



Comparação e Análise de Métodos de Disponibilização e Publicação de Mapas Topográficos na Web

Comparison and Analysis of Methods for Providing and Publishing Topographic Maps on the Web

Tiago Luiz Bastos¹ e Silvana Philippi Camboim²

¹ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. tiago.luiz.bastos@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8197-5761>

² Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. silvanacamboim@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3557-5341>

Recebido: 08.2024 | Aceito: 02.2025

Resumo: Os mapas topográficos desempenham um papel fundamental na sociedade, fornecendo informações essenciais para o planejamento e tomada de decisões por parte dos órgãos governamentais. No Brasil, as bases cartográficas oficiais são fornecidas através de bancos de dados geográficos, contudo, carecem de uma simbologia padronizada que permitam o acesso por meio de mapas digitais de maneira eficiente. Este trabalho teve como objetivo comparar e analisar métodos de disponibilização e publicação de mapas topográficos na *web*, utilizando dados da base cartográfica vetorial do estado do Rio de Janeiro na escala 1:25.000, a partir de três abordagens distintas: o serviço *Web Map Service* (WMS), arquivos GeoJSON e *Vector Tiles*. A primeira etapa envolveu a preparação dos dados e definição da simbologia, seguindo as convenções cartográficas do Manual Técnico T 34-700, assim como, resultados de pesquisas científicas. Em seguida, foi desenvolvida a aplicação para a comparação dos resultados, usando a biblioteca *JavaScript OpenLayers* para criação do *front-end*. A comparação das abordagens considerou desempenho, eficiência na renderização, volume de dados transferidos, interatividade do usuário e qualidade gráfica. Os resultados demonstram que o uso de *vector tiles* oferece melhor desempenho, reduzindo significativamente o volume de dados transferidos. A pesquisa destaca a necessidade de atualização dos padrões estabelecidos pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). Contribuições futuras incluem o apoio ao desenvolvimento e adoção de novas normas e padrões, testes de usabilidade, exploração de tecnologias emergentes e integração multiescalar. A adoção dessas tecnologias pelas instituições responsáveis pelo mapeamento oficial brasileiro é essencial para garantir a eficiência e inovação das soluções de geoinformação, promovendo a disponibilização de mapas topográficos avançados e interativos, acessíveis ao público em geral.

Palavras-chave: Mapa topográfico. Base cartográfica. Mapa interativo. Mapeamento de referência. Simbologia cartográfica.

Abstract: Topographic maps play a fundamental role in society, providing essential information for government agencies' planning and decision-making. In Brazil, official cartographic information is provided through geographic databases, but there is a lack of standardized symbology to facilitate efficient access to this data through digital maps. In this context, this work aimed to analyze and compare methods of making topographic maps available and published on the *web*, using data from the vector cartographic base of the state of Rio de Janeiro at a scale of 1:25,000, comparing three different approaches: the Web Map Service (WMS), GeoJSON files and vector tiles. The first stage involved preparing the database and defining the symbology, following Technical Manual T 34-700 cartographic conventions and scientific research. The application was then developed to compare the results, using OpenLayers JavaScript library to create the front-end. The comparison of the approaches considered performance, rendering efficiency, volume of data transferred, user interactivity and graphic quality. The results show that using vector tiles offers better performance, significantly reducing the volume of data transferred. The research highlights the need to update the standards established by the National Spatial Data Infrastructure (NSDI). Future contributions include supporting developing and adopting new regulations and standards, usability testing, exploration of emerging technologies and multi-scale integration. Adopting these technologies by the institutions responsible for official Brazilian mapping is essential to ensure the efficiency and innovation of geoinformation solutions, promoting the availability of advanced and interactive topographic maps, accessible to the public.

Keywords: Topographic map. Cartographic bases. Interactive map. Reference mapping. Cartographic symbology.

1 INTRODUÇÃO

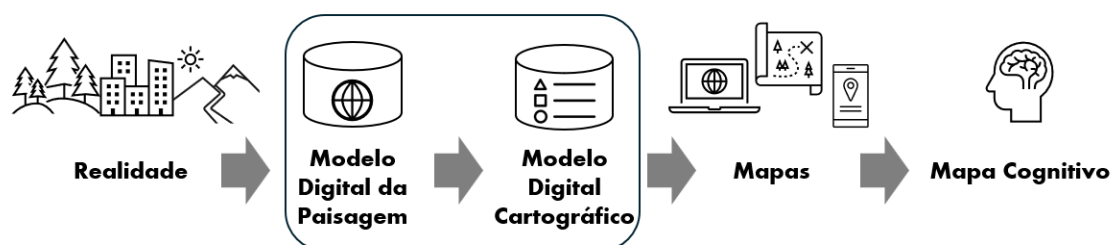
O mapeamento topográfico, segundo Fremlin e Robinson (1998) é uma representação que mais especificamente, realiza a abstração da Terra como um objeto composto, sendo a paisagem a aparência deste objeto. Historicamente, a produção analógica de mapas topográficos combinava em um único produto a representação geométrica dos fenômenos retratados e a representação cartográfica dessas geometrias, utilizando os diversos símbolos da linguagem cartográfica. Esse modelo era limitado à quantidade física de dados que poderia ser armazenada ou mostrada em um mapa, bem como à limitação da recuperação de dados de forma exclusivamente manual e visual (Tomlinson, 1988).

A partir dos anos 1950s, surgiram de forma paralela, as inovações na Cartografia Digital ou Eletrônica (Monmonier, 2015), buscando automatizar os processos de criação dos mapas, e nas capacidades analíticas com informações geográficas, que culminou no advento dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (Longley et al., 2012). Estas duas tecnologias, a partir dos anos 1980s, se disseminaram e evoluíram de forma conectada de forma inexorável (Guptill; Starr, 1988). No Brasil, esta década marcou a introdução e disseminação do geoprocessamento, impulsionado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a formação de grupos de pesquisa como o liderado pelo professor Jorge Xavier da Silva (UFRJ) (Menezes; Cruz; Fernandes, 2022).

Neste novo contexto tecnológico, a representação espacial passou a ser subdividida em dois aspectos principais. O primeiro aspecto refere-se à representação computacional (ou digital) dos dados, função primordial dos bancos de dados geográficos (Casanova et al., 2005), enquanto o segundo trata da representação gráfica das feições. Os bancos de dados geográficos, em especial quando se trata de dados de referência ou topográficos, passaram a ser denominados Modelos Digitais de Paisagem (*Digital Landscape Models - DLM*), conceituados como a abstração das feições da paisagem, de forma independente da escala. Já os Modelos Digitais Cartográficos (*Digital Cartographic Models - DCM*), seriam criados por meio de processos de generalização para escalas específicas, além de armazenarem os catálogos de símbolos e regras para a geração de produtos cartográficos. Esta nomenclatura foi sendo criada e adaptada por cartógrafos e agências de mapeamento europeias ao longo das décadas de 1980 e 1990 (Buckley; Frye; Buttenfield; Barbara, 2005; Hesse; Williamson, 1993; Issmael; Ferreira, 2003). Há, no entanto, críticas mais recentes à concepção destas bases como produtos separados. Segundo Stoter et al. (2010), seria mais eficiente o armazenamento destes dois modelos como um produto integrado e com uma visão multiescala.

A Figura 1 mostra o fluxo detalhado proposto por Kraak e Ormeling (2023), que parte da seleção e modelagem conceitual de dados do espaço geográfico, para a criação do DLM, à construção da representação cartográfica, no DCM, e, por fim, à saída em mídias diversas, digitais e analógicas, para o consumo e interpretação dos usuários na forma de mapas cognitivos.

Figura 1 - A natureza dos dados geoespaciais.



Fonte: Adaptado de Kraak e Ormeling (2023).

Diversos países fizeram a transição dos mapeamentos nacionais, passando das cartas analógicas para a disponibilização de seus dados em forma de bancos de dados geográficos. Com a criação das infraestruturas nacionais de dados espaciais, foram sendo desenvolvidas formas de acesso a produtos cartográficos derivados destes bancos de dados. Esses serviços utilizam o padrão *Web Map Services (WMS)*, cujas primeiras versões foram publicadas pelo *Open Geospatial Consortium (OGC)* em 2000 (OGC, 2000), as *Vector Tiles*, testadas

pela OGC a partir de 2018 (OGC, 2018), e apresentam diversas soluções de visualizadores online. Adicionalmente, agências nacionais de mapeamento passaram a oferecer aplicações de mapas topográficos sob demanda e estilos padronizados para facilitar a simbolização dos mapas topográficos em softwares de SIG. O Quadro 1 resume a disponibilização desses dados em alguns países, com a ressalva de que certos serviços podem estar sujeitos a taxas.

Quadro 1 – Situação dos sistemas nacionais de mapeamento topográfico de países selecionados quanto aos Bancos de Dados e representações disponíveis.

País	Bancos de Dados Topográficos (DLM/DCM)	Serviço de Mapa Digital Matricial (WMS/WMT S)	Serviço de Camada Vetorial (Vector Tiles)	Visualizador online	Estilos para softwares de SIG	Aplicação Mapas Sob Demanda
Estados Unidos	The National Map (USGS)	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Reino Unido	OS National Geographic Database (Ordnance Survey)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Espanha	Base Topográfica Nacional (IGN)	Sim	Sim	Sim	Somente para Vector Tiles	Sim
Alemanha	Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS)	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Brasil	Bases Contínuas (IBGE)	Não	Não	Não	Não	Não

Fonte: Os autores (2024).

