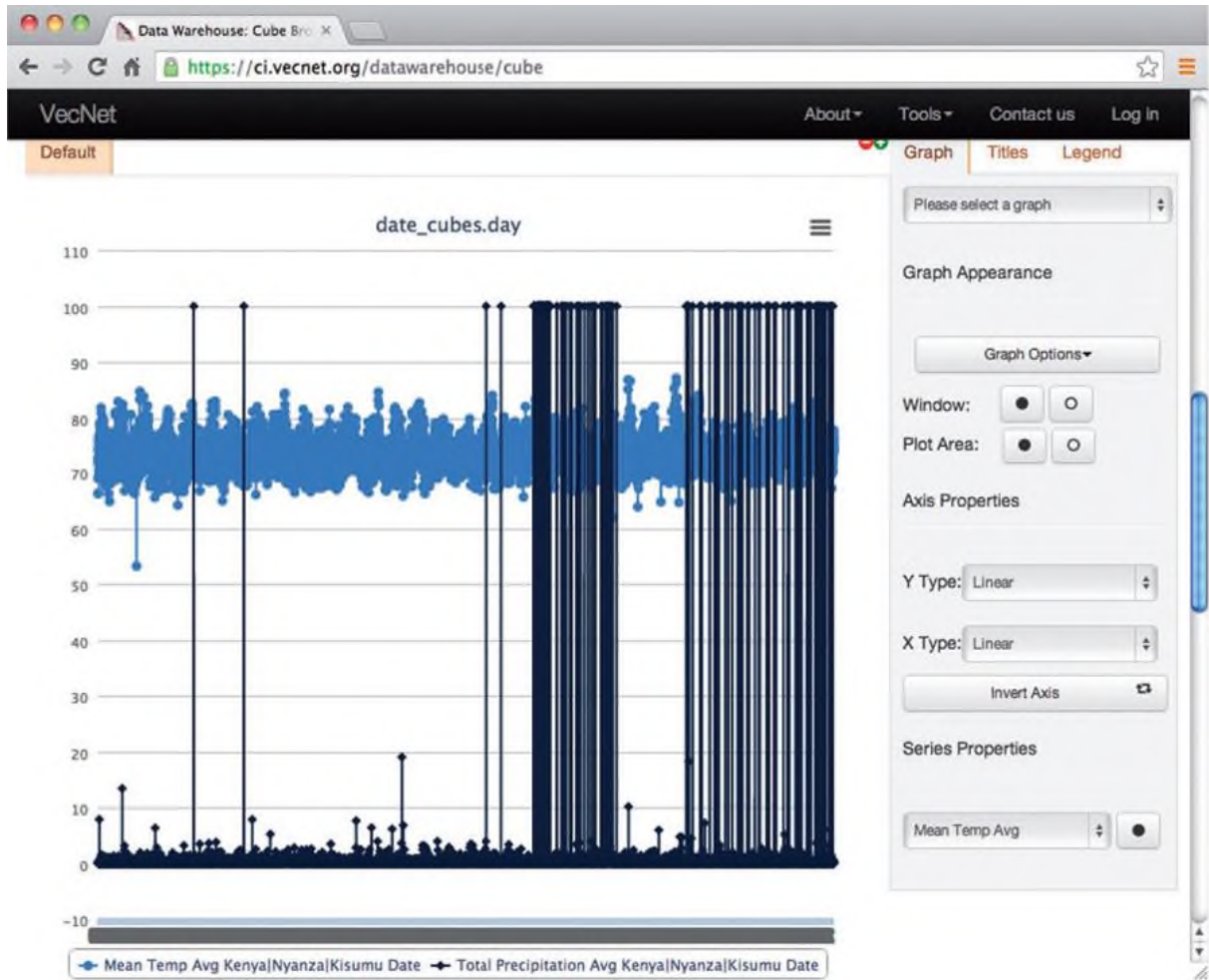


Figura 33 - Captura de tela de gráficos gerados a partir de dados não agrupados. Este exemplo mostra os gráficos resultantes de uma pesquisa facetada com dados não agregados no cubo de dados meteorológicos.

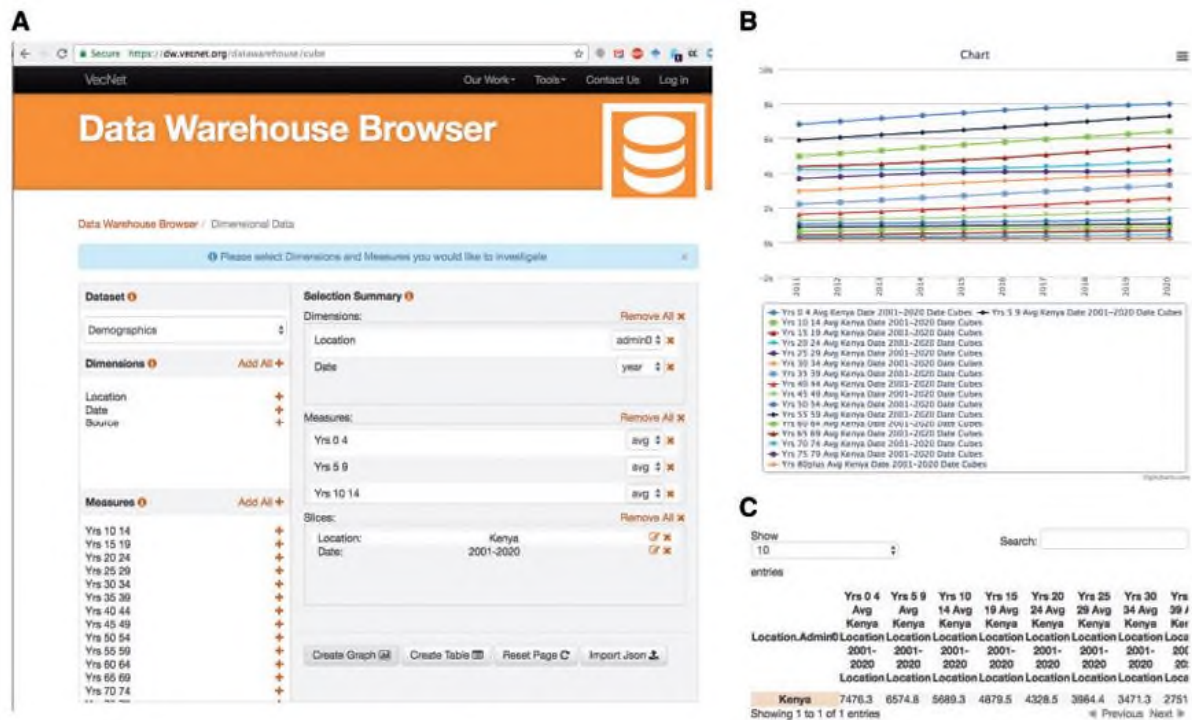


Figura 34 - Exemplo de uso do VecNet-DW.

Neste exemplo de aplicação do *VecNet-DW* (Figura 34), um pesquisador busca avaliar a eficácia de uma nova estratégia de controle de mosquitos em uma região endêmica de malária. Para isso, o modelo *EMOD*, armazenado no *VecNet* e acessível por meio do Simulador de Transmissão, será utilizado para simular a atual linha de base da transmissão da doença e estimar os impactos da nova intervenção em diferentes níveis de cobertura. Durante a configuração da simulação, é necessário definir um perfil populacional, determinando a distribuição etária da população em intervalos de cinco anos. No navegador *Dimensional Data*, o cubo de dados demográficos é selecionado, juntamente com as dimensões "local" e "data", além de todas as faixas etárias disponíveis (de 0–4 anos até 80+ anos). (A) São estabelecidos dois critérios para a consulta: o Quênia como "localização" e o período de 2001 a 2020 como "data". (B) O gráfico gerado exibe a distribuição etária da população resultante dessa consulta. (C) A tabela obtida a partir dessa análise pode então ser utilizada para criar um perfil populacional personalizado ou para selecionar uma opção pré-definida na interface web do *EMOD*.

Foram propostas ferramentas para fortalecer a vigilância da malária e auxiliar na tomada de decisões, incorporando interfaces intuitivas para facilitar o uso. Um exemplo é o *WebGIS*, desenvolvido por Bui e Pham (2016) no Vietnã, um sistema baseado em estatísticas espaciais que permite identificar padrões da doença e apoiar os profissionais de saúde em suas decisões. Um estudo de caso foi conduzido na província de Lam Dong, localizada na região montanhosa central do Vietnã (Figura 35). Essa área apresenta uma geografia complexa, com variações significativas de topografia e condições climáticas, além de ser considerada uma das regiões mais vulneráveis à malária. Entre os fatores que contribuem para essa vulnerabilidade estão a topografia acidentada, o baixo nível de desenvolvimento socioeconômico, as dificuldades de acesso a serviços básicos e o aumento populacional impulsionado pela demanda por terras produtivas. Além disso, os modos de subsistência das comunidades locais, que incluem práticas agrícolas remotas, somados à falta de controle adequado do vetor, favorecem o aumento dos casos de infecção. A estrutura arquitetônica e a interface interativa do *WebGIS* estão ilustradas na Figura 36. Embora o sistema ofereça funcionalidades úteis para análise espacial, ele ainda não fornece informações detalhadas sobre os pacientes, como desfechos dos tratamentos e possíveis recorrências da doença, aspectos que poderiam ser incorporados em futuras atualizações da ferramenta.

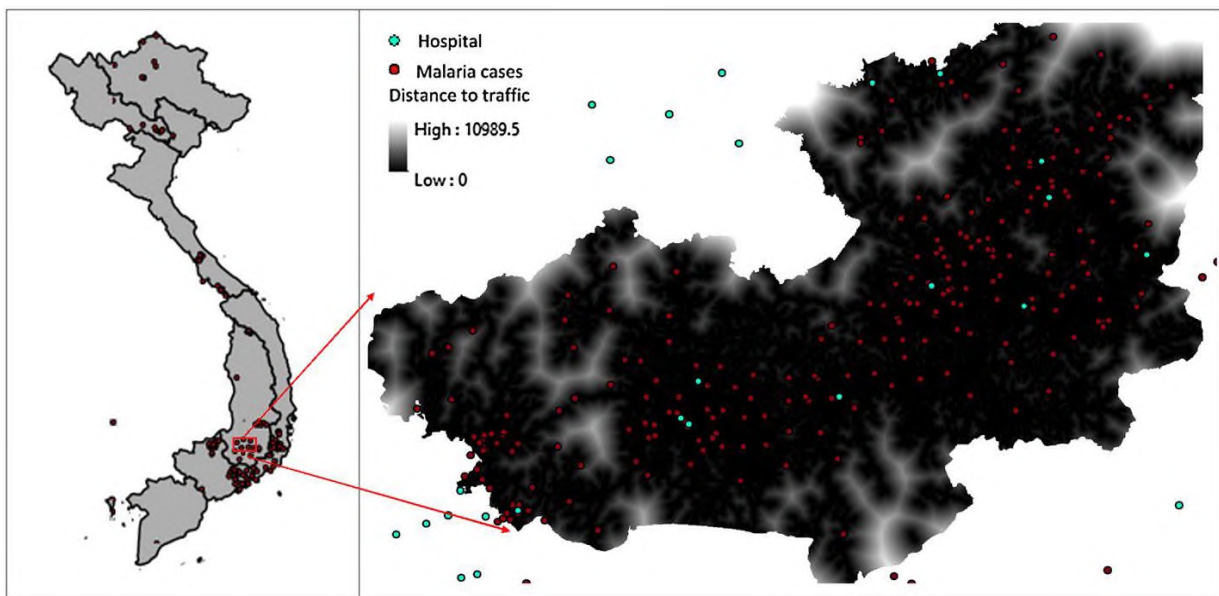


Figura 35 - Localização dos casos notificados de malária

Fonte: Bui e Pham (2016)

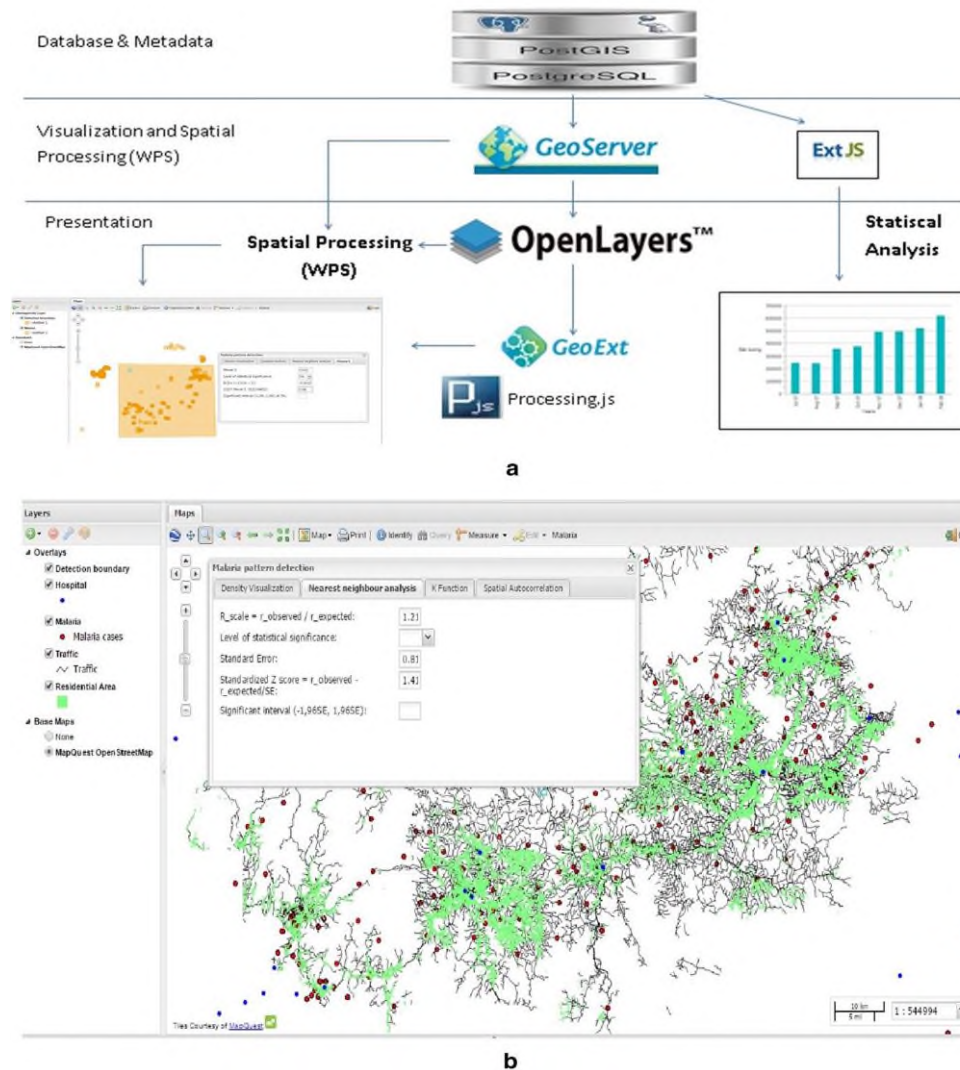


Figura 36 - a) Estrutura arquitetônica e b) Interface do WebGIS

Ainda ressaltando a importância e a eficácia do uso de infográficos na área da saúde, Velichko et al, (2021) relatam que a pandemia da infecção pelo novo coronavírus COVID19 afetou muitas pessoas de todas as idades e profissões, incluindo atletas profissionais. No âmbito da retomada de vários eventos desportivos, surgiu a necessidade de criar critérios de admissão de um atleta ao processo formativo e competitivo. No *British Journal of Sports Medicine* (BJSM) de 8 de fevereiro de 2021, os autores Niall Elliott, Rhodri Martin, Neil Heron, Jonathan Elliott, Dan Grimstead e Anita Biswas publicaram um infográfico sobre as etapas do retorno à atividade esportiva após o COVID19. Uma equipe de autores fez uma tradução adaptada e apresentou-a em forma de mensagem curta para publicação.

