

Mobilidade Urbana Acessível como Prática Colaborativa: Proposta de uma Interface de Dados para a Região Metropolitana do Recife

Ana Leticia Ribeiro da Costa, David Esdras Ferreira da Silva,
Breno do Nascimento Santos, Luiz Henrique Ferreira Pavão,
Aida Araújo Ferreira, Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE)
Campus Recife – Cidade Universitária, Recife, PE, Brasil – 50740-545

{alrcl,def3,bns6,lhfp1}@discente.ifpe.edu.br,
{aidaferreira,ionarameh}@recife.ifpe.edu.br

Abstract. *The availability of accessible public transport data is essential for assistive applications in urban mobility. However, many existing APIs are paid or do not address accessibility requirements. This work proposes the design of an accessible and interoperable API for urban transport data in the Metropolitan Region of Recife. The research adopts an applied and exploratory approach, based on the definition of accessibility requirements and the modeling of georeferenced data. The expected contributions include a conceptual model of an accessible API and guidelines for integration with assistive systems.*

Resumo. *A disponibilização de dados de transporte público acessíveis é essencial para aplicações assistivas em mobilidade urbana. Entretanto, muitas APIs existentes são pagas ou não consideram requisitos de acessibilidade. Este trabalho propõe o desenho de uma API acessível e interoperável para dados de transporte urbano na Região Metropolitana do Recife. Adota-se uma abordagem aplicada e exploratória, baseada na definição de requisitos de acessibilidade e modelagem de dados georreferenciados. As contribuições esperadas incluem um modelo conceitual de API acessível e diretrizes para integração com sistemas assistivos.*

1. Introdução

A mobilidade urbana desempenha um papel fundamental na qualidade de vida dos cidadãos, sendo ainda mais crítica para pessoas com deficiência, que frequentemente enfrentam barreiras físicas e digitais para planejar e executar seus deslocamentos. A integração de dados de transporte público por meio de interfaces de programação de aplicações (APIs) tem o potencial de apoiar aplicações assistivas, permitindo que esses sistemas consumam informações relevantes em tempo real. No contexto das arquiteturas web, destaca-se o estilo arquitetural REST (Representational State Transfer), que define princípios para construção de serviços distribuídos baseados em recursos e amplamente adotados na implementação de Web APIs [Fielding 2000].

No entanto, embora existam APIs que forneçam dados de transporte público, muitas são de acesso pago, com documentação limitada e sem foco claro em acessibilidade. Essa lacuna dificulta o desenvolvimento de soluções que atendam às necessidades de usuários com deficiência e limita iniciativas comunitárias que poderiam contribuir para uma mobilidade mais inclusiva.

Na Região Metropolitana do Recife (RMR), o transporte público registra média superior a 1 milhão de passageiros por dia útil no Sistema de Transporte Público de Passageiros (STPP/RMR), o que representa centenas de milhões de viagens ao longo do ano [GRANDE RECIFE 2023]. Esse volume reforça a importância de soluções digitais que apoiem o acesso à informação sobre deslocamento.

Neste contexto, este trabalho apresenta o projeto e a implementação inicial de uma API orientada à acessibilidade como propriedade da infraestrutura de dados, priorizando interoperabilidade, padronização e abertura, de modo a reduzir barreiras de acesso à informação e viabilizar a construção de aplicações assistivas.

Portanto, a ApiCTM é posicionada como uma infraestrutura habilitadora de sistemas colaborativos, ao viabilizar que diferentes atores — aplicações assistivas, usuários e serviços — compartilhem e consumam informações de mobilidade de forma integrada, incluindo cenários em que aplicações distintas consomem e reinterpretem os mesmos dados para atender necessidades específicas de diferentes perfis de usuários.

2. Softwares Relacionados

Diversas plataformas digitais disponibilizam informações sobre transporte público e mobilidade urbana, consolidando-se como referência para consulta de rotas, linhas e estimativas de chegada. Entre as mais utilizadas estão o Google Maps, o Moovit, o Cittamobi e o Waze.

