




**UM *FRAMEWORK* PARA APOIAR ESPECIALISTAS NO GERENCIAMENTO DE ATIVOS NA ZELADORIA PÚBLICA EM CIDADES INTELIGENTES**

**A FRAMEWORK TO SUPPORT ASSET MANAGEMENT SPECIALISTS IN PUBLIC MAINTENANCE IN SMART CITIES**

**UN MARCO DE TRABAJO PARA APOYAR A LOS ESPECIALISTAS EN GESTIÓN DE ACTIVOS EN EL MANTENIMIENTO PÚBLICO DE CIUDADES INTELIGENTES**

 <https://doi.org/10.56238/levv17n60-030>

**Data de submissão:** 15/04/2026

**Data de publicação:** 15/05/2026

**Brayan Anderson Vieira Santos**

Graduado em Engenharia de Software  
Instituição: Universidade Federal do Ceará (UFC)  
E-mail: bvieira@alu.ufc.br

**Billy Graham Alves Rodrigues**

Graduando em Ciência da Computação  
Instituição: Universidade Federal do Ceará (UFC)  
E-mail: billygrahan@alu.ufc.br

**Matheus Santos Soares**

Graduando em Engenharia de Software  
Instituição: Universidade Federal do Ceará (UFC)  
E-mail: matheuss2017@alu.ufc.br

**Mayrton Dias de Queiroz**

Doutorado em Ciência da Computação  
Instituição: Universidade Federal do Ceará (UFC)  
E-mail: mayrton@ufc.br

---

## **RESUMO**

Um dos desafios da administração pública é a gestão eficiente de ativos públicos de uso comum no contexto de zeladoria urbana. Dificuldades relacionadas à identificação, manutenção, monitoramento e priorização das demandas relacionadas aos bens públicos impactam diretamente a qualidade do serviço prestado à população e a distribuição eficiente de recursos públicos. Diante deste cenário, objetivo deste trabalho consiste em identificar uma alternativa capaz de auxiliar os profissionais da gestão pública no gerenciamento dos ativos nas cidades. Foi proposto um framework para auxiliar na criação, verificação e conclusão das ordens de serviço (OS) dos ativos. Permitindo o registro, geolocalização, classificação, gerenciamento de OS em tempo real de ativos como pavimento, logradouros, entre outros ativos quaisquer que impactam a mobilidade urbana, serviços essenciais como: distribuição de água e luz, prevenção e minimização de desastres ambientais e eventos climáticos excepcionais. Utilizando tecnologias atuais como banco de dados relacionais, interfaces web e integração com mapas interativos, a solução facilita a interação das informações entre os gestores, população e equipes de campo. Incorpora funcionalidades para geração de OS, controle de

status das manutenções, emissão de relatórios e análise de desempenho e auditoria pública. Os resultados obtidos através do sistema, demonstrou a viabilidade na cidade aplicada.

**Palavras-chave:** Zeladoria Urbana. Gestão Urbana. Ativos Públicos. Administração Pública. Sistemas de Informação.

### **ABSTRACT**

One of the challenges of public administration is the efficient management of commonly used public assets in the context of urban maintenance. Difficulties related to the identification, maintenance, monitoring, and prioritization of demands related to public goods directly impact the quality of service provided to the population and the efficient distribution of public resources. Given this scenario, the objective of this work is to identify an alternative capable of assisting public management professionals in the management of assets in cities. A framework was proposed to assist in the creation, verification, and completion of work orders (WOs) for assets. This allows for the registration, geolocation, classification, and real-time management of WOs for assets such as pavement, public spaces, and other assets that impact urban mobility, essential services such as water and electricity distribution, prevention and minimization of environmental disasters, and exceptional climatic events. Using current technologies such as relational databases, web interfaces, and integration with interactive maps, the solution facilitates the interaction of information between managers, the population, and field teams. It incorporates functionalities for WOs generation, maintenance status control, report generation, performance analysis, and public auditing. The results obtained through the system demonstrated its viability in the applied city.

**Keywords:** Urban Maintenance. Urban Management. Public Assets. Public Administration. Information Systems.

### **RESUMEN**

Uno de los retos de la administración pública es la gestión eficiente de los bienes públicos de uso común en el contexto del mantenimiento urbano. Las dificultades relacionadas con la identificación, el mantenimiento, el seguimiento y la priorización de las demandas de bienes públicos impactan directamente en la calidad del servicio prestado a la población y en la distribución eficiente de los recursos públicos. Ante este panorama, el objetivo de este trabajo es identificar una alternativa capaz de ayudar a los profesionales de la administración pública en la gestión de los bienes en las ciudades. Se propuso un marco para facilitar la creación, verificación y finalización de órdenes de trabajo (OT) para los bienes. Esto permite el registro, la geolocalización, la clasificación y la gestión en tiempo real de las OT para bienes como pavimentos, espacios públicos y otros bienes que impactan la movilidad urbana, servicios esenciales como la distribución de agua y electricidad, la prevención y minimización de desastres ambientales y eventos climáticos excepcionales. Mediante el uso de tecnologías actuales como bases de datos relacionales, interfaces web e integración con mapas interactivos, la solución facilita la interacción de la información entre los gestores, la población y los equipos de campo. Incorpora funcionalidades para la generación de OT, el control del estado de mantenimiento, la generación de informes, el análisis del rendimiento y la auditoría pública. Los resultados obtenidos a través del sistema demostraron su viabilidad en la ciudad donde se aplicó.

**Palabras clave:** Mantenimiento Urbano. Gestión Urbana. Bienes Públicos. Administración Pública. Sistemas de Información.

## 1 INTRODUÇÃO

A zeladoria urbana é responsável por garantir a conservação dos ativos públicos que compõem o espaço urbano da cidade, como: vias, calçadas, praças, iluminação pública, bueiros, sinalização, galerias, monumentos, entre outros. Em cidades de pequeno porte, geralmente localizadas no interior dos estados brasileiros, essa atividade enfrenta sérios desafios estruturais e operacionais (Silva, *et al.* 2020). O controle desses ativos, geralmente, ocorre de forma manual ou por meio de planilhas, dificultando o monitoramento contínuo, a priorização de demandas e a transparência na execução das ordens de serviço e no recebimento das solicitações de serviço.

A ausência de ferramentas digitais que possibilitam a visualização e a geolocalização dos ativos compromete a eficiência do trabalho das equipes de campo e dos gestores públicos (De Almeida, 2025). Tal deficiência impacta diretamente na qualidade dos serviços prestados à população, gera desperdício de recursos públicos e torna ineficiente o processo para zelar os bens públicos, tornando o tempo entre a identificação e a solução de um problema cada vez mais distantes, principalmente os problemas de maior incidência, como buracos em vias, lâmpadas queimadas e equipamentos danificados.