Morais et al. (2021) desenvolveram uma ferramenta de visualização infográfica com o objetivo de aprimorar a vigilância da malária em nível individual, contribuindo para sua

eliminação na Amazônia brasileira. Para abordar a complexidade desse desafio, foi aplicada a metodologia de pesquisa-ação, permitindo um processo dinâmico e participativo.

O desenvolvimento da ferramenta seguiu ciclos iterativos, totalizando quatro etapas, culminando na validação formal de uma versão operacional da *Trigrama Malária*. Além disso, foi implementado um método de relacionamento probabilístico de dados, possibilitando a agregação de informações de um mesmo paciente. Esse recurso viabilizou a análise de seguimento, uma funcionalidade que não estava prevista no sistema oficial de vigilância (*SIVEP-Malária*), tornando o monitoramento mais eficiente e detalhado.

O trigrama malária foi desenvolvido para auxiliar profissionais de saúde pública e formuladores de políticas na identificação e análise de padrões em casos de malária, incluindo recorrências e reinfecções. Baseia-se no sistema de vigilância em saúde brasileiro, o SIVEP-Malária, sem a necessidade de coleta adicional de dados primários ou modificações no processo vigente. O termo "trigrama" é um neologismo inspirado no conceito de pentagrama utilizado em partituras musicais, com o objetivo de facilitar sua compreensão e reduzir a curva de aprendizado (Morais et al., 2021). Com essa ferramenta, é possível planejar e coordenar estratégias voltadas à eliminação da malária, integrando ações como controle de vetores, desenvolvimento de novos medicamentos e iniciativas de vacinação, especialmente na região amazônica.

Dentre os trabalhos selecionados na RL e apresentados nessa dissertação, a proposta de Moraes et al. (2021) se mostrou com maior potencial e consequentemente foi selecionada para desenvolvimento de uma plataforma Web integrando várias bases de dados de malária, assim como um ambiente interativo para o usuário por meio de infográficos chamado de trigrama de malária.

4.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TRABALHOS RELACIONADOS

Como já demonstrado anteriormente, a malária é uma doença infecciosa grave que afeta milhões de pessoas ao redor do mundo, especialmente em regiões tropicais e subtropicais. O combate à malária é um desafio complexo que envolve vigilância, prevenção, tratamento e controle dos vetores que transmitem a doença. Nesse contexto, as ferramentas de visualização de dados desempenham um papel crucial.

Por meio da análise dos trabalhos relacionados, as ferramentas de visualização de dados permitem o monitoramento em tempo real da incidência de malária em diferentes regiões. Mapas interativos, gráficos e dashboards podem apresentar a distribuição geográfica dos casos, a evolução temporal e identificar áreas de surto. Isso é essencial para que as

autoridades de saúde pública possam agir rapidamente e de maneira direcionada, implementando medidas de controle em áreas críticas (BUI e PHAM, 2016; ARIFIN et al., 2017; WU et al., 2019; BURNETT et al., 2019; VELICHKO et al, 2021; MORAIS et al., 2021).

A visualização de dados pode facilitar a compreensão de padrões e tendências epidemiológicas. Compreender a relação entre fatores como condições climáticas, práticas agrícolas, movimentação populacional e incidência de malária ajuda na formulação de estratégias de prevenção e controle mais eficazes. Decisores políticos e gestores de saúde podem usar essas informações para alocar recursos de maneira mais eficiente.

Além disso, as ferramentas de visualização são poderosas para a comunicação de informações complexas de forma clara e acessível. Elas podem ser usadas para sensibilizar a população sobre a gravidade da malária, as áreas de maior risco e as medidas preventivas necessárias. Além disso, são úteis para informar e educar profissionais de saúde, ONGs e outras partes interessadas sobre os desenvolvimentos na luta contra a doença.

Para pesquisadores e gestores da área da saúde, a visualização de dados oferece uma maneira intuitiva de explorar grandes volumes de dados epidemiológicos. Ferramentas avançadas permitem identificar correlações, testar hipóteses e gerar novos insights sobre a dinâmica da transmissão da malária. Isso contribui para o desenvolvimento de novas intervenções e para o aprimoramento das existentes.

O uso de ferramentas de visualização de dados desempenha um papel essencial no combate à malária, pois aprimora o monitoramento, fortalece a resposta a surtos e auxilia na tomada de decisões estratégicas. Além disso, essas ferramentas contribuem para a disseminação de informações ao público, impulsionam pesquisas e incentivam a colaboração internacional. O investimento em seu desenvolvimento e implementação é, portanto, fundamental para avançar no controle e, futuramente, na erradicação da doença. Com base nos achados desta revisão, observa-se a necessidade de criar uma plataforma integrada para visualização de dados da malária, facilitando a análise e gestão das informações.

5 DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL

Nesta etapa, buscou-se responder à seguinte questão de pesquisa: “É viável criar uma ferramenta computacional Web capaz de integrar múltiplas bases de dados e oferecer visualizações interativas que apoiem gestores da saúde na atuação frente à malária?” Desta forma, diante dos resultados encontrados na revisão da literatura, procurou-se desenvolver uma plataforma Web integrando as várias bases de dados de malária com um front-end interativo que fosse atrativo para o usuário, com várias possibilidades de visualização, uma vez que um dos objetivos é tornar a interação dos dados dinâmica para auxiliar a tomada de decisão de gestores da área da saúde. Para melhor entendimento do método utilizado neste capítulo, a seguir são apresentados os sete ciclos de desenvolvimento que foram executados para o desenvolvimento de uma Ferramenta Computacional para Visualização de Dados de Malária através de Infográficos segundo proposta apresentada por Moraes et. al (2021), pois foi a metodologia que mais se ajustou aos objetivos propostos neste trabalho.

O ciclo iterativo de desenvolvimento da ferramenta teve uma duração total de 5 (cinco) meses e uma semana, foi dividido em 07 (sete) iterações, e *sprints* com 21 (vinte e um) dias de duração. É importante destacar a qualificação do *stakeholder* desse ciclo porque fez parte da percepção sobre o conhecimento do domínio.

5.1 PRIMEIRO CICLO ITERATIVO DE DESENVOLVIMENTO

O ciclo iterativo inicial teve início a partir de um diálogo com o stakeholder, no qual se identificou a necessidade, por parte de gestores, profissionais de saúde e pesquisadores, de ferramentas e sistemas capazes de otimizar a representação de dados. O objetivo era fornecer suporte para aprimorar a produção de informações relacionadas à vigilância da malária. Com o intuito de aprofundar a compreensão do problema apresentado, foi elaborada a primeira *Root Definition* referente a essa etapa do desenvolvimento.

- **Root definition do primeiro ciclo.** Análise, juntamente com o *stakeholder*, no contexto da malária no Brasil, das demandas prementes de gestores e profissionais de saúde envolvidos nos sistemas de monitoramento da doença e investigação do trigrama malária desenvolvido por Moraes et al. (2021) como inspiração para o desenvolvimento da plataforma.

Após o primeiro diálogo, foi conduzida uma etapa dedicada à descrição e contextualização do problema, com o objetivo de compreender a dinâmica de uso e o papel do stakeholder no processo. Para isso, foram adotadas duas abordagens principais: a análise CATWOE, utilizada para a formulação de uma *Root Definition*, e a construção de um mapa visual das relações hierárquicas, conhecido como *Rich Picture* (CHECKLAND, 1989).

O CATWOE estabelecido para este primeiro ciclo foi:

- (C) Beneficiários: pacientes do SUS nas regiões amazônica e extra-amazônica, que seriam cadastrados e assistidos pelo sistema;
- (A) Atores: profissionais de saúde, gestores e responsáveis por tomadas de decisão, que lidam com a redução de recursos e acesso limitado conforme aumenta a distância dos centros urbanos;
- (T) Transformação: Aprimorar a obtenção de dados para embasar a tomada de decisões sobre casos de malária nas regiões amazônica e extra-amazônica, utilizando técnicas de visualização que auxiliem gestores de organizações de saúde na análise aprofundada das informações;
- (W) Visão de mundo: O funcionamento do SUS na região, levando em conta os desafios logísticos e operacionais específicos dessa localidade.
- (O) Dono: direção do Instituto Todos pela Saúde; e
- (E) Restrições do ambiente: Dificuldades relacionadas à logística e à capacitação na região amazônica, especialmente devido às grandes distâncias e ao acesso limitado.

O monitoramento da malária abrange a coleta, análise e interpretação sistemática e contínua de dados sobre a doença, sendo um elemento fundamental para o planejamento, execução e avaliação de estratégias de saúde pública. O acompanhamento detalhado de casos e óbitos possibilita que os órgãos de saúde identifiquem as áreas mais afetadas e os grupos populacionais de maior risco, além de permitir a análise da evolução dos padrões da doença. Sistemas de vigilância bem estruturados desempenham um papel essencial no suporte à formulação de intervenções mais eficazes e na mensuração do impacto das ações voltadas ao controle da malária (WHO, 2024).

No contexto abordado, Ohrt et al. (2015) destacam que, para alcançar a eliminação da malária, os sistemas de vigilância devem ir além do simples monitoramento de indivíduos infectados, ampliando o foco para as características específicas de cada paciente e acompanhando seu histórico completo, incluindo possíveis recorrências. Os autores também enfatizam a necessidade de que esses sistemas utilizem um conjunto mínimo de dados essenciais para o registro de casos, incluindo informações sobre o paciente, o método de diagnóstico, a espécie do parasita e o perfil do paciente, conforme proposto pelo Trigram

Malária (Morais et al., 2021). Além disso, é crucial que a supervisão desses sistemas seja conduzida por especialistas em epidemiologia e tecnologia da informação, garantindo maior precisão na análise e interpretação dos dados.

Por meio das interações com o stakeholder, identificou-se que o objetivo principal seria desenvolver uma ferramenta que, além das formas tradicionais de apresentação dos dados, incorporasse representações visuais por meio de mapas integrativos e trigramas, facilitando a compreensão e interpretação das informações. A visualização proposta deveria abranger não apenas a totalidade dos dados multivariados por região e município, mas também detalhar as informações individuais de cada paciente ao longo do tempo. Dessa forma, a ferramenta permitiria uma comparação clara e intuitiva, proporcionando uma curva de aprendizado rápida e eficiente.

O Trigrama tem como finalidade oferecer uma representação visual eficiente dos registros anuais de malária de um paciente, utilizando informações do SUS. Devido à complexidade e à natureza multivariada desses dados, optou-se por uma abordagem infográfica para a visualização. Os idealizadores do Trigrama defendem que os infográficos possuem um caráter exploratório, especialmente pela possibilidade de interação, um dos aspectos fundamentais na visualização de dados.

Os infográficos interativos proporcionam uma experiência cognitiva diferenciada, pois o cérebro humano processa informações de maneira mais eficiente quando há uma combinação entre estímulos motores (uso das mãos) e visuais (gráficos) dentro de um mesmo contexto. Durante a interação com interfaces infográficas, ocorre a ativação simultânea da percepção consciente (*visão para percepção*) e da chamada *visão para ação*. Essa estimulação cognitiva dupla é particularmente útil em sistemas que exigem alto nível de precisão e especificidade por parte dos usuários, como os sistemas de saúde.

A capacidade de representar grandes volumes de dados e múltiplas variáveis de forma visual e interativa desempenha um papel essencial na eficiência de um sistema de saúde. Essa abordagem permite que os usuários identifiquem rapidamente eventos relevantes e tomem decisões assertivas dentro de um cenário repleto de informações complexas.

Outro desafio previamente abordado é assegurar que a representação visual do histórico de malária de um paciente seja monitorada de maneira eficiente, permitindo acompanhar, em tempo real, possíveis recorrências de recaída e/ou reinfeção ao longo do ano, com base nos dados do SUS. Essas situações ocorrem quando um paciente apresenta sucessivos resultados positivos dentro de um mesmo período anual, tornando fundamental que o infográfico expresse essas informações de forma clara e acessível.

As principais contribuições deste ciclo foram as seguintes:

- Elaboração de uma análise CATWOE para a criação de uma root definition;
- Escolha do trigramma malária desenvolvido por Moraes et al. (2021) como inspiração para o desenvolvimento da plataforma.

5.2 SEGUNDO CICLO ITERATIVO DE DESENVOLVIMENTO

Após identificar as demandas, o próximo passo foi aprofundar o conhecimento sobre a proposta do trigramma (Moraes et al., 2021) com o objetivo de desenvolver uma plataforma que, por meio de quadros e de forma visual, pudesse gerar informações para auxiliar na tomada de decisões.

- **Root definition do segundo ciclo.** Aprofundamento e entendimento da proposta visual do trigramma de malária.

