

# Análise de Dados Geográficos Utilizando o PostGIS: Um Estudo de Caso das Rotas de Ônibus no Município de Divinópolis-MG

Rafael Henrique dos Santos Simão<sup>1</sup> Agadir José Dias Aquino<sup>1</sup> Raul Mata Diz Luz<sup>1</sup>  
Rafael Souza Tavares de Castro<sup>1</sup> John Kauan Oliveira Passos<sup>1</sup>  
Victor Felipe de Oliveira<sup>1</sup> Adriana Zanella Martinhago<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas  
Universidade Federal do Viçosa campus Rio Paranaíba

{rafael.santos, agadir.aquino, raul.luz, rafael.souza}@ufv.br,

{john.passos, victor.felipe, adriana.martinhago}@ufv.br

**Abstract.** *Urban mobility is a growing challenge in mid-sized cities, requiring data-based solutions to optimize public transportation. This study presents a spatial analysis of the bus network in Divinópolis–MG, aiming to identify inefficiencies and underserved areas. The PostGIS platform was used to integrate and process geographic layers such as streets, neighborhoods, and administrative boundaries. With the GeOM library, complex spatial operations were applied to data from the local transit provider. The analysis revealed route redundancies and coverage gaps. As a result, BRT route implementation was proposed, along with an interactive web interface to support data visualization and decision-making.*

**Resumo.** *A mobilidade urbana é um desafio crescente em cidades de médio porte, exigindo soluções baseadas em dados para otimizar o transporte coletivo. Este trabalho analisa a rede de ônibus de Divinópolis–MG, visando identificar ineficiências e áreas mal atendidas. Utilizou-se o SGBD PostgreSQL com sua extensão espacial PostGIS para integrar e processar camadas geográficas como vias, bairros e limites administrativos. Com a biblioteca GeOM, foram realizadas operações espaciais sobre dados da concessionária local. A análise revelou redundâncias de rotas e falhas de cobertura. Como resultado, propôs-se a implementação de rotas BRT na cidade, além de uma interface web interativa para visualização dos dados e apoio à tomada de decisão.*

## 1. Introdução

A mobilidade urbana é um elemento-chave do desenvolvimento sustentável exercendo papel fundamental na configuração das dinâmicas sociais, econômicas e ambientais das cidades modernas [United Nations Economic Commission for Europe 2020]. Neste contexto, sistemas de transporte público eficientes não apenas contribuem para a redução dos congestionamentos e das emissões de poluentes, mas também ampliam o acesso à cidade, promovem a equidade social e aumentam a qualidade de vida urbana [Andrade et al. 2023].

Em cidades de médio porte, como Divinópolis localizada no estado de Minas Gerais, a alocação estratégica de recursos e a busca por soluções otimizadas tornam-se ainda

mais relevantes para garantir um transporte público eficaz e inclusivo [Matias 2025]. O município conta com um instrumento de planejamento urbano, o Plano Diretor de 2021 [Prefeitura Municipal de Divinópolis 2021a], estabelece diretrizes importantes para o desenvolvimento territorial, serve como base para realinhamentos no sistema de transporte e foi um dos pilares deste trabalho.

O objetivo principal deste trabalho é revisar a estrutura atual das rotas de ônibus em Divinópolis/MG, identificando redundâncias operacionais e áreas subatendidas, de modo a propor a implementação de um modelo de transporte do tipo BRT (*Bus Rapid Transit*). A proposta visa aumentar a eficiência do sistema em regiões de maior demanda e densidade populacional, ao mesmo tempo em que promove a equidade no acesso ao transporte público.

A eliminação de sobreposições desnecessárias de linhas pode gerar economia de combustível, reduzir a ociosidade da frota e melhorar a frequência dos serviços. Paralelamente, o redirecionamento de recursos para áreas mal atendidas fortalece o princípio da justiça social e contribui para uma mobilidade urbana mais sustentável.