Neste contexto, o avanço das tecnologias de informação e comunicação oferece uma gama de soluções para transformar a maneira como as cidades atendem à população (Carvalho; Caldas, 2024; Queiroz *et al.* 2016). Ferramentas como o Google Maps API e OpenStreetMap permitem a integração de dados e localização em tempo real em aplicações para web, permitindo localizar, mapear e acompanhar a situação dos ativos pela cidade. Com esses avanços tecnológicos, não somente é possível integrar os ativos da cidade em um sistema, mas também integrar os cidadãos à cidade, conectando as pessoas ao seu papel de cidadão, promovendo uma comunicação mais efetiva entre os cidadãos e o poder público com atuação mais ativa e optativa da população. Essas soluções também promovem a transparência entre a população, a gestão pública local e a gestão pública ao nível estadual e nacional. Transparência essa que pode beneficiar as cidades de menor porte ao solicitar recursos dos governos estadual e governo federal e ter meios de comprovar em quais setores e serviços estão sendo investidos, facilitando a prestação de contas aos governos superiores e à população.

Um dos conceitos alinhados a esse contexto é o de cidades inteligentes (do inglês, *smart cities*), que surgem como uma alternativa moderna para enfrentar os problemas da urbanização, mesmo em realidades de menor escala (Weiss *et al.*, 2015; Queiroz *et al.* 2019). Embora o termo seja comumente associado a grandes cidades, seus princípios, como: conectividade, uso eficiente de dados, participação cidadã e automação de processos, podem ser aplicados adaptadamente em cidades de pequeno porte. A implantação de um sistema inteligente é um passo importante para gerenciar os ativos públicos, pois contribui para a melhoria da tomada de decisão por parte dos gestores, otimiza os recursos financeiros e oferece melhores serviços à população.

Diante deste cenário, o objetivo deste trabalho consiste em identificar uma alternativa capaz de auxiliar os profissionais da gestão pública no gerenciamento dos ativos nas cidades. Dessa forma, neste trabalho foi possível planejar e desenvolver um *framework* para auxiliar na criação, verificação e conclusão das ordens de serviço dos ativos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Diante do objetivo do trabalho, foi necessária a realização de uma revisão sistemática com o intuito de identificar os principais trabalhos relacionados com essa pesquisa. Esta etapa da pesquisa foi organizada em três fases: Planejamento, Condução e Resultados, que serão descritas nas próximas subseções.

### 2.1 PLANEJAMENTO

Segundo Kitchenham *et al.* (2007), o Planejamento é a fase de definição de cada passo do protocolo. Inicialmente, são definidas as Questões de Pesquisa (QPs) que serão respondidas durante a fase de condução.

PQ1 - Qual a estratégia adotada no trabalho?

- criação de um *framework*
- simulação
- análise conceitual de algum tema relacionado às cidades inteligentes
- análise de dados
- abordagem com internet das coisas

QP2 - Qual(is) o(s) eixo(s) adotado(s) no trabalho?

- economia
- educação
- governança
- meio ambiente
- mobilidade
- segurança
- saúde
- cultura
- infraestrutura
- tecnologia

Após a definição das questões de pesquisa, foi definida a seguinte *string* de busca: "*idades*

*inteligentes" AND "framework" AND "serviços" AND "centro urbano".*

De posse da *string* de busca, foram selecionadas as bases de dados: Google Acadêmico, Periódicos CAPES e SBC-OpenLib.

Para concluir essa fase do planejamento, foram definidos os critérios de inclusão e exclusão que todos os artigos deverão satisfazer. Os critérios definidos são: Estudos completos publicados em revistas ou conferências alinhados ao problema de pesquisa; Estudos teóricos ou experimentais com o objetivo de apresentar conceitos para o entendimento da área; Acessível eletronicamente e ter sido publicado no período de 2015 a 2025. Critérios de exclusão: Estudos que não estejam relacionados ao problema de pesquisa; Estudos que não respondem a nenhuma das questões de pesquisa; Artigos duplicados, ou seja, aqueles encontrados em mais de uma base de dados; Artigos convidados, tutoriais, relatórios técnicos que não passam pelo critério de avaliação das conferências ou revistas; Estudos não disponíveis para *download*.

## 2.2 CONDUÇÃO

Na fase de condução, foi colocado em prática o planejamento definido na seção de Planejamento, dessa forma, a *string* de busca foi inserida em cada base de dados, respeitando as especificações de cada base. De posse dos resultados da busca, foi realizado o *download* dos estudos disponíveis. Em seguida, os trabalhos passaram pelos critérios de inclusão e exclusão. Na Tabela 1, é possível identificar a quantidade de trabalhos em cada base durante a busca, a realização do *download* e a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.

Tabela 1. quantidade de artigos em cada base de dados.

Base de dados	Resultados da busca	<i>Download</i>	Inclusão/Exclusão
Google Acadêmico	97	73	5
Periódicos CAPES	6	6	1
SBC-OpenLib	11	9	5
Total	114	88	11

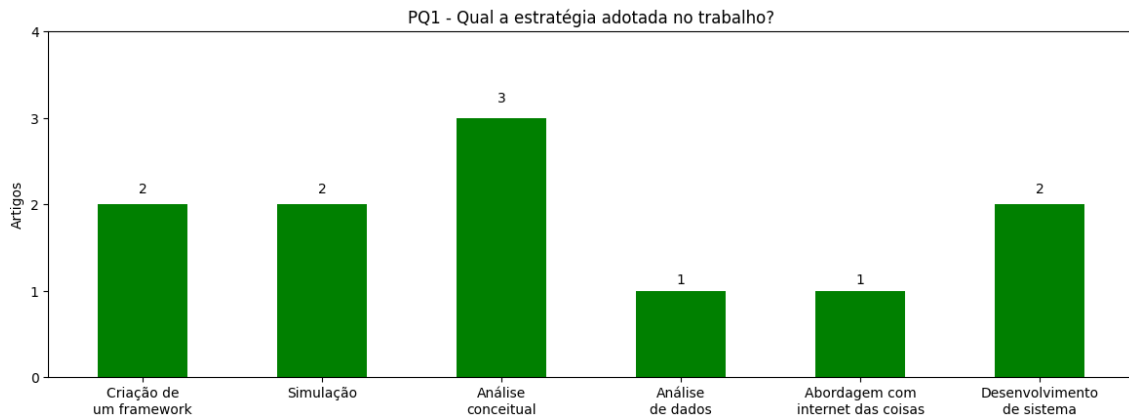
Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026.