A organização da série temporal da malária segue um formato anual, no qual as informações sobre os diferentes tipos da doença e seus respectivos tratamentos são fundamentais para o registro de casos positivos. Cada Trigramma de Malária representa os dados individuais de um paciente por meio de ícones distribuídos em três linhas paralelas, acompanhados por um retângulo colorido no início. A estrutura temporal é segmentada por meses ao longo do ano, sendo que os elementos do trigramma são posicionados de duas formas: (a) horizontalmente, conforme a data do resultado do teste, e (b) verticalmente, de acordo com os resultados, indicando o tipo de infecção. A disposição visual desse modelo pode ser observada na Figura 37.

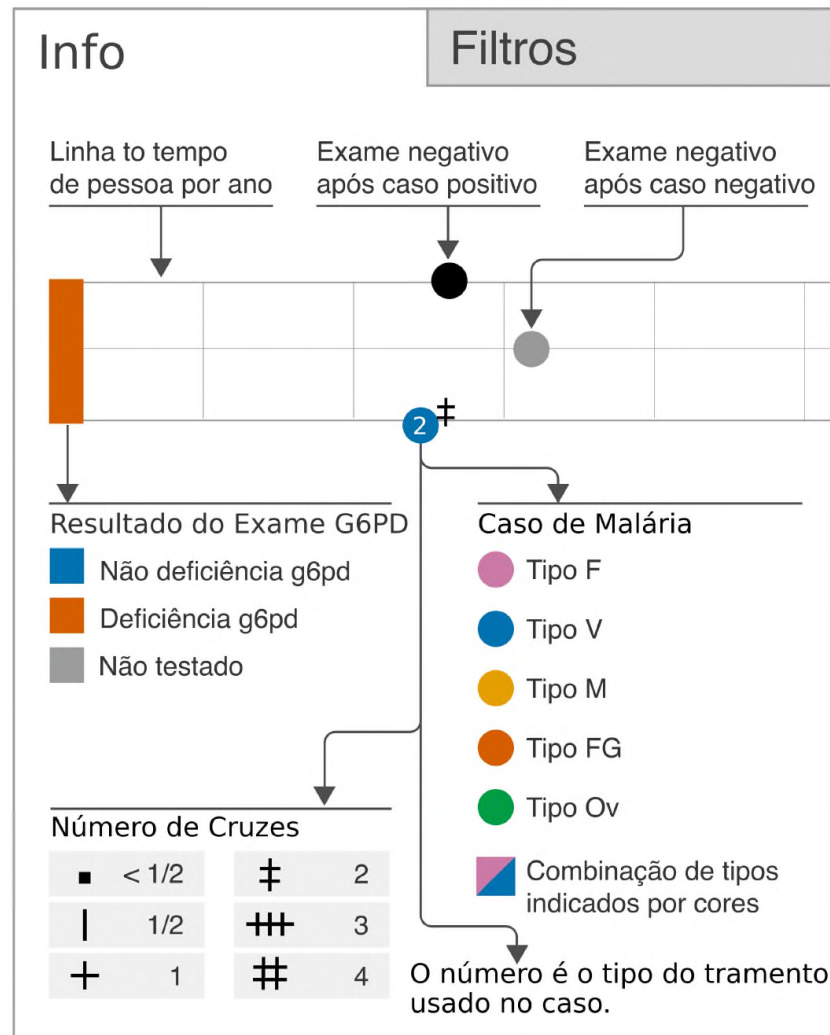


Figura 37 - Estrutura visual do trigram da malária

Fonte: Moraes et al. (2021)

Conforme ilustrado na Figura 37, o teste utilizado para detectar o parasita da malária foi representado por um esquema de cores, facilitando a interpretação dos resultados e reforçando seu significado. As cores foram escolhidas de forma a serem acessíveis para pessoas com daltonismo e possuem tonalidades suaves para minimizar a fadiga visual.

Os testes negativos são indicados em preto (quando ocorrem após um resultado positivo) ou em cinza (quando sucedem outro teste negativo). Já os resultados positivos são diferenciados por cores específicas: rosa para o Tipo F, azul para o Tipo V, amarelo para o Tipo M, laranja para o Tipo FG e verde para o Tipo Ov, correspondendo a diferentes variações da doença. Em casos onde há a detecção simultânea de mais de um tipo de malária, as cores são combinadas, e o ícone assume o formato de um quadrado, em vez de um círculo, podendo indicar inconsistências no registro ou na notificação.

Além disso, o número inserido dentro do círculo representa o tratamento prescrito ao paciente (conforme indicado no Quadro 2), enquanto o marcador localizado na parte superior do círculo sinaliza o nível de parasitemia (parasitas/mm³).

Quadro 2 - Códigos de tratamento e suas respectivas descrições são indicados em cada notificação dentro do Trigramma Malária.

Esquemas de Tratamento	Descrição
2	As infecções causadas por <i>P. vivax</i> ou <i>P. ovale</i> são tratadas com cloroquina por três dias e primaquina por um período de sete dias, seguindo um regime de curta duração..
3	As infecções por <i>P. vivax</i> ou <i>P. ovale</i> são tratadas com cloroquina por três dias, enquanto a administração de primaquina ocorre ao longo de 14 dias, seguindo um regime prolongado.)
4	As infecções causadas por <i>P. malariae</i> em qualquer faixa etária, bem como por <i>P. vivax</i> ou <i>P. ovale</i> em gestantes e crianças menores de seis meses, são tratadas com cloroquina durante três dias.
5	A prevenção de recaídas frequentes causadas por <i>P. vivax</i> ou <i>P. ovale</i> é realizada com a administração semanal de cloroquina ao longo de 12 semanas.
6	As infecções por <i>P. falciparum</i> são tratadas com a combinação fixa de arteméter e lumefantrina por um período de três dias.
7	As infecções por <i>P. falciparum</i> são tratadas com a combinação fixa de artesunato e mefloquina ao longo de três dias.
8	O tratamento das infecções por <i>P. falciparum</i> inclui a administração de quinina por três dias, doxiciclina por cinco dias e primaquina no sexto dia.
9	O tratamento das infecções mistas por <i>P. falciparum</i> e <i>P. vivax</i> ou <i>P. ovale</i> envolve a administração de arteméter + lumefantrina ou artesunato + mefloquina por três dias, seguido do uso de primaquina por sete dias.

10	O tratamento de infecções não complicadas por <i>P. falciparum</i> no primeiro trimestre da gestação e em crianças com menos de seis meses consiste na administração de quinina por três dias, acompanhada de clindamicina por cinco dias.
11	A malária grave e complicada causada por <i>P. falciparum</i> é tratada em pacientes de todas as faixas etárias.
12	As infecções por <i>P. falciparum</i> são tratadas com a combinação fixa de arteméter e lumefantrina por três dias, seguida de uma dose única de primaquina.
13	As infecções por <i>P. falciparum</i> são tratadas com a combinação fixa de artesunato e mefloquina por três dias, seguidas de uma dose única de primaquina.
14	Infecções pelo <i>P. vivax</i> ou <i>P. ovale</i> tratadas com cloroquina em 3 dias e primaquina semanal por 8 semanas supervisionado
15	Outro esquema utilizado pelo médico

Fonte: Moraes (2021)

Além dos dados dos exames, um fator essencial para o tratamento da malária é a identificação da deficiência do gene G6PD, que pode influenciar a resposta aos medicamentos antimaláricos. No caso da malária vivax, os fármacos mais eficazes, como a primaquina, podem causar alta toxicidade em pacientes com essa deficiência (Brasil, 2020).

Para representar essa informação de forma visual, a deficiência de G6PD é indicada por um retângulo colorido no início do Trigramma. O resultado pode ser exibido em três cores: azul-claro, laranja ou cinza. O azul-claro indica ausência da deficiência, o laranja sinaliza sua presença e o cinza representa casos em que o teste não foi realizado (Figura 32)

O rastreamento de casos de recidiva ou reinfeção é visualizado por meio da disposição horizontal dos círculos ao longo da série temporal. Quando dois testes positivos estão conectados por um arco de linha — semelhante a uma ligação em uma partitura musical — isso indica que ambos os casos foram notificados na mesma cidade.

A Figura 38 mostra um paciente com teste positivo para *malária vivax* em cinco ocasiões na mesma cidade, o que sugere que essa cidade apresenta chances elevadas para infecção por malária. O paciente também teve resultados negativos entre os testes positivos.

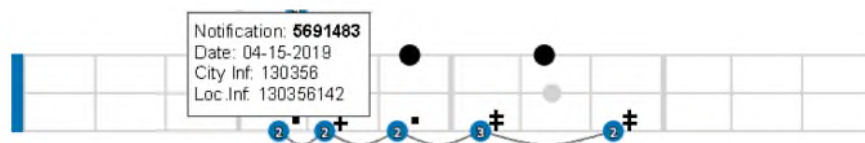


Figura 38 - Caso de recaída ou reinfeção

Fonte: Morais et al. (2021)

De acordo com os autores, esse exemplo permite diversas interpretações que podem ser analisadas com maior profundidade: (a) as duas primeiras notificações sugerem uma possível recaída de *Plasmodium vivax* devido ao curto intervalo de tempo entre os casos, enquanto as notificações posteriores indicam uma possível reinfeção; (b) há a possibilidade de que a malária vivax tenha recidivado, com o tratamento não apresentando a eficácia esperada para esse paciente; (c) os resultados dos testes podem ter sido influenciados por um possível falso negativo; (d) pode ter ocorrido baixa adesão ao tratamento, entre outras hipóteses que necessitam de investigação adicional.

A interface com o usuário pode ser visualizada na Figura 39.

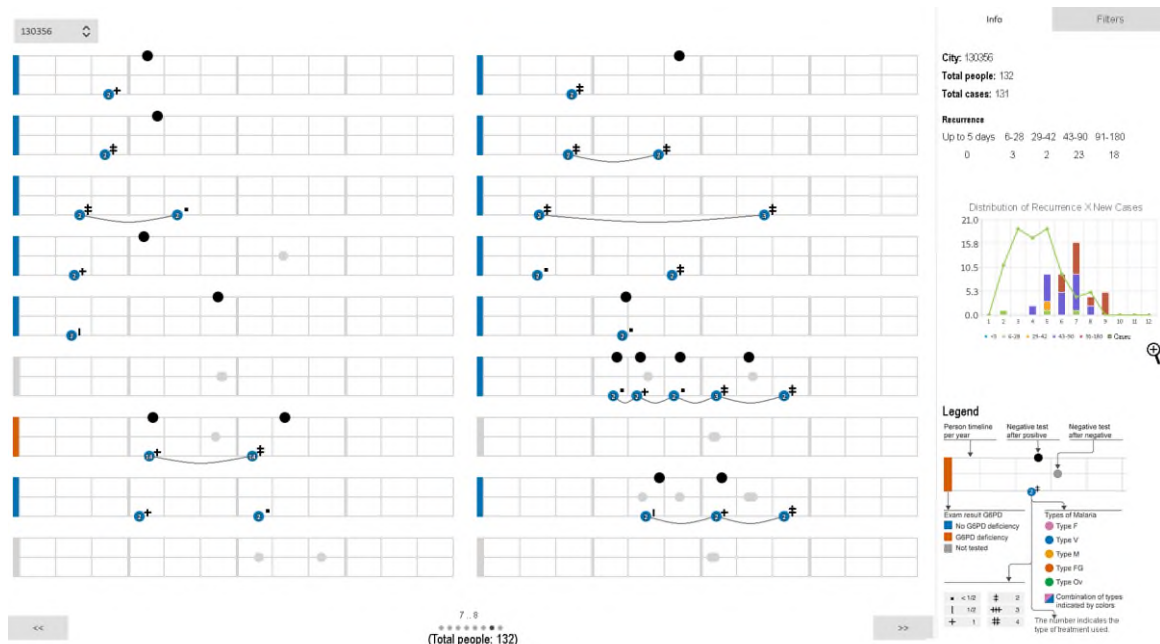


Figura 39 - A interface exibe Trigramas individuais para cada paciente no lado esquerdo da tela, enquanto à direita estão informações complementares e ferramentas de navegação. Essa seção também apresenta análises sobre reinfeção e recaída, além de uma visualização gráfica agregada dos dados.

Fonte: Morais et al. (2021)

As principais contribuições deste ciclo incluem:

Aprofundamento e entendimento da proposta visual do trigramma de malária, cuja avaliação pelo stakeholder foi positiva. Com base nessa avaliação, o ciclo foi concluído. As principais demandas futuras identificadas foram a preparação de dados, a escolha da tecnologia e a implementação de recursos interativos.

Os elementos da análise CATWOE, apresentados no ciclo anterior, continuam os mesmos.

5.3 TERCEIRO CICLO ITERATIVO DE DESENVOLVIMENTO

Para otimizar o uso das informações fornecidas pelo SIVEP-Malária, é essencial empregar estratégias adequadas de processamento de dados. Um aspecto relevante a ser considerado é que o sistema não foi originalmente projetado para monitorar o histórico dos pacientes, uma vez que cada novo registro costuma ser tratado como um caso isolado. Diante disso, a etapa de pré-processamento e a agregação dos dados no banco são fundamentais para identificar ocorrências recorrentes em um mesmo paciente, possibilitando uma análise mais detalhada das conexões entre os registros. Além disso, é imprescindível levar em conta a questão dos dados ausentes, que pode impactar a qualidade e a confiabilidade das análises. Para uma melhor compreensão da questão abordada, a *Root Definition* do terceiro ciclo foi estabelecida da seguinte forma:

- Root definition do terceiro ciclo. Análise das bases de dados para compreensão do domínio e construção de uma base de dados fictícia, e consequentemente, determinar quais variáveis deverão ser representadas no trigramma e demais formas de visualização na Plataforma Malária a ser desenvolvida.

Desta forma, a partir da análise do banco de dados original do SIVEP-malária, composto por dados primários, construiu-se uma base de dados fictícia visando desenvolver e alimentar o Panorama Malária explorando suas possibilidades de visualização e interação das informações multivariadas.

As principais contribuições deste ciclo incluem:

- Entendimento da base de dados SIVEP-malária;
- Construção uma base de dados fictícia.

Os elementos da análise CATWOE, apresentados no ciclo anterior, continuam os mesmos.

5.4 QUARTO CICLO ITERATIVO DE DESENVOLVIMENTO

Neste ciclo de desenvolvimento procurou-se pesquisar as tecnologias que se adequassem à proposta da plataforma Web. Escolher a linguagem de programação adequada para uma aplicação web é uma decisão crucial que depende de diversos fatores, como o objetivo da aplicação, a performance necessária, a facilidade de uso, e o suporte da comunidade. Para uma melhor compreensão da problemática apresentada a *Root definition* do quarto ciclo foi definida:

- Root definition do quarto ciclo. Escolha das tecnologias a serem utilizadas na plataforma a ser desenvolvida.

