

SIGWeb: Uma Aplicação Web para Visualização de Dados Geoespaciais sobre Desastres Ambientais

Vinícius Gomes*

Universidade Federal de Viçosa
Rio Paranaíba, Minas Gerais, Brasil
gomesviniciuscarmo@gmail.com

Adriana Martinhago

Universidade Federal de Viçosa
Rio Paranaíba, Minas Gerais, Brasil
adriana.martinhago@ufv.br

Abstract

The 2024 floods in Rio Grande do Sul generated extensive geospatial data whose complexity and dispersion hinder analysis and decision-making by non-specialists. This work addresses that gap through the development of SIGWeb, a web application designed to simplify the visualization and integration of geographic information, with emphasis on WMS layers and Shapefile data. The methodology involved standard software engineering steps, using JavaScript and Leaflet for the interface and PostGIS with GeoServer for storage and distribution of geospatial layers. The system enables reading, rendering, and interactive exploration of map data through an intuitive interface. Results from a case study with real 2024 flood data demonstrate the application's ability to reliably load and display multiple information layers, including municipal boundaries and flood-related features. SIGWeb proves to be an effective tool that bridges technical data and end users, lowering the technological barrier to situational awareness during crises and reinforcing the relevance of Information Systems in disaster management.

Keywords

SIGWeb, desastres ambientais, Inundações, Geoinformação, Web Map Service (WMS)

1 Introdução

Os desastres ambientais têm se intensificado nas últimas décadas, afetando populações, infraestrutura e ecossistemas em escala global. No Brasil, eventos como enchentes, deslizamentos e estiagens representam parte significativa das emergências registradas anualmente, sendo responsáveis por milhares de desalojados e elevados prejuízos socioeconômicos [1]. A concentração populacional em áreas de risco, combinada às mudanças climáticas e à expansão urbana sem planejamento, reforça a urgência em aprimorar ferramentas de monitoramento, análise e visualização territorial.

As enchentes figuram entre os desastres ambientais mais frequentes e graves no Brasil, causando impactos econômicos, sociais e ambientais significativos. No Rio Grande do Sul, o evento de abril e maio de 2024 evidenciou essa vulnerabilidade, afetando mais de 2,3 milhões de pessoas e causando prejuízos bilionários [2]. Mudanças climáticas, relevo e urbanização desordenada intensificam esses eventos e reforçam a necessidade de aprimorar ferramentas de monitoramento territorial.

Nesse contexto, aplicações baseadas em Sistemas de Informação Geográfica na Web (*SIGWeb*) tornam-se essenciais para integrar e visualizar dados geoespaciais provenientes de diversas fontes. Ao reunir informações em um ambiente interativo e padronizado, como

serviços WMS, esse tipo de solução facilita o acesso e a interpretação dos dados por gestores, pesquisadores e pela sociedade [3].

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma aplicação *SIGWeb* voltada à visualização de dados geoespaciais das enchentes de 2024 no Rio Grande do Sul. Construída com tecnologias *open source* como *Leaflet*, *JavaScript*, *PostGIS* e *GeoServer*, a plataforma reúne camadas sobre limites municipais, áreas inundadas, abrigos, óbitos e outros dados relevantes, oferecendo um acesso unificado a informações que normalmente estariam dispersas.

A proposta justifica-se pela necessidade de democratizar o acesso a dados ambientais e reduzir barreiras técnicas no uso de informações geoespaciais. A arquitetura adotada também permite expansão futura para incluir outros tipos de desastres, contribuindo para uma base integrada de dados ambientais e fortalecendo ações de planejamento, resposta a emergências e gestão territorial sustentável [4].

2 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma aplicação *SIG-Web* para visualização e organização de dados geoespaciais sobre desastres ambientais. O sistema utiliza tecnologias como *PostGIS*, *GeoServer* e *Leaflet*, sendo validado em um estudo de caso sobre as enchentes de maio de 2024 no Rio Grande do Sul.

3 Referencial Teórico

A presente seção reúne os fundamentos conceituais e metodológicos que sustentam o desenvolvimento deste estudo. São apresentados os principais conceitos relacionados ao monitoramento geoespacial, às tecnologias de Sistemas de Informação Geográfica (*SIG*) e às abordagens utilizadas para análise de desastres naturais, com ênfase em eventos de inundação. Esse referencial estabelece a base necessária para compreender as escolhas técnicas adotadas, bem como para situar o trabalho no contexto das pesquisas já consolidadas na área.

3.1 Desastres Ambientais

Desastres ambientais são perturbações severas no funcionamento da sociedade, resultantes da interação entre eventos perigosos e condições de vulnerabilidade, causando perdas humanas, materiais e ambientais [5]. Podem ter origem natural, tecnológica ou mista [6].

Seus impactos incluem degradação ambiental, contaminação de recursos, perda de biodiversidade, danos à infraestrutura, deslocamentos populacionais e prejuízos econômicos, além de efeitos diretos e indiretos na saúde pública [7].

As mudanças climáticas intensificam eventos extremos, aumentando a frequência e gravidade dos desastres, especialmente em

*Both authors contributed equally to this research.

regiões mais vulneráveis [8]. A gestão de risco, portanto, exige ações combinadas de resposta imediata, prevenção e adaptação.

Bases de dados e sistemas de monitoramento, como o *EM-DAT*, são fundamentais para entender padrões, orientar políticas e apoiar estratégias de redução de risco [9]. Instituições como *UNDRR*, *IPCC* e *WHO* fornecem diretrizes essenciais para prevenção, preparação e recuperação [5, 7, 8].

No Brasil, o *INPE* destaca a importância de dados abertos e infraestruturas geoespaciais integradas para apoiar a gestão de emergências, com iniciativas como o *Brazil Data Cube*, que disponibiliza imagens e dados em ambientes interoperáveis de alto desempenho [10, 11].

Compreender desastres ambientais exige uma abordagem multidimensional, articulando ciências naturais, sociais e políticas públicas. A construção de resiliência depende da cooperação entre instituições, conhecimento científico e ações estruturadas diante dos riscos crescentes.

3.2 Dados Geográficos

Os dados geográficos ou geoespaciais representam informações que contêm uma referência explícita ou implícita a uma localização sobre a superfície da Terra, permitindo associar fenômenos naturais ou humanos a um contexto espacial significativo [12].

