



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



DESENVOLVIMENTO DE WEBMAPA 3D COM MOSAICO MULTINÍVEL A PARTIR DE IMAGENS DE AEROLEVANTAMENTO ESTADUAL

Elmo Santos da Silva Neto
Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Engenharia Civil
elmo@inf.ufsm.br

Pedro Ricardo Moreira da Silva
Instituto Federal de Santa Catarina
Câmpus Florianópolis - Departamento Acadêmico
de Construção Civil
pedror@tutanota.de

João Henrique Quoos
Instituto Federal de Santa Catarina
Câmpus Garopaba - Laboratório
de Meio Ambiente e Geomática (MAGe)
joao.quoos@ifsc.edu.br

Resumo: Os eventos climáticos extremos se tornaram mais frequentes devido às mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global. Certas regiões possuem características que as tornam vulneráveis aos desastres e, neste sentido, o conhecimento do relevo é essencial para a tomada de decisões que mitiguem os riscos e contenham os danos. Assim, este trabalho propõe uma metodologia para elaboração de webmapa tridimensional utilizando modelo digital de elevação e imagens aéreas provenientes de aerolevanteamento realizado no estado de Santa Catarina em 2012. Foram utilizadas tecnologias livres, possibilitando que as prefeituras tenham autonomia e soberania sobre os produtos cartográficos produzidos. O processamento de imagens e tarefas relacionadas foram automatizadas através de script, buscando a simplificação da construção dos produtos cartográficos adequados para visualização e interação na Web.

Área de intervenção: 1. Planejamento e gestão, 5. Meio ambiente, 11. Planejamento urbano/rural,



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de eventos climáticos extremos, responsáveis por significativos episódios de destruição em cidades brasileiras, tem se tornado mais frequente, produzindo quantidade de registros recorde (MCTI, 2023) e evidenciando a crescente vulnerabilidade socioambiental em diversas regiões do país.

Dentro deste contexto, com atenção especial ao Estado de Santa Catarina, são observados ao longo de várias décadas eventos trágicos de perda de vidas humanas e prejuízos materiais decorrentes principalmente de chuvas volumosas que causam transbordo de rios e deslizamento de encostas, estes elementos de paisagem natural arraigados na construção da vida urbana de várias cidades catarinenses, sobretudo no Vale do Itajaí.

A mitigação de riscos e a contenção de danos causados por tais eventos é responsabilidade de equipes multidisciplinares que trabalham em várias frentes para a proteção de cidadãos, sendo uma delas o fornecimento de informações para que a população tenha conhecimento dos riscos que recaem sobre determinadas regiões e para que possa tomar decisões a tempo hábil de priorizar sua integridade física. A transição de mapas estáticos, que surgiram com o advento da cartografia digital, para mapas dinâmicos, que articulam diversas mídias para interação com usuário, auxilia na construção do pensamento visual e estimula a geração de ideias e formulação de hipóteses sobre o território (Martins, 2022).

Com o objetivo de fornecer uma solução de geovisualização que permita a cidadãs e cidadãos de municípios catarinenses a navegação por um webmapa tridimensional compatível com dispositivos móveis e com exibição de modelo digital de elevação e imagens aéreas, este trabalho apresenta uma ferramenta computacional que implementa a automatização parcial de tarefas relacionadas ao tratamento das imagens do aerolevante realizado pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE) de Santa Catarina em 2012.



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



Além do fornecimento de um modelo de caráter informativo/educativo e navegação fluida sobre o relevo de cidades catarinenses, o trabalho também preza pela priorização de utilização de tecnologias livres para que governos municipais tenham autonomia e soberania sobre os seus produtos cartográficos e as plataformas em que são disponibilizados.

2. CORPO DO TRABALHO

O ponto-chave para o desenvolvimento deste trabalho foi a análise das opções de bibliotecas disponíveis para a construção de webmapas e escolha da opção mais adequada em conformidade com os objetivos buscados: a) código aberto e/ou livre; b) visualização de terreno em 3 dimensões; c) performance; d) multiplataforma. A Tabela 1 mostra um comparativo de cinco bibliotecas *Javascript* dentro dos três eixos supracitados, considerando o tamanho do arquivo *Javascript* de cada uma das bibliotecas como o fator preponderante para avaliação de sua performance, visto que em conexões com velocidade limitada, como de redes celulares, é importante que o conjunto de arquivos necessário para inicializar o mapa tenha tamanho reduzido. Todas as alternativas consideradas possuem licença que vão de encontro aos objetivos do trabalho, por tal motivo esta coluna foi omitida da tabela. Todas as alternativas consideradas também dão suporte a múltiplas plataformas, ou seja, funcionam em dispositivos digitais convencionais, como computadores pessoais; e em dispositivos móveis, como *tablets* e *smartphones*. Por este motivo, esta coluna também foi omitida da tabela de comparação.