JavaScript é amplamente utilizado tanto no frontend quanto no backend (Node.js), sendo valorizado pela sua flexibilidade e vasta comunidade de desenvolvedores. Para o *front-end*, foi utilizado o JavaScript, juntamente com bibliotecas e frameworks para a criação dos infográficos. Para o back-end, optou-se por utilizar Java. A escolha das tecnologias para o desenvolvimento do front-end e back-end teve a anuência do stakeholder.

As principais contribuições deste ciclo incluem:

- Escolha das tecnologias para o desenvolvimento da plataforma.

Os elementos da análise CATWOE, apresentados no ciclo anterior, continuam os mesmos.

5.5 QUINTO CICLO ITERATIVO DE DESENVOLVIMENTO

Neste ciclo de desenvolvimento foi iniciado o desenvolvimento da interface do usuário, começando pela tela de *Login* (Figura 40), onde o usuário previamente cadastrado deverá digitar o e-mail de cadastro e senha para ter acesso à plataforma e ao banco de dados, consequentemente.

Traçar um panorama da malária no Brasil envolve diversas dificuldades, incluindo fatores epidemiológicos, geográficos, sociais e estruturais. Pode-se citar algumas dificuldades como distribuição geográfica, mobilidade populacional, diversidade de vetores e parasitas, subnotificação e diagnóstico, integração de Dados e Vigilância Epidemiológica. Como objetiva-se com a ferramenta apresentar uma integração das bases de dados disponibilizando diversas formas de visualização, algumas infográficas, visando minimizar as dificuldades elencadas anteriormente escolheu-se o nome Panorama da malária.

- **Root definition do quinto ciclo.** Definição dos parâmetros da plataforma e sua interface com o usuário, implementação de mapas interativos e filtros, e implementação de uma guia de filtros que permite ao usuário selecionar determinadas regiões, estados e municípios do seu interesse.

O Panorama Malária terá a capacidade de acessar um banco de dados local em SQLite3, que reúne dados vinculados do sistema SIVEP-Malária. Porém, para o desenvolvimento e avaliação desta plataforma, construiu-se um banco de dados fictício simulando o banco de dados do SIVEP-malária, visando alimentar a ferramenta explorando suas possibilidades de visualização e interação das informações multivariadas.

Conforme destacado por Moraes (2021), a entrada de dados no sistema ocorre em diferentes tempos de entrega, podendo variar desde o registro em tempo real, quando o paciente é admitido em hospitais da capital, até inserções com atraso, como no caso de formulários em papel preenchidos por profissionais de saúde em comunidades ribeirinhas, que só podem ser digitados ao retornarem a locais com infraestrutura adequada. O período para a inclusão das informações pode oscilar entre o registro imediato e até 10 dias após a notificação. Essa variação impacta diretamente o tempo de resposta do sistema, tornando desafiadora a aplicação do conceito de "tempo real" no contexto brasileiro.

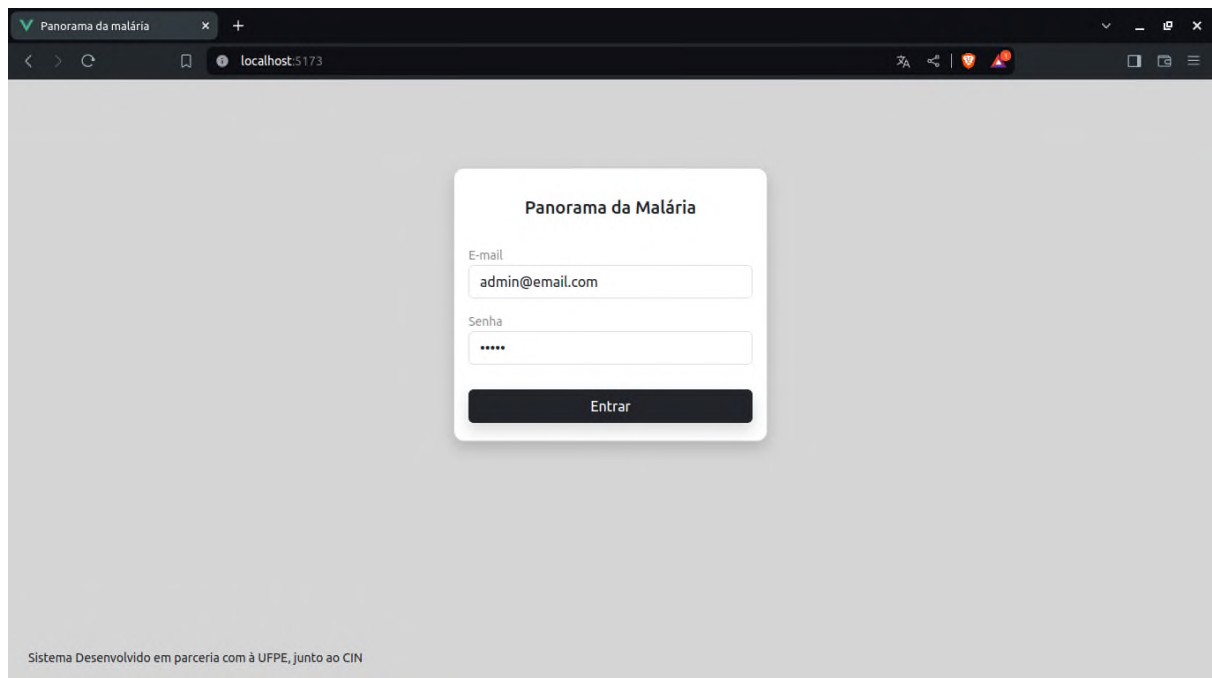


Figura 40 - Tela de login da ferramenta Panorama de Malária

Fonte: Panorama de malária

Como foi evidenciado pelo stakeholder nos momentos de interações, seria necessário que a plataforma fornecesse dados georreferenciados porque obter informações locais

precisas sobre a malária é extremamente necessário, pois à medida que mais países se aproximam da eliminação da malária devem lidar com limitações com relação ao financiamento, resistência aos inseticidas e resistência aos antimaláricos (WHO, 2017).

Tais informações são de extrema relevância para a tomada de decisão de gestores, como apontam Pfeffer et al. (2018) que contribuem no projeto *malariaAtlas* (MAP), e têm trabalhado para montar e manter uma base de dados global de acesso aberto de dados espaciais da malariometria há mais de uma década. Estes dados abrangem vários formatos e tópicos, incluindo: relatórios geolocalizados sobre a taxa de parasitas; shapefiles (formato de armazenamento de dados de vetor da Esri para armazenar a posição, a forma e os atributos de feições geográficas) de limites administrativos globais; e rasters (grades) globais e regionais que representam a distribuição da malária e doenças associadas, doenças sanguíneas e cobertura de intervenções. O MAP lançou recentemente um pacote R que fornece uma interface direta para os bancos de dados malariométricos e resultados de pesquisa atualizados rotineiramente do MAP.

O resultado do desenvolvimento da interface do usuário contendo os mapas interativos que fornecem informações georreferenciadas sobre a malária em diferentes regiões do Brasil que foram definidos juntamente com o stakeholder é apresentado nas Figuras 41 e 42. O número de casos foi estruturado em quatro faixas, sendo: 0 até 10 casos (verde), de 11 a 100 casos (amarelo), de 101 a 500 casos (laranja), e acima de 500 casos (vermelho). Esta paleta de cores, assim como as faixas de incidências de casos foram apresentadas ao Stakeholder que concordou com as mesmas. É fundamental monitorar essas informações para se: (i) estimar a magnitude da morbidade e mortalidade da malária; (ii) identificar grupos, áreas e épocas de maior risco; (iii) detectar precocemente epidemias; (iv) investigar autoctonia de casos em áreas onde a transmissão está interrompida; (v) recomendar as medidas necessárias para prevenir ou reduzir a ocorrência da doença; e (vi) avaliar o impacto das medidas de controle (GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA, 2024).

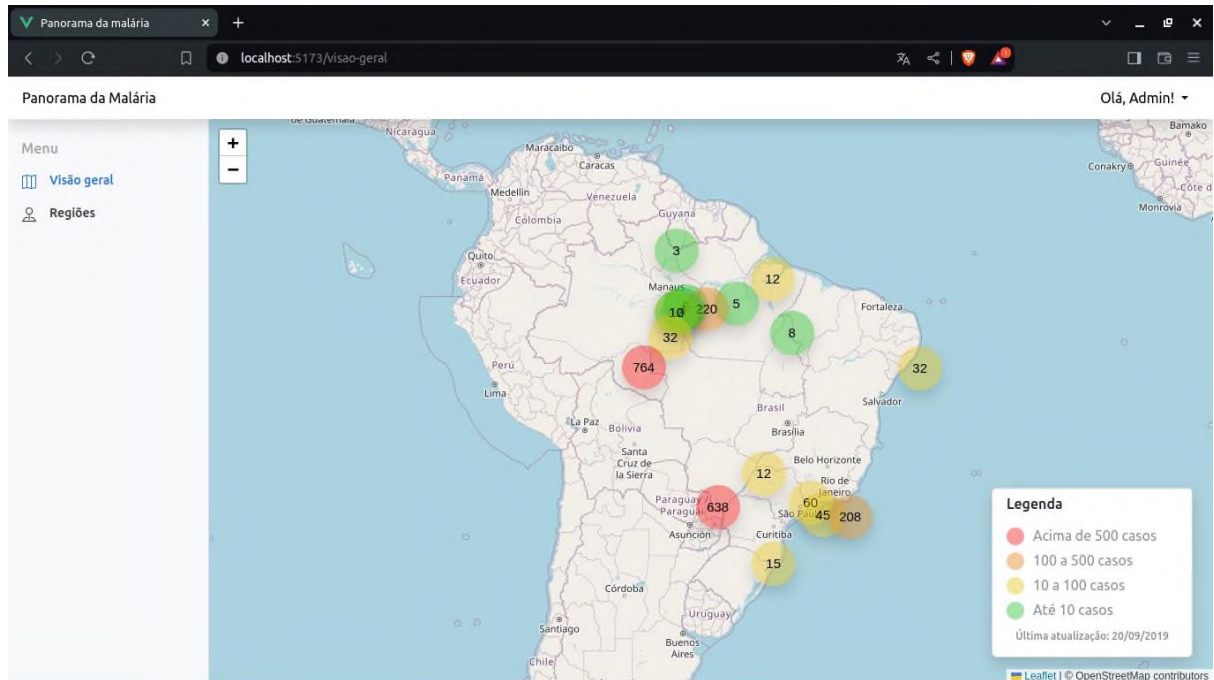


Figura 41 - Incidência de casos de malária georreferenciados (dados fictícios)

Fonte: Panorama de malária

Para aprimorar a visualização, foi proposta uma guia de filtros. Essa coleção de elementos de filtro organiza e ajusta a visualização com base nos parâmetros definidos pelo usuário, facilitando a identificação das regiões de interesse. Esse recurso permite explorar as informações visuais de forma dinâmica, alinhando a análise às hipóteses do usuário

No exemplo apresentado na Figura 42, o usuário seleciona o município de Rio Preto da Eva - AM (dados fictícios) e abre-se um quadro onde é possível verificar as seguintes informações: casos confirmados, os “monitorados” que são os indivíduos que estão aguardando o resultado do teste para confirmação de malária, os “em contato” são os que após a confirmação de malária estão recebendo tratamento e finalmente em “óbitos”, onde é fornecido o número de indivíduos vitimados pela malária.

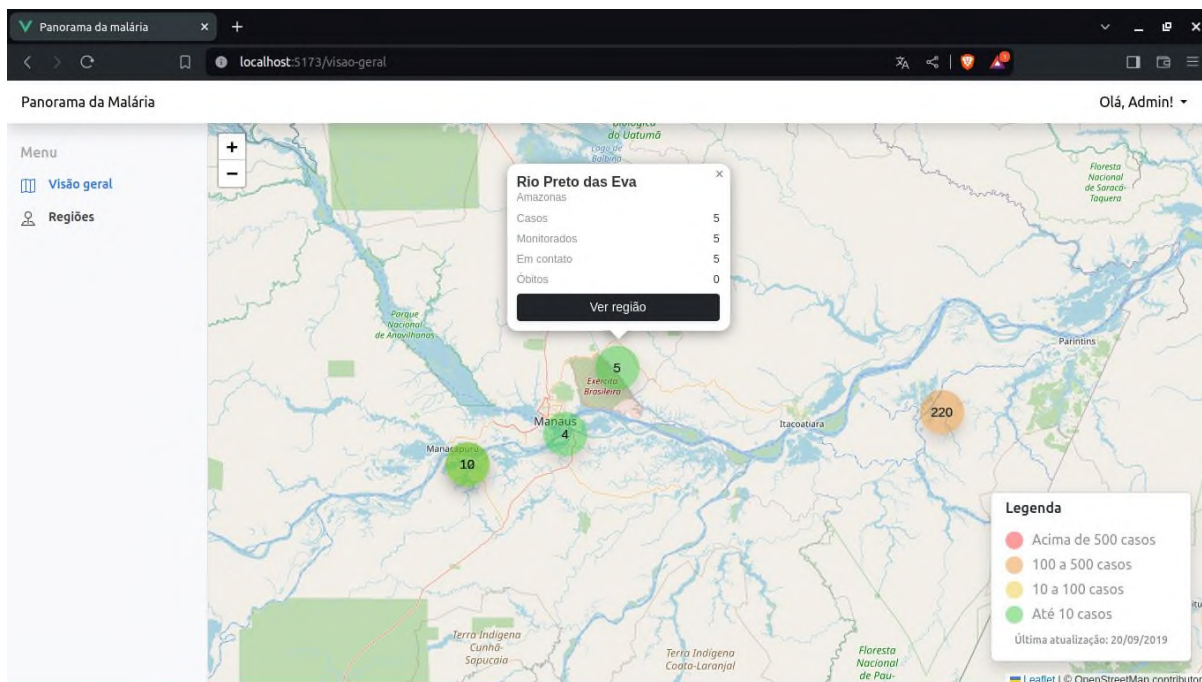


Figura 42- Número de casos, monitorados, em contato e óbitos por município (dados fictícios)

Fonte: Panorama de malária

A análise de dados georreferenciados permite identificar se um segundo caso de malária em um mesmo paciente ocorreu na mesma cidade ou se a infecção foi adquirida em outra região, sendo posteriormente transportada para sua localidade de origem. A presença de um indivíduo infectado pode desencadear surtos de malária, reativando a transmissão local em áreas onde a doença já havia sido controlada (TRANSMISSÍVEIS, 2020). Esse mesmo fenômeno pode ocorrer em regiões onde os casos estão em declínio, frequentemente resultando no surgimento de novos focos de transmissão.