## 2.3 RESULTADOS

Nesta seção serão descritos os resultados obtidos das duas questões de pesquisa. Na Figura 1, é possível observar a quantidade de trabalhos em cada alternativa da questão de pesquisa 1 que investigou as estratégias adotadas e o escopo envolvido nos trabalhos primários. Entre as estratégias identificadas, destaca-se a criação de *frameworks*, observada em dois estudos: o trabalho de Storck *et al.* (2017) que desenvolveu um *framework* que utiliza mineração de dados para otimizar as futuras redes 5G em cidades inteligentes, e o trabalho de Dias *et al.* (2019), que propõe um *framework front-end* para a criação de painéis de cidades inteligentes, focando em um padrão de *design* e interface web com estruturas reutilizáveis.

Na alternativa sobre a abordagem da estratégia de simulação, foi possível identificar dois trabalhos que remetem a essa estratégia. O primeiro trabalho foi de Pinto (2025), que propõe a criação de uma plataforma de testes para treinar veículos autônomos, realizando simulações no contexto do software criado. O segundo trabalho de Castro *et al.* (2020), utiliza um software de terceiros para simular um cenário de estacionamento inteligente, detalhando o ambiente físico, conexão entre agentes e os artefatos.

Figura 1. resultados da Questão de Pesquisa 1.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Em Análise conceitual, foram identificados três trabalhos: o primeiro de Melonio (2021), que analisa acidentes de trânsito na cidade de São Paulo e levanta os fatores que contribuem para tal, possibilitando embasar o tipo de informação com o conceito de cidades inteligentes e a gestão de tais incidentes. O segundo trabalho foi de Costa (2023), onde é possível observar uma proposta de um anel viário utilizando sistemas inteligentes para potencializar intervenções estruturais nos ativos do sistema viário, como: ruas, estradas e avenidas. O terceiro trabalho é de Oliveira *et al.* (2020), onde os autores abordam o crescimento populacional e a necessidade de aprimorar serviços aos cidadãos sobre todo o serviço de segurança, utilizando a gestão de operações no contexto de cidades inteligentes.

Um trabalho foi categorizado na alternativa de análise de dados, a pesquisa de Carvalho (2024) apresentou uma análise de dados ambientais em cidades inteligentes utilizando um protótipo de dispositivo IoT. Assim, o autor usou o dispositivo para coletar dados ambientais georreferenciados em tempo real e integrar esses dados com uma base de dados e, posteriormente, realizar a análise dos dados colhidos.

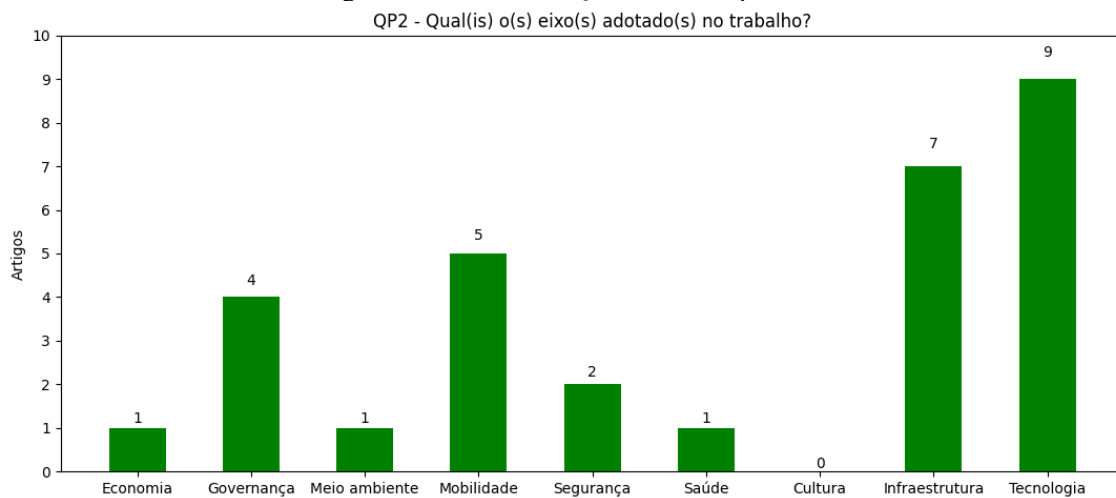
No item, abordagem com internet das coisas, é possível destacar o trabalho de Botelho *et al.* (2019), o qual propõe melhorias em um contexto de estacionamento utilizando sensores e internet das coisas, que foram adotados para alocar e gerenciar vagas de estacionamento utilizando um ambiente simulado.

Os trabalhos de Amorim *et al.* (2019) e Andrade *et al.* (2016) abordaram o desenvolvimento de sistemas. Em Amorim *et al.* (2019), os autores criaram um sistema para auxiliar na coleta de

informações em locais de homicídios que visa modernizar o processo investigativo preliminar da polícia, substituindo métodos manuais por um sistema informatizado moderno. O segundo trabalho de Andrade *et al.* (2016) desenvolveu um sistema que reúne, em tempo real, informações de agentes públicos para combater epidemias de doenças causadas pelo mosquito *Aedes aegypti*.

A QP2 identifica os eixos das cidades inteligentes abordados pelos trabalhos primários. Sendo o eixo de mobilidade o mais frequente e cultura o menos frequente, com nenhum estudo apontando sua abordagem. Os eixos de mobilidade, infraestrutura e tecnologia foram apontados pelos trabalhos de Costa (2023), Melonio (2021) e Castro *et al.* (2020), que discutiram em seus trabalhos os problemas apontados e propuseram soluções variadas. Os eixos de governança, segurança e tecnologia apontados nos trabalhos de Oliveira *et al.* (2020) e Dias *et al.* (2019) discutiram a governança de órgãos públicos e propostas de melhorias para cada tema abordado, dois deles melhorando aspectos de segurança, sendo eles: Oliveira *et al.* (2020) e Amorim *et al.* (2019). No gráfico da Figura 2, é possível observar o número de ocorrências de cada eixo nos trabalhos relacionados, em que é possível em um mesmo trabalho um ou mais eixos relacionados.

Figura 2. resultados da Questão de Pesquisa 2.

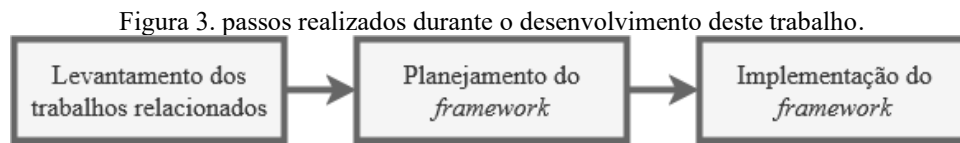


Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Com os trabalhos primários obtidos por meio da revisão da literatura, foi possível identificar as soluções de diversos segmentos utilizando estratégias variadas de abordagem, como simulações, criações de *frameworks*, análise conceitual e de dados, utilização de internet das coisas e desenvolvimento de sistemas informativos. Considerando esta etapa da pesquisa, foi possível observar os problemas e os caminhos descritos pelos autores dos trabalhos que tiveram propostas de soluções relevantes. Dessa forma, esta revisão auxiliou na identificação de possíveis caminhos para novos estudos, como a necessidade de criação de um *framework* para auxiliar no gerenciamento de ordens de serviço de ativos das cidades.