## **2. Trabalhos Relacionados**

Vários estudos têm aplicado análises espaciais e de redes ao transporte coletivo urbano, com o intuito de compreender a estrutura, a eficiência e a abrangência dos sistemas em operação. Neste capítulo, destacam-se três trabalhos que se relacionam diretamente com os objetivos desta pesquisa.

[Caminha et al. 2016] investigaram o transporte público urbano utilizando técnicas de redes complexas para identificar comunidades e gargalos operacionais em sistemas de ônibus. O estudo propõe uma abordagem baseada em detecção de comunidades para apontar regiões com sobreposição de linhas e desperdício de recursos. Essa abordagem se relaciona com o presente artigo na medida em que ambos buscam detectar ineficiências operacionais — embora o estudo atual utilize operações espaciais no Post-GIS como base metodológica, o objetivo de identificar sobreposições e propor melhorias é convergente.

[Pumar et al. 2018] realizaram uma análise topológica da rede de ônibus do Rio de Janeiro por meio dos modelos *B-space*, *P-space* e *C-space*. A pesquisa demonstrou como diferentes representações podem revelar propriedades estruturais da rede, como conectividade e redundância. Tal abordagem oferece uma base teórica complementar à deste artigo, especialmente no que diz respeito à identificação de padrões de sobreposição de rotas e concentração de trajetos em determinados eixos urbanos.

Por fim, [Lobo et al. 2020] analisou os impactos da metropolização sobre o transporte coletivo na Região Metropolitana de Goiânia. A pesquisa discutiu como a expansão urbana desordenada gera desigualdades no acesso ao transporte público, algo também observado em Divinópolis. O presente artigo compartilha com esse estudo a preocupação com a cobertura espacial do sistema e busca, de forma semelhante, identificar áreas mal atendidas para subsidiar a formulação de rotas mais equitativas.

Em conjunto, esses trabalhos reforçam a importância de abordagens analíticas e espaciais no diagnóstico de sistemas de transporte coletivo e contribuem metodologicamente para o aprimoramento da rede em contextos urbanos diversos.

### 3. Metodologia

A metodologia para o desenvolvimento deste projeto foi estruturada em cinco etapas fundamentais: (1) Coleta e organização dos dados geográficos; (2) Estruturação do banco de dados geográfico; (3) Configuração do servidor de mapas; (4) Desenvolvimento da aplicação SIG WEB (Sistema de Informação Geográfica na Web); e (5) Testes e validações. Cada fase foi fundamentada em um referencial técnico sólido, foram utilizadas ferramentas de código livre e princípios de planejamento urbano georreferenciado. A seguir, é detalhada cada uma dessas etapas.

#### 3.1. Coleta e Organização dos Dados Geográficos

A primeira etapa constitui-se de identificar, selecionar e organizar os dados geográficos e alfanuméricos que formariam a base de dados espacial do SIG WEB.

A área de estudo delimitada corresponde ao território urbano do município de Divinópolis localizado no estado de Minas Gerais, com extensão territorial de aproximadamente 709 km<sup>2</sup>, situado nas coordenadas centrais aproximadas de latitude -20.145° e longitude -44.891°. A Figura 1 mostra a localização da área de estudo.