No Brasil, a forma de elaboração dos mapas topográficos também passou por estas profundas modificações ao longo das últimas décadas. Neste processo de evolução destacam-se três fases com características e particularidades de acordo com a época e a tecnologia utilizada para suas construções, apresentados na Figura 2 a seguir.

Figura 2 – Evolução da elaboração dos mapas topográficos.



Fonte: Os autores (2024).

As folhas topográficas produzidas de forma analógica dominaram até a década de 1990. Em seguida, os processos de automatização cartográfica evoluíram para a geração de folhas com o auxílio de sistemas CAD (*Computer Aided Design*). Desde o início do século XXI, os principais produtores de cartografia oficial no Brasil migraram para a produção e divulgação de dados geoespaciais relacionados ao mapeamento sistemático terrestre em forma de bancos de dados contínuos, eliminando a antiga (e tecnologicamente desnecessária)

divisão em folhas. Em consonância, foram criadas as séries de normas homologadas para a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), especialmente a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV) (CONCAR, 2018), que descreve como deve ser a estruturação do banco de dados geoespacial para este tipo de produto. No entanto, a normatização da representação cartográfica desses dados ficou em segundo plano. A norma Especificação Técnica para Representação de Dados Geoespaciais (ET-RDG), a última a ser criada no conjunto de normas, ainda não foi publicada após 16 anos da primeira versão da ET-EDGV. Em 2024, segue como padrão de representação o Manual Técnico T34-700, cuja versão mais recente, de 2002, era consoante com a fase tecnológica das cartas digitais (CAD) da época.

Durante esta transição, no entanto, os dados deixaram de ser disponibilizados para a sociedade com representações acessíveis, na forma de mapas prontos ou editorados, como nas antigas cartas topográficas impressas, negligenciando uma questão essencial: o uso dos mapas topográficos, visto que estes constituem mapeamento básico e suporte para outros tipos de mapas (Keats, 1976). Apesar das transformações tecnológicas e da ampla adoção dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e infraestruturas de dados espaciais, as cartas topográficas permanecem essenciais para diversas aplicações. Seu papel histórico na organização e comunicação da informação geoespacial reflete um modelo consolidado de representação da paisagem como objeto composto, onde os elementos são arranjados e conjugados de maneira significativa para os usuários (Fremlin; Robinson, 1998). A transição do formato analógico para o digital, no entanto, levanta desafios fundamentais: como manter a estrutura informacional e semântica das cartas topográficas em um ambiente orientado a dados brutos? Em tempos de Big Data e SIGs, a ausência de soluções padronizadas para a representação cartográfica desses dados limita sua acessibilidade, deixando a tarefa de simbolização e organização dos elementos espaciais a cargo dos próprios usuários.

É com base nesta lacuna que este trabalho se estrutura: identificar alternativas de representação cartográfica de dados geoespaciais de referência brasileiros para os usuários. Atualmente, as opções de produtos cartográficos equivalentes às folhas topográficas são despadronizadas ou ficam a cargo do usuário, que utiliza SIGs para essa tarefa. Isso reduz a acessibilidade e o uso das informações geoespaciais, limitando seu horizonte de uso devido às dificuldades tecnológicas de manipulação dos dados, restringindo-se a especialistas. Ao refletir sobre a pertinência desse modelo para o contexto atual, este trabalho busca evidenciar a necessidade de preservar a coerência da representação cartográfica, garantindo que a transição tecnológica não comprometa a legibilidade e a aplicabilidade desses produtos no suporte à análise e à tomada de decisão.

Portanto, ao observar a forma como o mapeamento de referência atualmente é disponibilizado aos usuários, exclusivamente por meio da disponibilização dos dados digitais e sem a implementação de convenção cartográfica oficial ou qualquer outra simbolização cartográfica adequada, se estabeleceu o problema da pesquisa. Quais ferramentas tecnológicas atuais, considerando o uso de software livre e *open source*, e com o objetivo de ampliar os padrões e as possibilidades de distribuição de dados via *web*, propiciam a construção de conhecimento espacial para usuários da cartografia de referência? Diante disso, o artigo busca analisar e comparar diferentes abordagens de disponibilização de dados geoespaciais em aplicações *web*, visando melhorar a experiência do usuário das bases cartográficas de referência.

Como estudo de caso, foi escolhida a base cartográfica contínua do Rio de Janeiro na escala 1:25.000 (IBGE, 2018), escala de interface entre as escalas grandes e pequenas no mapeamento sistemático brasileiro. A contribuição deste artigo está na utilização de ferramentas de código aberto, utilizando padrões internacionais para a criação das representações, e na comparação das opções com suas vantagens, desvantagens e desempenho. Dessa forma, agentes públicos e pesquisadores podem ter os subsídios necessários para preencher essa lacuna na disponibilização de mapas topográficos à população no ambiente tecnológico atual. Sendo assim, ao se observar a forma como o mapeamento de referência atualmente é disponibilizado aos usuários, apenas por meio do oferecimento dos dados digitais e sem a implementação da convenção cartográfica oficial ou simbolização cartográfica adequada para as feições representadas, esta pesquisa busca analisar e comparar diferentes abordagens de disponibilização de dados geoespaciais em aplicações *web*, visando melhorar a experiência do usuário das bases cartográficas de referência.

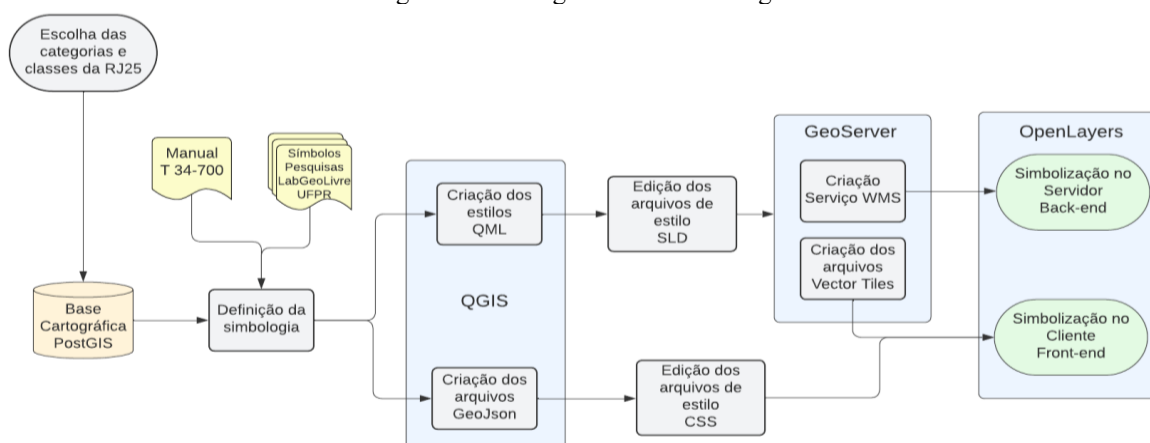
2 METODOLOGIA

Para desenvolver as estruturas necessárias para as comparações principais deste trabalho a peça-chave está no desenvolvimento de uma aplicação interativa que consome dados de um banco de dados geográfico estruturado segundo a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais ET-EDGV, usando abordagens distintas. A metodologia adotada pode ser descrita nas seguintes etapas:

- a) Representação Cartográfica e Simbologia: a primeira etapa envolveu a criação de uma representação cartográfica da base de dados, armazenada em PostgreSQL com extensão PostGIS. A simbologia foi desenvolvida seguindo as convenções cartográficas do Manual Técnico T 34-700 e pesquisas científicas existentes. Esses símbolos foram aplicados no software de código aberto QGIS e salvos como arquivos de estilo QGIS (.qml), que utiliza a *Extensible Markup Language* (XML) para descrever todas as informações necessárias para a renderização de geometrias e textos de feições no software;
- b) Publicação das Camadas Geoespaciais: a simbologia definida serviu de base para a publicação das camadas geoespaciais. Três métodos distintos foram utilizados:
 - I. Método 1 (WMS): publicação de um serviço WMS utilizando o software de código aberto *Geoserver*, com estilos no padrão *Styled Layer Descriptor* (SLD);
 - II. Método 2 (*Vector Tiles*): uso direto de arquivos GeoJSON para a publicação dos dados, onde a simbolização também é realizada na aplicação cliente usando o formato *Cascading Style Sheets* (CSS);
 - III. Método 3 (GeoJSON): publicação de dados utilizando *Vector Tiles*, também no *Geoserver*, conforme a especificação *Mapbox Vector Tile Specification* (2016), com a simbolização realizada na aplicação cliente via CSS.
- c) Desenvolvimento da Aplicação Cliente: a terceira etapa consistiu no desenvolvimento de uma aplicação cliente com um mapa interativo, utilizando a biblioteca *JavaScript OpenLayers*, uma ferramenta de código aberto para exibição das camadas de dados, para a visualização comparativa dos diferentes métodos de disponibilização dos dados geoespaciais;
- d) Comparação das Abordagens: A última etapa envolveu a comparação das abordagens adotadas, avaliando suas vantagens e desvantagens. Os parâmetros considerados para a comparação dos métodos foram, principalmente, a estrutura, o volume de dados transferidos e o desempenho no processamento e renderização dos mapas. Também foram levadas em consideração a flexibilidade de interação do usuário, a qualidade gráfica e a viabilidade de simbolização dos arquivos de estilo.