### 3 METODOLOGIA

Diante do objetivo desta pesquisa, foi possível organizar a metodologia deste trabalho em três passos, conforme mostra a Figura 3 e a descrição nas subseções seguintes:



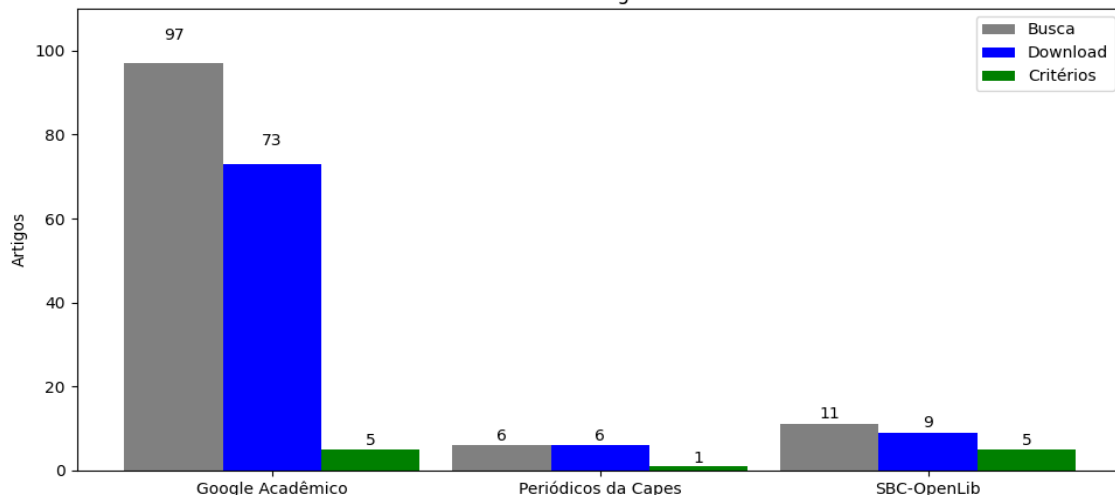
Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

#### 3.1 PASSO 1 - LEVANTAMENTO DOS TRABALHOS RELACIONADOS

O primeiro passo realizado no desenvolvimento da metodologia deste trabalho foi a revisão da literatura com o intuito de identificar os principais trabalhos alinhados a esta pesquisa. A descrição das três fases realizadas durante a revisão pode ser observada na Seção 2. Ao realizar a busca dos artigos nas bases de dados foram encontrados 114 trabalhos, logo após, foi realizado o *download* desses artigos, em seguida os mesmos passaram pelos critérios de inclusão e exclusão, restando 11 trabalhos primários, conforme mostra a Figura 4.

Assim, foi possível obter uma visão geral dos principais trabalhos relacionados a este estudo, com o intuito de observar as estratégias adotadas pelos autores. Adicionalmente, a investigação dos trabalhos relacionados permitiu observar lacunas para nortear novos trabalhos. Neste contexto, destaca-se a necessidade de uma alternativa que permita que os especialistas consigam gerenciar as ordens de serviços relacionadas aos ativos públicos. Sendo assim, surgiu a proposta de criação de um *framework* que permita a criação, edição e acompanhamento das ordens de serviços pelos gestores da zeladoria pública. Na próxima subseção será apresentado o planejamento desse *framework* para auxiliar no seu desenvolvimento.

Figura 4. quantidade de artigos obtidos durante a busca, *download* e critérios da revisão da literatura.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

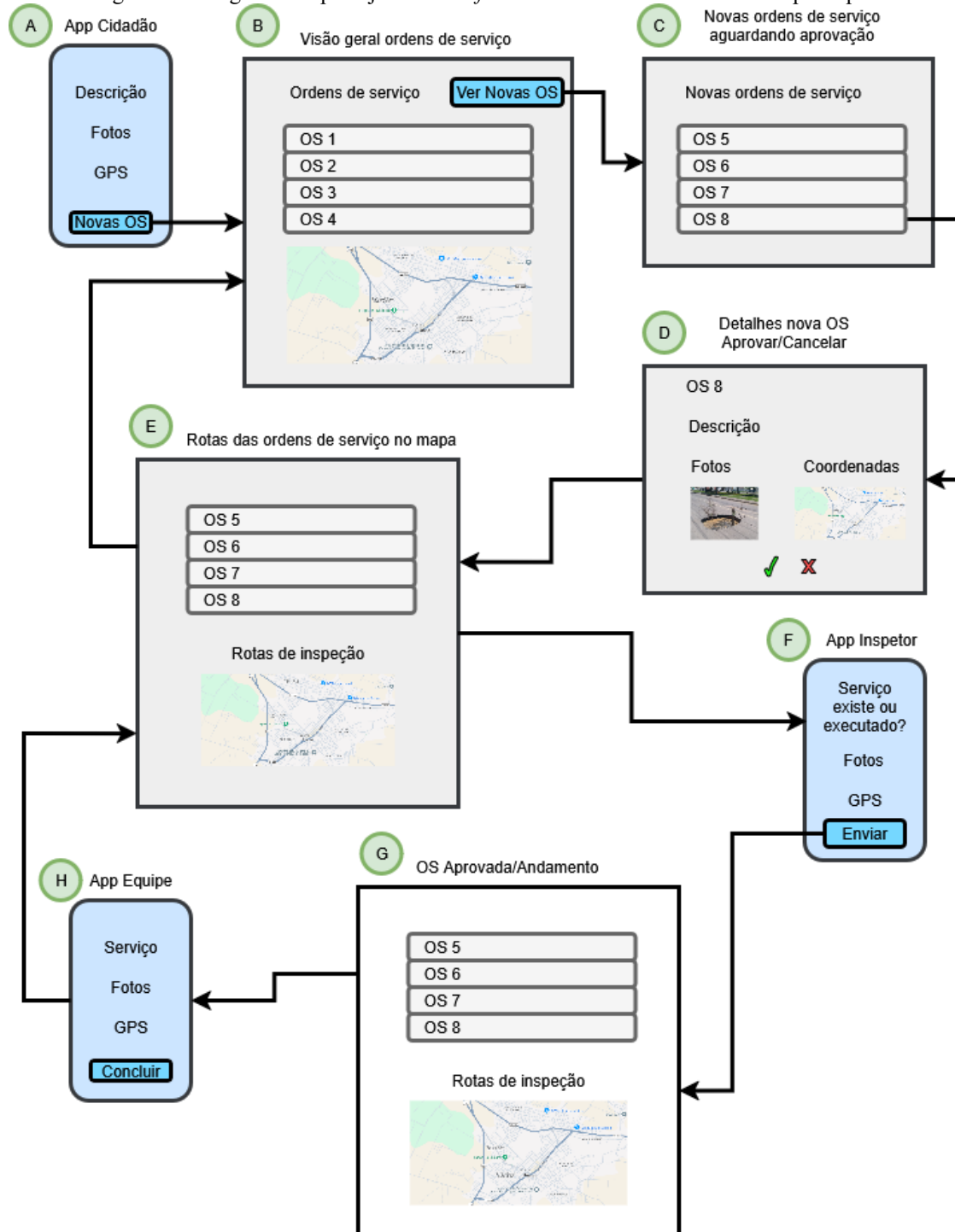
### 3.2 PASSO 2 - PLANEJAMENTO DO *FRAMEWORK*