Localização município Divinópolis - MG

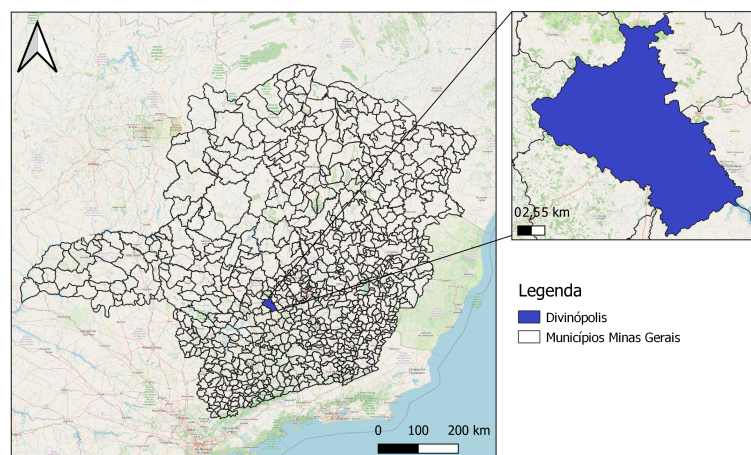


Figura 1. Localização da área de estudo

Os dados utilizados foram obtidos de fontes confiáveis, públicas e abertas, sendo elas:

- **IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística):** utilizado para a obtenção das geometrias vetoriais de limites municipais e setores censitários, além dos dados demográficos associados ao Censo de 2022 [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2022].
- **OpenStreetMap (OSM):** plataforma colaborativa que forneceu a base cartográfica da malha viária, pontos de interesse e outras infraestruturas urbanas [OpenStreetMap Contributors 2024].

- **Plano Diretor de Divinópolis (2021)**: fonte para as informações de zoneamento, traçado das linhas de ônibus em operação, localização de polos atrativos de viagens e equipamentos públicos [Prefeitura Municipal de Divinópolis 2021b].
- **Portal da Trancid**: utilizado para obter as rotas atuais dos ônibus urbanos de Divinópolis, cujos itinerários foram visualizados, exportados para o Google Maps e posteriormente convertidos em arquivos vetoriais (KML/KMZ) para inserção no sistema [Trancid Transportes Urbanos 2024].
- **Google Maps e Google Earth Pro**: empregados como ferramentas complementares para a conferência visual de dados e para a coleta de coordenadas de locais sem mapeamento oficial [Google 2024].

Para assegurar a compatibilidade e a acurácia espacial do sistema, todos os dados vetoriais foram padronizados para o sistema de referência geodésico **SIRGAS 2000 / UTM Zona 23S**. As camadas foram então convertidas para os formatos padrões da indústria SIG (*Shapefile*, *GeoJSON*, *PostGIS*), passando por um processo de tratamento de dados, com seus atributos devidamente organizados e documentados.

Além da organização e padronização, os dados foram sistematicamente preparados para permitir análises espaciais posteriores no sistema gerenciador de banco de dados *PostgreSQL* e sua extensão espacial *PostGIS*. Durante este processo, atributos relevantes foram enriquecidos e classificados, como identificadores únicos de linhas de ônibus, códigos de bairros, e informações associadas aos setores censitários.

Este preparo visou garantir que, nas etapas seguintes, fosse possível realizar operações como: interseção espacial entre rotas, criação de zonas de cobertura por *buffer*, identificação de regiões subatendidas, bem como a análise da densidade de linhas em eixos urbanos. Assim, a coleta e organização dos dados não se limitaram ao armazenamento, mas foram concebidas desde o início como base analítica para diagnósticos territoriais da mobilidade urbana.

### 3.2. Estruturação do Banco de Dados Geográfico

Para o armazenamento, manipulação e consulta dos dados, foi utilizado o SGBD *PostgreSQL* e sua extensão espacial *PostGIS*. Esta solução oferece suporte robusto e nativo para operações com dados geográficos [PostgreSQL Global Development Group 2024].

O desenho do banco de dados foi concebido para abrigar as entidades centrais do projeto em tabelas distintas:

- `tbl_setores_censitarios`: contém os polígonos censitários e seus dados demográficos;
- `tbl_vias_urbanas`: armazena as linhas que representam o sistema viário;
- `tbl_pontos_interesse`: agrega pontos de referência como hospitais, terminais e equipamentos públicos;
- `tbl_linhas_onibus`: registra os traçados das rotas de ônibus, atuais e propostas;
- `tbl_terminais_brt`: mapeia localização sugerida para os terminais do novo sistema de BRT (*Bus Rapid Transit*).