A Figura 3 apresenta um fluxograma detalhado contendo as etapas da metodologia utilizada ao longo desta pesquisa.

Figura 3 – Fluxograma da metodologia.



Fonte: Os autores (2024).

Neste trabalho, foi adotado como conjunto de dados de referência a Base Cartográfica Vetorial Contínua do estado do Rio de Janeiro na escala 1:25.000 (RJ25), modelada conforme a Especificação Técnica ET-EDGV versão 3.0, contemplando 19 categorias de informação e possuindo ao todo 133 classes. Conforme

a Nota Técnica do IBGE, esta base está disponível em formatos livres como *Shapefile*, *GeoPackage* e *dump* do banco *PostGis* para uso em SIG (IBGE, 2018). Neste trabalho, foi utilizado o *dump* do banco de dados.

2.1 Preparação da base cartográfica e definição da simbologia

O critério adotado para a escolha das classes utilizadas foi que o produto final, ou seja, o mapa interativo, se assemelhasse o máximo possível, em termos visuais, a uma folha topográfica tradicional.

Neste trabalho foram selecionadas 33 classes, segundo a ET-EDGV 3.0, abrangendo as três primitivas geométricas e totalizando um volume de dados de aproximadamente 2,25 GB. Mesmo sendo um extrato da base cartográfica RJ25, ainda há uma quantidade significativa de informações, além de envolver simbologias distintas para cada uma das camadas. O Quadro 2 apresenta as categorias e as 33 classes que compõem a base cartográfica adotada nesta pesquisa, assim como suas respectivas primitivas geométricas, segundo a ET-EDGV 3.0.

Quadro 2 – Categorias, classes e primitivas geométricas adotadas, segundo a ET-EDGV 3.0.

Categorias	Classes	Primitiva Geométrica
Energia e Comunicações (ENC)	- Antena de Comunicação	Ponto
	- Est. Geradora de Energia Elétrica	Área
	- Trecho de Energia	Linha
Estrutura Econômica (ECO)	- Extração Mineral	Ponto
Hidrografia (HID)	- Massa d'água	Área
	- Terreno Sujeito a Inundação	Área
	- Trecho de Drenagem	Linha
Limites e Localidades (LML)	- Aglomerado Rural Isolado	Ponto
	- Área Densamente Edificada	Área
	- Capital	Ponto
	- Cidade	Ponto
	- Nome Local	Ponto
	- Vila	Ponto
	- Limite Administrativo	Linha
Relevo (REL)	- Curva de Nível	Linha
	- Elemento Fisiográfico Natural	Ponto e Área
	- Ponto Cotado Altimétrico	Ponto
Sistema de Transporte (TRA)	- Ponte	Linha
Sistema de Transporte / Subsistema Aeroportuário (AER)	- Pista Ponto Pouso	Ponto e Linha
Sistema de Transporte / Subsistema Ferroviário (FER)	- Trecho Ferroviário	Linha
Sistema de Transporte / Subsistema Rodoviário (ROD)	- Trecho Rodoviário	Linha
Vegetação (VEG)	- Brejo ou Pântano	Área
	- Campo	Área
	- Floresta	Área
	- Mangue	Área
	- Vegetação Cultivada	Área
	- Vegetação Restinga	Área
Classes Base do Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas (CBGE)	- Cemitério	Ponto
	- Trecho de Arruamento	Linha
Cultura e Lazer (LAZ)	- Campo ou Quadra	Ponto
Edificações (EDF)	- Edif. Ensino	Ponto
	- Edif. Pública Militar	Ponto
	- Edif. Posto Pol. Rod. Fed.	Ponto




























Fonte: Os autores (2024).

A definição da simbologia foi realizada empregando o software QGIS 3.28 'Firenze', modificando a simbologia e rótulos das classes previamente selecionados da base cartográfica RJ25. Como os dados geoespaciais utilizados na pesquisa fazem parte do mapeamento topográfico de referência nacional e seguem

a modelagem conceitual oficial de 2018 (ET-EDGV), a aplicação da simbologia considerou, inicialmente, as convenções cartográficas descritas no Manual Técnico T 34-700. No entanto, sua versão mais recente, datada de 1998 e 2002, é anterior à modelagem dos dados atualmente disponíveis. Diante disso, foi necessário adotar, para algumas feições, símbolos propostos e testados por pesquisadores em trabalhos científicos mais recentes (Sluter et al., 2018; Silveira et al., 2021; Pisetta; Faria Andrade; Camboim, 2023; Araujo; Andrade; Camboim, 2023; Ramos, 2023) disponíveis na Plataforma GitHub.

De um conjunto de 15 classes que possuem aquisição através da primitiva geométrica ponto, seis foram representadas com símbolos diferentes dos definidos no manual, utilizando-se dos símbolos testados em pesquisas anteriores, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Símbolos pontuais adotados.

Feição	MT 34-700	Símbolos Adotados	Fonte
Antena de Comunicação	 Torre de Microondas		PISETTA (2021)
Extração Mineral	 Área de Mineração	 Cascalheira	Manual T34-700
Aglomerado Rural Isolado / Lugarejo	 Alto Parnaíba	 Volta do Pião	Manual T34-700
Aglomerado Rural Isolado / Povoado	 Água Branca	 Guapimirim	Manual T34-700
Capital	 PORTO ALEGRE	 RIO DE JANEIRO	Manual T34-700
Cidade	 JUIZ DE FORA	 PETRÓPOLIS	Manual T34-700
Nome Local	REGIÃO	SANTA ROSA	Manual T34-700
Vila	 Jaru	 Boa Sorte	Manual T34-700
Elemento Fisiográfico Natural	SERRA ILHA Serra Morro Ilha	MORRO DO CRUZEIRO PONTA DO BARROSO	Manual T34-700
Ponto Cotado Altimétrico	 x 431	 x 422	Manual T34-700
Pista Ponto Pouso	 CAMPO DE POUSO		Manual T34-700
Cemitério	 Cemitério	 Cemitério Parque Girassol	RAMOS (2023)
Campo ou Quadra	 Quadra de Esportes	 Campo de Futebol Grande Rio	PISETTA (2021)
Edif. Ensino	 Escola Vilas Boas	 Escola Albert Sabin	PISETTA (2021)
Edif. Pública Militar	 Palácio da Justiça	 CBMERJ	PISETTA (2021)
Edif. Posto Pol. Rod. Fed.	-	 3ª Cia/ Batalhão da Polícia Rodoviária Federal	PISETTA (2021)

Fonte: Os autores (2024).

Para tornar a identificação dos símbolos pictóricos mais clara, foi necessário apresentá-los de modo

que não houvesse confusão entre eles e o plano de fundo do mapa. Isso implica que a cor utilizada para o fundo deve ter um contraste apropriado, garantindo que o símbolo possa ser claramente distinguível em relação ao que está representado ao fundo. Esse destaque, visando a melhor identificação da figura que representa o símbolo, segue o princípio da segregação figura-fundo, que é uma das leis fundamentais da Teoria da Gestalt. Ela se refere à habilidade de discernir, entre dois elementos, qual está em primeiro plano em relação ao outro, atribuindo àquele que é mais facilmente percebido a característica de figura (Silveira, 2019). Algumas feições representadas pela primitiva geométrica pontual são identificadas apenas por seus topônimos, não possuindo, portanto, nenhuma representação sob a forma de símbolos. Para assegurar a legibilidade dos topônimos, quer estejam acompanhados por símbolos pictóricos ou não, sua representação também segue o conceito de segregação figura-fundo.

Os símbolos lineares foram, em quase sua totalidade, reproduzidos a partir das descrições gráficas contidas no Manual Técnico T 34-700, respeitando os valores de cor, espessura e espaçamento entre linhas, conforme mostrados no Quadro 4.

Quadro 4 – Símbolos lineares adotados.

Feição	MT 34-700	Símbolos Adotados	Fonte
Trecho de Energia			Manual T34-700
Trecho de Drenagem / Permanente			Manual T34-700
Trecho de Drenagem / Temporário			Manual T34-700
Limite Administrativo			Manual T34-700
Curva de Nível / Normal			Manual T34-700
Curva de Nível / Mestra			Manual T34-700
Ponte			Nova Simbologia
Pista Ponto Pouso			Manual T34-700
Trecho Ferroviário			Manual T34-700
Trecho Rodoviário / Pavimentado			Manual T34-700
Trecho Rodoviário / Desconhecido			Manual T34-700
Trecho de Arruamento			Manual T34-700

Fonte: Os autores (2024).

Para a classe ‘Trecho de Drenagem’ adotou-se duas representações, considerando, conforme modelagem da ET-EDGV 3.0, o atributo ‘Regime’. Este atributo indica o padrão de presença de água no curso d’água, se permanente ou temporário.











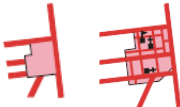



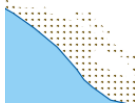






Para a representação da classe ‘Ponte’, foi adotada uma convenção diferente daquela contida no manual técnico. Essa adequação foi necessária devido à dificuldade de implementação do símbolo original.