A mobilidade humana exerce uma influência ainda maior sobre a dinâmica das doenças infecciosas do que se imaginava, tornando essencial a obtenção de dados confiáveis para o rastreamento da transmissão (CARRASCO-ESCOBAR et al., 2019).

As principais contribuições deste ciclo incluem a definição, juntamente com o stakeholder, dos parâmetros iniciais da plataforma Panorama Malária e sua interface com o usuário, Implementação de mapas interativos, que apresentem dados maláricos georreferenciados e implementação de uma guia de filtros que permite ao usuário selecionar determinadas regiões, estados e municípios do seu interesse, obtendo informações que irão auxiliar nas suas análises e consequente nas tomadas de decisão.

Os elementos da análise CATWOE, apresentados no ciclo anterior, continuam os mesmos.

5.6 SEXTO CICLO ITERATIVO DE DESENVOLVIMENTO

Neste ciclo iterativo, mais uma vez após conversas com o stakeholder, trabalhou-se no desenvolvimento de quadros de informações que o usuário tem acesso ao selecionar o município de interesse no mapa.

- **Root definition do sexto ciclo.** Desenvolvimento de uma interface para o usuário que apresente quadros de informações malariométricas para cada paciente.

Nesses quadros de informações é possível verificar as seguintes informações de cada paciente: Nome, sexo, idade, data de nascimento, nº de infecções, status, e data do último diagnóstico. Também é possível verificar o número de casos notificados, recorrência e óbitos. No exemplo mostrado na Figura 42, ao selecionar o município de Rio Preto da Eva o usuário tem acesso ao quadro de informações dos pacientes. O usuário pode também ter acesso às informações malariométricas por meio de quadros, selecionando região, estado e município (Figuras 43, 44 e 45).

É importante destacar que os dados fictícios dos pacientes apresentados nos exemplos foram devidamente anonimizados. Dados anonimizados são aqueles originalmente identificáveis que, por meio de técnicas específicas aplicadas pelos responsáveis pelo tratamento das informações, tornam-se impossíveis de vincular direta ou indiretamente a um indivíduo. Como consequência, por não permitirem a identificação de seu titular, esses dados não estão sujeitos às diretrizes da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), exceto nos casos em que o processo de anonimização possa ser revertido (UFF, 2024).

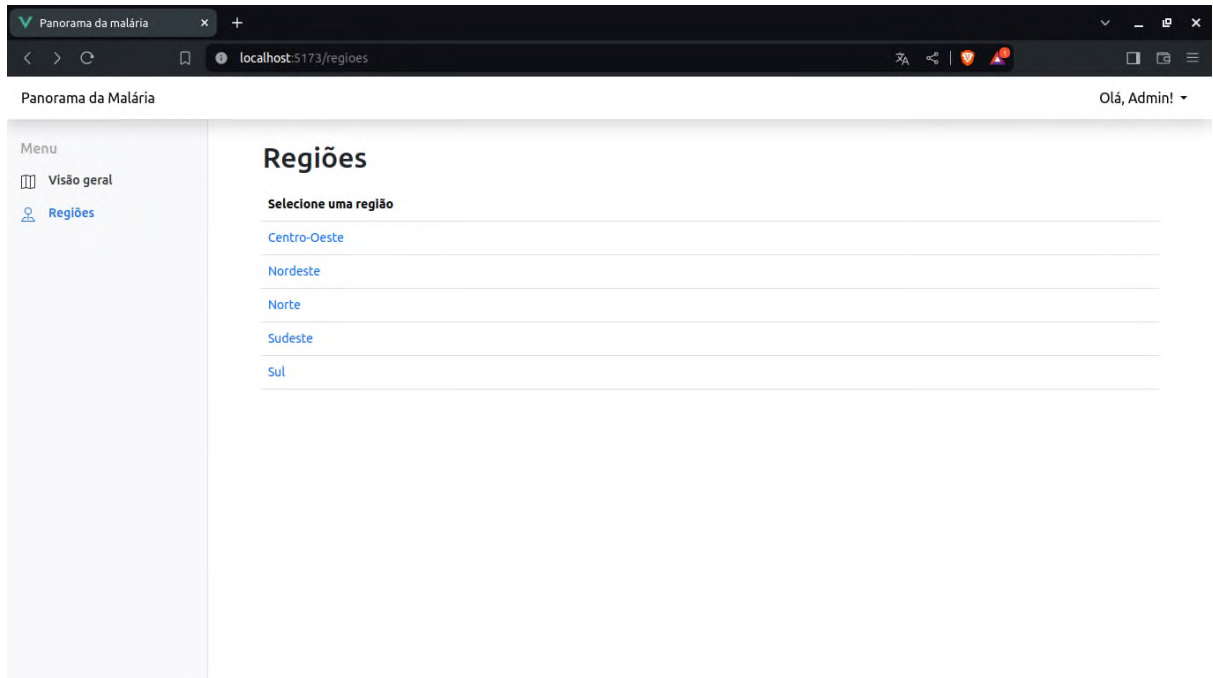


Figura 43 - Incidência de casos de malária divididos por região (dados fictícios)

Fonte: Panorama de malária

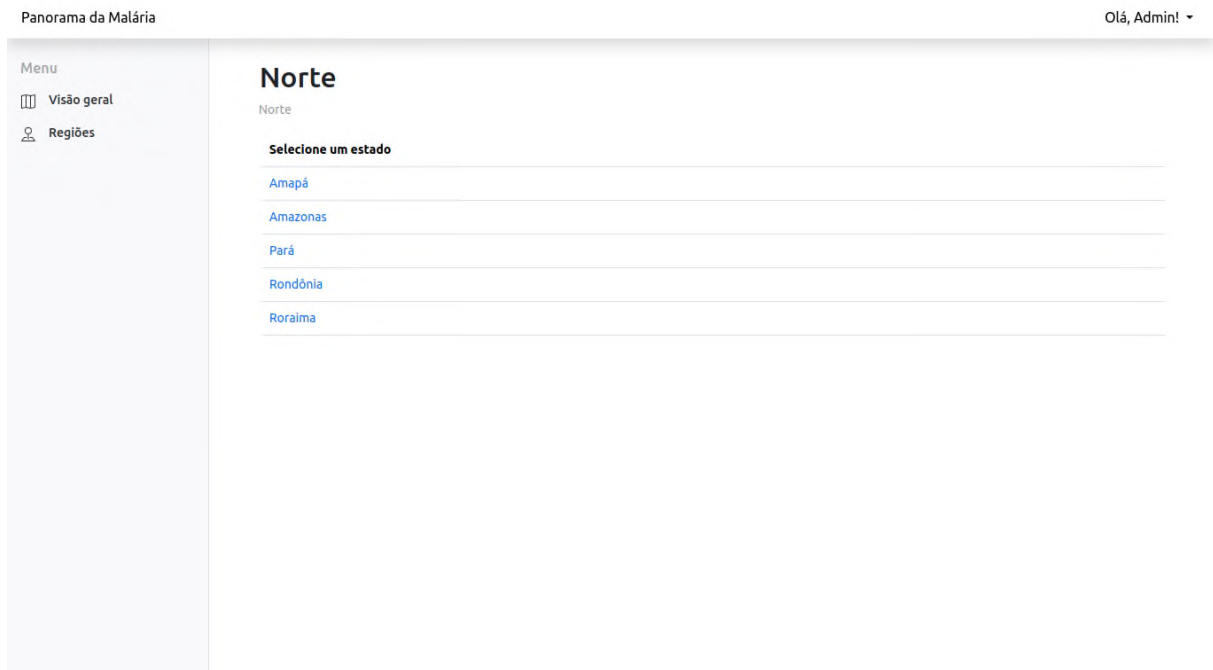


Figura 44 - Incidência de casos de malária divididos por estado (dados fictícios)

Fonte: Panorama de malária

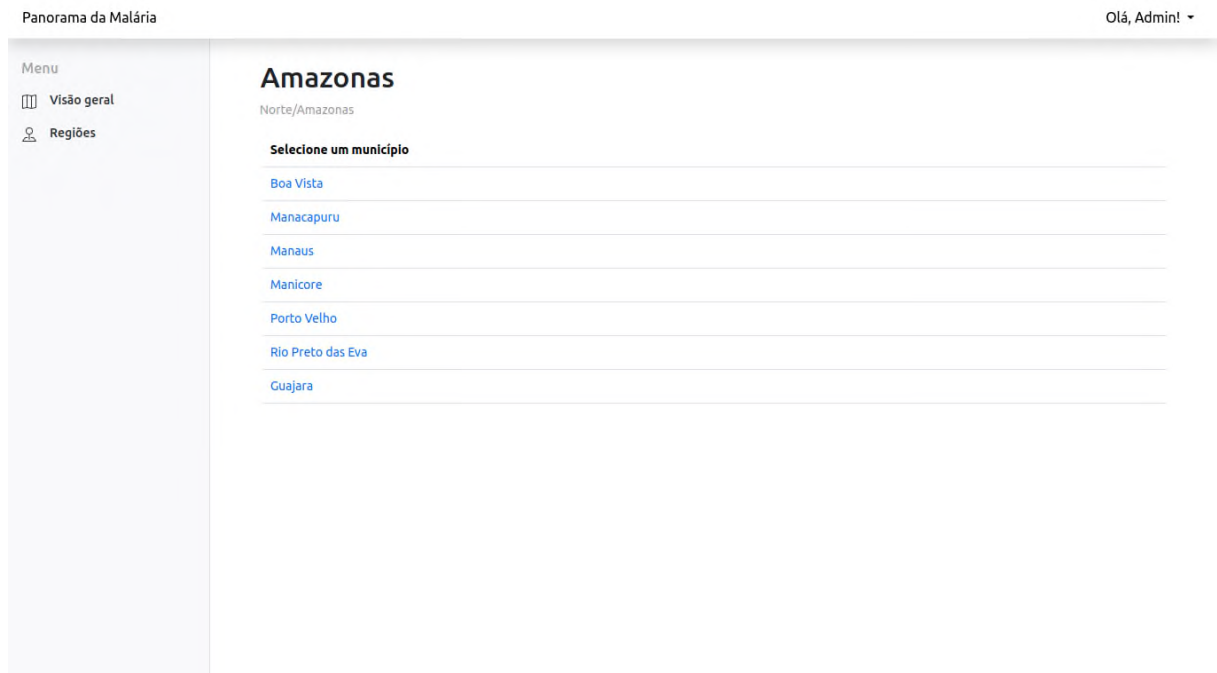


Figura 45 - Incidência de casos de malária divididos por município (dados fictícios)

Fonte: Panorama de malária

Neste exemplo, ao selecionar o município de Rio Preto das EVA (Figura 46), o usuário tem acesso à informações como número de casos notificados, recorrências e óbitos do município. Também nesta tela, pode-se ter acesso à informações individuais dos pacientes, como nome, sexo, idade, data de nascimento, nº de infecções, status e data do último diagnóstico.

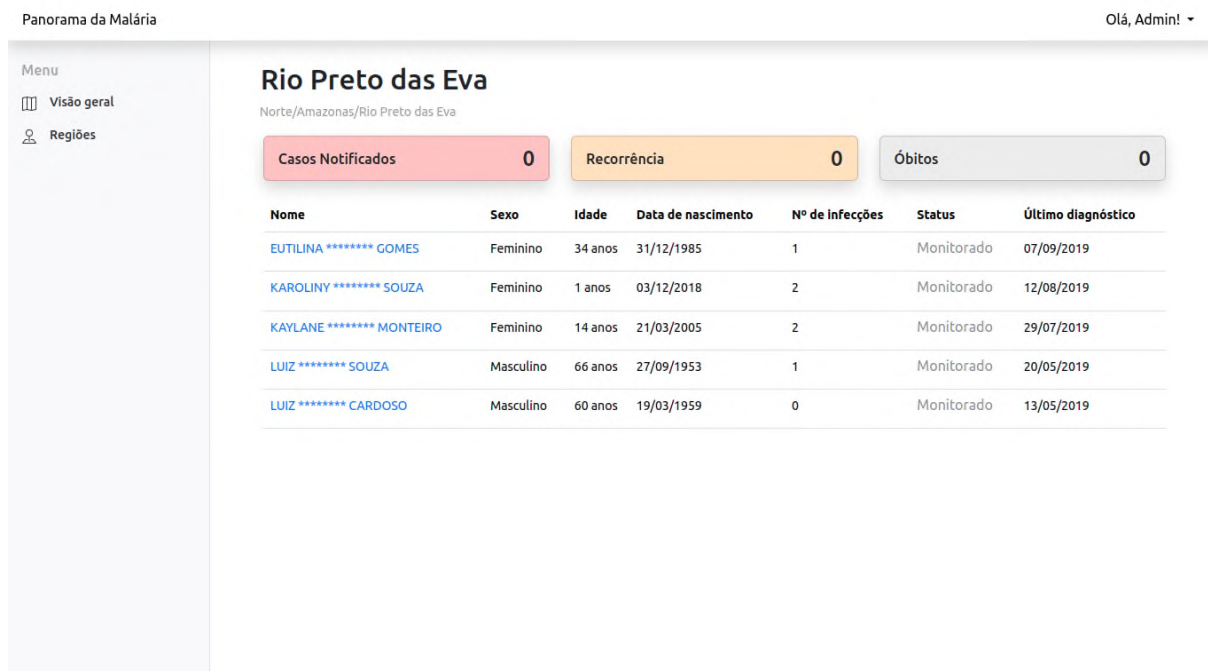


Figura 46 - Informações referentes aos pacientes de malária para o município de Rio Preto da Eva (dados fictícios)

Fonte: Panorama de malária

Também seria necessário que o Panorama Malária também fosse capaz de fornecer informações gerais de cada paciente como: nº de registro (CNS), data de nascimento, sexo, atividade e telefone. Também deveria ser possível verificar se o paciente possui algum nível de deficiência, além dos planos de tratamento. Tais funcionalidades foram implementadas na ferramenta. O tratamento adequado e oportuno da malária não apenas cura o paciente e reduz o tempo de incapacidade e risco de complicações, mas também tem como objetivo diminuir rapidamente a produção de gametócitos – as formas do parasita responsáveis por infectar o mosquito –, contribuindo para a interrupção da transmissão da doença (BRASIL, 2021). Na Figura 47 é possível visualizar um exemplo com a interface desenvolvida apresentando as informações supracitadas.