Para agilizar as consultas espaciais e garantir o desempenho na exibição dos mapas, foram criados índices espaciais do tipo *GIST* (*Generalized Search Tree*), aplicados

sobre os campos geométricos das tabelas principais. A estrutura relacional foi fortalecida com o uso de chaves primárias e estrangeiras, assegurando a consistência referencial entre os dados e permitindo a integração dinâmica com o sistema de visualização SIG WEB.

O projeto do banco foi elaborado com foco não apenas no armazenamento, mas principalmente na execução de consultas espaciais otimizadas. Foram utilizados os tipos de dados `geometry` e `geography` do *PostGIS*, adequados ao tratamento de feições vetoriais como linhas e polígonos. Essa estrutura possibilita operações como interseção espacial (`ST_Intersects`), análise de proximidade (`ST_DWithin`) e criação de buffers (`ST_Buffer`), que foram fundamentais para as análises apresentadas nos resultados deste trabalho.

Também foi utilizada a biblioteca *GeOM* do *PostGIS* para realizar operações geométricas complexas e consultas espaciais otimizadas.

### 3.3. Configuração do Servidor de Mapas

Com o banco de dados geográfico estruturado, a próxima etapa foi a configuração do servidor de mapas. Foi utilizado o software **GeoServer**, uma plataforma de código aberto compatível com os padrões do *Open Geospatial Consortium* (OGC) [GeoServer Project 2024]. O GeoServer foi escolhido por sua robustez, flexibilidade na publicação de camadas geográficas e ampla compatibilidade com bibliotecas web como *Leaflet.js* e *OpenLayers*.

Os dados foram conectados ao GeoServer por meio de um *data store* do tipo PostgreSQL/PostGIS, permitindo a leitura direta das tabelas espaciais construídas anteriormente. Cada camada foi publicada como serviço WMS (*Web Map Service*) e WFS (*Web Feature Service*), possibilitando tanto a renderização gráfica dos mapas quanto a recuperação dinâmica de dados vetoriais.

As camadas visuais foram estilizadas com arquivos *SLD* (*Styled Layer Descriptor*), configurando cores, espessuras de linha, escalas de visibilidade e categorias temáticas. Essa estilização foi fundamental para distinguir visualmente os diferentes elementos da rede de transporte, como rotas atuais, rotas propostas, vias principais e regiões de interesse.

Durante o desenvolvimento, o GeoServer foi hospedado localmente (*localhost*), e posteriormente testado para publicação externa. Sua arquitetura permitiu a comunicação eficiente entre o *front-end* da aplicação SIG WEB e os dados espaciais armazenados no banco, possibilitando atualizações em tempo real conforme as camadas fossem modificadas ou consultadas.

Essa camada intermediária foi essencial para garantir a interoperabilidade do sistema, bem como a escalabilidade do projeto em ambientes web, proporcionando uma experiência fluida e interativa ao usuário final.

### 3.4. Desenvolvimento da Aplicação SIG WEB

A camada de apresentação do projeto, a interface interativa SIG WEB, foi construída com o uso da biblioteca **Leaflet.js**, uma ferramenta eficiente para renderização de mapas dinâmicos em navegadores modernos. A estrutura da aplicação foi desenvolvida com tecnologias web abertas: **HTML5**, **CSS3** e **JavaScript**, garantindo leveza, responsividade e compatibilidade com múltiplas plataformas.

A comunicação com o GeoServer foi realizada por meio de requisições assíncronas (AJAX), permitindo que as camadas geográficas fossem carregadas e atualizadas dinamicamente, sem recarregar a página. Essa arquitetura tornou a aplicação responsiva e funcional mesmo em dispositivos com recursos limitados, como *smartphones* e *tablets*.