As ferrovias possuem diversas formas de representação no Manual Técnico T 34-700 dependendo de suas características. Neste trabalho adotou-se apenas uma forma de representação, respeitando as informações de espessura e espaçamentos presentes no manual para o caso de ferrovia simples e em uso.

Quanto aos ‘Trechos Rodoviários’, optou-se por usar a classificação através do atributo ‘Revestimento’, o qual identifica a natureza do revestimento da via de deslocamento. Na modelagem da ET-EDGV 3.0 os valores para revestimento podem ser definidos como: ‘Desconhecido’, ‘Sem revestimento (leito natural)’, ‘Revestimento primário (solto)’, ‘Pavimentado’, ‘Madeira’ ou ‘Outros’. Porém, na atual versão da RJ25, apenas existe o preenchimento para os valores Pavimentado e Desconhecido. O Manual Técnico T 34-700 traz várias formas de representação para as vias de deslocamento, fazendo distinção entre rodovia de tráfego periódico, não pavimentada, autoestrada, em construção, entre outros. As convenções adotadas neste trabalho procuraram respeitar as dimensões descritas no manual para o caso de Rodovia Pavimentada e Rodovia Não Pavimentada.



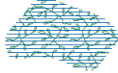


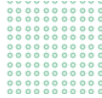
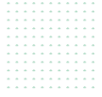
O Quadro 5, apresenta os símbolos cartográficos para as representações das feições de área obtidos do manual técnico de convenções cartográficas e os adotados nesta pesquisa.

Quadro 5 – Símbolos de área adotados (continua).

Feição	MT 34-700	Símbolos Adotados	Fonte
Est. Gerad. de Energia Elétrica	 Salto Segredo		Nova Simbologia
Massa d’água / Oceano			Manual T34-700
Massa d’água / Lagoa ou Lago			Manual T34-700
Massa d’água / Rio			Manual T34-700
Terreno Sujeito a Inundação			Manual T34-700
Área Densamente Edificada			ARAÚJO (2021)
Elemento Fisiográfico Natural / Ilha	SERRA ILHA		Nova Simbologia
Elemento Fisiográfico Natural / Praia			Manual T34-700
Elemento Fisiográfico Natural / Rocha			Nova Simbologia
Brejo ou Pântano			Nova Simbologia
Campo			Nova Simbologia

Fonte: Os autores (2024).

Quadro 5 – Símbolos de área adotados (continua).

Feição	MT 34-700	Símbolos Adotados	Fonte
Floresta			Manual T34-700
Mangue			Nova Simbologia
Vegetação Cultivada			Manual T34-700
Vegetação Restinga	-		Nova Simbologia

Fonte: Os autores (2024).

Devido à complexidade de reprodução de algumas convenções cartográficas adotadas no Manual Técnico T 34-700 para os padrões de texturas, foi necessário fazer adaptações para a representação de algumas feições e criar simbologias, principalmente àquelas utilizadas para as representar vegetação e elemento fisiográfico natural.

A simbologia para representar áreas densamente edificadas foi baseada no trabalho de Araújo (2021), que propôs uma simbologia para classes relacionadas a edificações no contexto de multiescala. As áreas edificadas na escala 1:25.000 são simplificadas a partir das edificações urbanas representadas em escalas maiores. Testes com usuários mostraram que as edificações urbanas são representadas em tons de cinza, então as áreas edificadas na escala 1:25.000 também devem ter tons de cinza associados a essas representações (Araújo, 2021). Portanto, nesta pesquisa, foi utilizada a cor cinza para representar a classe ‘Área Densamente Edificada’, com base no estudo mencionado.

No MT34-700 são mencionados quatro tipos de fontes tipográficas para representar os topônimos, mas sem uma descrição clara, tornando difícil saber qual fonte utilizar. Por isso, nesta pesquisa, foram escolhidas fontes tipográficas que se aproximam dos caracteres apresentados no manual.

O manual também não especifica qual o sistema de cor utilizado, como RGB, CMYK, HSL, HSV ou HEX, por exemplo. As folhas topográficas impressas eram feitas usando métodos manuais e analógicos e, devido às limitações técnicas, apenas cinco cores eram viáveis: azul, preto, sépia, verde e vermelho. O tom de cor para diferentes feições era determinado por uma porcentagem específica, como 30% de vermelho ou 20% de verde. Na elaboração do projeto gráfico desta pesquisa, foram utilizados outros tons de cores para representar algumas feições.

É importante ressaltar que, a fim de validar as novas simbologias produzidas durante a realização deste trabalho, é imprescindível que sejam realizados testes futuros para avaliar a sua adequação, assim como também, a aceitação pelos usuários.

A simbologia das 33 classes selecionadas nesta pesquisa foi disponibilizada em uma página no repositório GitHub em arquivos no formato QML, e podem ser acessadas clicando [aqui](#). Estes arquivos contêm todas as informações necessárias para reproduzir os estilos das camadas criadas nesta pesquisa em outros projetos do QGIS.

2.2 Implementação das camadas simbolizadas

Foram implementados três métodos diferentes para disponibilizar dados geoespaciais em aplicações

web. Para isso, foi empregado o arquivo *dump* da base RJ25, disponível para download no Portal do IBGE. O arquivo *dump* foi restaurado para criar um banco de dados hospedado em um servidor, utilizando o software *pgAdmin 4 v7* e o *PostGIS*, uma extensão espacial para o *PostgreSQL*.

2.2.1 MÉTODO 1: SIMBOLIZAÇÃO NO SERVIDOR / CAMADA A PARTIR DE SERVIÇO WMS

Com as informações da base cartográfica armazenadas no *PostgreSQL*, utilizando a extensão *PostGIS*, a configuração do serviço WMS foi feita com o *GeoServer* versão 2.23.0. Para definir a representação visual de cada classe foram criados estilos em formato SLD. Os estilos foram definidos durante a etapa de preparo da simbologia no software QGIS e exportados para o formato SLD a fim de serem utilizados no *GeoServer*.

Embora o SLD seja um formato padrão, diferentes softwares podem interpretá-lo de maneira diferente. O QGIS e o *GeoServer* podem ter interpretações distintas de certos elementos do SLD, resultando em diferenças na visualização. Portanto, alguns estilos criados no QGIS, especialmente aqueles com marcadores ou texturas, não foram suportados pelo *GeoServer*, levando a uma representação visual inadequada. Consequentemente, em muitos casos, foi necessário editar os arquivos SLD para garantir uma representação consistente dos dados conforme definido no projeto gráfico.

Após a configuração das classes e do estilo SLD, o serviço WMS foi publicado. Para proporcionar acesso a esse serviço WMS e visualizá-lo como um *webmap* foi desenvolvido um cliente WMS, ou seja, uma interface na qual o usuário pode visualizar e interagir com o mapa. A biblioteca escolhida para a criação da interface foi o *OpenLayers*. Os arquivos de estilo SLD gerados para as 33 classes selecionadas nesta pesquisa foram compartilhados no Github e podem ser acessados clicando [aqui](#).

2.2.2 MÉTODO 2: SIMBOLIZAÇÃO NO CLIENTE / CAMADA A PARTIR DE ARQUIVOS GEOJSON

Para a realização deste método foi utilizado o software QGIS para exportar os vetores para GeoJSON, formato de intercâmbio de dados baseados na notação *JavaScript Object Notation* (JSON). Neste formato vetorial, a renderização acontece somente quando requisitada por um cliente, *OpenLayers* por exemplo, e não pelo servidor *web*.

Neste método as feições são simbolizadas através de arquivos de estilo CSS. Estes arquivos fornecem as regras de estilo e formatação para cada feição, permitindo que elas sejam renderizadas corretamente no mapa interativo.

O conjunto de dados, gerados para as 33 classes selecionadas nesta pesquisa, resultaram em cerca de 3,52 GB. Devido ao elevado volume de dados, o *webmap* gerado pela aplicação apresentou uma carga excessiva, resultando em falhas durante o processo de carregamento. Assim, para a execução deste método foi selecionada uma área menor, visando a operacionalização do estudo comparativo entre as metodologias. A área de estudo adaptada, empregada apenas para este método, compreendeu quatro folhas topográficas na escala 1:25.000. Foi escolhida uma área que concentrasse todas as 33 classes selecionadas para esta pesquisa e suas representações nas três primitivas geométricas. Para este recorte o volume dos arquivos GeoJSON ficou com cerca de 101 MB, tornando o processamento muito mais leve.

2.2.3 MÉTODO 3: SIMBOLIZAÇÃO NO CLIENTE / CAMADA A PARTIR DE VECTOR TILES

Diferentemente do serviço WMS utilizado no primeiro método, e que tem como saída padrão de imagens georreferenciadas para apresentação do mapa, o *Geoserver* oferece também o serviço WMTS. Essa é uma forma de disponibilizar o mapa em forma de mosaico, ou seja, em vez de apresentar uma imagem completa do mapa, ele divide a imagem em tamanhos menores, chamados *tiles*.

O *GeoServer* também suporta o formato de saída para *vector tiles* através do serviço WMTS, necessitando apenas da instalação de uma extensão chamada *Geoserver Vector Tiles*. A diferença é que, em vez de utilizar mosaicos em formato de imagem, os mosaicos serão formados por blocos de dados vetoriais. Portanto, para a execução deste terceiro método, foi utilizado o *Geoserver* para produzir os *vector tiles*, no

formato *MapBox Vector* (MVT) recomendado por ser um formato binário eficiente e amplamente suportado por quase todos os aplicativos.