Na segunda etapa, foi realizado o planejamento do *framework*, com o intuito de facilitar sua implementação. Para que o produto final seja capaz de cumprir os requisitos funcionais no contexto em que ele será inserido e permitindo que as regras de negócio sejam implementadas no software, ele foi planejado para que a inserção dessas regras seja com pouca ou nenhuma utilização de códigos de linguagem de programação para o usuário final.

Dessa forma, será desenvolvido um sistema web que será integrado aos aplicativos móveis, assim a comunicação será feita com tecnologias atuais de requisição e resposta, como interfaces de programação de aplicações API Transferência de Estado Representacional (REST) e Estilo arquitetural baseado em REST (RESTful). A ideia central é viabilizar a criação de regras de negócio, funcionalidades e objetos de forma interativa e que o usuário final consiga utilizá-lo sem precisar de conhecimentos de codificação e linguagens de programação, permitindo a customização do sistema para garantir que atenda aos seus requisitos funcionais, técnicos e não funcionais. Viabilizando a integração com produtos já consolidados no mercado, porém de forma reduzida e adaptada para o contexto de uso do produto a ser desenvolvido.

Na Figura 5, é possível observar o fluxograma das ordens de serviço desde sua origem até sua conclusão, a integração do sistema web como os aplicativos móveis sendo utilizados para movimentar e atualizar os dados das ordens de serviço geradas. Diante deste fluxograma, na subseção seguinte serão apresentadas as descrições de cada módulo apresentado na Figura 5 e sua interface gráfica desenvolvida no passo da implementação do *framework*.

Figura 5. fluxograma do planejamento do *framework* e suas funcionalidades principais.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

### 3.3 PASSO 3 – IMPLEMENTAÇÃO DO *FRAMEWORK*

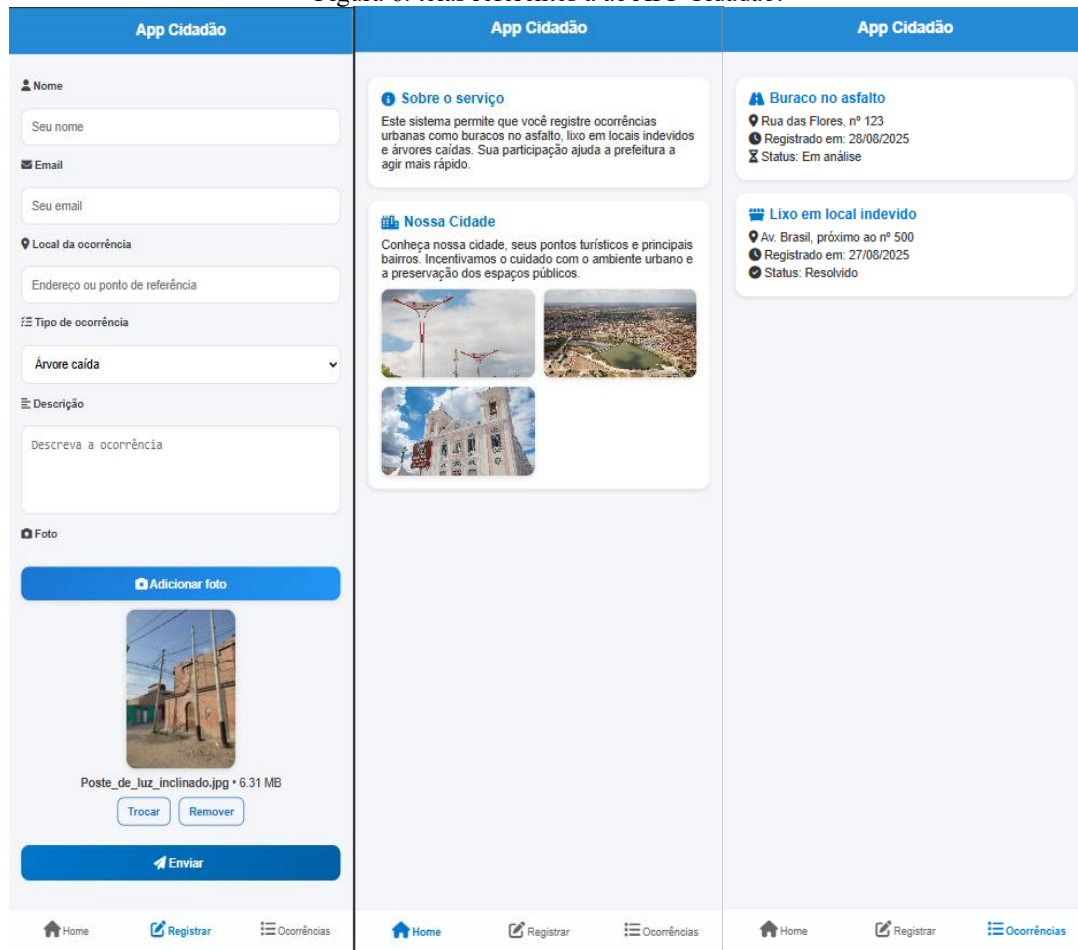
A implementação do *framework* proposto tem como objetivo solucionar os desafios da gestão de ativos municipais. Foram utilizadas técnicas de desenvolvimento baseadas em arquiteturas que suportam a configuração de regras de negócio para implantação de um processo real em um sistema informatizado. A comunicação com o sistema ocorre através de requisições de API RESTful a qual suporta diversos tipos de operações com um banco de dados relacional. A seguir, serão descritos os módulos apresentados na Figura 4 do planejamento.