A aquisição destes dados pode envolver sensores remotos, *GPS/GNSS*, levantamentos de campo, fotografia aérea e bases estatísticas administrativas. Após a coleta, procedimentos como georreferenciamento, reprojeção (por exemplo, para o sistema *EPSG:4326*), limpeza de inconsistências e padronização nos formatos vetorial e *raster* são essenciais para garantir interoperabilidade e qualidade na análise [10].

A representação dos dados pode ocorrer em dois grandes formatos: vetorial (pontos, linhas e polígonos) ou *raster* (grelhas/*pixels*), cada qual mais adequado para diferentes tipos de fenômenos, como limites administrativos ou imagens de cobertura do solo. A escolha do formato e a integração dos dados são determinantes para a sua utilização em sistemas de informação geográfica e em aplicações *web* de visualização [12].

Em contextos de desastres ambientais, esses dados assumem papel crítico para identificação de zonas de risco, planejamento de rotas de evacuação, monitoramento em tempo real e suporte à decisão. Sistemas que integram dados hidrológicos, climáticos, socioeconômicos e geográficos fornecem uma visão sistêmica dos eventos, promovendo maior consciência situacional e resposta mais eficiente. Assim, a adoção de padrões, serviços de mapas e portais de dados abertos conforme promovidos pelo *INPE* fortalece a capacidade de gestão territorial e de mitigação de desastres [10].

3.3 Bancos de Dados Geográficos

Os bancos de dados geográficos representam uma evolução dos bancos de dados convencionais, ao incorporarem a dimensão espacial na modelagem e armazenamento das informações. Enquanto um banco de dados tradicional é estruturado para lidar com dados alfanuméricos, um banco de dados geográfico amplia essa estrutura ao incluir coordenadas espaciais, geometrias e atributos que descrevem a posição, a forma e as relações espaciais entre objetos no espaço geográfico [13].

De acordo com [12], um banco de dados geográfico é componente essencial em sistemas de informação geográfica, pois serve como repositório estruturado de informações espaciais e não espaciais. Essa combinação possibilita representar fenômenos geográficos de maneira integrada, como rios, rodovias, áreas urbanas e regiões sujeitas a desastres.

Essa integração é viabilizada por extensões espaciais em *SGBDR*, que introduzem tipos espaciais, índices geográficos e funções para consultas espaciais. Um exemplo é o *PostGIS*, extensão do *PostgreSQL*, amplamente utilizada para operações como interseções, *buffers*, cálculos de distância e análises topológicas [14, 15].

3.4 Servidores de Mapa

Servidores de mapa constituem um componente essencial na infraestrutura de Sistemas de Informação Geográfica, pois permitem a publicação, processamento e distribuição de dados espaciais pela *web*. Esses servidores utilizam protocolos padronizados pelo *Open Geospatial Consortium (OGC)*, assegurando interoperabilidade e possibilitando que aplicações consumam dados geográficos de forma consistente [16].

Entre os servidores mais utilizados está o *GeoServer*, solução *open-source* escrita em *Java*, projetada para facilitar o compartilhamento e edição de dados geoespaciais. O *GeoServer* suporta serviços do *OGC*, como *WMS (Web Map Service)*, *WFS (Web Feature Service)* e *WCS (Web Coverage Service)*, permitindo publicação de dados vetoriais, *raster* e de cobertura [17].

O serviço *WMS* específica como imagens de mapas podem ser solicitadas e renderizadas dinamicamente a partir de camadas espaciais, usando operações como *GetCapabilities* e *GetMap* [16].

O *WFS* permite acesso direto a feições vetoriais em formatos como *GML* ou *GeoJSON*, incluindo operações transacionais (*WFS-T*) [18]. O padrão *WCS* oferece acesso a dados de cobertura, como elevações ou imagens multiespectrais.

Outro aspecto relevante é o uso de *SLD (Styled Layer Descriptor)* para estilização cartográfica, permitindo simbologia categorizada, gradientes e filtros. A plataforma ainda oferece uma *API REST* para automação e integração [18].

O *GeoServer* possui certificações do *OGC* em diversos ciclos, incluindo conformidade com *WCS 1.0*, reforçando sua confiabilidade como servidor de mapas [19].

Assim, servidores de mapa, especialmente o *GeoServer*, desempenham papel fundamental na integração entre dados geoespaciais e aplicações distribuídas, viabilizando análises, monitoramento e disseminação de informações geográficas.

4 Trabalhos Relacionados

Este capítulo apresenta os principais estudos e iniciativas que abordam o monitoramento, análise e gestão de eventos hidrológicos extremos. A revisão destaca metodologias consolidadas, ferramentas tecnológicas e abordagens aplicadas em pesquisas anteriores, permitindo situar o presente trabalho no contexto científico atual. A partir dessa análise, torna-se possível identificar lacunas existentes na literatura e justificar as contribuições específicas da solução proposta.

O artigo [20], publicado na revista *Sustainability* da *MDPI*, examina os desafios associados ao uso de Sistemas de Informação

Geográfica (SIG) na gestão de enchentes rápidas (*flash floods*) na cidade de Shah Alam, Malásia. Os autores investigam barreiras técnicas, sociais e institucionais na implementação de SIG para monitoramento e resposta a enchentes, incluindo limitações em dados, treinamento de usuários e integração com sistemas existentes. A metodologia envolve análise de dados geoespaciais (ex: mapas de vulnerabilidade e rotas de evacuação), entrevistas com *stakeholders* e avaliação de ferramentas SIG em cenários reais de enchentes. O estudo destaca a necessidade de capacitação e colaboração interinstitucional para superar desafios, propondo recomendações para melhorar a eficácia do SIG em gestão de desastres urbanos.

Em comparação, este artigo adota uma abordagem prática para visualização interativa de dados geoespaciais relacionados às enchentes de 2024 no Rio Grande do Sul, Brasil. Enquanto o artigo da *MDPI* foca nos desafios e barreiras para adoção de SIG em gestão de enchentes (ênfase em aspectos sociais e institucionais), neste trabalho é priorizado o desenvolvimento de uma solução técnica acessível, utilizando tecnologias *web* para facilitar o acesso a dados. Ambos os estudos compartilham o interesse em SIG para gestão de enchentes, contudo este se diferencia pela implementação de uma aplicação funcional, contrastando com a análise crítica do artigo.