Nesta tela também é possível consultar o histórico do paciente, com informações como data do exame, tipo de exame utilizado, tipo de malária, parasitemia (representada pelo número de cruzes) e o resultado (resultado do exame). Com relação ao tipo de exame, as possibilidades são gota espessa, esfregaço delgado, testes rápidos, Nested PCR, PCR convencional e o PCR em tempo real (BRASIL, 2019). De acordo com Siqueira et al. (2018), a manifestação clínica da malária pode variar entre leve, moderada ou grave, dependendo da espécie do parasita, da carga parasitária (parasitemia), do tempo de evolução da doença e do nível de imunidade adquirida pelo paciente. Além disso, nesta seção, o usuário pode

acessar o trigramma do paciente, recurso que será implementado em futuras etapas de desenvolvimento.

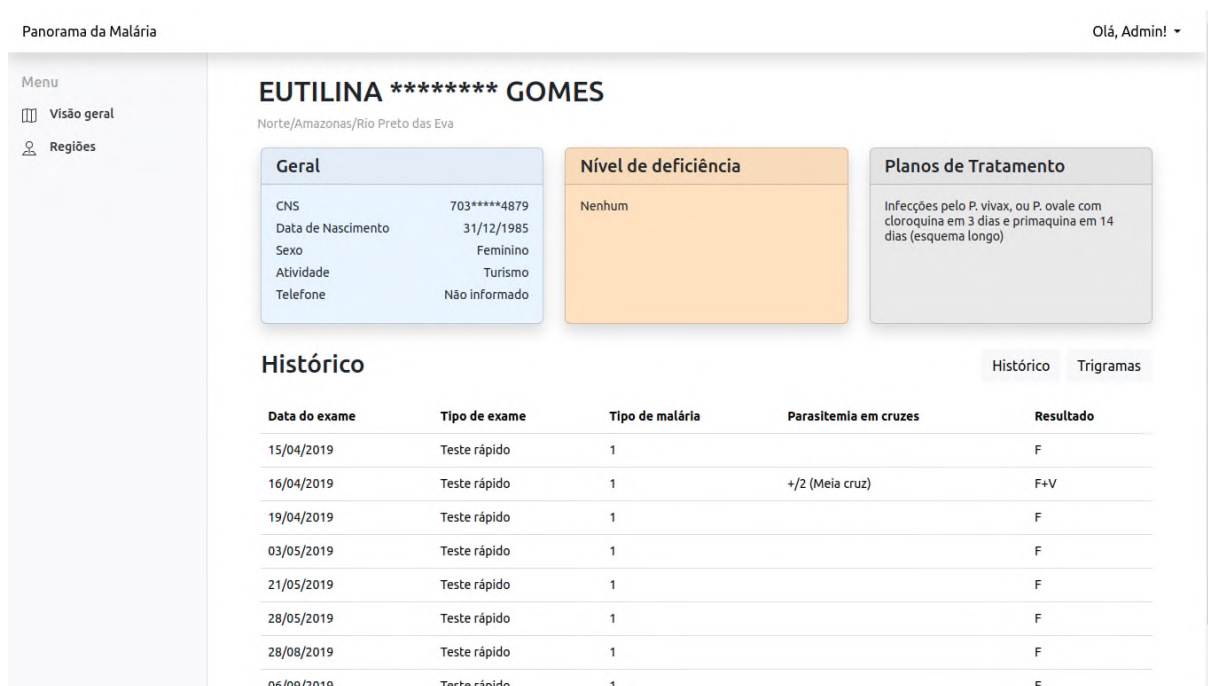


Figura 47 - Informações de identificação do paciente fictício, planos de tratamento e seu histórico de testes, tipo de malária, parasitemia e resultados

Fonte: Panorama de malária

As principais contribuições deste ciclo incluem:

- Desenvolvimento de quadros contendo informações malariométricas para cada paciente para cada município.

Os elementos da análise CATWOE, apresentados no ciclo anterior, continuam os mesmos.

5.7 SÉTIMO CICLO ITERATIVO DE DESENVOLVIMENTO

E finalmente, para o sétimo ciclo desenvolveu-se a interface para o usuário do trigramma.

- Root definition do sétimo ciclo. Desenvolver a interface do usuário que apresenta, entre outras informações, os trigramas dos pacientes.

O aprofundamento necessário para a realização deste ciclo de desenvolvimento ocorreu na segunda fase do processo. O Trigramma permite uma representação visual do histórico de malária de um paciente ao longo de um ano, utilizando dados do SUS. A exibição

dos registros em formato infográfico facilita a identificação de padrões, como possíveis recaídas ou reinfecções. Por se tratar de uma série temporal multivariada e interativa, os dados relacionados aos testes de malária e aos respectivos tratamentos podem ser apresentados de forma clara, tornando a comparação entre diferentes ocorrências mais intuitiva e acessível.

A Figura 48 apresenta um exemplo do Trigrama de um paciente. Cada Trigrama organiza os dados individuais por meio de símbolos distribuídos em três linhas paralelas. Como a representação abrange um período anual, cada linha vertical corresponde a um mês. Dessa forma, os elementos no Trigrama são posicionados horizontalmente de acordo com a data do resultado do teste e verticalmente conforme o tipo de resultado obtido.

A análise temporal das recorrências da malária em um paciente possibilita a distinção entre recrudescência, recaída ou reinfecção. Segundo Baliero (2021), o termo "recorrência" é empregado de maneira ampla para descrever a reativação do *Plasmodium vivax* no organismo humano. Essa categorização é frequentemente utilizada em contextos onde não há acesso a testes específicos para diferenciar os tipos de recorrência, baseando-se, assim, em critérios temporais arbitrários para distinguir as formas da doença. A recrudescência ocorre quando há falha no tratamento do estágio sanguíneo do parasita. Por exemplo, se um paciente infectado por *P. vivax* inicia o tratamento, mas volta a apresentar parasitemia em um curto intervalo, entre 5 e 28 dias, esse quadro pode indicar falha na eficácia da droga esquizonticida, caracterizando uma recrudescência. Por outro lado, a recaída resulta da reativação de hipnozoítos dormentes no fígado, enquanto a reinfecção acontece quando um indivíduo, ao permanecer em uma área endêmica, é novamente exposto ao vetor e contrai a doença durante o período infeccioso.

Ainda de acordo com Baliero (2021), no Brasil, o protocolo para recorrências de malária causada por *P. vivax* estabelece que a reaparecimento da positividade em até 60 dias pode ser classificado como recrudescência ou recaída, enquanto retornos após esse período são considerados reinfecções. Quando a recorrência ocorre dentro de 28 dias, há uma maior probabilidade de ser uma recrudescência. No entanto, casos em que a positividade retorna entre o 29º e o 42º dia são categorizados como recrudescências tardias. Nesse contexto, a análise temporal fornecida pelo trigrama permite identificar o tipo de recorrência, auxiliando na definição do tratamento mais adequado e na adoção de protocolos específicos para cada caso.

Outra funcionalidade oferecida pelo Panorama Malária é a geolocalização dos dados. Além das informações já mencionadas, o software permite registrar a cidade onde o teste foi

realizado. Isso possibilita identificar se um segundo ou posterior caso ocorreu na mesma localidade ou se o paciente contraiu a infecção em outra região e a levou para seu local de origem. Para facilitar essa análise, o Panorama Malária traça uma linha conectando os testes positivos realizados na mesma cidade, proporcionando uma visualização mais clara da disseminação da doença

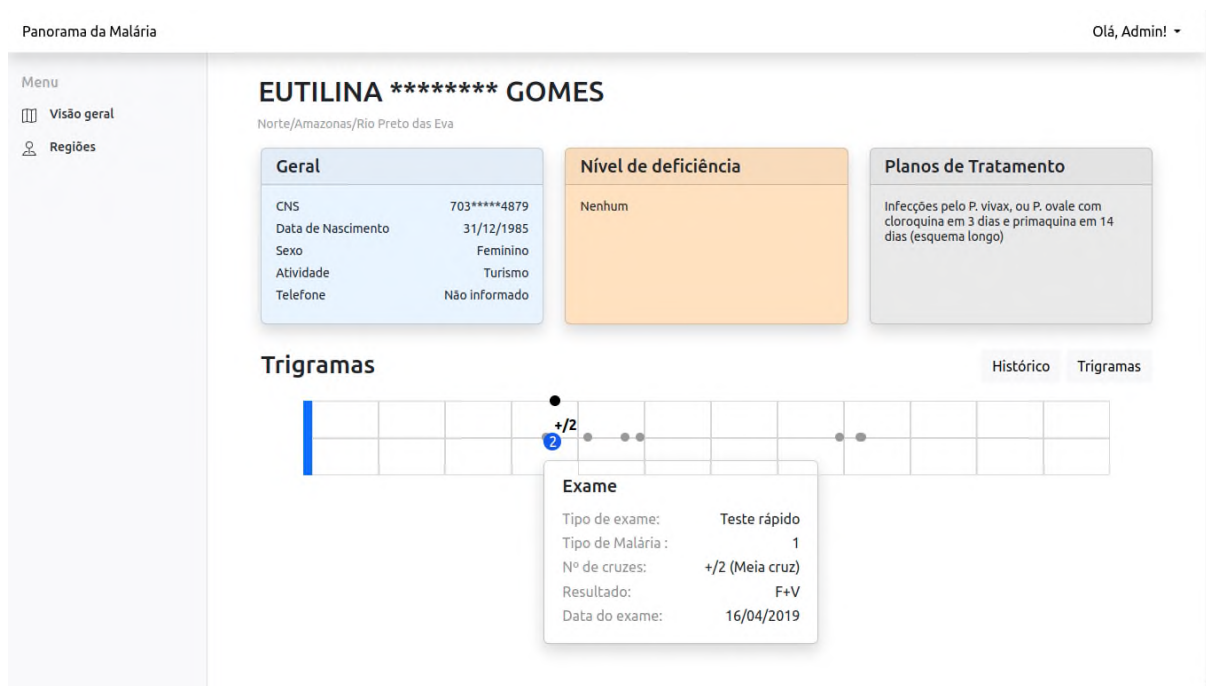


Figura 48 - Trigrama de malária de um paciente (paciente fictício)

Fonte: Panorama de malária

No Trigrama, os testes positivos para malária são representados por cores, cada uma correspondendo a um tipo específico da doença: rosa (Tipo F), azul (Tipo V), amarelo (Tipo M), laranja (Tipo FG) e verde (Tipo Ov). Os testes negativos também seguem uma codificação de cores: preto para testes negativos realizados após um positivo e cinza para testes negativos consecutivos. Além disso, o número dentro do círculo indica o tipo de tratamento prescrito para a malária, enquanto a quantidade de cruzes representa o nível de parasitemia (em parasitas/mm³). No início do Trigrama, há ainda uma faixa colorida que indica o resultado do teste de **G6PD**, seguindo o padrão: azul para status normal, laranja para deficiência de G6PD e cinza caso o teste não tenha sido realizado.

As principais contribuições deste ciclo incluem:

- Desenvolvimento da interface do usuário que apresenta, entre outras informações, os trigramas dos pacientes. Ressalta-se que foram adotados os padrões definidos na tese de doutorado de Moraes (2021).

Os elementos da análise CATWOE, apresentados no ciclo anterior, continuam os mesmos.

6 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DO DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA

Durante esta pesquisa, foi desenvolvida uma plataforma de visualização de dados sobre a malária, baseada nas representações propostas. Essa ferramenta complementa os sistemas já existentes e pode ser integrada sem a necessidade de alterações nos processos organizacionais.

Uma construção do modelo ER dos dados utilizados está apresentada na figura 48. Este diagrama abrange dois tipos de representações: - o diagrama de classes e o diagrama ER. O diagrama de classes expressa a orientação a objetos, enquanto o modelo ER representa o banco de dados e as relações entre as tabelas.

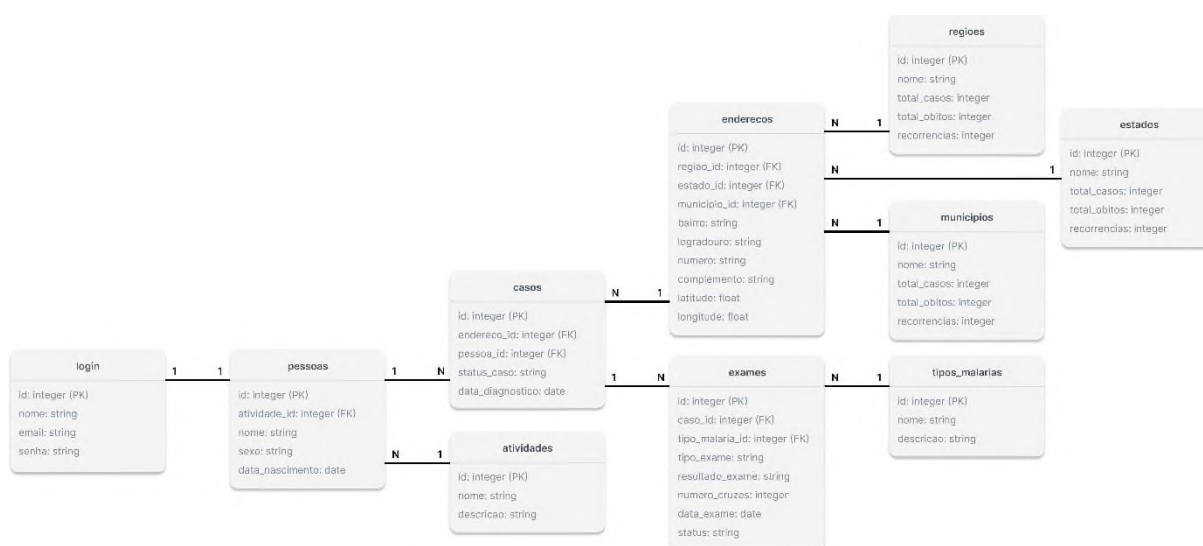


Figura 49 - Diagrama ER da base de dados do SIVEP, com os dados fictícios utilizados para o desenvolvimento e avaliação da Plataforma Malária.