Mais do que uma simples interface de visualização, o SIG WEB foi projetado como uma ferramenta de apoio à análise espacial, permitindo que usuários e gestores explorem os dados de forma interativa e compreendam os padrões de cobertura e sobreposição da rede de transporte coletivo. A aplicação diferencia visualmente os elementos críticos da análise, como as rotas atuais e as propostas do modelo BRT, zonas de cobertura e pontos de interesse.

A ferramenta foi equipada com um conjunto de recursos interativos, tais como:

- Visualização e gerenciamento de camadas temáticas;
- Funcionalidade de consulta por clique, com exibição dos atributos dos elementos;
- Sobreposição de diferentes mapas para análise comparativa;
- Mecanismo de filtro para destacar feições por categoria (ex.: zonas de uso);
- Alternância entre o cenário atual do transporte coletivo e a proposta de BRT;
- Legendas automáticas e interface responsiva.

Esta camada visual foi fundamental para a comunicação dos resultados da análise espacial realizada no banco PostGIS, traduzindo os dados em mapas compreensíveis e interativos que subsidiam o processo de diagnóstico e tomada de decisão.

### 3.5. Testes e Validações

A etapa final do projeto compreendeu a aplicação de testes para garantir tanto o funcionamento adequado da aplicação quanto a consistência e confiabilidade dos dados geográficos utilizados. Essas validações foram essenciais para assegurar que os resultados apresentados fossem representações precisas da realidade espacial e pudessem subsidiar o planejamento urbano de forma segura.

Foram realizadas as seguintes categorias de testes:

- **Análise de topologia:** verificação da consistência geométrica das camadas vetoriais, utilizando o software QGIS [QGIS Development Team 2024], com foco em identificar sobreposições indevidas, geometrias inválidas ou feições desconectadas;
- **Verificação da conectividade:** testes entre os componentes PostgreSQL/PostGIS, GeoServer e SIGWEB para garantir o correto fluxo de dados e atualização em tempo real das camadas;
- **Testes de compatibilidade:** avaliação do desempenho e responsividade da aplicação em diferentes navegadores (*Chrome*, *Firefox*, *Edge*) e dispositivos, assegurando acessibilidade ampla ao sistema;
- **Análise de coerência espacial:** validação da lógica de distribuição das rotas propostas, com base em sua relação com os setores censitários, zonas de uso e polos geradores de tráfego urbano (escolas, hospitais, centros comerciais), verificando se o redesenho da malha atendia adequadamente as regiões de maior demanda.

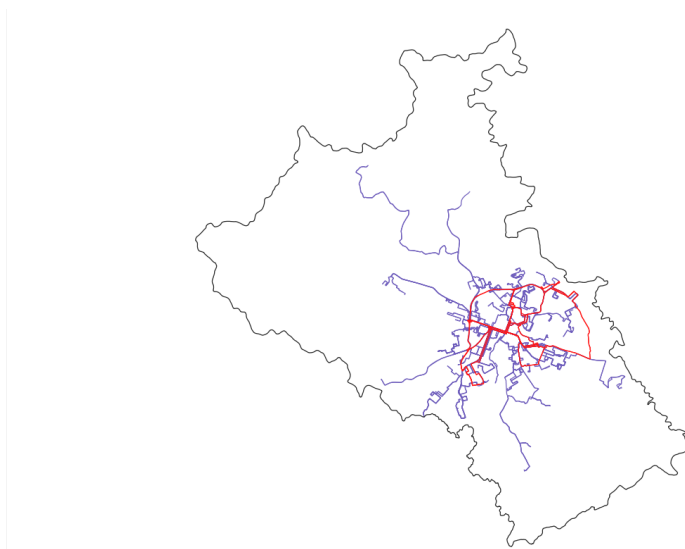
Esses testes comprovaram a robustez técnica e analítica da solução desenvolvida, reforçando sua viabilidade como instrumento de suporte à tomada de decisão no contexto da mobilidade urbana.

#### 4. Resultados

A solução implementada demonstrou-se eficaz tanto na representação visual quanto na integração entre os dados espaciais e a interface web. Os testes realizados comprovaram a robustez do sistema proposto, validando a arquitetura desenvolvida com PostgreSQL/PostGIS e GeoServer..