O estudo de [21], realiza uma análise cienciométrica sobre o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) nas ciências ambientais entre 2009 e 2019.

O objetivo desse artigo foi mapear as tendências, os principais temas e as lacunas na pesquisa, identificando como as geotecnologias vêm sendo aplicadas no contexto ambiental ao longo de uma década. Esse tipo de trabalho fornece um diagnóstico do campo, destacando a relevância de subáreas como a gestão de recursos hídricos e desastres.

A principal contribuição e diferença do nosso projeto é a sua arquitetura. Demonstramos a aplicação de um *SIGWeb*, uma tendência que se consolidou no final do período analisado pela revisão e que supera o *SIG desktop* tradicional em termos de acessibilidade e disseminação de dados. Além disso, ao adotar uma pilha tecnológica inteiramente *open-source* (*JavaScript*, *Leaflet*, *PostGIS* e *GeoServer*), este trabalho exemplifica um movimento crucial para a democratização do acesso a ferramentas de análise espacial, facilitando que gestores públicos e pesquisadores, mesmo sem licenças de software proprietário, possam consumir e analisar dados geoespaciais.

Onde o trabalho correlato identifica a importância de aplicar SIG a problemas ambientais, nosso estudo de caso foca em como implementar uma solução de baixo custo, interoperável e de fácil entendimento para um problema real e urgente (a gestão de dados de enchentes), preenchendo a lacuna entre a pesquisa acadêmica e a aplicação prática na tomada de decisão.

O artigo de [22], apresenta uma aplicação prática de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para mapear áreas susceptíveis a inundações no município de Vitória, Espírito Santo. Os autores empregam uma abordagem integrada, combinando dados topográficos (elevação, declividade), índices de impermeabilização e informações de sensoriamento remoto para criar mapas de risco. A validação é realizada com registros documentais, fotográficos e dados de precipitação concentrada (como o evento de 2014), destacando a eficácia da metodologia em contextos urbanos litorâneos, onde fatores como maré alta exacerbam as inundações.

Em contraste, o presente artigo desenvolve uma plataforma *web* interativa para visualização de dados geoespaciais de enchentes em tempo real no Rio Grande do Sul. Enquanto o artigo da *AGB* se concentra em modelagem técnica e validação histórica para prevenção em uma cidade específica, o nosso trabalho enfatiza a acessibilidade imediata durante crises, utilizando ferramentas *web* para integrar e exibir dados de múltiplas fontes. Ambos os estudos abordam inundações urbanas no Brasil, mas o nosso se diferencia pela implementação de uma aplicação prática e escalável, expandindo o escopo do artigo para um contexto regional mais amplo.

O atual projeto evolui a metodologia do artigo ao usar tecnologias *web* como *Leaflet* e *GeoServer* para criar interfaces intuitivas, facilitando o acesso a dados complexos sem expertise avançada. Além disso, integra dados recentes de enchentes de 2024 para análises dinâmicas, em vez de focar apenas em eventos históricos para modelagem preditiva. Por fim, enfatiza a interoperabilidade via *WMS*, suportando compartilhamento de dados entre instituições e alinhando-se às recomendações do artigo para gestão territorial urbana. Esses elementos aplicam a abordagem do artigo em um ambiente digital acessível para resposta a desastres.

5 Métodos de Pesquisa

Os métodos aplicados neste artigo seguiram uma abordagem sistemática e iterativa, dividida em fases que garantiram a obtenção de resultados, conforme ilustrado no fluxograma da Fig. 1.

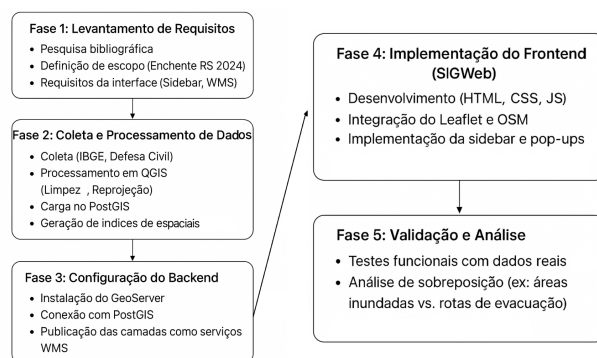


Figure 1: Fluxograma das etapas metodológicas do desenvolvimento do SIGWeb. Imagem criada pelo autor.

Na primeira fase, de levantamento de requisitos, o foco esteve na identificação da necessidade e na definição do escopo da ferramenta. Partiu-se da constatação de que faltam sistemas *web* acessíveis que reúnam dados geoespaciais sobre desastres ambientais em um único ambiente.

Além da definição de escopo, a primeira fase também envolveu o planejamento conceitual da arquitetura da aplicação. Foi elaborado um fluxograma representando o fluxo de informações, desde a coleta dos dados até a disponibilização no ambiente *web*, assegurando que cada etapa fosse tecnicamente viável e integrável. A partir dessa estrutura, definiu-se que o sistema deveria ser modular, permitindo a substituição e atualização de camadas sem comprometer o funcionamento geral.

As decisões técnicas, como o uso de tecnologias de código aberto (*open-source*) e padrões reconhecidos internacionalmente, garantiram que a aplicação pudesse evoluir e ser mantida a longo prazo.

Por fim, foram definidos os parâmetros de desempenho, segurança e usabilidade que norteariam o desenvolvimento, estabelecendo uma base metodológica sólida.

A segunda fase do projeto correspondeu à coleta, preparação e estruturação dos dados geoespaciais, constituindo uma das etapas mais exigentes e determinantes para o funcionamento adequado do sistema. Os conjuntos de dados utilizados foram obtidos em fontes públicas confiáveis, com destaque para o [23], que fornece malhas territoriais, rede hidrográfica, rodovias e outras informações cartográficas de referência no portal de dados abertos do governo federal. Esses dados foram complementados por informações disponibilizadas pela [24] e por órgãos estaduais responsáveis pelo monitoramento das enchentes de 2024, incluindo camadas referentes a áreas inundadas, abrigos temporários e estruturas de apoio emergencial.