**Módulo A - App Cidadão:** Ao observar um problema na cidade, o cidadão poderá relatá-lo utilizando o aplicativo móvel, que gerará uma ordem de serviço (OS). Para criar uma ordem de serviço, o usuário irá inserir a descrição do ocorrido e a foto. O Sistema de Posicionamento Global (GPS) captura as informações de localização e envia em formato de coordenadas para o sistema. Com a ordem de serviço gerada, os gestores e fiscais responsáveis poderão visualizá-las no módulo de novas ordens de serviço (Módulo C), que permitirá visualizar seus detalhes individualmente, assim, poderão optar por aprovar ou reprovar a solicitação (Módulo D). Cidadãos, funcionários e demais atores do sistema podem abrir esse tipo de requisição. Na Figura 6, é possível visualizar os aspectos visuais do aplicativo do munícipe, o qual contém o registro de ocorrência e a capacidade de preenchimento de informações pessoais do munícipe, tais como as informações da ocorrência, como fotos, descrição e breve localização. Ao realizar o envio, o aplicativo captura o local exato atual através do GPS do aparelho.

**Módulo B - Visão geral das ordens de serviço:** Neste módulo, os gestores, fiscais e demais responsáveis podem visualizar as ordens de serviço gerais, em qualquer fase do processo, seja um novo relato, ordens de serviço em fase de execução e concluídas, sendo necessário filtrá-las para serem visíveis na página web. É possível acessar, por meio de um botão, somente as novas ordens de serviço pendentes de aprovação. Nessa página, é possível observar um mapa geral com as ordens de serviço da lista colocadas em sua respectiva coordenada, facilitando a visualização geográfica e a densidade por território. Na Figura 7, é possível visualizar a tabela de ordens de serviço e sua respectiva geolocalização no mapa. Ao clicar no ponto no mapa, é possível visualizar as informações, facilitando a usabilidade em um cenário de maior quantidade de ordens de serviço.

Figura 6. telas referentes a ao APP Cidadão.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Figura 7. tela com a listagem de ordens de serviços e sua localização geográfica.

**Ordens de Serviço - Visão Geral**

ID	Classificação	Descrição	Status	Data Criação	Inspeção	Início	Término	Conclusão	Ações
1001	TAPA BURACO	Buraco na via pública na Rua Francisco Alves	NOVO	09/08/2023	-	-	-	-	Ver no mapa
1002	MANUTENÇÃO DE HIDRANTES	Hidrante com vazamento na Av. Dom Lino	EM ANDAMENTO	04/08/2023	05/08/2023	06/08/2023	-	-	Ver no mapa
1003	PODA E REMOÇÃO DE ÁRVORES	Árvore com risco de queda na Rua Cel. Alexandzito	AGUARDANDO INSPEÇÃO	11/08/2023	-	-	-	-	Ver no mapa
1004	ILUMINAÇÃO PÚBLICA	Lâmpada queimada na Praça da Matriz	NOVO	14/08/2023	-	-	-	-	Ver no mapa
1005	LIMPEZA URBANA	Acúmulo de lixo na Rua 7 de Setembro	CONCLUÍDO	31/07/2023	01/08/2023	02/08/2023	03/08/2023	03/08/2023	Ver no mapa
1006	MANUTENÇÃO DE BUEIRO	Bueiro entupido na Av. Castelo Branco	EM ANDAMENTO	07/08/2023	08/08/2023	09/08/2023	-	-	Ver no mapa
1007	SINALIZAÇÃO VIÁRIA	Placa de trânsito caída na Rua João Pessoa	NOVO	13/08/2023	-	-	-	-	Ver no mapa
1008	MANUTENÇÃO DE CALÇADA	Calçada danificada na Rua da Conceição	AGUARDANDO INSPEÇÃO	12/08/2023	-	-	-	-	Ver no mapa



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

**Módulo C - Novas ordens de serviço (ocorrências relatadas pelo cidadão):**

A Figura 8 representa parte do sistema web utilizado pelos gestores para visualizar a lista das novas ordens de serviço com a possibilidade de ir para os detalhes daquela ordem de serviço e, posteriormente, no

Módulo D, a possibilidade de aprová-las ou reprová-las.

Figura 8. tela com a listagem de ordens de serviços em processo de aprovação.

**Novas OS Aguardando Aprovação**

ID	Classificação	Descrição	Data Criação	Prioridade	Ações
1001	TAPA BURACO	Buraco na via pública na Rua Francisco Alves	09/08/2023	ALTA	<a href="#">Ver no mapa</a> <a href="#">Detalhes</a>
1003	PODA E REMOÇÃO DE ÁRVORES	Árvore com risco de queda na Rua Cel. Alexanzito	11/08/2023	MÉDIA	<a href="#">Ver no mapa</a> <a href="#">Detalhes</a>
1004	ILUMINAÇÃO PÚBLICA	Lâmpada queimada na Praça da Matriz	14/08/2023	BAIXA	<a href="#">Ver no mapa</a> <a href="#">Detalhes</a>
1007	SINALIZAÇÃO VIÁRIA	Placa de trânsito caída na Rua João Pessoa	13/08/2023	ALTA	<a href="#">Ver no mapa</a> <a href="#">Detalhes</a>
1008	MANUTENÇÃO DE CALÇADA	Calçada danificada na Rua da Conceição	12/08/2023	MÉDIA	<a href="#">Ver no mapa</a> <a href="#">Detalhes</a>

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

**Módulo D - Detalhes da ordem de serviço:** Representa a nova ordem de serviço, selecionada na página web do módulo C, e suas informações mais relevantes, como: identificador, descrição, datas, fotos, e posição na cidade, contribuindo na análise por parte do responsável para aprovação ou reprovação daquela ordem de serviço, conforme mostra a Figura 9.

Figura 9. tela com a descrição da ordem de serviço.

**Detalhes da Ordem de Serviço**

**OS 1001 - TAPA BURACO**

Descrição: Buraco na via pública na Rua Francisco Alves  
 Data Criação: 09/08/2023  
 Localização: Rua Francisco Alves, Centro  
 Prioridade: **ALTA**  
 Status: **NOVO**  
 Data Inspeção: Não informada  
 Data Início: Não informada  
 Data Término: Não informada  
 Data Conclusão: Não informada

Fotos:

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

**Módulo E - Rotas das ordens de serviço:** A Figura 10 exibe no mapa as rotas pendentes de inspeção, seja de existência de serviço, em que o inspetor irá se deslocar ao local e avaliará se aquela ocorrência realmente existe, ou conclusão, em que o inspetor se deslocará para o local e verificará se a ordem de serviço foi executada (Módulo F). Essas rotas serão designadas apenas aos inspetores e

será possível que o gestor visualize as rotas dos inspetores ao selecionar um dos *status*.