O Google Maps e o Waze oferecem recursos avançados de navegação, porém tratam os dados de transporte como parte de um ecossistema proprietário, com acesso estruturado restrito. Essa abordagem limita a reutilização acadêmica e o desenvolvimento de soluções personalizadas voltadas a públicos específicos. O Moovit e o Cittamobi são plataformas especializadas em transporte público, porém não disponibilizam APIs abertas com foco em acessibilidade ou integração com aplicações externas. Durante a análise das soluções existentes, verificou-se que as aplicações do projeto demandavam acesso amplo e estruturado aos dados, o que não era plenamente atendido, principalmente devido a restrições de custo e limitações na customização das informações. Diante deste cenário, optou-se pelo desenvolvimento de uma solução própria.

Essa decisão transferiu os custos de consumo de APIs externas para a manutenção de infraestrutura própria. Embora isso aumente a complexidade operacional, permitiu maior controle e customização dos dados, alinhados às necessidades das aplicações do projeto.

De modo geral, avaliações comparativas recentes entre aplicativos de mobilidade urbana evidenciam que, embora existam soluções consolidadas no mercado, persistem limitações relevantes quanto à acessibilidade plena [Mariano et al. 2025]. Isto é, as

soluções existentes concentram-se na entrega direta de serviços ao usuário final, mas não priorizam a disponibilização aberta, interoperável e acessível dos dados subjacentes.

Nesse contexto, a proposta da ApiCTM diferencia-se por conceber uma API orientada à acessibilidade e interoperabilidade desde sua modelagem, permitindo integração com aplicações como o SigaBem (Figura 1) e outros sistemas que atendam a diferentes perfis de usuários, especialmente pessoas com deficiência.



Figura 1. Plataforma de Inteligência Geográfica para Apoiar a Acessibilidade de Pessoas com Deficiência e Idosos no Transporte Público da Região Metropolitana do Recife (SIGABEM).

3. Desenho da Pesquisa

No contexto da modelagem de dados de transporte público, destaca-se o padrão GTFS (General Transit Feed Specification), amplamente adotado para compartilhamento de informações estáticas sobre rotas, paradas e horários [Antrim and Barbeau 2013].

O desenho da API proposta neste trabalho considera os princípios estruturais do GTFS como referência para organização das entidades principais do sistema de transporte, mantendo compatibilidade conceitual com práticas consolidadas de interoperabilidade. A proposta organiza os dados em formatos como JSON [Bray 2017] e GeoJSON [Butler et al. 2016], estruturando informações sobre linhas, paradas e rotas de forma padronizada e de fácil consumo por aplicações externas.

Dessa forma, a API atua como uma camada intermediária que viabiliza a integração com sistemas diversos, permitindo que diferentes perfis de usuários sejam atendidos por meio de soluções desenvolvidas a partir desses dados.

4. Metodologia Proposta

A pesquisa adota a abordagem de Design Science Research (DSR), definida como um paradigma voltado à construção e avaliação de artefatos em Sistemas de Informação [HEVNER et al., 2004]. Neste trabalho, o artefato corresponde ao desenho conceitual da API, incluindo a definição da estrutura dos dados, das entidades do domínio e da organização da interface de acesso, sendo validado por meio de uma implementação inicial.

A primeira etapa consiste na identificação e delimitação do problema de pesquisa, com base na análise de soluções existentes e na observação das limitações relacionadas à abertura e interoperabilidade de dados para integração com aplicações externas, incluindo sistemas desenvolvidos no contexto do projeto, como o SigaBem e o SynesthesiaVision, que evidenciaram a necessidade de centralização e padronização do acesso às informações de transporte público.

A definição dos requisitos do artefato foi orientada por essas necessidades, com destaque para requisitos relacionados à acessibilidade, incluindo a redução da complexidade de consumo dos dados, o suporte a consultas baseadas em contexto geográfico e a definição de estruturas previsíveis e independentes de interfaces visuais. Esses requisitos orientaram as decisões de modelagem e implementação da API.

A etapa de projeto envolve a definição das entidades principais do sistema de transporte, bem como a organização dos endpoints e formatos de resposta em JSON e GeoJSON. A modelagem é fundamentada em padrões consolidados, como o GTFS.