O principal desafio consistiu em padronizar dados fornecidos em diferentes formatos, escalas e sistemas de referência espacial. Para isso, empregou-se o *QGIS* como ferramenta de pré-processamento, permitindo a limpeza de geometrias incorretas, remoção de atributos redundantes e aplicação de filtros temáticos quando necessário. Além disso, todas as camadas foram reprojetaadas para o sistema *EPSG:4326*, garantindo compatibilidade com o ambiente web e com o fluxo de visualização adotado no projeto, especialmente considerando a integração futura ao *Leaflet* e serviços *WMS*.

Após a padronização, os dados foram preparados para armazenamento no banco geoespacial. Utilizando a ferramenta *shp2pgsql*, cada camada vetorial foi convertida para comandos *SQL* e posteriormente importada para o *PostGIS*, formando uma base espacial unificada. Essa etapa foi fundamental para garantir que todos os dados pudessem ser consultados de forma integrada e eficiente no *backend*. Além da carga, foram criados índices espaciais do tipo *GiST*, responsáveis por otimizar consultas e melhorar o desempenho na renderização das camadas, especialmente em operações de sobreposição e consultas dinâmicas realizadas pelo servidor de mapas.

Embora a utilização da ferramenta *shp2pgsql* tenha sido adequada para a carga inicial dos dados, reconhece-se que esse processo pode apresentar limitações quando aplicado em cenários que demandam atualizações frequentes ou ingestão automatizada de grandes volumes de dados geoespaciais. No contexto deste trabalho, a importação foi realizada de forma controlada durante a fase de preparação da base espacial, o que não comprometeu o funcionamento da aplicação.

Como possibilidade de evolução metodológica, a automatização da ingestão de dados poderia ser implementada por meio de *scripts* desenvolvidos em *Python*, utilizando bibliotecas amplamente empregadas no processamento geoespacial, como *GDAL/OGR* ou *GeoPandas*. Essas ferramentas permitem realizar a leitura de arquivos *Shapefile*, a reprojeção automática de sistemas de referência, a validação de geometrias e a inserção direta no banco *PostGIS*, reduzindo a necessidade de intervenção manual no fluxo de processamento.

Assim, ao final da fase 2, obteve-se um repositório espacial padronizado e otimizado, formando a infraestrutura de dados necessária para que as etapas seguintes — principalmente a publicação no

GeoServer e a visualização no sistema *SIGWeb* — ocorressem de maneira fluida e consistente. Essa estrutura uniforme permitiu que o projeto evoluísse para uma arquitetura escalável, na qual diferentes fontes e tipos de dados pudessem ser facilmente incorporados ao longo do desenvolvimento.

A terceira fase consistiu na configuração do *backend*, etapa essencial para viabilizar o fornecimento dos dados geoespaciais ao sistema web. Inicialmente, realizou-se a instalação e preparação do *GeoServer*, que atuou como servidor de mapas responsável pela publicação das camadas geográficas por meio dos protocolos *WMS* (*Web Map Service*) e *WFS* (*Web Feature Service*). Em seguida, o servidor foi conectado diretamente ao banco espacial *PostGIS*, possibilitando que as camadas previamente carregadas e indexadas fossem disponibilizadas de maneira segura e acessível a qualquer cliente web.

Com as conexões estabelecidas, procedeu-se à publicação das camadas, definindo grupos, nomes de trabalho (*workspaces*) e formatos de saída compatíveis com os padrões do *OGC*. Cada camada recebeu ainda uma configuração específica de estilo por meio de arquivos *Styled Layer Descriptor* (*SLD*), garantindo uma representação simbólica clara, padronizada e adequada à interpretação dos dados no ambiente de visualização.

Além da publicação, foram aplicadas otimizações essenciais para o desempenho do sistema. Configurou-se o *GeoWebCache*, componente integrado ao *GeoServer*, permitindo armazenar *tiles* pré-renderizados em disco e reduzir o tempo de resposta das requisições de mapa. Adicionalmente, habilitaram-se opções de compressão e ajustes de *buffer*, diminuindo a carga de processamento e melhorando a fluidez no carregamento das camadas.

Essa configuração do *backend* assegura a integridade dos dados, a comunicação eficiente com o *frontend* e a flexibilidade necessária para futuras expansões e atualizações do sistema.

A quarta fase envolveu a implementação do *frontend*, onde os dados publicados no *GeoServer* foram integrados à interface interativa da aplicação. O desenvolvimento foi feito em *JavaScript*, utilizando a biblioteca *Leaflet* para exibição e manipulação de mapas interativos. Essa tecnologia permitiu criar uma aplicação leve e eficiente, capaz de consumir as camadas *WMS* diretamente do *GeoServer*.

Foram adicionadas funcionalidades essenciais para a experiência do usuário, como uma *sidebar* lateral para controle de camadas, legendas dinâmicas e *pop-ups* informativos que exibem atributos detalhados ao clicar sobre elementos do mapa. O design da interface foi pensado para ser simples, responsivo e de fácil navegação, possibilitando o uso em computadores e dispositivos móveis.

Por fim, a quinta fase consistiu na validação e resultados, momento em que a aplicação foi testada com dados reais referentes às enchentes do RS de 2024. O objetivo foi assegurar que o sistema atendesse aos requisitos de funcionalidade, desempenho e confiabilidade definidos nas etapas anteriores. Também foram testadas sobreposições entre camadas para garantir que o sistema representasse corretamente a relação espacial entre diferentes elementos.

6 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos demonstram a consolidação de uma ferramenta *SIGWeb* funcional e completa, voltada à visualização de dados geoespaciais relacionados às enchentes de 2024 no estado

do Rio Grande do Sul. O projeto resultou em um sistema operacional acessível via navegador, responsivo e intuitivo, capaz de integrar informações espaciais provenientes de diferentes fontes e disponibilizá-las de forma clara e interativa.

A aplicação final permite que gestores, pesquisadores e cidadãos possam explorar informações geográficas relevantes sobre áreas afetadas, infraestrutura, abrigos e rede hidrográfica. O sistema não tem como propósito realizar análises automáticas complexas, mas disponibiliza uma plataforma para visualização e consulta de dados, permitindo que usuários especializados realizem análises adicionais a partir das informações disponibilizadas.