A análise espacial da rede de transporte coletivo da cidade evidenciou uma concentração excessiva de rotas de ônibus em determinados corredores urbanos, sobretudo nas regiões centrais e em eixos estruturantes que conectam bairros periféricos. Por meio de consultas espaciais realizadas no PostGIS, como ST\_Intersects e ST\_DWithin, foram identificados trechos críticos onde diversas linhas percorrem trajetos idênticos ou muito semelhantes. Esse padrão de sobreposição resulta em redundâncias operacionais e elevada circulação de veículos em paralelo, indicando um uso ineficiente da frota.

Embora essas áreas apresentem alta demanda, a estrutura atual representa uma oportunidade significativa de reestruturação. Com base nos dados analisados, foi proposto o modelo M.O.B. — Movimento Otimizado de Bairros. O modelo propõe a substituição de um conjunto de linhas redundantes por um sistema de rotas troncais de maior capacidade e maior frequência, operando em eixos exclusivos ou semi-exclusivos, complementadas por uma malha de linhas alimentadoras locais que conectam bairros periféricos a esses eixos principais. A Figura 2 apresenta o contraste entre a malha atual (linhas em azul) e a proposta de rotas troncais do BRT (em vermelho), demonstrando a estratégia de cobertura mais direta e eficiente.



**Figura 2. Comparativo entre a rede atual de ônibus (azul) e proposta de rotas troncais para o BRT (vermelho).**

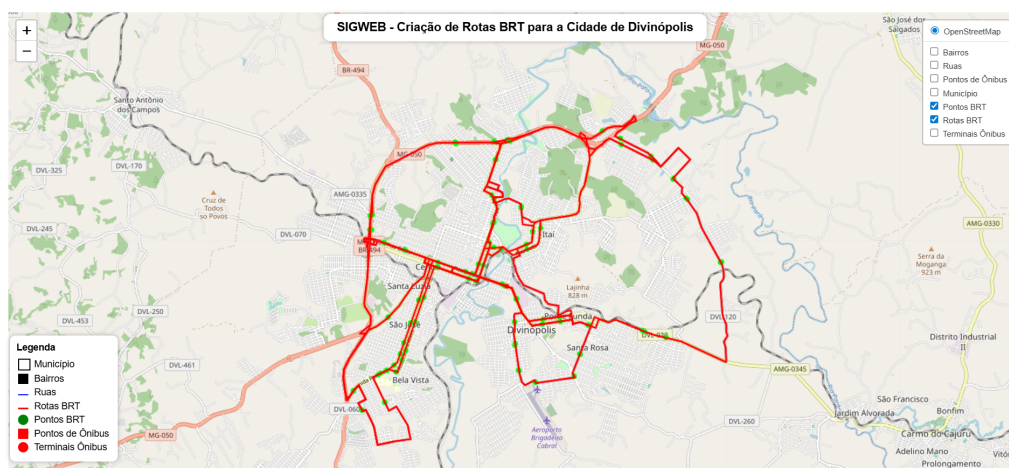
É possível notar que algumas rotas periféricas existentes (em azul) não são diretamente substituídas pelas rotas troncais do BRT (em vermelho). Isto é intencional: estas áreas de menor densidade seriam atendidas pelas linhas alimentadoras do novo sistema, que conectariam esses bairros aos terminais e eixos troncais, otimizando assim o uso da frota.

Os principais benefícios esperados com essa reorganização, a ser validada em

estudos futuros com dados operacionais detalhados de demanda e custo, incluem: Redução do número de ônibus em circulação nas áreas saturadas devido à eliminação de redundâncias; Diminuição de custos operacionais, como combustível e manutenção, pela otimização da quilometragem rodada; Redistribuição estratégica da frota liberada, com foco na expansão da cobertura para áreas atualmente subatendidas; Melhoria na frequência e na confiabilidade do serviço ao usuário nas rotas troncais.