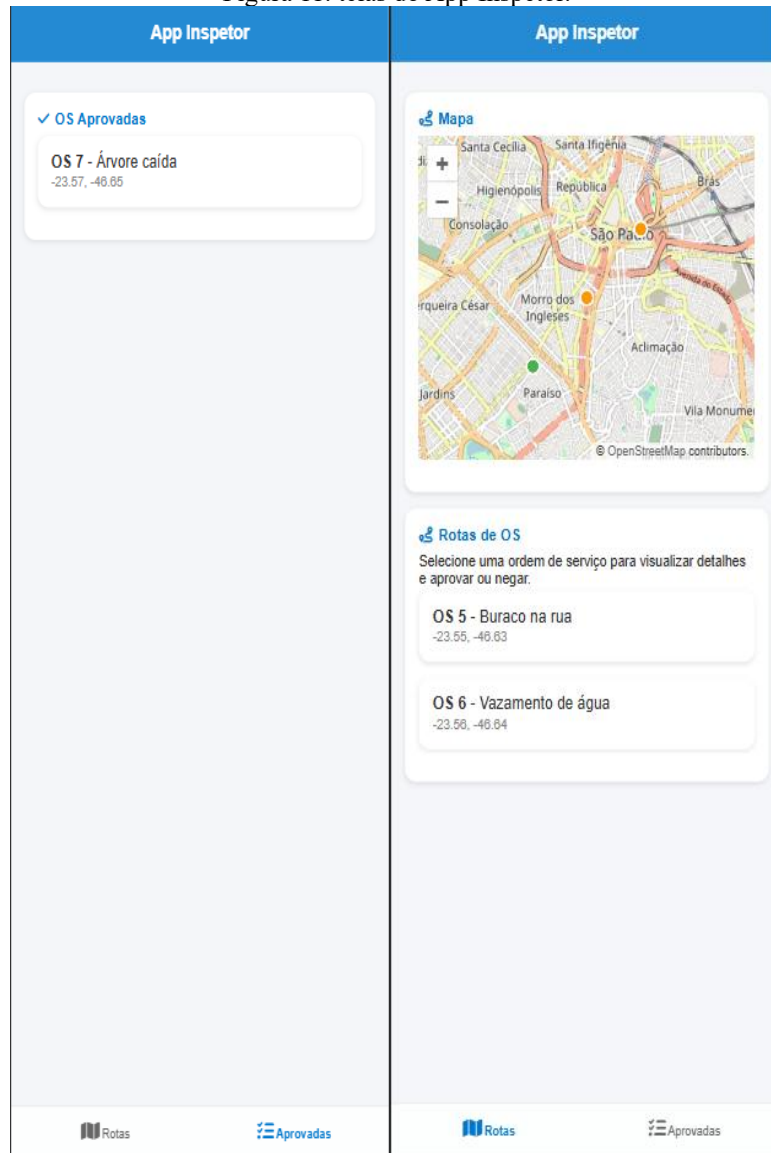
Figura 10. tela para definir e apresentar a rota do inspetor.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

**Módulo F - App Inspetor:** O módulo do sistema móvel responsável por exibir as informações de inspeção ao inspetor e exibir a rota que deve ser feita para atingir todas as ordens de serviço destinadas ao inspetor. Ao chegar no local de inspeção, é necessário que o inspetor responda a um breve questionário e envie fotos da ocorrência ou do serviço realizado, aprovando se a ocorrência existe ou, caso seja uma ordem de serviço concluída, aprovando caso a ordem de serviço tenha sido realizada com sucesso. Ao realizar o envio de fotos da inspeção, verificando a existência da ocorrência ou se a execução da ordem de serviço foi realizada pela equipe, ao enviar as informações, o aparelho envia o sinal de GPS na requisição para registrar a posição do inspetor. Na Figura 11, é possível notar as telas referentes ao Módulo do App Inspetor.

Figura 11. telas do App Inspetor.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

**Módulo G - Ordens de serviço aprovadas ou em andamento:** Exibe as ocorrências aprovadas pelo inspetor e as ordens de serviço em execução ou aguardando execução pela equipe no mapa, conforme é possível observar na Figura 12.

**Módulo H - App Equipe:** A Figura 13 exibe as informações da ordem de serviço aprovada para a equipe designada e a rota até o local do serviço. O encarregado do serviço envia informações do serviço realizado, como descrição, fotos, e o aplicativo envia as informações do GPS.

Figura 12. tela com a listagem de ordens de serviços aprovadas e em andamento.

**Ordens de Serviço Aprovadas e Em Andamento**

ID	Classificação	Descrição	Status	Prioridade	Data Início	Previsão Término	Ações
1002	MANUTENÇÃO DE HIDRANTES	Hidrante com vazamento na Av. Dom Lino	EM ANDAMENTO	ALTA	06/08/2023	11/08/2023	<a href="#">Detalhes</a> <a href="#">Rota</a> <a href="#">Concluir</a>
1005	LIMPEZA URBANA	Acúmulo de lixo na Rua 7 de Setembro	CONCLUÍDO	MÉDIA	02/08/2023	07/08/2023	<a href="#">Detalhes</a> <a href="#">Rota</a>
1006	MANUTENÇÃO DE BUEIRO	Bueiro entupido na Av. Castelo Branco	EM ANDAMENTO	ALTA	09/08/2023	14/08/2023	<a href="#">Detalhes</a> <a href="#">Rota</a> <a href="#">Concluir</a>

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Figura 13. Telas do APP Equipe.

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

**Descrição conceitual do algoritmo:** O Módulo E é responsável pela apresentação das rotas, sendo assim será descrito o algoritmo busca adotado para construir rotas entre um conjunto de ativos em um grafo que representa as ruas da cidade, utilizando uma abordagem iterativa e probabilística. Para calcular o caminho entre dois pontos consecutivos da rota, o *framework* permite escolher entre diferentes algoritmos clássicos de busca de caminhos: A\* (com heurística euclidiana ou haversiana), BFS (Busca em Largura), DFS (Busca em Profundidade) e BCU (Busca de Custo Uniforme/Dijkstra).

O algoritmo proposto adota uma abordagem iterativa inspirada em algoritmos genéticos, onde múltiplas soluções são geradas e a melhor delas é selecionada ao longo do processo evolutivo. No Algoritmo 1 da Figura 14, a cada iteração, uma nova rota é construída de forma probabilística, permitindo explorar diferentes configurações do espaço de soluções. Este processo de geração repetida de soluções e seleção da melhor alternativa caracteriza a natureza heurística do método, que busca convergir para soluções de alta qualidade sem a necessidade de explorar exaustivamente todo o espaço de busca.

Um elemento fundamental da solução é o armazenamento da distância entre dois ativos, evitando o recálculo a cada consulta, com o intuito de otimizar o cálculo dos caminhos entre os ativos. O algoritmo mantém uma estrutura de memorização (do inglês, *memoization*) que armazena os caminhos e as distâncias já calculadas entre pares de ativos, evitando recomputações desnecessárias. Esta estratégia reduz significativamente o custo computacional, especialmente em cenários onde um mesmo par de ativos aparece em múltiplas soluções candidatas ao longo do processo iterativo. A combinação entre a exploração probabilística das rotas e a memorização eficiente dos subcaminhos constitui o diferencial da abordagem proposta.