A base de desenvolvimento levou em consideração um conjunto de tecnologias *open-source*, apresentada na Tabela 1, foi projetada para oferecer uma interface interativa e de fácil utilização, permitindo ao usuário acessar e manipular informações geoespaciais de maneira dinâmica. A adoção de ferramentas livres possibilitou maior flexibilidade no desenvolvimento, além de garantir compatibilidade com padrões consolidados de serviços geográficos na *web*, como o *Web Map Service (WMS)*.

6.1 SIGWeb para Visualização de Desastres Ambientais

A aplicação desenvolvida representa um *SIGWeb* voltado especificamente à visualização e disseminação de informações relacionadas a desastres ambientais, em especial às enchentes de 2024 no Rio Grande do Sul, cuja tela inicial é apresentada na Fig. 2. A ferramenta oferece um ambiente estruturado que integra diversas camadas geográficas, possibilitando uma compreensão espacial detalhada das áreas afetadas. O objetivo principal é democratizar o acesso aos dados e apoiar processos de interpretação e tomada de decisão em contextos de emergência e planejamento.

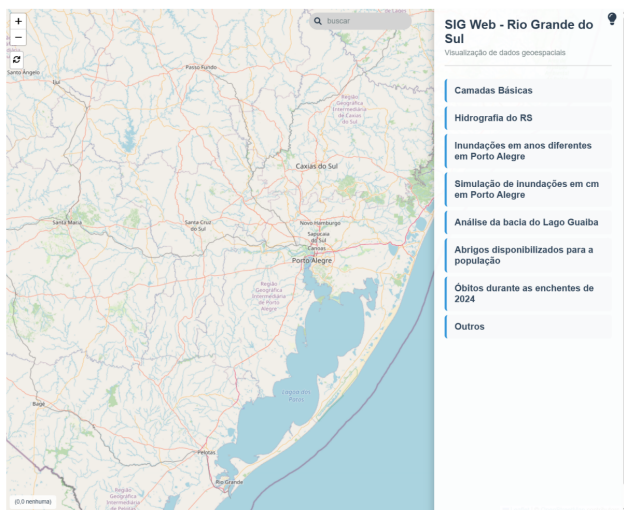


Figure 2: Interface da aplicação. Imagem capturada da aplicação desenvolvida pelo autor.

O mapa interativo oferece diversas camadas configuráveis, incluindo: limites municipais, rede hidrográfica, rodovias principais,

áreas inundadas, pontos de abrigo e indicadores populacionais. Cada camada pode ser ativada ou desativada conforme o interesse do usuário, utilizando o painel lateral de controle, conhecido como *sidebar*, conforme ilustra a Fig. 3. Esse painel é um dos elementos centrais da interface, oferecendo opções de seleção, exibição de legendas, alternância de camadas e acesso às informações detalhadas de cada feição. Ao clicar sobre uma área ou ponto, um *popup* informativo é exibido, mostrando dados como o nome do município, extensão da área afetada, número de abrigos e informações adicionais relevantes.

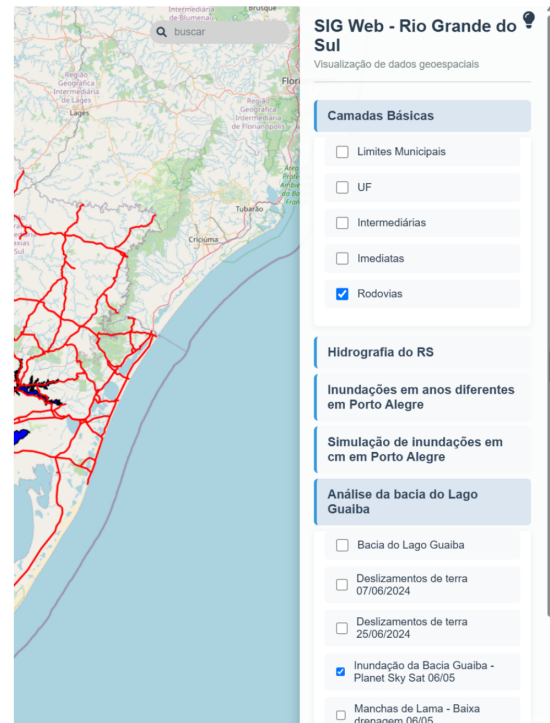


Figure 3: Camadas da aplicação. Imagem capturada da aplicação desenvolvida pelo autor.

Durante os testes, a plataforma carregou com sucesso dados de 463 municípios afetados. A Fig. 4 apresenta a interface principal da aplicação, exibindo a sobreposição de múltiplas camadas sobre o mapa base do *OpenStreetMap*. Esta visualização integrada facilita o acesso a informações críticas para gestores e pesquisadores, permitindo o controle dinâmico da exibição de dados através da *sidebar* interativa.

A validação da aplicação ocorreu com dados reais de 2024, provenientes de bases oficiais como o [23] e órgãos estaduais do Rio Grande do Sul, incluindo informações atualizadas sobre limites municipais, áreas inundadas, pontos de abrigo, precipitação acumulada e registros de eventos hidrológicos. Esses conjuntos foram utilizados para testar a consistência das camadas publicadas, conferindo se os valores retornados pelas consultas espaciais correspondiam às geometrias originais e se a aplicação apresentava corretamente as áreas impactadas durante os eventos climáticos de 2024.

Table 1: Tecnologias *open-source* utilizadas no desenvolvimento da aplicação

Tecnologia	Categoria	Descrição e Utilização no Projeto
PostgreSQL	Banco de Dados Relacional	Armazenamento dos dados geoespaciais do sistema.
PostGIS	Extensão Espacial	Suporte a geometrias, consultas espaciais e manipulação dos dados do mapa.
GeoServer	Servidor de Mapas	Publicação das camadas geográficas via WMS/WFS e gerenciamento de estilos.
OpenLayers	Biblioteca de Mapeamento Web	Construção do mapa interativo e interação com serviços WMS.
QGIS	Software SIG Desktop	Preparação dos dados, criação de estilos e ajustes cartográficos.
HTML, CSS e JavaScript	Tecnologias Web	Estruturação, estilização e lógica da interface web.