É importante ressaltar que a quantificação precisa da economia de recursos e do ganho de cobertura populacional depende de variáveis não completamente contempladas neste estudo, como dados sensíveis de custo por quilômetro, lotação dos veículos e origem-destino dos passageiros. Contudo, a análise geométrica realizada fornece um fundamento sólido e visualmente claro para priorizar a realocação de recursos e guiar a coleta desses dados operacionais em uma próxima etapa.

A aplicação permite a navegação por camadas temáticas, exibição de atributos ao clique, sobreposição de mapas e filtros por categorias. A Figura 3 apresenta uma tela da aplicação com destaque para as rotas troncais e alimentadoras sugeridas.



**Figura 3. SIG WEB desenvolvido com as rotas possíveis em destaque**

Ao longo da análise, diversas consultas espaciais foram empregadas, incluindo: (1) *ST\_Intersects*: para detectar sobreposições entre rotas; (2) *ST\_DWithin*: para localizar pontos de parada próximos a vias de alto tráfego; (3) *ST\_Buffer* e *ST\_Contains*: para identificar regiões fora da zona de cobertura do sistema (análise de alcance); (4) *ST\_Union*: para consolidação e visualização de trechos críticos com alta densidade de linhas.

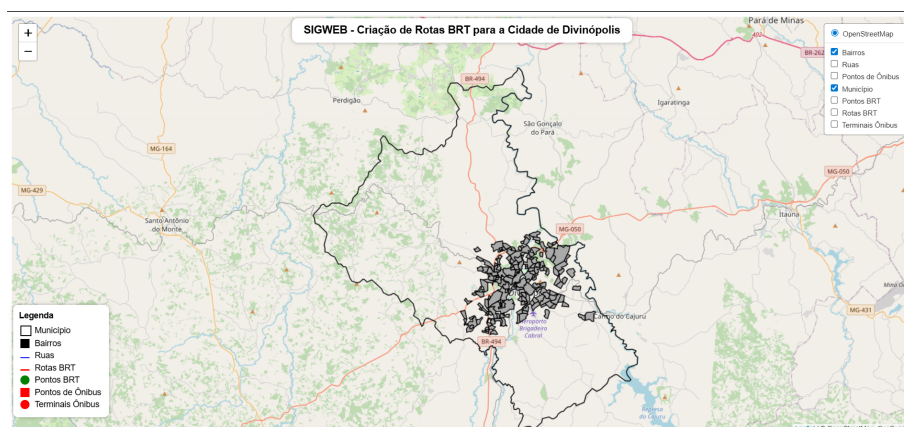
Essas operações forneceram base técnica para a reorganização da malha de transporte. Além disso, os dados obtidos foram validados por meio de testes topológicos no QGIS e testes funcionais da aplicação SIG WEB em diferentes navegadores e dispositivos, assegurando a consistência geométrica das camadas e a responsividade da ferramenta.

A Figura 4 mostra o *layout* da aplicação web com consulta interativa ativada, onde é possível visualizar os atributos associados a cada linha ou ponto de parada.

## 5. Limitações do Estudo

Este estudo, embora abrangente em sua análise espacial, apresenta limitações que devem ser consideradas para uma interpretação adequada dos resultados e propostas. Em pri-





**Figura 4. Exemplo de consulta interativa ativada no SIG WEB**

meio lugar, a análise baseou-se principalmente em dados geográficos e de infraestrutura, não incorporando dados de demanda real de passageiros (como origem-destino ou volume de usuários por linha), devido à indisponibilidade desses dados pela concessionária local. Essa carência impede uma avaliação mais precisa da eficiência operacional sob a perspectiva do usuário.