Embora o padrão GTFS ofereça uma base consolidada, observou-se que ele não contempla explicitamente requisitos de acessibilidade, o que exigiu adaptações na modelagem dos dados para atender às necessidades do projeto. Isso implica que aplicações assistivas dependem de uma camada adicional de tratamento e reorganização dos dados para atender seus requisitos específicos.

A avaliação da proposta será qualitativa, considerando clareza estrutural e viabilidade de integração.

Por fim, os resultados obtidos serão discutidos à luz do referencial teórico de Sistemas Colaborativos e Design Science Research, buscando evidenciar as contribuições conceituais e tecnológicas da proposta.

5. Resultados

Nesta seção são apresentados os resultados parciais obtidos no desenvolvimento da aplicação proposta, contemplando as etapas de estruturação da base de dados e implementação inicial da interface de acesso.

5.1. Carga e Estruturação dos Dados

A primeira etapa consistiu na modelagem e preparação da base de dados utilizada pela aplicação. Para isso, foi definido um modelo relacional no PostgreSQL [PostgreSQL Global Development Group 2023], com extensão PostGIS [PostGIS Project 2023], de modo a suportar o armazenamento e manipulação de dados georreferenciados. Essa decisão foi motivada pela necessidade de realizar consultas espaciais, como cálculo de proximidade entre usuário e paradas, algo não viável de forma eficiente em um modelo relacional puro.

A fonte de dados utilizada corresponde a um conjunto de dados no padrão GTFS, contendo informações sobre linhas, paradas e localizações geográficas do

transporte público da Região Metropolitana do Recife. Embora o GTFS forneça uma estrutura padronizada para intercâmbio de dados, ele não está diretamente preparado para uso em bancos geospaciais, uma vez que representa informações geográficas por meio de coordenadas isoladas, sem suporte a tipos espaciais ou indexação.

Dessa forma, foi necessário realizar transformações para adequar esses dados ao modelo do PostGIS, incluindo a conversão de coordenadas em geometrias e a organização das entidades para consultas espaciais eficientes. A carga inicial foi realizada por meio de um script em Bash, responsável por automatizar o processo de importação e transformação dos dados.

Essa etapa representou o primeiro desafio técnico do projeto, exigindo ajustes iterativos para tratar inconsistências e garantir a integridade das informações. Esse processo evidenciou a necessidade de uma camada intermediária de tratamento antes da disponibilização dos dados para consumo por aplicações externas.

Após a modelagem e carga dos dados, a base foi disponibilizada em ambiente de servidor, garantindo acesso remoto e suporte à etapa de desenvolvimento da aplicação.

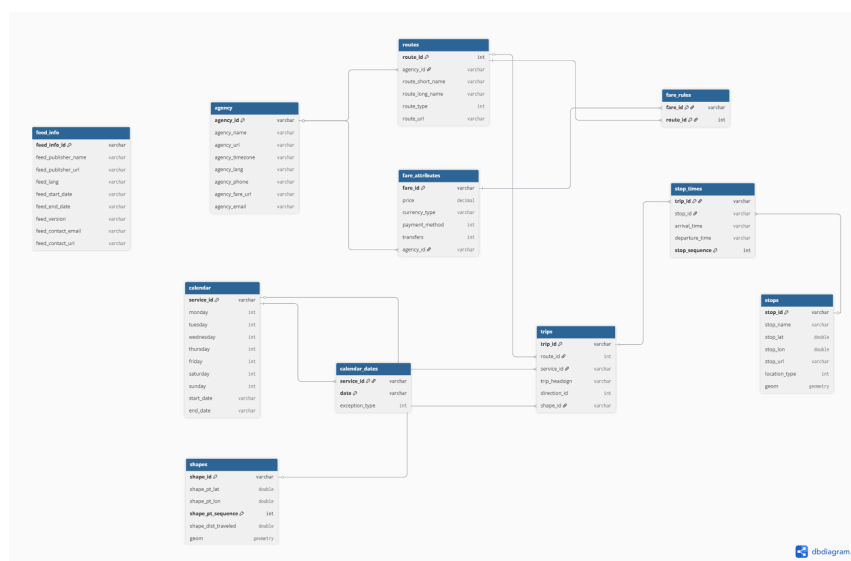


Figura 2. Diagrama Entidade-Relacionamento da ApiCTM.