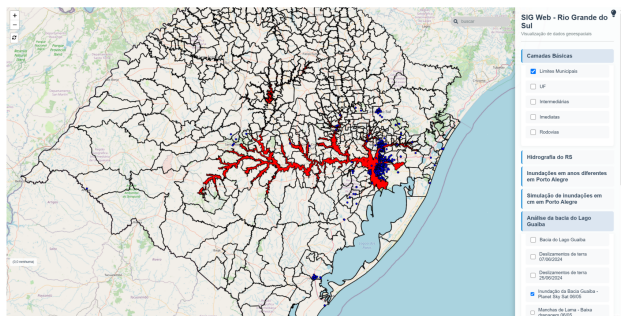


Figure 4: Interface principal da aplicação SIGWeb com mapa interativo do RS, exibindo camadas de limites municipais, áreas inundadas (em vermelho) e pontos de abrigo (em azul) de 2024. Imagem capturada da aplicação desenvolvida pelo autor.

A conversão e junção de dados de tabelas (ex: precipitação diária, dados populacionais do IBGE) com *shapefiles* (ex: limites territoriais) foi central para a geração de novas informações. Através de consultas espaciais no *PostGIS*, foi possível calcular uma área total inundada de 18.000 km² e identificar 144 rotas de trechos com bloqueios totais ou parciais, assim como demonstra na Fig. 5.

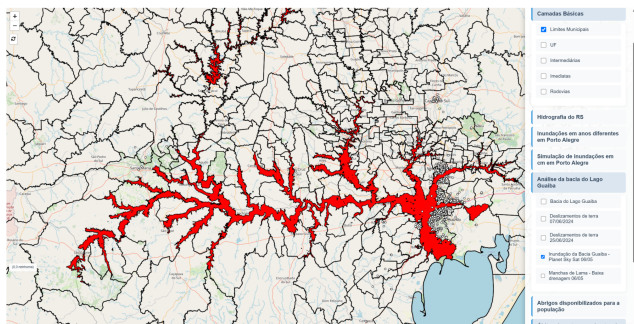


Figure 5: Trechos afetados rodoviários afetados pela inundação. Imagem capturada da aplicação desenvolvida pelo autor.

Um dos principais resultados analíticos foi a capacidade de cruzar dados de áreas inundadas com dados demográficos e de fatalidades.

Ao cruzar essas informações, torna-se possível identificar não apenas quantas pessoas foram afetadas, mas também onde essas perdas ocorreram dentro do território estadual.

Na Fig. 6, as áreas inundadas aparecem destacadas em vermelho, permitindo visualizar de forma imediata quais regiões sofreram alagamentos extensos. Já as linhas pretas representam os limites municipais, fundamentais para delimitar o território administrativo e relacionar os eventos climáticos com cada cidade. Essa separação por município é essencial para compreender como os impactos variaram de uma localidade para outra, respeitando os contornos reais dos territórios.

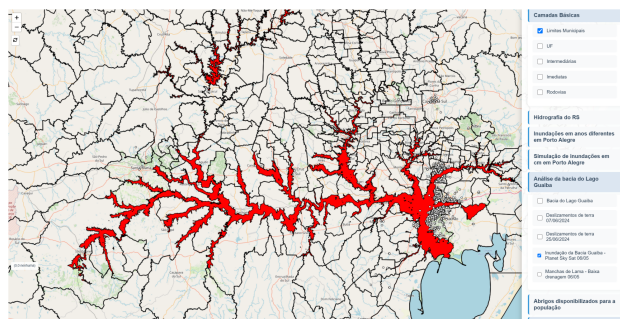


Figure 6: Mapa temático gerado pela aplicação, demonstrando a correlação entre a mancha de inundação e os dados de óbitos por município no RS. Imagem capturada da aplicação desenvolvida pelo autor.

Ao combinar essas camadas de manchas de inundação, limites municipais e localização de abrigos, a ferramenta possibilita uma visualização integrada que auxilia diretamente o trabalho de análise espacial realizado pelo profissional. Em vez de executar cálculos automáticos ou identificar padrões por conta própria, o sistema organiza e apresenta os dados de maneira estruturada, permitindo que o analista observe com clareza como cada elemento se distribui no território. Assim, ao habilitar ou desabilitar camadas, ajustar o nível de *zoom* ou explorar diferentes regiões do mapa, o usuário consegue perceber com maior facilidade onde há concentração de impactos e como os fenômenos se relacionam espacialmente.

A visualização simultânea dessas informações no mapa digital permite que áreas de maior atenção sejam reconhecidas de forma direta. Quando o analista observa, por exemplo, a sobreposição entre manchas extensas de inundação, limites municipais específicos e a presença de vários abrigos, a ferramenta atua como um suporte

visual que evidencia essa concentração de impactos. Ela não realiza classificações automáticas, apenas organiza as camadas de maneira clara, oferecendo ao profissional os elementos necessários para interpretar o cenário. Dessa forma, torna-se possível identificar, pela simples leitura combinada das camadas, os locais onde o impacto territorial e humano foi mais intenso, facilitando o reconhecimento de padrões e contribuindo para uma compreensão mais completa das consequências dos desastres ambientais.

Além da visualização macro, a aplicação permite a consulta de informações detalhadas de forma interativa. Ao clicar em um polígono (ex: um município), um *popup* exibe dados agregados, como a população total afetada em valor numérico de habitantes e a altura inundada específica daquele local em centímetros, conforme demonstrado na Fig. 7.



Figure 7: *Popup* da aplicação exibindo informações detalhadas de um município, com dados de inundação em cm e população afetada, gerados por junção de tabelas e *shapefiles* diferentes. Imagem capturada da aplicação desenvolvida pelo autor.

O correto funcionamento dessa etapa depende diretamente da forma como os dados são estruturados e integrados no ambiente do banco espacial. Todas as informações utilizadas pela aplicação são organizadas previamente no *PostGIS*, que armazena tanto os elementos geográficos quanto os atributos numéricos associados a cada município. As camadas espaciais, como polígonos municipais e manchas de inundação, são inseridas no banco a partir de arquivos geográficos convertidos por meio do utilitário *shp2pgsql*, garantindo que cada feição mantenha seu formato original e suas propriedades geométricas. Já as informações tabulares, como estimativas populacionais afetadas, registros de impactos ou valores de altura de lâmina d'água em centímetros, são carregadas como tabelas complementares.