Tabela 1 - Comparação de Bibliotecas

BIBLIOTECAS JAVASCRIPT PARA WEBMAPAS				
BIBLIOTECA	CÓDIGO LIVRE	MULTI PLATAFORMA	SUPOORTE NATIVO A 2.5/3D	TAMANHO DO JS
CesiumJS	Sim	Sim	Sim	4.8 MB



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



Leaflet	Sim	Sim	Não	144 KB
Mapbox GL JS	Sim	Sim	Sim	1.3 MB
Maplibre GL JS	Sim	Sim	Sim	780 KB
OpenLayers	Sim	Sim	Não	800 KB

Fonte: Autores (2024)

Em conformidade com os objetivos do trabalho, a biblioteca que se mostrou mais adequada foi a Maplibre GL JS. Além de possuir código livre, o que permite customização e extensibilidade de suas funções, a biblioteca também dispõe de suporte nativo a 2.5/3D, prescindindo a utilização de *plug-ins* para a visualização e interação em três dimensões, e um menor tamanho de arquivo *Javascript* das bibliotecas que oferecem suporte a 2.5/3D.

As imagens do aerolevante de 2012 estão disponíveis no portal do Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina - SIGSC, com possibilidade de download mediante identificação de usuário com dados do governo federal (SDE, 2024). Para a construção do mosaico que recobre todo o território de municípios dentro do estado de Santa Catarina, é necessário que as imagens em formato bruto sejam submetidas a uma série de algoritmos de processamento de imagens fornecidos pela biblioteca GDAL (*Geospatial Data Abstraction Library*).

Para a remoção de *pixels* sem dados, representados pelo valor de cor preta absoluta (valor radiométrico 0), a imagem é processada com o algoritmo *nearblack*. Este algoritmo busca *pixels* de uma determinada cor considerando sua vizinhança, que também deve conter *pixels* semelhantes para que seja considerada a remoção desta região da imagem original. Assumir que todos os *pixels* de valor 0 devem ser removidos, sem considerar *pixels* vizinhos, não é seguro visto que áreas sombreadas de rios e florestas, por exemplo, podem conter *pixels* desse valor e sua remoção acarretaria perda de dados representativos do terreno. Este passo é necessário para que os *pixels* sem dados de uma imagem não se sobreponham aos



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização

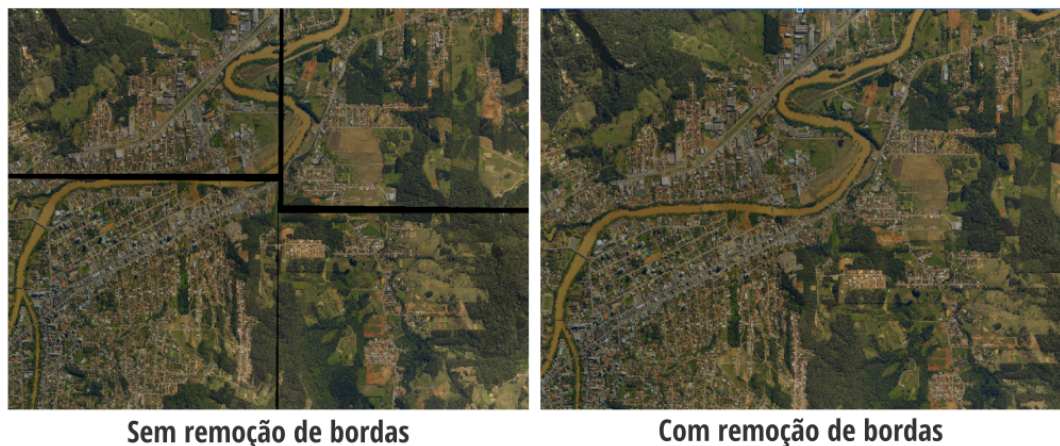


Apoio



pixels com dados de imagens vizinhas, como mostrado na Figura 1. Após remoção dos *pixels* sem dados, o mosaico pode ser construído com o comando *gdal_merge* e reprojeto para o sistema de referência de coordenadas mais adequado para a visualização no webmapa: EPSG:3857 - WGS 84 / Pseudo-Mercator.