O modelo de dados da ApiCTM foi estruturado por meio de um Diagrama Entidade-Relacionamento (ER), técnica amplamente utilizada na modelagem conceitual de bancos de dados [Chen, 1976]. A Figura 2 apresenta a representação das principais entidades e seus relacionamentos.

O modelo entidade-relacionamento (ER) adotado segue a estrutura conceitual do padrão GTFS, organizando os dados em entidades centrais inter-relacionadas. Essa organização relacional garante integridade referencial, compatibilidade com padrões consolidados de interoperabilidade e suporte eficiente a consultas espaciais e temporais, fundamentais para aplicações de mobilidade urbana orientadas à acessibilidade.

5.2. Implementação inicial e desafios técnicos

Na segunda etapa, foi iniciado o desenvolvimento da aplicação ApiCTM responsável por disponibilizar os dados estruturados. Para a implementação da API, adotou-se o framework Spring, devido ao suporte consolidado a aplicações REST e à integração facilitada com bancos relacionais. Ele é amplamente empregado no desenvolvimento de aplicações corporativas baseadas em Java. A interface de acesso foi construída seguindo o modelo de serviços web do tipo REST [Fielding 2000], permitindo a exposição de recursos por meio de requisições HTTP padronizadas. A escolha do Spring reduziu a complexidade e a necessidade de configuração inicial, o que permitiu que os esforços se voltassem imediatamente para a construção das funcionalidades.

Como funcionalidade inicial, foi implementado um endpoint capaz de retornar paradas de transporte público localizadas dentro de um determinado raio a partir de uma coordenada geográfica fornecida pelo usuário. Essa funcionalidade atende ao requisito de redução da complexidade de acesso à informação, permitindo que aplicações obtenham dados relevantes a partir de uma única requisição baseada na localização do usuário. Essa abordagem é particularmente relevante em cenários assistivos, nos quais a redução do número de interações necessárias impacta diretamente a usabilidade da aplicação.

Esse resultado demonstra a viabilidade técnica da arquitetura proposta, integrando dados georreferenciados, banco espacial e serviço web, e estabelecendo a base para o desenvolvimento de funcionalidades futuras voltadas à acessibilidade e interoperabilidade com aplicações assistivas.

A Tabela 1 apresenta os principais endpoints implementados até o momento, evidenciando a organização da interface em torno das entidades centrais do sistema de transporte urbano.

Tabela 1. Principais endpoints implementados na ApiCTM até o momento.

Método	Endpoint	Descrição	Parâmetros
GET	/route/{id}	Retorna os dados básicos de uma rota específica	id (identificador da rota)
GET	/route/{id}/details	Retorna informações consolidadas de uma rota específica, incluindo dados da agência, calendário de serviço, viagens associadas e informações tarifárias	id (identificador da rota)
GET	/stop/{lat}/{lon}/{radius}	Retorna as paradas localizadas dentro de um raio específico a partir de uma coordenada geográfica	lat (latitude), lon (longitude), radius (raio de busca)

Os serviços foram estruturados de forma orientada a recursos, com métodos HTTP padronizados e parâmetros explícitos na URI. Os endpoints permitem tanto

consultas por identificador quanto buscas espaciais por coordenadas, integrando a camada de serviço web ao banco de dados espacial. Essa organização favorece a interoperabilidade e simplifica o consumo por aplicações externas, especialmente em contextos colaborativos.

6. Lições aprendidas

A experiência de desenvolvimento da ApiCTM evidenciou que a disponibilização de dados abertos, por si só, não é suficiente para promover acessibilidade e interoperabilidade. É necessário estruturar esses dados de forma orientada ao consumo por diferentes sistemas, considerando requisitos específicos de uso, especialmente em aplicações assistivas.

Sob a perspectiva de sistemas colaborativos, a API atua como um elemento intermediário que conecta diferentes atores do ecossistema de mobilidade urbana, incluindo provedores de dados, desenvolvedores de aplicações e usuários finais. Ao estruturar os dados de forma aberta e interoperável, a proposta reduz a dependência de soluções proprietárias e viabiliza a criação de novas aplicações, ampliando o potencial de colaboração e inovação no contexto da mobilidade acessível.