Para permitir que esses dados possam ser utilizados de maneira conjunta, o banco de dados *PostGIS* estabelece relações entre as tabelas com base em chaves comuns, em especial o código identificador oficial de cada município. Essa padronização possibilita a criação de visões integradas que unem geometrias e atributos provenientes de diferentes fontes. O objetivo dessas visões é garantir que, quando a aplicação requisitar informações de uma região específica, o servidor possa retornar um conjunto de dados já consistente, consolidado e preparado para a visualização no mapa. Dessa forma,

o processo reduz ambiguidades, evita divergências entre camadas e assegura que os valores apresentados ao usuário correspondam exatamente à área selecionada.

Uma vez que essas visões estão configuradas e publicadas no *GeoServer*, o sistema passa a disponibilizá-las como serviços *WMS* interpretados diretamente pelo ambiente *web*. Cada camada exibida no mapa corresponde a uma publicação do *GeoServer* que contém, além das geometrias, todos os atributos provenientes das junções previamente realizadas no banco. Assim, quando o usuário interage com o mapa, não ocorre nenhum processamento analítico no navegador, mas sim uma consulta estruturada a dados que já foram preparados para esse fim.

Com isso, sempre que o usuário clica sobre um polígono, o *Leaflet* envia automaticamente uma requisição do tipo *GetFeatureInfo* para o *GeoServer*. Essa requisição identifica exatamente qual feição foi selecionada e consulta as informações relacionadas a ela dentro das visões espaciais. O servidor então retorna ao navegador um conjunto de valores agregados de forma direta e coerente, que são exibidos no *popup*. Esse retorno inclui apenas dados previamente validados, integrados e organizados no banco, o que garante confiabilidade à leitura espacial realizada pelo profissional que utiliza o sistema.

A discussão dos resultados aponta para a relevância prática da aplicação em contextos de crise. A interoperabilidade via *WMS* permitiu a integração de dados heterogêneos sem conflitos, contrastando com as limitações de ferramentas *desktop* (como *QGIS* ou *ArcGIS* puros), que exigem maior expertise técnica para análises e não facilitam a disseminação imediata da informação.

Outro aspecto relevante identificado durante o desenvolvimento foi a lacuna relacionada à centralização das informações geoespaciais sobre desastres ambientais. Em muitos cenários de crise, os dados encontram-se distribuídos em diferentes plataformas institucionais, relatórios técnicos ou sistemas proprietários, dificultando o acesso rápido e integrado às informações. Embora existam iniciativas consolidadas de monitoramento, como plataformas institucionais de órgãos governamentais ou iniciativas internacionais de resposta a desastres, essas soluções frequentemente priorizam a divulgação de alertas ou relatórios consolidados, não oferecendo necessariamente um ambiente unificado onde diferentes camadas geoespaciais possam ser visualizadas e analisadas de forma integrada.

Nesse contexto, o *SIGWeb* desenvolvido neste trabalho busca preencher essa lacuna ao atuar como uma plataforma centralizadora de dados geoespaciais relacionados às enchentes. A aplicação permite reunir, em um único ambiente *web*, informações provenientes de diferentes fontes institucionais, possibilitando ao usuário explorar camadas de dados diversas, como áreas inundadas, infraestrutura e elementos territoriais. Essa centralização facilita a interpretação espacial dos eventos, reduz a fragmentação da informação e contribui para que pesquisadores, gestores públicos e usuários em geral tenham acesso rápido e organizado a dados relevantes durante situações de desastre.

A geração de mapas dinâmicos e atualizáveis que representam eventos de desastres ambientais em diferentes municípios, datas e horários depende diretamente do fluxo de preparação e integração das camadas no sistema. Sempre que novos dados são obtidos, eles passam primeiro pelo *QGIS*, onde são revisados quanto à geometria, padronização de atributos e consistência espacial. Em seguida, a

camada é convertida para o banco de dados utilizando a ferramenta *shp2pgsql*, que transforma os arquivos *shapefile* em comandos *SQL* compatíveis com o *PostGIS*, permitindo sua inserção estruturada no banco espacial.

Após esse processo, as camadas já integradas ao *PostGIS* podem ser publicadas no *GeoServer* como serviços *WMS*, tornando-se imediatamente acessíveis ao sistema web. Como cada camada é tratada de forma independente, novas informações podem ser adicionadas a qualquer momento, sem necessidade de ajustes adicionais na aplicação. Para manter a organização temporal, datas e horários podem ser incorporados ao nome da camada ou armazenados como atributos, garantindo uma identificação clara dos diferentes momentos registrados.

Com isso, a aplicação *web* consegue exibir instantaneamente qualquer camada recém-adicionada, sem necessidade de reconfigurações complexas ou reconstrução manual de mapas. O navegador simplesmente requisita ao *GeoServer* a camada desejada, permitindo ao usuário alternar entre diferentes momentos do evento com fluidez.

Embora a arquitetura atual dependa de atualizações manuais dos dados, realizadas por meio da inserção de novos *shapefiles* no *PostGIS*, isso não compromete a experiência do usuário final. Como o público que acessa o *SIGWeb* interage apenas com as informações já pré-carregadas no sistema, a navegação e a compreensão das camadas permanecem simples e intuitivas. Dessa forma, mesmo com um processo de atualização que exige intervenção técnica, a interface disponibilizada ao usuário final oferece liberdade de visualização e facilidade de interpretação, garantindo um manuseio direto e acessível dos dados apresentados.

7 Conclusão

O sistema desenvolvido resultou em uma aplicação *SIGWeb* funcional e acessível para visualização de dados das enchentes de 2024 no Rio Grande do Sul, construída integralmente com tecnologias *open-source* como *PostGIS*, *GeoServer*, *Leaflet* e *QGIS*. A metodologia adotada consolidou dados de múltiplas fontes em um ambiente unificado, sustentado por uma arquitetura em três camadas que garantiu estabilidade no fluxo de informações e bom desempenho no carregamento de serviços *WMS*.