Nesta abordagem, foram utilizados os mesmos dados da base cartográfica que já haviam sido armazenados no *PostGIS*, conforme a descrição do primeiro método. Apesar da publicação através de *vector tiles* ser produzida a partir do *GeoServer*, eles não possuem informações de estilo atribuídas, não sendo possível utilizar os arquivos no formato SLD para aplicação da simbologia. Desta forma, foi preciso criar arquivos de estilos CSS para cada uma das classes.

Por fim, foi utilizada a biblioteca *OpenLayers* para a exposição dos dados gerados neste método com o objetivo de promover a comparação com os resultados dos métodos anteriores. Os arquivos obtidos na geração da camada para este método foram compartilhados no GitHub e pode ser acessados [aqui](#). No Quadro 6 podemos observar uma amostra dos arquivos de simbolização gerados para a camada Limite Político Administrativo.

Quadro 6 – Comparação dos formatos de arquivo de descrição da simbologia (Limites Políticos Administrativos – Linhas) (continua).

QML	<pre> <Option value="0" name="align_dash_pattern" type="QString"/> <Option value="square" name="capstyle" type="QString"/> <Option value="5;2" name="customdash" type="QString"/> <Option value="3x:0,0,0,0,0" name="customdash_map_unit_scale" type="QString"/> <Option value="MM" name="customdash_unit" type="QString"/> <Option value="0" name="dash_pattern_offset" type="QString"/> <Option value="3x:0,0,0,0,0" name="dash_pattern_offset_map_unit_scale" type="QString"/> <Option value="MM" name="dash_pattern_offset_unit" type="QString"/> <Option value="0" name="draw_inside_polygon" type="QString"/> <Option value="bevel" name="joinstyle" type="QString"/> <Option value="255,158,23,255" name="line_color" type="QString"/> <Option value="solid" name="line_style" type="QString"/> <Option value="0.6" name="line_width" type="QString"/> <Option value="MM" name="line_width_unit" type="QString"/> <Option value="0" name="offset" type="QString"/> <Option value="3x:0,0,0,0,0" name="offset_map_unit_scale" type="QString"/> <Option value="MM" name="offset_unit" type="QString"/> <Option value="0" name="ring_filter" type="QString"/> <Option value="0" name="trim_distance_end" type="QString"/> <Option value="3x:0,0,0,0,0" name="trim_distance_end_map_unit_scale" type="QString"/> <Option value="MM" name="trim_distance_end_unit" type="QString"/> <Option value="0" name="trim_distance_start" type="QString"/> <Option value="3x:0,0,0,0,0" name="trim_distance_start_map_unit_scale" type="QString"/> <Option value="MM" name="trim_distance_start_unit" type="QString"/> <Option value="0" name="tweak_dash_pattern_on_corners" type="QString"/> <Option value="0" name="use_custom_dash" type="QString"/> <Option value="3x:0,0,0,0,0" name="width_map_unit_scale" type="QString"/> </pre>
CSS	<pre> var size = 0; var placement = 'point'; var style_clip_LIM_Limite_Politico_Administrativo_L_1 = function(feature, resolution){ var context = { feature: feature, variables: {} }; var value = "" var labelText = ""; size = 0; var labelFont = "10px, sans-serif"; var labelFill = "#000000"; var bufferColor = ""; var bufferWidth = 0; var textAlign = "left"; var offsetX = 8; var offsetY = 3; var placement = 'line'; if (" " !== null) { labelText = String(""); } var style = [new ol.style.Style({ stroke: new ol.style.Stroke({color: 'rgba(0,0,0,1.0)', lineDash: [10,5,3,5], lineCap: 'round', lineJoin: 'round', width: 1.5}), text: createTextStyle(feature, resolution, labelText, labelFont, labelFill, placement, bufferColor, bufferWidth) })]; return style; }; </pre>

Fonte: Os autores (2024).

Quadro 6 – Comparação dos formatos de arquivo de descrição da simbologia (Limites Políticos Administrativos – Linhas) (conclusão).

SLD	<pre> <UserStyle> <Title>LML_Limite_Administrativo_L</Title> <FeatureTypeStyle> <Rule> <LineSymbolizer> <Stroke> <CssParameter name="stroke" style="stroke:#000000;">#000000</CssParameter> <CssParameter name="stroke-width" style="stroke-width:0.5px;">0.5</CssParameter> <CssParameter name="stroke-dasharray" style="stroke-dasharray:20 5 10 5;">20 5 10 5</CssParameter> </Stroke> </LineSymbolizer> </Rule> </FeatureTypeStyle> </UserStyle> </pre>
------------	---

Fonte: Os autores (2024).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta pesquisa, o objetivo foi explorar diferentes abordagens para a distribuição de dados de uma base cartográfica através da *web*. Foram consideradas duas formas distintas em relação ao local onde ocorre o processo de simbolização, ou seja, quando são definidos os estilos, cores e símbolos dos elementos. As possibilidades são a simbolização no servidor, também conhecida como *back-end*, e a simbolização no cliente, chamada de *front-end*.

Quando a simbolização é feita no *back-end*, a definição dos estilos dos elementos do mapa é realizada no servidor antes de serem enviados ao cliente. Essa abordagem é comum em serviços como o WMS, onde as imagens *raster* são renderizadas no servidor e a simbologia já é definida. Como todo o processamento ocorre no servidor, o navegador do usuário apenas exibe as imagens resultantes, reduzindo os requisitos de desempenho do usuário.

Por outro lado, quando a simbolização é feita no *front-end*, a definição dos estilos dos elementos do mapa acontece no navegador da *web* do usuário. A vantagem esperada para essa abordagem é que o carregamento das informações se torne mais rápido, já que a simbolização é realizada diretamente no navegador.

3.1 Comparação entre os métodos

Com o objetivo de promover a comparação entre os diferentes métodos de publicação de arquivos na *web* adotados nesta pesquisa, foi desenvolvido um *webmap* interativo utilizando a biblioteca *OpenLayers*. Foram considerados alguns parâmetros para a comparação dos métodos, permitindo uma análise em relação à estrutura e volume dos dados, eficiência e desempenho no processamento e renderização dos mapas, flexibilidade para alterações e interações por parte do usuário, bem como a qualidade gráfica das representações.

3.1.1 ESTRUTURA, VOLUME DOS DADOS E RENDERIZAÇÃO DOS MAPAS

A comparação da estrutura e do volume dos dados empregando-se métodos e tecnologias diferentes é importante para a avaliação da eficiência e do desempenho de cada abordagem. Com o objetivo de compreender o desempenho do processamento no contexto da renderização dos conteúdos do *webmap* interativo que foi criado para esta pesquisa, julgou-se necessário avaliar principalmente o tamanho e a complexidade dos dados trafegados. Porém, também deve-se levar em conta o servidor utilizado, além da conexão e da capacidade de processamento do dispositivo que está consumindo os dados no lado do cliente.

Ressalta-se que a resolução da tela tem impacto sobre o comportamento da visualização de um mapa interativo. A resolução pode afetar o tamanho dos elementos, o nível de zoom, a nitidez das imagens e até a forma como o mapa é redimensionado.

Os testes de desempenho foram realizados em *localhost*, utilizando o mesmo equipamento e conexão de internet, conforme Quadro 7.

Quadro 7 – Equipamento e conexão de internet.

Equipamento	Conexão
Fabricante do sistema: Dell Inc.	Velocidade Download: 200 Mbps
Modelo do sistema: Inspiron 5590	Velocidade Upload: 200 Mbps
Processador: Intel(R) Core(TM) i5-10210U CPU @ 1.60GHz 2.11 GHz	Latência: 12 ms
RAM instalada: 8,00 GB (utilizável: 7,79 GB)	
Placa Gráfica: Intel(R) UHD Graphics	
Tipo de sistema: Sistema operacional de 64 bits	

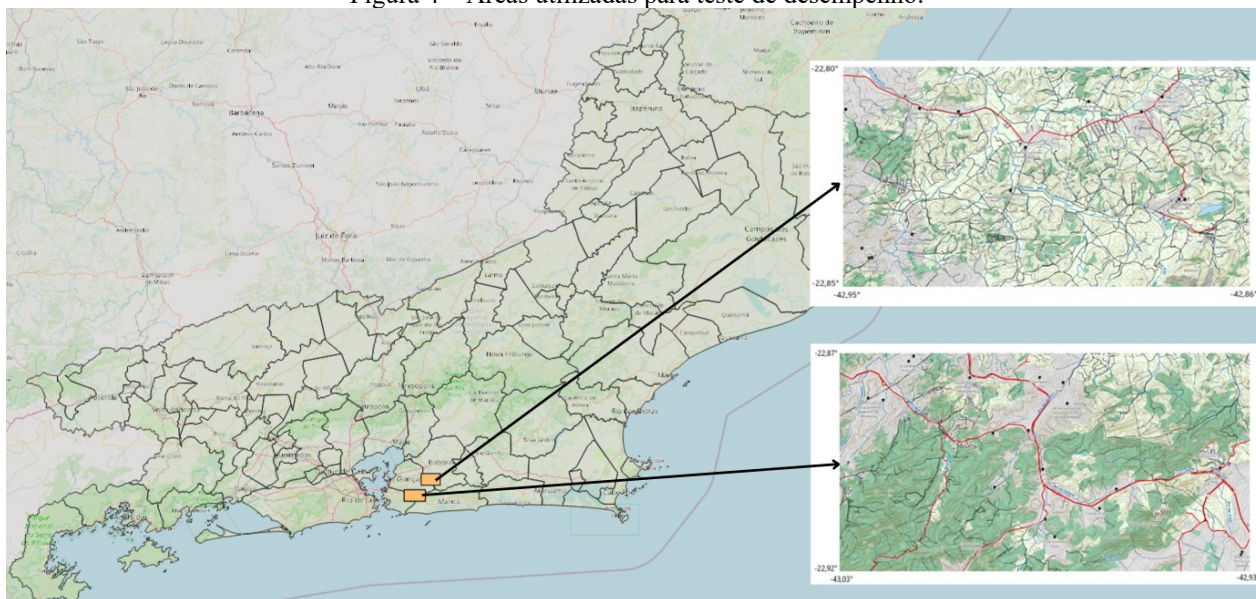
Fonte: Os autores (2024).