Além disso, o processo de carga e preparação dos dados evidenciou a necessidade de uma camada intermediária de tratamento antes da disponibilização das informações para consumo por aplicações externas.

7. Conclusão

Este trabalho apresentou a proposta e implementação inicial de uma interface de dados chamada ApiCTM orientada à acessibilidade para o transporte público da Região Metropolitana do Recife. Diferentemente de plataformas consolidadas que operam sob modelos proprietários, a iniciativa busca estruturar uma camada de disponibilização de dados concebida desde sua origem para interoperabilidade e integração com aplicações assistivas.

Até o momento, foram concluídas as etapas de modelagem e estruturação da base de dados georreferenciada a partir de dados públicos do Grande Recife, bem como a implementação inicial da aplicação responsável por disponibilizar essas informações por meio de serviços web. A construção de um endpoint funcional para consulta espacial valida a viabilidade técnica da arquitetura proposta e estabelece a base para expansão da interface.

Como perspectivas futuras, prevê-se a ampliação dos serviços oferecidos, incluindo novas consultas relacionadas a linhas, rotas e previsões de chegada, além da formalização de documentação aberta voltada a desenvolvedores. Também se vislumbra a integração com aplicações assistivas e iniciativas colaborativas locais, fortalecendo um ecossistema digital orientado à mobilidade inclusiva na Região Metropolitana do Recife.

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e

Tecnológico (CNPq) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) pelo apoio financeiro e pela infraestrutura disponibilizada, essenciais para a realização deste trabalho.

8. Referências

- Fielding, R. T. (2000) “Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures”, Doctoral dissertation, University of California, Irvine.
- Grande Recife Consórcio de Transporte Metropolitano. Anuário Estatístico 2023. Recife: Grande Recife, 2023.
- dos Santos Sá, J., Gonçalves, L. N., Melo, L. A., da Silva, E. D. N., Fernandes, A. R., & de Souza Farias, F. Software Olha o Ônibus: Uma alternativa colaborativa para usuários do transporte público.
- Mariano, D. C. A.; Miranda, L. S. S.; Castanõn, J. A. B.; Olivi, L. R.; Rodriguez, T. T. (2025). Avaliação comparativa de aplicativos de mobilidade urbana: um estudo de usabilidade e acessibilidade em Juiz de Fora (MG).
- Schmitt, A., Rosenfeldt, Y. A. Z., Oliveira, M. O., Rosolem, G. P. N., & Loch, C. (2013). Proposta de mobilidade coletiva para a Região Metropolitana de Florianópolis pensada a partir de imagens do Satélite GeoEye e banco de dados de software SIG. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu-PR, 0810-0817.
- Silva, T. C. G. da, Guimarães, J. C. de O., Andrade, A. F. G. de, Ferreira, A. A., Barbosa, I. M. B. R., & Carvalho, V. S. de. (2021). Tecnologia Assistiva para Auxiliar o Acesso ao Transporte Público por Pessoas com Deficiência. *Diversitas Journal*, 6(1). <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v6i1-1495>
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J. and Ram, S. (2004) “Design Science in Information Systems Research”, *MIS Quarterly*, v. 28, n. 1, p. 75-105.
- PostgreSQL Global Development Group (2023) “PostgreSQL Documentation”, <https://www.postgresql.org/docs/>
- PostGIS Project (2023) “PostGIS Documentation”, <https://postgis.net/documentation/>
- Chen, P. P.-S. (1976) “The Entity-Relationship Model—Toward a Unified View of Data”, *ACM Transactions on Database Systems*, v. 1, n. 1, p. 9–36.
- Bray, T. (2017) “The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format”, RFC 8259, Internet Engineering Task Force (IETF).
- Butler, H., Daly, M., Doyle, A., Gillies, S., Hagen, S. and Schaub, T. (2016) “The GeoJSON Format”, RFC 7946, Internet Engineering Task Force (IETF).
- Antrim, A. and Barbeau, S. (2013) “The Many Uses of GTFS Data – Opening the Door to Transit and Multimodal Applications”, ITS America Annual Meeting.
- SigaBem (2026) “SigaBem – Plataforma de Mobilidade Urbana”, <http://sigabem.org/>