Figura 1 - Comparação de mosaicos



Fonte: Autores (2024)

Caso o modelo tridimensional também seja construído com bases nos produtos do SIGSC, é necessário o passo adicional de criação de *tiles* do tipo *Terrain RGB*, que representam diferentes altitudes por diferentes valores RGB. O mosaico reprojeto está em condições para ser processado pelo algoritmo *gdal2tiles*, que cria camadas de visualização em vários níveis de *zoom* a partir da divisão da imagem original em quadrículas, geralmente de 256x256 *pixels*. Este processo é conhecido como *tiling* e acelera a navegação pelo mapa por transferir fragmentos de imagem conforme a demanda, ou seja, apenas a visualização atual será carregada enquanto outras partes não-visualizadas da imagem serão carregadas somente se necessárias. A Figura 2 explica visualmente o conceito de *tiling*.



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



Após o processo de geração das *tiles*, a pasta que contém os subdiretórios é referenciada dentro do arquivo *index.html* do mapa, servindo como fonte para a camada raster que será adicionada ao mapa. Se for de interesse do município, outras camadas podem ser adicionadas para enriquecer a experiência do usuário. Os arquivos da biblioteca Maplibre GL JS são *linkados* dentro do próprio arquivo HTML para simplificar a escrita do código em um único arquivo, contudo, é altamente recomendável que customizações implementadas no webmapa sejam feitas em arquivo *Javascript* separado do arquivo HTML por melhores conveniência e manutenção do projeto.

Figura 2 - Esquema explicativo de *raster tiling*



Fonte: Elias (2023)

O modelo digital de elevação, neste trabalho, é fornecido pela MapTiler API, que disponibiliza *tokens* de acesso com direito a um número pré-estabelecido de requisições diárias/mensais. Contudo, o modelo digital de elevação também pode ser construído a partir dos produtos do aerolevanteamento de 2012, gerando *tiles* do tipo *Terrain RGB*. Este processo é mais trabalhoso e depende de um número maior de tecnologias do que o processo de geração de *tiles* para as imagens aéreas, mas é passível de automatização de suas etapas e exequível por profissionais técnicos