Para medir o desempenho de tempo de renderização e o volume de dados trafegados para cada uma das camadas, foi utilizada a ferramenta de inspeção de elemento integrada ao navegador *Google Chrome*, que permite examinar e analisar os códigos HTML, CSS e *JavaScript* da página.

Com o objetivo de determinar qual camada possui a renderização mais eficiente, as três devem apresentar na tela inicial exatamente a mesma área geográfica e com o mesmo nível de zoom. Dessa forma, qualquer diferença na eficiência de renderização entre as camadas pode ser atribuída a fatores intrínsecos de cada uma delas e não a diferenças nas áreas de cobertura ou complexidade do mapa.

Para isso, foram definidas duas áreas de testes, tomando o cuidado para que elas compreendessem o máximo de classes possível e abrangendo todas as primitivas geométricas. Foram realizadas 5 (cinco) execuções do teste para cada área e para cada camada, a fim de calcular as médias de tempo de renderização e garantir resultados mais confiáveis.

Figura 4 – Áreas utilizadas para teste de desempenho.



Fonte: Os autores (2024).

O Quadro 8 apresenta os resultados dos testes de desempenho realizados nas áreas de teste 1 e 2 para todas as camadas.

No primeiro método, em que a camada foi criada utilizando o *GeoServer* e os dados disponibilizados através de WMS, o serviço retorna a camada como imagem, em um formato PNG. Desta maneira, inclui uma etapa de geração da renderização no servidor, que implica um tempo maior de resposta.

Para o segundo método, onde foi utilizado o formato GeoJSON, os dados são transmitidos como arquivos vetoriais entre o servidor e o cliente. A transação é relativamente simples, visto que o GeoJSON é um formato bastante direto para representar geometrias e atributos. Apesar disso, o tamanho do conjunto de arquivos necessários para execução do *webmap* é muito grande, resultando em demora no carregamento da página. Embora os resultados de tempo de renderização empregando arquivos GeoJSON sejam menores do que o obtido no método utilizando WMS, é preciso lembrar que a área abrangida por esse método foi

aproximadamente 60 vezes menor. Apesar disso, o volume de dados trafegados neste método foi cerca de 14 vezes maior do que o volume de dados do método empregando WMS.

No terceiro método, utilizando *vector tiles*, a estrutura dos dados também é vetorial, mas considera uma abordagem modular, com cada *tile* contendo uma pequena parte do conjunto total dos dados. Ou seja, em vez de enviar todo o conjunto de dados geoespaciais de uma vez, o *vector tiles* permite transmitir apenas os dados necessários para a visualização de uma determinada área do mapa. Desta forma, o uso deste formato resultou em uma experiência mais rápida e fluida do mapa.

Quadro 8 – Resultados dos testes de desempenho.

ÁREA DE TESTE - 1					ÁREA DE TESTE - 2			
Método	Solicit ações	Dados Transfer idos	Recursos	Tempo de Renderização	Solicit ações	Dados Transfer idos	Recursos	Tempo de Renderização
WMS	917	7,4 MB	8,1 MB	18,8 s	765	6,3 MB	7,0 MB	16,82 s
				14,33 s				15,67 s
				12,09 s				15,35 s
				14,69 s				16,06 s
				12,98 s				15,58 s
		MÉDIA	14,58 s			MÉDIA	15,89 s	
GeoJSON	86	107 MB	107 MB	5,67 s	86	107 MB	107 MB	5,72 s
				6,64 s				5,98 s
				5,69 s				5,92 s
				5,51 s				5,76 s
				5,72 s				5,78 s
		MÉDIA	5,79 s			MÉDIA	5,83 s	
Vector Tiles	883	1,8 MB	2,2 MB	5,44 s	741	1,4 MB	1,9 MB	5,92 s
				5,95 s				5,04 s
				5,67 s				5,65 s
				5,65 s				4,91 s
				5,93 s				4,74 s
		MÉDIA	5,73 s			MÉDIA	5,25 s	

Fonte: Os autores (2024).

Os valores de dados transferidos se referem à quantidade de informações enviadas pela plataforma do mapa interativo para o dispositivo do usuário. Os recursos referem-se aos elementos que compõem a apresentação visual do mapa e suas funcionalidades interativas. Ambos são importantes para garantir uma eficiência ao utilizar o mapa interativo, pois esses aspectos podem afetar o tempo de carregamento e o consumo de dados do usuário.

Através do teste de desempenho ficou demonstrado que o uso de *vector tiles* alcançou valores reduzidos para a transferência de dados e recursos utilizados em comparação com as camadas construídas com WMS e GeoJSON. Isso ocorreu pela natureza do formato, onde apenas os dados dentro da visualização do mapa em tela e no nível de ampliação aplicado precisam ser transferidos.

3.1.2 INTERAÇÕES DO USUÁRIO

O WMS oferece uma interação limitada ao usuário. Como os mapas são fornecidos como imagens estáticas do servidor para o cliente, a interação é restrita a ações básicas. É possível recuperar as informações do WMS através de conexão com o pixel da imagem, utilizando a operação *GetFeatureInfo*, obtendo-se informações através de janela *pop-up*, por exemplo, porém não permite interagir com elementos individuais do mapa.

Os métodos com as camadas geradas a partir de arquivos GeoJSON e *vector tiles* permitem interações mais avançadas do usuário. Como os dados são transferidos em formato vetorial, é possível interagir diretamente com objetos individuais no mapa. Além disso, os mapas produzidos por meio de vetores

possibilitam que o usuário possa pesquisar locais específicos, endereços ou pontos de interesse diretamente no mapa, traçar rotas de um local para outro e até mesmo criar animações de dados temporais, por exemplo, ou do sentido da correnteza de um curso d'água.

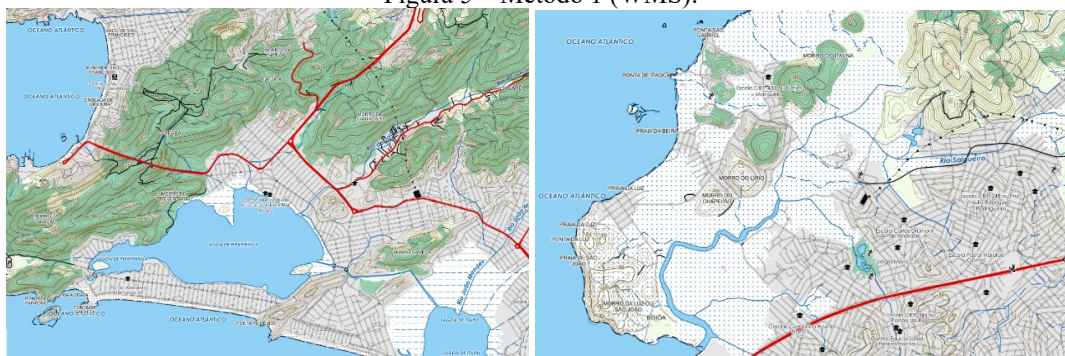
Por fim, as interações disponíveis em um mapa, seja ele WMS ou vetorial, dependerão da implementação específica e das opções que forem configuradas. Porém, os mapas interativos vetoriais, devido à natureza dos dados, permitem uma personalização mais rica e interações mais avançadas quando comparados aos mapas WMS.

3.1.3 QUALIDADE GRÁFICA E SIMBOLIZAÇÃO

Nesta pesquisa, não foram realizados testes de legibilidade, leitura de mapas ou percepção da simbologia. O conceito de Qualidade Gráfica adotado refere-se exclusivamente à fidelidade visual (a capacidade do método de representação de reproduzir os símbolos escolhidos) dos mapas gerados utilizando cada método proposto, com o objetivo de comparar as diferentes formas de apresentação. Dessa forma, considerando a consistência visual dos mapas — incluindo cores, espessura das linhas, símbolos pictóricos e topônimos —, não foram identificadas grandes variações entre os três métodos analisados.