Além disso, a proposta de redesenho das rotas considerou principalmente a conectividade e a sobreposição de trajetos, sem avaliar detalhadamente as características físicas das vias, como largura, inclinação, condições de pavimentação ou existência de obstáculos permanentes, que podem inviabilizar a passagem de ônibus em determinados trechos.

Outros fatores relevantes para a implementação práticas como o custo de implantação do BRT, a viabilidade política, a aceitação pública e a integração com outros modos de transporte, também ficaram além do escopo desta análise inicial.

Por fim, embora a metodologia seja replicável, a disponibilidade pública dos dados é limitada. Os dados brutos de rotas foram obtidos via Portal da Transid e convertidos manualmente, e alguns conjuntos de dados processados não podem ser disponibilizados publicamente devido a restrições impostas pela fonte. O código SQL e os *scripts* de análise utilizados estão disponíveis sob requisição para fins de reproducibilidade.

Reconhece-se, portanto, que a adoção da solução proposta, total ou parcial, depende da validação futura que incorpore essas dimensões adicionalmente às contribuições geográficas aqui apresentadas.

Devido a restrições de licenciamento impostas pela concessionária de transporte sobre os dados detalhados das rotas, não é possível disponibilizar publicamente o conjunto completo de dados e *scripts*. No entanto, a metodologia aqui descrita é totalmente replicável com dados de fontes públicas e abertas.

## 6. Conclusão

Com base nos testes e resultados obtidos, conclui-se que o sistema desenvolvido atende plenamente aos objetivos da pesquisa, possibilitando uma abordagem fundamentada para o redesenho da rede de transporte público municipal, com ganhos operacionais e sociais expressivos.

Como trabalhos futuros pretende-se testar a aplicação desenvolvida com usuários finais e apresentar os resultados para gestão pública municipal de Divinópolis-MG.

## Referências

- Andrade, N. F., de Lima Junior, F. B., Soliani, R. D., de Souza Oliveira, P. R., de Oliveira, D. A., Siqueira, R. M., da Silva Nora, L. A. R., and Macêdo, J. (2023). Urban mobility: A review of challenges and innovations for sustainable transportation in brazil. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 17(3).
- Caminha, C., Furtado, V., Pinheiro, A., and Ponte, I. (2016). The cost of public transport on the urban poor: Evidence from fortaleza, brazil. Acesso em 4 jul. 2025.
- GeoServer Project (2024). Geoserver - open source server for geospatial data. Acesso em 4 jul. 2025.
- Google (2024). Google maps e google earth pro. Acesso em 4 jul. 2025.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022). Censo demográfico 2022. Acesso em 4 jul. 2025.
- Lobo, C., Cardoso, R., Lessa, D., and Miranda, J. (2020). Impactos da metropolização no transporte coletivo: Região metropolitana de goiânia. Acesso em 4 jul. 2025.
- Matias, (2025). Mobilidade urbana no brasil. Acesso em 8 jul. 2025.
- OpenStreetMap Contributors (2024). Openstreetmap. Acesso em 4 jul. 2025.
- PostgreSQL Global Development Group (2024). Postgresql + postgres. Acesso em 4 jul. 2025.
- Prefeitura Municipal de Divinópolis (2021a). Configuração territorial de divinópolis. Acesso em 4 jul. 2025.
- Prefeitura Municipal de Divinópolis (2021b). Plano diretor participativo de divinópolis. Acesso em 4 jul. 2025.
- Pumar, L., Nascimento, J., Rodrigues, F., and Batista, C. (2018). Structure and resilience of rio de janeiro's public transport network. Acesso em 4 jul. 2025.
- QGIS Development Team (2024). Qgis - a free and open source geographic information system. Acesso em 4 jul. 2025.
- Trancid Transportes Urbanos (2024). Itinerário das linhas. Acesso em 4 jul. 2025.
- United Nations Economic Commission for Europe (2020). Sustainable urban mobility and public transport. <https://unece.org/transport/publications/sustainable-urban-mobility-and-public-transport>. Acesso em 8 set. 2025.