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização

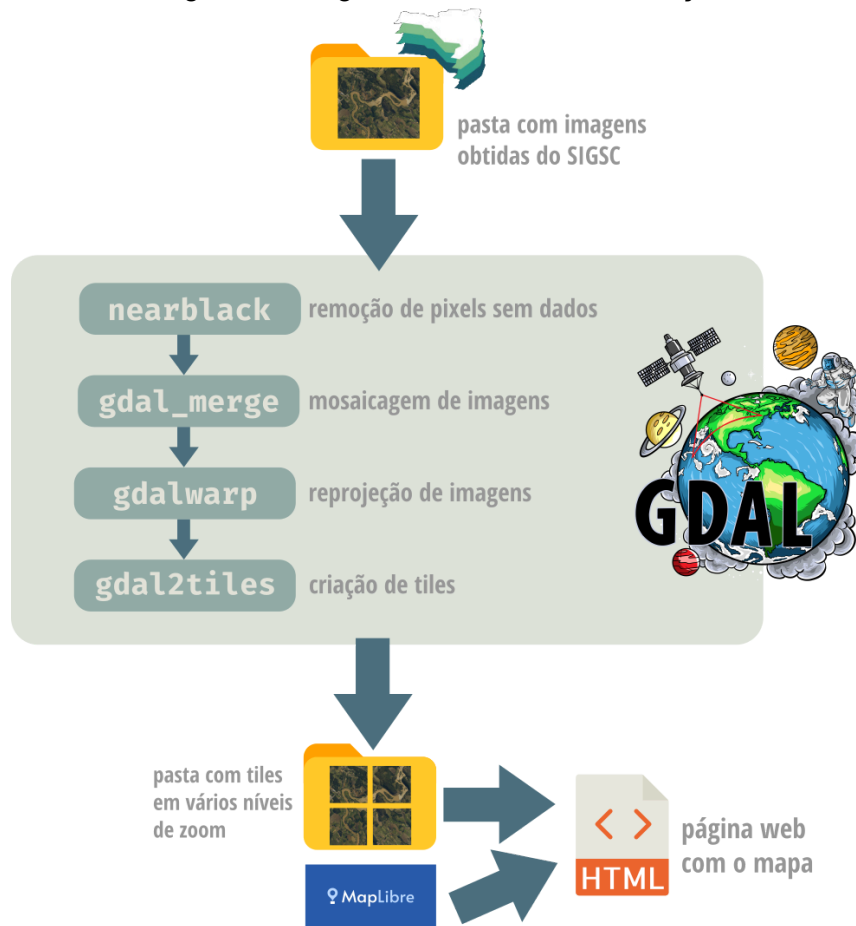


Apoio



em geoprocessamento. A Figura 3 mostra o fluxo simplificado de todo este processo, dando destaque ao fluxo de execução em que o GDAL é responsável pelas principais etapas do processamento dos arquivos brutos de imagem até a geração de *tiles* em diferentes níveis de *zoom*.

Figura 3 - Diagrama com fluxo de execução



Fonte: Autores (2024)



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



3. RESULTADOS E BENEFÍCIOS

O webmapa produzido vai ao encontro dos objetivos definidos, exibindo a seus usuários e usuárias uma visualização interativa e fluida do qual é possível apreender informações importantes do território, como cumes de morros, vales, declividade de estradas, dentre outras, desta forma incentivando a educação sobre o território que rege a vida de seus habitantes.

A Figura 4 ilustra a utilização do mapa, com foco no município de Rio do Sul, em Santa Catarina. Esta demonstração pode ser acessada no página elmoneto.net/sc/riodosul e os arquivos de código-fonte que podem ser examinados e utilizados para reproduzir a metodologia deste trabalho estão disponíveis em elmoneto.net/sigsc.

Quando a camada raster não é imagem aérea, mas sim um conjunto de arquivos raster construídos a partir de dados vetoriais, como a camada padrão do OpenStreetMap, é necessário adicionar uma camada adicional de *hillshade* para aplicar sombreamento ao relevo e tornar a visualização mais agradável. A imagem aérea por si só já carrega *pixels* que representam regiões sombreadas e prescinde da utilização da camada extra citada.

O presente trabalho evidencia os benefícios da automatização de tarefas que demandam quantidade considerável a mais de tempo de fossem feitas manualmente em *software* de informações geográficas, como o QGIS. A implementação do webmapa a partir de tecnologias livres assegura a autonomia e soberania de prefeituras sobre seus dados cartográficos a automatização de tarefas permite que ferramentas úteis para a população sejam entregues em menor tempo.



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



Figura 4 - Webmapa resultado para a região de Rio do Sul, SC



Fonte: Autores (2024)

4. CONCLUSÃO

A ferramenta apresentada mostrou-se efetiva na construção de webmapas para municípios catarinenses e, com alguns ajustes, pode ser estendida para outros estados com portais de dados geográficos que contenham imagens aéreas e modelos digitais de elevação.

Espera-se que com este trabalho os corpos técnicos de prefeituras tenham a capacidade de implementar e disponibilizar webmapas em seu ecossistemas de ferramentas *on-line*, como sites de secretarias e órgãos municipais.



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



REFERÊNCIAS

ELIAS, Martins. **Raster vs Vector Map Tiles: What Is the Difference Between the Two Data Types?**. 2023. Disponível em:

<https://documentation.maptiler.com/hc/en-us/articles/4411234458385-Raster-vs-Vector-Map-Tiles-What-Is-the-Difference-Between-the-Two-Data-Types>. Acesso em: 25 jul. 2024.

MARTINS, Tadeu Jussani. **A geovisualização no Ensino de Geografia**. 2022. 252 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2022. Disponível em:

<http://hdl.handle.net/11449/237406>. Acesso em: 26 jul. 2024.

MCTI. **Em 2023, Cemaden registrou maior número de ocorrências de desastres no Brasil**. Brasília - DF, 2024. Disponível em:

<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/01/em-2023-cemaden-registrou-maior-numero-de-ocorrencias-de-desastres-no-brasil>. Acesso em: 25 jul. 2024.

SDE. **Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina - SIGSC**.

Florianópolis, 2015. Disponível em: <https://sigsc.sc.gov.br/>. Acesso em: 25 jul. 2024.