A aplicação demonstrou potencial para apoiar estudos e a gestão de desastres ambientais, oferecendo uma visualização integrada de áreas inundadas, dados demográficos e elementos de infraestrutura. Embora não tenha sido testada em cenários reais de tomada de decisão, sua estrutura facilita análises especializadas e a compreensão espacial dos impactos.

Entre as limitações observadas estão a necessidade de atualização manual das bases e a dependência de conexão estável, indicando oportunidades de aprimoramento. Para trabalhos futuros, recomenda-se ampliar a escalabilidade, integrar novas fontes institucionais e adotar mecanismos automatizados de coleta e atualização de dados, permitindo que o sistema funcione como um repositório centralizado de informações geoespaciais sobre desastres.

Em síntese, o projeto demonstrou que soluções *open-source* são eficazes para gestão territorial e ambiental, oferecendo uma base consistente para evolução contínua, maior integração de dados e suporte à resposta a eventos climáticos extremos.

References

- [1] CEPED UFSC. *Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991–2012*. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, Florianópolis, 2013. Volume Brasil.
- [2] I. T. Simões-Sousa, J. Smith, R. Oliveira, and L. Costa. The may 2024 flood disaster in southern brazil: Causes and consequences. *Geophysical Research Letters*, 52(6): e2024GL112442, 2025. doi: 10.1029/2024GL112442.
- [3] A. Rodrigues da Silva, J. Estima, J. Marques, I. Gamito, A. Serra, L. Moura, A. M. Ricardo, L. Mendes, and R. M. L. Ferreira. A web gis platform to model, simulate and analyze flood events: The rivercure portal. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(7):268, 2023. doi: 10.3390/ijgi12070268.
- [4] Federica Ugliotti, Alessio Daud, and Anna Osello. Comprehensive analysis of the use of web-gis for natural hazard management: A systematic review. *Sustainability*, 16(10):4238, 2024. doi: 10.3390/su16104238.
- [5] United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). Definition: Disaster, 2017. URL <https://www.undrr.org/terminology/disaster>. Acesso em: 15 nov. 2025.
- [6] Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). General definitions and concepts / em-dat documentation, 2025. URL <https://doc.emdat.be/docs/data-structure-and-content/general-definitions-and-concepts/>. Acesso em: 15 nov. 2025.
- [7] World Health Organization (WHO). Environment, climate change and health emergencies, 2025. URL <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/emergencies>. Acesso em: 15 nov. 2025.
- [8] IPCC. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation (srex), 2012. URL https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX-FrontMatter_FINAL-1.pdf. Acesso em: 15 nov. 2025.
- [9] Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). Entry criteria / em-dat documentation, 2025. URL <https://doc.emdat.be/docs/protocols/entrycriteria/>. Acesso em: 15 nov. 2025.
- [10] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Dados abertos: Programa base de informações georreferenciadas (big), 2018. URL <https://www.gov.br/inpe/pt-br/acao-a-informacao/dados-abertos>. Acesso em: 22 out. 2025.
- [11] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Brazil data cube – plataforma para análise de grandes volumes de dados geoespaciais, 2025. URL <https://data.inpe.br/bdc/web/>. Acesso em: 22 out. 2025.
- [12] Gilberto Câmara, Clodoveu Davis, and Antônio Miguel Vieira Monteiro. *Geoprocessamento: Teoria e Aplicações*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2004. URL <https://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em: 22 out. 2025.
- [13] Philippe Rigaux, Michel Scholl, and Agnès Voisard. *Spatial Databases: With Application to GIS*. Morgan Kaufmann, 2002. URL <https://www.sciencedirect.com/book/9781558605886/spatial-databases>.
- [14] Regina O. Obe and Leo S. Hsu. *PostGIS in Action*. Manning Publications, 2021. URL <https://www.manning.com/books/postgis-in-action>.
- [15] PostGIS Development Team. *Postgis 3.3.0 manual*, 2023. URL <https://postgis.net/docs/>.
- [16] Open Geospatial Consortium. Web map service (wms) implementation specification 1.3.0, 2006. URL <https://www.ogc.org/standard/wms/>. OGC Document 06-042.
- [17] GeoServer Project. *Geoserver user manual: Overview*, 2023. URL <https://docs.geoserver.org/latest/en/user/introduction/overview.html>.
- [18] GeoServer Project. *Geoserver rest api documentation*, 2023. URL <https://docs.geoserver.org/latest/en/user/rest>.
- [19] GeoServer Project. *Geoserver certified compliant for wcs 1.0, 2007*. URL <https://geoserver.org/announcements/2007/07/31/geoserver-certified-compliant-for-wcs-10-and-will-serve-as-wcs-11-reference-implementation.html>.
- [20] Adam Narashman Leonis, Minhaz Farid Ahmed, Mazlin Bin Mokhtar, Chen Kim Lim, and Bijay Halder. Challenges of using a geographic information system (gis) in managing flash floods in shah alam, malaysia. *Sustainability*, 16(17):7528, 2024. doi: 10.3390/su16177528.
- [21] Leovigildo Aparecido Costa Santos, Thyago Rodrigues do Carmo Brito, and Carlos de Melo e Silva-Neto. Uso dos sistemas de informação geográficas (sig) nas ciências ambientais: entre 2009 e 2019: uma análise cienciométrica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(4):1715–1731, 2022. doi: 10.26848/rbgf.v15.4.p1715-1731.
- [22] André Luiz Nascentes Coelho. Sig aplicado em inundações urbanas: estudo de caso no município de vitória - es (brasil). *Revista AGB*, XX(1):33–43, 2016. URL https://www.agbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXX_1/agn_xx1_versao_internet/Revista_AGB_dez2016-02.pdf.
- [23] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Portal de dados geográficos e estatísticos do ibge, 2024. URL <https://dados.gov.br/dados/organizacao/visualizar/instituto-brasileiro-de-geografia-e-estatistica-ibge>. Acesso em: 18 out. 2025.
- [24] Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão do Estado do Rio Grande do Sul. Mapa Único do plano rio grande (mup rs) – sistema de mapeamento das Áreas diretamente atingidas, 2024. URL <https://mup.rs.gov.br/>. Acesso em: 25 nov. 2025.