No método que empregou o WMS a qualidade gráfica para os mapas foi satisfatória, porém, como as imagens são renderizadas no servidor e enviadas como imagens *raster* para o cliente, cada nível de zoom resulta em um conjunto de regras específicas para a escala. Nesta pesquisa o problema de generalização cartográfica não foi tratado, visto que visualização do mapa interativo foi fixada para um nível de zoom com visualização apenas na escala 1:25.000.

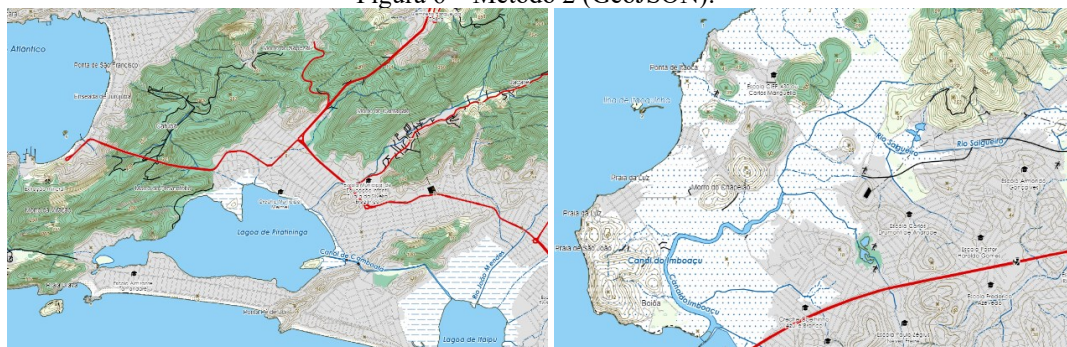
Figura 5 – Método 1 (WMS).



Fonte: Os autores (2024).

No método com arquivos GeoJSON a qualidade gráfica não depende do nível de zoom, uma vez que a sua representação é feita a partir de dados vetoriais. Desta forma, a qualidade gráfica é mantida não importando a escala, pois os objetos são simbolizados diretamente no cliente. Apenas funções básicas de generalização são adotadas de forma nativa na aplicação cliente. Também, para uma solução multiescala completa seria necessário a implementação de uma série de regras. De toda forma, este ambiente tecnológico sugere ser uma opção mais adequada para este tipo de processo.

Figura 6 – Método 2 (GeoJSON).



Fonte: Os autores (2024).

O mesmo acontece no método empregando *vector tiles*. Como os dados são transferidos em formato vetorial e os *tiles* são otimizados para renderização, a qualidade é mantida em diferentes níveis de zoom.

Figura 7 – Método 3 (Vector Tiles).



Fonte: Os autores (2024).

Quanto à simbologia aplicada, a maior diferença que pode ser relatada é referente às limitações impostas pelos arquivos de estilos SLD e CSS.

O arquivo de estilo SLD, apesar de ser uma linguagem de marcação usada propriamente para descrever a aparência de camadas geoespaciais, não oferece suporte direto a alguns efeitos gráficos. Assim sendo, as simbologias usadas para representar algumas feições de área, com texturas e hachuras, ficaram ligeiramente diferentes do que foi definido no projeto gráfico. O padrão SLD foi lançado em 2007, e não está mais sendo atualizado. Em substituição, está em desenvolvimento a *OGC API Styles* (OGC, 2024), dentro do novo conjunto de normas da OGC.

O arquivo CSS é uma linguagem de estilo criada propriamente para definir a apresentação de páginas e documentos HTML e XML na *web*, não sendo uma linguagem específica para estilização de dados geoespaciais., em virtude disso, foram encontradas dificuldades para representar as texturas e hachuras. Como não foi possível criar esses tipos de representações de forma programática através da biblioteca *OpenLayers*, uma possível solução encontrada foi utilizar texturas e hachuras no formato de imagens. Estes arquivos são consumidos e renderizados no momento da solicitação do mapa no navegador.

Nos testes realizados para aplicação da simbologia contendo texturas e hachuras nas feições de área no formato PNG, o mapa empregando *vector tiles* se tornou muito pesado, acarretando travamento e impossibilitando a sua visualização. Portanto, para este método a camada foi criada utilizando cores sólidas para aplicação da simbologia das feições áreas, conforme apresentado na Figura 7.

Os mapas topográficos gerados nesta pesquisa, utilizando WMS e *Vector Tiles*, podem ser acessados em http://www.labgeolivres.ufpr.br/topografico/RJ_topo.html.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma questão fundamental para pesquisadores e produtores de dados espaciais é como tornar acessíveis e compreensíveis as informações dos mapeamentos oficiais, especialmente no cenário tecnológico atual. O desafio consiste em gerenciar e disponibilizar dados geoespaciais de forma que o público em geral, mesmo sem experiência em geoprocessamento, consiga acessá-los e compreendê-los. A falta de uma solução de geoinformação eficaz para os mapeamentos topográficos oficiais, acompanhado de uma simbolização adequada das feições representadas, é o cerne desta pesquisa.

Foram analisados métodos de disponibilização e publicação de mapas topográficos na *web*, utilizando os dados da base cartográfica vetorial contínua do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:25.000, produzidos pelo IBGE. Como estes dados geoespaciais fazem parte do mapeamento topográfico de referência nacional, para a aplicação da simbologia aplicada neste trabalho foram levadas em consideração as convenções cartográficas oficiais descritas no Manual Técnico T 34-700, assim como, alguns resultados alcançados em trabalhos científicos prévios.

Foi desenvolvido um mapa interativo contendo camadas de representação empregando três diferentes

métodos de disponibilização de dados geoespaciais em aplicações *web*. O primeiro método utilizando o serviço WMS da OGC, o segundo método empregando arquivos no formato GeoJSON e, no terceiro método, arquivos no formato *vector tiles*.

O WMS é um dos padrões da OGC mais utilizados na implementação de infraestruturas de dados espaciais, sendo o padrão adotado pela INDE na especificação dos seus serviços. Apesar de muito empregado, este modelo possui algumas limitações de uso. Os testes de desempenho realizados demonstraram que quando se trabalha com um volume de dados muito grande as solicitações WMS podem apresentar um desempenho lento, principalmente na renderização das camadas. Além disso, funcionalidades avançadas, como consultas espaciais e interação com as feições, não são disponíveis através do WMS. O padrão SLD, especificação que permite aplicar estilos às camadas de dados geográficos em um WMS, é também bastante utilizado. Essa é uma vantagem, pois garante que seja uma solução interoperável e padronizada. Porém, embora seja uma linguagem propriamente destinada a estilizar camadas geoespaciais, alguns efeitos gráficos não foram possíveis de serem criados, como demonstrado durante essa pesquisa. Outro problema encontrado foi que ao se fazer uso de estilos complexos para representação dos dados, há uma limitação e interferência no desempenho do serviço WMS. A implantação de estilos elaborados exige mais recursos computacionais para renderização, o que resultou em uma diminuição da velocidade de resposta do serviço. Adicionalmente, tanto os padrões WMS como o SLD, como todos os padrões da OGC baseado na arquitetura orientada a serviços, estão sendo substituídos pelas novas OGCs APIs e, portanto, não mais atualizados. É importante que as IDEs em geral, e a INDE em particular, se preparem para esta mudança tecnológica que está acontecendo.

O segundo método, utilizando arquivos vetoriais no formato GeoJSON, foi a solução que se mostrou menos adequada para a publicação de um grande volume de dados geoespaciais na *web*. Quando se considerou trabalhar com todos os dados da base cartográfica RJ25 selecionados para esta pesquisa, verificou-se que o volume gerado pelos arquivos foi muito grande, ocasionando em falha ao abrir o mapa. Para obtenção de resultados através deste método, optou-se por utilizar uma região de estudo com área menor, a fim de reduzir o tamanho total dos arquivos. Se por um lado a solução gráfica vetorial apresenta um bom resultado, o volume de dados é impraticável.

Nesta lacuna entra o terceiro método, que utilizando a publicação por *vector tiles*, se revelou a melhor solução dentre as três abordagens. Ao contrário do WMS, onde a renderização para cada solicitação é realizada pelo servidor, os dados vetoriais são otimizados para exibição no cliente, o que permite um desempenho mais rápido da renderização do mapa. Os resultados do teste de desempenho indicaram que o uso de *vector tiles* reduz significativamente o tamanho de dados transferidos e os recursos, em comparação com as solicitações feitas através do serviço WMS ou com arquivos GeoJSON, o que resulta em um carregamento mais rápido do mapa.

Os resultados alcançados por essa pesquisa confirmam a necessidade de atualização dos padrões estabelecidos pela INDE para publicação dos dados geoespaciais, pois somente o método que empregou serviço WMS é considerado no seu Plano de Ação de 2010.

A tecnologia de *vector tiles* já é uma realidade adotada pelas grandes plataformas de mapas da *web*. O não acompanhamento desta tendência por parte das instituições responsáveis pelo mapeamento oficial brasileiro resulta no emprego de geoserviços tradicionais, como o WMS, e sem o emprego da simbolização padronizada para este tipo de dado. É imprescindível que as instituições governamentais acompanhem essa evolução tecnológica, a fim de assegurar a eficiência e inovação das soluções de geoinformação. Dessa forma, poderão disponibilizar à sociedade mapas topográficos com recursos avançados e interativos, propiciando a construção de conhecimento espacial para usuários da cartografia de referência.