Fonte: Elaborado pelo autor

No desenvolvimento da plataforma, foi utilizado o JavaScript para o *front-end*, juntamente com bibliotecas e frameworks para a criação dos infográficos. Para o *back-end*, optou-se por utilizar Java. A escolha das tecnologias para o desenvolvimento do *front-end* e *back-end* teve a anuência do stakeholder.

O Panorama da Malária é uma ferramenta que além de possibilitar formas convencionais de apresentação dos dados em quadros tem a possibilidade de fornecer uma representação visual por meio de mapas interativos e trigramas para o melhor entendimento e interpretação das informações. Os registros anuais de pacientes utilizando dados do SUS, serão utilizados no Panorama Malária por meio de uma consulta ao banco de dados SQLite3 local, composto de dados vinculados do banco de dados SIVEP-Malária. Porém, para o

desenvolvimento e avaliação desta plataforma, construiu-se um banco de dados fictício simulando o banco de dados do SIVEP-malária, visando alimentar a ferramenta explorando suas possibilidades de visualização e interação das informações multivariadas.

O usuário tem acesso aos mapas interativos, que apresentam dados maláricos georreferenciados, e foi implementada uma guia de filtros que permite ao usuário selecionar determinadas regiões, estados e municípios do seu interesse, obtendo informações que irão auxiliar nas suas análises e consequentemente nas tomadas de decisão.

Ao selecionar o município de interesse no mapa, o usuário pode acessar uma lista com as seguintes informações dos pacientes: Nome, sexo, idade, data de nascimento, n° de infecções, status, e data do último diagnóstico. Também pode-se verificar o número de casos notificados, recorrência e óbitos. Individualmente, a ferramenta fornece n° de registro (CNS), data de nascimento, sexo, atividade e telefone, além data do exame, tipo de exame utilizado, tipo de malária, parasitemia e o resultado.

Nesta tela, o usuário também pode acessar o **Trigrama** do paciente e, por meio da análise temporal de recorrências, inferir se a nova infecção se deve a **recrudescência, recaída ou reinfeção**. Como cada **Trigrama** representa um período anual, as linhas verticais correspondem aos meses, enquanto os elementos são posicionados horizontalmente de acordo com a data do teste e verticalmente conforme o resultado obtido.

Outra funcionalidade oferecida pelo **Panorama Malária** é a **geolocalização dos dados**. Além das informações já apresentadas, o sistema permite registrar a cidade onde o teste foi realizado, possibilitando identificar se um segundo ou posterior caso ocorreu na mesma localidade ou se o paciente contraiu a infecção em outra região e a levou para seu local de origem. Para facilitar essa análise, a plataforma traça uma linha conectando os testes positivos realizados na mesma cidade.

Além disso, o **Trigrama** conta com uma faixa colorida no início que indica o resultado do teste **G6PD**, seguindo o seguinte padrão: **azul** para status normal, **laranja** para deficiência de G6PD e **cinza** caso o teste não tenha sido realizado

6.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS E LIMITAÇÕES

A maior limitação deste trabalho foi com relação a base de dados que o Panorama Malária utiliza. Problemas inerentes ao uso de dados secundários provenientes de sistemas de informação podem surgir por não ser possível assegurar a qualidade dos dados inseridos. Falhas, dados duplicados de pacientes entre outros podem comprometer a qualidade e a

precisão das informações apresentadas pela plataforma por meio dos dados georreferenciados, quadros e trigramas.

6.3 TRABALHOS FUTUROS

Como proposta para trabalhos futuros, recomenda-se submeter o "Panorama Malária" à avaliação de gestores da saúde, com o objetivo de aperfeiçoar a ferramenta. Além disso, é sugerido o desenvolvimento de um painel com estrutura plug 'n play, utilizando a API de dados do SIVEP-Malária, permitindo a integração da visualização com outras estratégias orientadas por dados e possibilitando atualizações em tempo real por meio de recursos de inteligência artificial.

7 CONCLUSÕES

As informações em saúde desempenham um papel essencial na tomada de decisões e na melhoria da qualidade dos serviços de assistência médica. Esses dados abrangem aspectos como histórico de pacientes, tratamentos realizados, desfechos clínicos, custos e demais fatores relacionados à saúde. A análise dessas informações possibilita a identificação de padrões, a previsão de resultados e contribui significativamente para a eficiência e aprimoramento dos serviços de saúde. Nesse cenário, integrar e correlacionar dados de saúde para fortalecer o combate às epidemias de malária no Brasil tem se mostrado um desafio constante nos últimos anos.

Desta forma o presente trabalho apresentou uma pesquisa-ação sobre o desenvolvimento de uma ferramenta computacional, usando as linguagens de programação *Java script* e *Java*, para a visualização de dados provenientes do SIVEP-malária. A ferramenta “Panorama Malária” visa auxiliar gestores de organizações de saúde e pesquisadores a analisarem de maneira mais profunda informações relacionadas aos casos de malária.

Primeiramente foi necessário verificar como as diversas bases de dados de malária em utilizadas pelas ferramentas de visualização nos processos de gestão na área da saúde, e para tanto, uma revisão bibliográfica da literatura, objetivando-se buscar evidências que servissem de base para o desenvolvimento da ferramenta.

Por meio da análise dos trabalhos relacionados, ficou evidenciado que as ferramentas de visualização de dados podem permitir o monitoramento em tempo real da incidência de malária em diferentes regiões. Mapas interativos, gráficos e dashboards podem mostrar a distribuição geográfica dos casos, a evolução temporal e identificar áreas de surto. Isso é essencial para que as autoridades de saúde pública possam agir rapidamente e de maneira direcionada, implementando medidas de controle em áreas críticas.

Dentre os trabalhos selecionados na revisão, a proposta de Moraes et al. (2021) do trigramma malária mostrou-se com maior potencial e consequentemente escolhida para servir como referência base para o desenvolvimento da plataforma Panorama Malária. Tais apontamentos foram importantes para o delineamento da proposta da ferramenta.

A abordagem analítica adotada no desenvolvimento do **Panorama Malária** foi baseada nos ciclos de desenvolvimento iterativo descritos por Checkland (CHECKLAND e POULTER, 2020). Esses ciclos compartilham princípios com metodologias ágeis, como o Scrum, incorporando elementos fundamentais, como a participação ativa dos stakeholders e o papel do *product owner*, para direcionar o processo de desenvolvimento.

O ciclo iterativo de criação da ferramenta teve uma duração total de cinco meses e uma semana, sendo estruturado em sete iterações, com sprints de 21 dias cada. Durante essas fases, houve uma interação contínua com o stakeholder, permitindo a construção e o refinamento do conhecimento ao longo do desenvolvimento da solução.

8 REFERÊNCIAS

AGRAWAL, M; SARA, S; SARAF, S; MURTY, U. S.; KURUNDKAR S. B.; ROY, D; JOSHI, P.; SABLE, D.; CHOUDHARY, Y. K.; KESHARWANI, P.; ALEXANDER, A. In-line treatments and clinical initiatives to fight against COVID-19 outbreak. **Respiratory medicine**, v. 191, p. 106192, 2022

AJEGBILE, MOJEED DAYO et al. Integrating business analytics in healthcare: Enhancing patient outcomes through data-driven decision making. **World J Biol Pharm Health Sci**, v. 19, p. 243-50, 2024.

AHETO, J. M. K. Mapping under-five child malaria risk that accounts for environmental and climatic factors to aid malaria preventive and control efforts in Ghana: Bayesian geospatial and interactive web-based mapping methods. **Malarian Journal** v. 21, n. 384 <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1186/s12936-022-04409-x>, 2022.

ANTONELLI, L.; JUNQUEIRA, C.; VINETZ, J. M. The immunology of Plasmodium vivax malaria. **Immunoly Rev.** v. 293, n. 1, p. 163-189, 2020.

ARAÚJO, D.; LIMA, D.; CAMPOS, P.; AZEVEDO, V. & BARBOSA, J. (2019). Como as tecnologias de informação e comunicação podem revolucionar a saúde e a medicina. **Revista Científica E-Locução**, v. 1, n. 15, p. 23-23, 2019.

ARCIA, A.; SUERO-TEJEDA, N.; BALES, M. E., MERRILL, J. A.; YOON, S.; WOOLLEN, J.; BAKKEN, S. Sometimes more is more: iterative participatory design of infographics for engagement of community members with varying levels of health literacy. **Journal of the American Medical Informatics Association**, v. 23, n. 1, p. 174-183, 2016.

ARCIA, A.; SUERO-TEJEDA, N; SPIEGEL-GOTSCH, N, JOSE A LUCHSINGER, MARY MITTELMAN, SUZANNE BAKKEN, Helping Hispanic Family Caregivers of Persons With Dementia “Get the Picture” About Health Status Through Tailored Infographics. **The Gerontologist**, v. 59, n. 5, p. e479-e489, 2019.

AROWOOGUN, JEREMIAH OLAWUMI et al. A comprehensive review of data analytics in healthcare management: Leveraging big data for decision-making. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, v. 21, n. 2, p. 1810-1821, 2024.

ASSIS, M. C. **Metodologia do Trabalho Científico**. In: Evangelina Maria B. de Faria; Ana Cristina S. Aldrigue (Org.) Linguagens: usos e reflexões. 3 Ed. João Pessoa: Editora Universitária UFPB. 2009.

BALIERO, A. A. S. **Avaliação das recorrências de malária em infecções por *plasmodium vivax* na Amazônia Brasileira em três cenários de incidência.** Tese (Doutorado) - Pós-Graduação em Biologia Parasitária, Instituto Oswaldo Cruz, p. 105. 2021.

BALIEIRO, A. A. S.; SIQUEIRA, A. M.; MELO, G.C.; MONTEIRO, W. M.; SAMPAIO, V.S.; MUELLER, I.; LACERDA, M.V.G.; VILLELA, D.A.M. Short-Time Recurrences of *Plasmodium vivax* Malaria as a Public Health Proxy for Chloroquine-Resistance Surveillance: A Spatio-Temporal Study in the Brazilian Amazon. **International journal of environmental research and public health**, v. 18, n. 10, p. 5061, 2021.

BURNETT, S.M.; WUN, J.; EVANCE, I.; DAVIS, K. M.; SMITH, G.; LUSSIANA, C.; TESH, G.; QUAO, A.; MARTIN, .; ALOMBAH, F.; ROBERTSON, M.; HAMILTON, P. Introduction and Evaluation of an Electronic Tool for Improved Data Quality and Data Use during Malaria Case Management Supportive Supervision. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 100, n. 4, p. 889, 2019.

BARTON, J.; STEPHENS, J.; HASLETT, T. **Action research: its foundations in open systems thinking and relationship to the scientific method.** Systemic Practice and Action Research, Springer, v. 22, n. 6, p. 475–488, 2009.

BAYTAS, I. M. et al. **Phenotree: Interactive visual analytics for hierarchical phenotyping from large-scale electronic health records.** IEEE Transactions on Multimedia, v. 18, n. 11, p. 2257–2270, 2016.

BONES, U. A.; ROSA, G. M.; FLACH, K. A.; JUNIOR, J. A. C.; MAHNKE, M. R. Malária: um problema histórico, eminente e persistente. **Concilium**, v. 23, n. 6, p. 100-117, 2023.

BORMANN HAGA, S.; DE SOUZA, W.; LIXANDRAO F. P. Questões logísticas para distribuição da vacina contra a malária. **REGRASP-Revista para Graduandos/IFSP-Câmpus São Paulo**, v. 7, n. 1, p. 65-89, 2022.

BRASIL - MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. COORDENAÇÃO-GERAL DE DESENVOLVIMENTO DA EPIDEMIOLOGIA EM SERVIÇOS. Guia de Vigilância em Saúde: volume único [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços. – 3ª. ed. – Brasília : Ministério da Saúde, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Guia de tratamento da malária no Brasil. 2º edição, Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021.

BRAZ, R. M.; BARCELLOS, C. Análise do processo de eliminação da transmissão da malária na Amazônia brasileira com abordagem espacial da variação da incidência da doença em 2016. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 27, p. e2017253, 2018.

BUI, T.Q., PHAM, H.M. **Web-based gis for spatial pattern detection: application to malaria incidence in vietnam**. SpringerPlus, 5(1), v1, 14, 2016.

CARRASCO-ESCOBAR, G.; CASTRO, M. C.; BARBOZA, J. L.; RUIZ-CABREJOS, J. A.; LLANOS-CUENTAS, J. M. Use of open mobile mapping tool to assess human mobility traceability in rural offline populations with contrasting malaria dynamics. **Peer Journal**, v. 7, p. e6298, 2019.

CARDONA-ARIAS, J.A., SALAS-ZAPATA, W.A.; CARMONA-FONSECA, J. **Determinación y determinantes sociales de la malaria: revisión sistemática, 1980-2018**. **Revista panamericana de salud pública**, v. 43, 2019.

CHAVES, M. M. P.; MIRANDA, J. L. Sistemas de Informação em Saúde: desafios encontrados durante a operacionalização e compartilhamento de dados. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 23, n. 3, p. e11712, 12 mar. 2023.

CHISHA, Z.; LARSEN, D.A.; BURNS, M. *et al.* Enhanced surveillance and data feedback loop associated with improved malaria data in Lusaka, Zambia. **Malaria journal**, v. 14, p. 1-10, 2015.

CHECKLAND, P. B. Soft systems methodology. Human systems management, IOS Press, v. 8, n. 4, p. 273–289, 1989.

CHECKLAND, P.; POULTER, J. **Soft systems methodology**. In: **Systems Approaches to Making Change: A Practical Guide**. [S.l.]: Springer, p. 201–253, 2020.

COLHER, C. M.. Análise da Variabilidade da Temperatura e Precipitação e sua Correlação na Ocorrência da Malária em Quelimane, Moçambique. **Geografia (Londrina)**, v. 29, n. 1, p. 65-84, 2020.

DATASUS - MINISTÉRIO DA SAÚDE. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/> Acesso em 15 de nov de 2024.

DA GUSTA, I.; LUIGI S. J. Data Visualization Indicator Disease (Malaria, Dengue Fever, and Measles) in The Year 2012-2015. **IJNMT (International Journal of New Media Technology)**, v. 4, n. 2, p. 87-93, 2017.

DORNELES, Jéssica Sthefanye Urçulino et al. Perfil epidemiológico da malária no município de Altamira. *Brazilian Journal of Development*, v. 9, n. 3, p. 11921-11938, 2023.

EICHWALD, J. M. A.; BENET, L. C. D. C. Addresses Non-Occupational Noise-Induced Hearing Loss. **The Hearing Journal**, v. 73, n. 10, p. 16-17, 2020.

EICHWALD, J.; BENET, L. CDC addresses non-occupational noise-induced hearing loss. **The Hearing Journal**, v. 73, n. 10, p. 16-17, 2020.

EUFRÁSIO, R.; LOPES, F. Vigilância epidemiológica: um desafio multidisciplinar. **Territorium**, n. 30 (I), p. 85-97, 2023.

GASPAR, J. D. S.; REIS, Z. S. N.; OLIVEIRA, I. J. R. D.; SILVA, A. P. C. D.; DIAS, C. D. S. Introdução à análise de dados em saúde com Python. In **Introdução à análise de dados em saúde com Python**. p. 130-130, 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. – Barueri [SP]: Atlas, 2022.

GITHINJI, S., KIGEN, S., MEMUSI, D.; NYANDIGISI, A.; WAMARI, A.; MUTURI, A.; JAGOE, G.; ZIEGIER, R. Using mobile phone text messaging for malaria surveillance in rural Kenya. *Malaria journal*, v. 13, p. 1-9, 2014.

GROVER-KOPEC, E.; KAWANO, M.; KLAVER, R.W; BLUMETHAL, B.; CECCATO, P; CONNOR, S. J.. An online operational rainfall-monitoring resource for epidemic malaria early warning systems in Africa. *Malaria Journal*, v. 4, p. 1-5, 2005.

HAGA, S. M .B.; SOUZA, W. L.; FERNANDO, PAULO HENRIQUE LIXANDRAO. QUESTÕES LOGÍSTICAS PARA DISTRIBUIÇÃO DA VACINA CONTRA A MALÁRIA. **REGRASP - Revista para Graduandos/IFSP-Câmpus São Paulo**, v. 7, n. 1, p. 65-89, 2022.

KIRK, A. **Data Visualization: A Successful Design Process**. Packt Pub. (Community experience distilled). [s.i.]: [s.n.], 2012.

LUCA NELLI, HENRY SURENDRA, ISABEL BYRNE, RIRIS ANDONO AHMAD, RISALIA RENI ARISANTI, DYAH A S LESMANAWATI, IQBAL R F ELYAZAR, ELIN DUMONT, LINDSEY WU, CHRIS DRAKELEY, JASON MATTHIOPOULOS, Gillian Stresman - Freedom from infection: enhancing decision-making for malaria elimination: *BMJ Global Health*, 2024.

MACE, K. E. Malaria surveillance—United States, 2017. **MMWR. Surveillance Summaries**, v. 70, 2021.

MARCONI, M, A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. [Digite o Local da Editora]: Grupo GEN, 2021. E-book. ISBN 9788597026580. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597026580/>. Acesso em: 03 jun. 2024.

MASCHIETTO, Luis G.; MORAES, Diego Martins Polla de; ALVES, Nicolli Souza R.; et al. **Desenvolvimento de Software com Metodologias Ágeis**. Porto Alegre: SAGAH, 2021. E-book. p.13. ISBN 9786556901824. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786556901824/>. Acesso em: 11 out. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Situação Epidemiológica da Malária. disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/m/malaria/situacao-epidemiologica-da-malaria> Acesso em 15 de nov de 2024.

LIMA, C. A.; ALVES, C. C. H.; MARTINS, M. V. T.; FARIA, P. O. G.; MARRAC,. A. B. D.; SCÁRDUA, J. L. M.; HENRIQUES, G. S.; LIMA, M. C.; ALVES, M. L.; Caracterização clínica e epidemiológica da malária em idade pediátrica no estado de Minas Gerais. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 24, n. 5, p. e15232, 23 maio 2024.

DE LIMA, Caio Augusto et al. Caracterização clínica e epidemiológica da malária em idade pediátrica no estado de Minas Gerais. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 24, n. 5, p. e15232-e15232, 2024.

MALI, S., TAN, K.R., ARGUIN, P.M. **Malaria surveillance-united states**. [s.i.]: [s.n.], 2009.

MASCHIETTO, Luis G.; MORAES, Diego Martins Polla de; ALVES, Nicolli Souza R.; et al. **Desenvolvimento de Software com Metodologias Ágeis**. Porto Alegre: Grupo A, 2021. E-book. ISBN 9786556901824. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556901824/>. Acesso em: 18 jul. 2024.

MARTINS, F. S. V.; CASTIÑERAS, TEREZINHA M. P. P.; LUCIANA, G. F. **Malária: Centro de Informação em Saúde para Viajantes**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. [s.i.]: [s.n.], 2013.

MIT - Technology review. **Data Literacy: a importância da alfabetização em dados em um mundo Big Data**. Disponível em: <https://mittechreview.com.br/data-literacy-a-importancia-da-alfabetizacao-em-dados-em-um-mundo-big-data/> Acesso em 01 de novembro de 2024.

MORAIS, C. M.; MONTEIRO, K. H. C.; BRITO-SOUSA, J. D.; MONTEIRO, W. M.; SAMPAIO, V. S.; ENDO, P. T.; KELDER, J. **Malaria Trigram: Improving recurrence data visualization for malaria elimination**. *Malaria Journal*, v. 20, p. 1-12, 2021.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. 13ª edição. Rio de Janeiro (RJ): Bertrand Brasil, 2010.

OLSZAK, C. M.; BATKO, K. **The use of business intelligence systems in healthcare organizations** In: Computer Science and Information Systems (FedCSIS), Federated Conference on. [s.i.]: [s.n.], p. 969–976, 2012.

GUSTA, I. L.; SETIAWAN, J. Data Visualization Indicator Disease (Malaria, Dengue Fever, and Measles) in The Year 2012-2015. **IJNMT (International Journal of New Media Technology)**, v. 4, n. 2, p. 87-93, 2017.

OLIVEIRA, S. R. M.; COSTA, A. S. L., A. S. INCIDÊNCIA DOS CASOS DE MALÁRIA NA REGIÃO NORTE DO BRASIL NO PERÍODO DE 2017 A 2022. **The Brazilian Journal of Infectious Diseases**, v. 27, p. 103541, 2023.

OHRT, C., ROBERTS, K. W.; STURROCK, H.J.; WEGBREIT, J.; LEE, B.Y., GOSLING, R.D. Information systems to support surveillance for malaria elimination. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, v. 93, n. 1, p. 145, 2015.

OHRT, Colin et al. Information systems to support surveillance for malaria elimination. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, v. 93, n. 1, p. 145, 2015.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Casos confirmados por malária, 2010 a 2022**. Disponível em: <https://www.paho.org/en/media/2661> Acesso em 30 de maio de 2024.

PFEFFER, D. A.; LUCAS, T. C. D.; MAY, D; HARRIS, J.; ROZIER, J.; TWOHIG, K. A.; DALRYMPLE, U; GUERRA, C. A.; MOYES, C. L.; THORN, M.; NGUYEN, M.; BHATT, S; CAMERON, E.; WEISS, D. J.; HOWES, R. E.; BATTLE, K. E.; GIBSON, H. S.; GETTING, P. W. MalariaAtlas: an R interface to global malariometric data hosted by the Malaria Atlas Project. **Malaria journal**, v. 17, p. 1-10, 2018.

PEREIRA BRAZ, A. R.; MARTINS COELHO BRINGEL, Karlla Karinne; DE ALBUQUERQUE PINHEIRO OLIVEIRA, Lorena; CUTRIM DE OLIVEIRA FILHO, Israel James; DE OLIVEIRA TRAJANO, Iza Luana; RODRIGUES COSTA JÚNIOR, Antônio Luís; DE SOUZA COSTA, Sueli; CARNEIRO ALVES DE OLIVEIRA, Bruno Luciano. Caracterização dos casos de malária na região extra amazônica brasileira entre 2012 a 2017. **JMPHC | Journal of Management & Primary Health Care | ISSN 2179-6750, [S. l.], v. 12, p. 1–15, 2020. DOI:**

10.14295/jmphc.v12.954. Disponível em: <https://www.jmphc.com.br/jmphc/article/view/954>. Acesso em: 15 fev. 2025.

PIRES LODDI, V.; RIBEIRO DE CAMPOS, R. METODOLOGIA ÁGIL SCRUM PARA DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE: estudo a partir de um relato de implantação. *Revista Interface Tecnológica*, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 28–41, 2021. DOI: 10.31510/infa.v18i1.1085. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1085>. Acesso em: 11 jul. 2024.

POWER, K. Stakeholder identification in agile software product development organizations: A model for understanding who and what really counts. In: **IEEE**. 2010 Agile Conference. [S.l.], 2010. p. 87–94.

SAHEB, T.; SAHEB, M. Analyzing and Visualizing Knowledge Structures of Health Informatics from 1974 to 2018: A Bibliometric and Social Network Analysis. **Healthcare informatics research**, v. 25, n. 2, p. 61, 2019.

SANTOS, Sirlane Soares; DE LIMA, Alzemar Alves; DE MESQUITA, Elieth Afonso. Correlação Epidemiológica da Incidência Parasitária de Malária Vivax em Rondônia. *Revista Eletrônica Acervo Científico*, v. 45, p. e13360-e13360, 2023.

SBROCCO, José Henrique Teixeira de C.; MACEDO, Paulo Cesar de. Metodologias Ágeis - Engenharia de Software sob Medida. São Paulo: SRV Editora LTDA, 2012. E-book. ISBN 9788536519418. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519418/>. Acesso em: 18 jul. 2024.

SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. **O Guia do Scrum**. 2020. Disponível em: <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-PortugueseBR-3.0.pdf>. Acesso em 23 de out de 2024.

SIQUEIRA, A.. M.; ARCHESINI, P.; TORRES, R. M.; RODOVALHO, S.; CHAVES, T.I. **Malária na Atenção Básica**. Belo Horizonte: Nescon/UFMG, 2018. 175p.

SILVA, D.; VALENTE, M. T. RefDiff: Detecting refactorings in version histories. In **14th International Conference on Mining Software Repositories (MSR)**, pages 1–11, 2017.

SIRONI, A. P.; BERTOLDO, J. SAMPAIO, V.; Coimbra, D.; RASELLA, D.; BARRETO, M. E. Malaria-VisAnalytics: a tool for visual exploratory analysis of Brazilian public malaria data. **Malaria Journal**, v. 21, n. 1, p. 232, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12936-022-04248-w>

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 529p. 2011.

SOOD, S. K.; RAWAT, K. S.; KUMAR, D. Analytical mapping of information and communication technology in emerging infectious diseases using CiteSpace. **Telematics and Informatics**, v. 69, p. 101796, 2022.

STRINGER, E. **Action research** (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage, 2014.

TRANSMISSÍVEIS., B. M. da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Imunização e D. *Guia de tratamento da malária no Brasil*. Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_tratamento_malaria_brasil.pdf>.

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE. O que são dados anônimos e dados anonimizados? Disponível em: <https://www.uffdesenv.uff.br/siteantigo/?q=faq/o-que-sao-dados-anonimos-e-dados-anonimizados> Acesso em 01 de nov de 2024.

VIVION, M.; HENNEQUIN, C.; VERGER, P.; DUBÉ, E. Supporting informed decision-making about vaccination: an analysis of two official websites. **Public Health**. v. 178, p. 112-119, 2020.

WARE, C. **Information Visualization: Perception for Design**. Elsevier Science, (Interactive Technologies), [s.i.]: [s.n.], 2012.

WAZLAWICK; R. S. **Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação**. Grupo GEN, 2020. E-book. ISBN 9788595157712. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595157712/>. Acesso em: 03 jun. 2024.

WHO. Global strategy on digital health 2020-2025 [Internet]. **World Health Organization**; 2021 [citado 8 de abril de 2023]. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/344249>

WHO, **World Health Organization**. **Malaria**. 2024. Disponível em: <https://www.who.int/teams/global-malaria-programme/reports/world-malaria-report-2024>. Acesso em: 27 março de 2025.

WHO, **World Health Organization**. **Malaria**. 2023. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malaria>. Acesso em: 10 de Agosto de 2024.

WITTERN, E.; SUTER, P.; RAJAGOPALAN, S. A look at the dynamics of the JavaScript package ecosystem. In **13th International Conference on Mining Software Repositories (MSR)**, pages 351–361, 2016.

WOLFARTH-COUTO, B; FILIZOLA, N; DURIEUX, L. Padrão sazonal dos casos de malária e a relação com a variabilidade hidrológica no Estado do Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 23, p. e200018, 2020.

WORLD HEALTH STATISTICS. **WHO | World Health Statistics 2010**. 2016.

WHO. *Guidelines for malaria*. Geneva: World Health Organization. 2024. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/guidelines-for-malaria> Acesso em 03 de janeiro de 2025

WU, D.T.Y.; CHEN, A.T.; MANNING, J.D.; LEVY-FIX, G.; BACKONJA, U.; BORLAND, D., CABAN, J.J.; DOWDING, D.W.; HOCHHEISER, H.; KAGAN, V.; KANDASWAMY, S.; KUMAR, M.; NUNEZ, A.; PAN, E.; GOTZ, D. Evaluating visual analytics for health informatics applications: a systematic review from the American Medical Informatics Association Visual Analytics Working Group Task Force on Evaluation. **J Am Med Inform Assoc**. 2019 Apr 1;26(4):314-323. doi: 10.1093/jamia/ocy190. PMID: 30840080; PMCID: PMC7647177.

YU , H.; YANG, F.; RAJARAMAN, S.; ERSOY, I.; MOALLEM, G; POOSTCHI, M; PALANIAPPAN, K; ANTANI, S.; MAUDE, R. J.; JAEGER, S. Malaria Screener: a smartphone application for automated malaria screening. **BMC Infect Dis**, v. 20, n. 825, 2020.

ZHANG, Z. et al. **The five ws for information visualization with application to healthcare informatics**. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, v. 19, n. 11, p. 1895–1910, 2013.

ZHENG, S.; ALDAHDOOH, J.; SHADBAHR, T.; WANG, Y.; ALDAHDOOH, D.; BAO J.; WANG, W.; TANG, J. DrugComb update: a more comprehensive drug sensitivity data repository and analysis portal. **Nucleic Acids Res**. 2021 Jul 2;49(W1):W174-W184. doi: 10.1093/nar/gkab438. PMID: 34060634; PMCID: PMC8218202.