4.1 Pesquisas futuras

- a) **Desenvolvimento de Novas Normas e Padrões:** esta pesquisa evidencia a necessidade de atualização das normas e padrões da INDE, especialmente para a incorporação de tecnologias mais modernas, como Vector Tiles e as OGCs API baseadas em arquiteturas REST (Representational State Transfer). Pesquisas futuras podem apoiar o desenvolvimento de normas específicas para a estilização e publicação de dados geoespaciais dentro deste ambiente tecnológico, bem como na atualização de padrões

- existentes;
- b) **Testes de Usabilidade:** a avaliação da simbologia não fez parte do escopo deste projeto, que se concentrou na análise dos métodos computacionais de representação cartográfica. No entanto, a pesquisa para a proposição de novas simbologias é um tema altamente relevante e deve ser acompanhada por testes de usabilidade e aceitação pelos usuários finais. Um exemplo seria o aprofundamento do estudo sobre o tom de cor das áreas edificadas, conforme apresentado por Grassi e Pugliesi (2024). Pesquisas futuras podem explorar como diferentes grupos de usuários interpretam os mapas a partir dessas proposições e de que forma as diversas categorias de feições e rótulos interagem entre si;
 - c) **Testes de Desempenho:** Podem ser realizados testes promovendo vários acessos simultâneos a fim de se avaliar o desempenho entre os métodos utilizando WMS e vector tiles;
 - d) **Exploração de Tecnologias Emergentes:** a evolução constante das tecnologias geoespaciais exige que novas abordagens sejam continuamente exploradas e avaliadas. Estudos futuros podem investigar o uso de tecnologias emergentes, como inteligência artificial e aprendizado de máquina, para otimizar a renderização e a personalização de mapas interativos;
 - e) **Aplicação em Mapas Interativos Multiescala:** a pesquisa também aponta para a necessidade de soluções multiescala eficientes que integrem dados de diferentes resoluções e escalas de forma harmoniosa. Investigações futuras podem desenvolver métodos para integrar dados geoespaciais em diferentes escalas, mantendo a consistência e a qualidade das representações cartográficas;
 - f) **Avaliação em Dispositivos Móveis:** o panorama tecnológico atual indica uma crescente demanda pelo consumo de dados geoespaciais por meio de dispositivos móveis, com abordagens mobile-first se tornando cada vez mais disseminadas (Roth et al., 2024). Embora a análise neste artigo tenha sido realizada em ambiente desktop, as tecnologias de mapeamento web empregadas também podem ser utilizadas em dispositivos móveis, e as avaliações realizadas são também relevantes neste ambiente. Além disso, a simbologia cartográfica para telas menores exige adaptações específicas, sendo um tema importante para pesquisas futuras que busquem garantir a legibilidade e a usabilidade dos mapas em diferentes contextos de uso.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná (PPGCG/UFPR). Ao colega e servidor da UFPR, Edson Flavio de Souza, que foi fundamental para a publicação dos mapas gerados nesta pesquisa através do labgeolivres.ufpr.br.

Contribuição dos Autores

Conceptualização: Bastos, T. L. e Camboim, S. P.; Curadoria dos Dados, Análise Formal e Investigação: Bastos, T. L.; Metodologia: Bastos, T. L. e Camboim, S. P.; Supervisão: Camboim, S. P.; Visualização, Redação - minuta inicial e Redação - revisão e edição: Bastos, T. L.

Conflitos de Interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

- Araujo, V. S.; Andrade, A. F.; Camboim, S. P. (2023). A Proposal for Multi-scale Topographic Map Symbols for Roads and Buildings in Brazilian Urban Areas. *The Cartographic Journal*, v. 60, n. 1. <https://doi.org/10.1080/00087041.2022.2152977>
- Buckley, A. R.; Frye, C.; Battenfield, B. (2025). An Information Model for Maps: Towards Cartographic Production from GIS Databases. <https://www.semanticscholar.org/paper/An-Information-Model-for-Maps%3A-Towards-Cartographic-Buckley-Frye/fe562345dad6305168f5c25d0036329d580cdd40>

- Casanova, M. A.; Câmara, G.; Davis Jr., C. A.; Vinhas, L.; Queiroz, G. (2005). *Banco de dados geográficos. MundoGEO*.
- Comissão Nacional de Cartografia. (2010) *Plano de Ação para a Implantação da INDE*. (CONCAR: 2010).
- Exército Brasileiro. (1998). *Manual Técnico de Convenções Cartográficas T 34-700, 1ª Parte*. https://geoportal.eb.mil.br/portal/images/./2024/T_34700_P1.pdf
- Exército Brasileiro. (2000). *Manual Técnico de Convenções Cartográficas T 34-700, 2ª Parte*. https://geoportal.eb.mil.br/portal/images/Documentos/2024/T_34700_P2.pdf
- Exército Brasileiro. (2017). *Especificação Técnica para a Estruturação dos Dados Geoespaciais Vetoriais ET-EDGV 3.0*. <http://www.geoportal.eb.mil.br/index.php/inde?id=142>.
- Fremlin, G.; Robinson, A. H. (1998). What Is It That Is Represented on a Topographical Map? *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, v. 35, n. 1–2, p. 13–19. <https://doi.org/10.3138/CP64-0LM7-0P51-PT77>
- Grassi, G.; Pugliesi, E. A. (2024). Color preferences for cartographic symbol designs of urban buildings in western São Paulo State on topographic maps at a 1:10,000 scale. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 30, p. e2024018. <https://doi.org/10.1590/s1982-21702024000100018>.
- Guptill, S. C.; Starr, L. E. (1988). Making Maps with Computers. *American Scientist*, v. 76, n. 2, p. 136–142.
- Hesse, W.; Williamson, I. P. (1993) The authoritative topographic-cartographic information system. *Australian Surveyor*, v. 38, n. 3, p. 190-196. <https://doi.org/10.1080/00050326.1993.10438862>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023). *Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio de Janeiro na escala 1:25.000, versão 2018, na ET-EDGV 3.0* (Nota Técnica 01/2023). https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc25/rj/versao2018_edgv_3.0/informacoes_tecnicas/NT01_2023_BC_RJ_20230623.pdf
- Issmael, L. S.; Ferreira, L. F. (2003). Generalização Cartográfica: Determinação de Conceitos e Terminologias. *Anais do III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas*. http://www.labgeolivre.ufpr.br/arquivos/ANAIS_CBCG_2003.pdf
- Keats, J. S. (1976) *Cartographic design and production*. Longman.
- Kraak, M.J.; Ormeling, F. (2023). *Cartography: Visualization of Geospatial Data*. 4th edition. CRC Press.
- Longley, P. A.; Goodchild, M. F.; Maguire, D. J.; Rhind, D. W.; Schneider, A.; Weber, E. J.; Hasenack, H.; Filho, J. L.; Bahiana, L. C.; Fitz, P. R. (2012) *Sistemas e Ciência da Informação Geográfica*. 3a edição. Bookman.
- Menezes, P. M. L.; Cruz, C. B. M.; Fernandes, M. C. (2022). A Geoinformação na Pesquisa em Geografia no Contexto do PPGG/UFRJ. *Espaço Aberto*, v. 12, n. 2, p. 65–86. <https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2022.55024>.
- Monmonier, M. (2015). *The History of Cartography, Volume 6: Cartography in the Twentieth Century*. University of Chicago Press.
- Pisetta, J. A.; Andrade, A. F.; Camboim, S. P. (2023). Proposal and evaluation of pictorial symbols for reference mapping on mobile devices. *International Journal of Cartography*, v. 0, n. 0, p. 1-18.
- Roth, R. E.; Çöltekin, A.; Delazari, L.; Denney, B.; Mendonça, A.; Ricker, B. A.; Shen, J.; Stachon, Z.; Wu, M. (2024). Making maps & visualizations for mobile devices: A research agenda for mobile-first and responsive cartographic design. *Journal of Location Based Services*, v. 18, n. 4, p. 408-478. <https://doi.org/10.1080/17489725.2023.2251423>.
- Silveira, F.; Machado A. A.; Andrade A. F.; Camboim S. P. (2021). Símbolos Pontuais para o Mapeamento Topográfico em Escala Grande. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 73, n. 2, p. 359–374. <https://doi.org/10.14393/rbcv73n2-57110>
- Sluter, C. R. (2008). Uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento de projeto cartográfico como parte do processo de comunicação cartográfica. *Portal da Cartografia*, vol.1, núm. 1, pp. 1-20. <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia/issue/view/v.1%20n.1>

Stoter, J.; Meijers M.; Oosterom P. V.; Grunreich, D.; Kraak, M. (2010). Applying DLM and DCM concepts in a multi-scale data environment. *Symposium on Generalization and Data Integration*. <https://research.utwente.nl/files/31027409/Stoter2010applying.pdf>

Tomlinson, R. F. (1988). The Impact of the Transition from Analogue to Digital Cartographic Representation. *The American Cartographer*, v. 15, n. 3, p. 249–262.

Biografia do Autor Principal



Tiago Luiz Bastos possui graduação em Engenharia Cartográfica pela Universidade Federal do Paraná e mestrado em Ciências Geodésicas pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná (PPGCG/UFPR). Atualmente exerce o cargo de Tecnologista em Informações Geográficas e Estatísticas na Coordenação de Cartografia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.