Figura 14. pseudo-código do Algoritmo 1.

---

**Algoritmo 1:** Melhor Rota

---

**Output:** Atualiza a melhor rota encontrada

**for**  $i \leftarrow 0$  **to**  $iteracoes - 1$  **do**

$melhor\_rota\_copia \leftarrow Gerar\_Solucao();$

**if**  $melhor\_rota = \emptyset$  **ou**  $melhor\_rota\_copia[-1][1] < melhor\_rota[-1][1]$  **then**

$melhor\_rota \leftarrow melhor\_rota\_copia;$

**end**

**end**

---

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

O componente de Roleta de Seleção (Algoritmo 2 da Figura 15) implementa um mecanismo de escolha probabilística para determinar qual ativo será visitado em cada passo da construção da rota. A cada decisão, o algoritmo considera todos os ativos ainda não visitados e calcula um peso inversamente proporcional à distância entre o ponto atual e cada candidato. Quanto menor a distância até um ativo, maior a probabilidade de que ele seja escolhido como próximo destino. Este mecanismo introduz um elemento estocástico na construção das soluções, permitindo que diferentes rotas sejam exploradas ao longo das iterações, ao mesmo tempo em que favorece escolhas localmente eficientes.

Figura 15. pseudo-código do Algoritmo 2.

---

**Algoritmo 2:** Roleta de Seleção

---

**Input:** Lista de pares (*objeto, distancia*)**Output:** Objeto selecionado

```
foreach (objeto, distancia) em roleta do
    if distancia = 0 then
        | return objeto
    end
    Adicione objeto à lista de objetos;
    Adicione distancia à lista de distancias;
end
foreach distancia em distancias do
    | Calcule peso = 1/distancia;
    | Adicione peso à lista de pesos;
end
Calcule probabilidades = pesos/sum(pesos);
Escolha aleatoriamente um objeto com base nas probabilidades;
return objeto escolhido;
```

---

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Para determinar o caminho entre dois ativos no grafo da malha viária, o Algoritmo 3 da Figura 16 utiliza métodos clássicos de busca em grafos. A função genérica algoritmo(origem, ativo) pode ser implementada utilizando diferentes estratégias de busca. Para os experimentos realizados neste trabalho, foram selecionados os algoritmos: Busca em Largura (do inglês, *Breadth-First Search* (BFS)), Busca em Profundidade (do inglês, *Depth-First Search* (DFS)), Busca de Custo Uniforme (do inglês, *Uniform-Cost Search* (UCS)) e Algoritmo A estrela (A\*) para avaliação comparativa de desempenho. No caso do Algoritmo A\*, foram utilizadas duas funções heurísticas distintas: a distância euclidiana, calculada a partir das coordenadas cartesianas, e a distância haversiana, que considera a curvatura da Terra para cálculo geodésico entre coordenadas geográficas. Esta diversidade de algoritmos e heurísticas permite avaliar o impacto de cada estratégia na qualidade das rotas geradas e no tempo computacional demandado, identificando a abordagem mais adequada para o contexto de otimização de rotas urbanas em grafos de malha viária.

Figura 16. pseudo-código do Algoritmo 3.

---

**Algoritmo 3: Gerar Solução**

---

**Output:** Melhor rota gerada

```
Inicialize melhor_rota_copia ← [(inicio,0)];
ativos_copia ← copia(ativos);
origem ← inicio;
while ativos_copia <> ∅ do
    Inicialize lista roleta;
    foreach ativo em ativos_copia do
        if ativo not in distancia_entre_ativos[origem] then
            rota,distancia,nos,ramificacao ← algoritmo(origem,ativo);
            Adicione rota a caminho_entre_ativos;
            Atualize distancia_entre_ativos[origem][ativo] ← distancia;
        end
        Adicione (ativo,distancia) à roleta;
    end
    elemento ← Roleta(roleta);
    Adicione (elemento,0) à melhor_rota_copia;
    Remova elemento de ativos_copia;
    origem ← elemento;
end
if inicio not in distancia_entre_ativos[origem] then
    rota,distancia,nos,ramificacao ← algoritmo(origem,inicio);
    Adicione rota a caminho_entre_ativos;
    Atualize distancia_entre_ativos[origem][inicio] ← distancia;
end
Adicione (inicio,0) à melhor_rota_copia;
Chame recalcula_distancias(melhor_rota_copia);
return melhor_rota_copia;
```

---

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

## 4 RESULTADOS

Com o intuito de verificar o desempenho dos algoritmos de identificação de rotas entre os ativos, foi realizado um experimento onde o código foi desenvolvido na linguagem de programação Python. Foram usadas as instâncias da cidade Russas - CE na qual o *framework* foi aplicado, de forma que cada instância possui uma variação gradativa de quantidades de nós e a quantidade de ativos da cidade. Na Tabela 2, é possível observar o resultado da média aritmética das 600 instâncias recebidas como entrada. Cada linha possui a média das instâncias de mesma configuração e com variação de ativos. Como o algoritmo possui o método da roleta que seleciona o próximo ativo de forma

probabilística, então, neste experimento, foram selecionadas 30 sementes para o algoritmo aleatório a cada execução. As sementes foram selecionadas com base nas casas decimais de  $\pi$ , ou seja, a cada 6 casas decimais, uma nova semente foi gerada, por exemplo,  $s_1 = 141592$ ,  $s_2 = 653589$ , ... . Os experimentos foram executados em um computador com Windows 11, com Intel Core i5-1135G7 bits: 64, e memória de 4 gigas.

Tabela 2. resultado computacional do experimento com os algoritmos.

Nº de nós	Nº de entre-gas	Busca em Profundidade		Busca em Largura		Busca de Custo Uniforme		A* Euclidiano		A* Haversiano	
		Distância (m)	Tempo (s)	Distância (m)	Tempo (s)	Distância (m)	Tempo (s)	Distância (m)	Tempo (s)	Distância (m)	Tempo (s)
13	5	1053	0.01	1053	0.01	1053	0,01	1053	0.01	1053	0,01
13	10	1285	0.03	1285	0.03	1285	0,02	1285	0.02	1285	0,02
32	5	1549	4.16	1549	11.71	1549	0,01	1549	0.01	1549	0,01
32	10	2066	11.10	2066	31.54	2066	0,03	2066	0.02	2066	0,02
32	15	2656	26.27	2656	73.00	2656	0,05	2656	0.05	2656	0,05
32	20	3875	46.67	3875	131.25	3875	0,08	3875	0.08	3875	0,07
42	5	1914	113.71	1914	635.45	1914	0,01	1914	0.01	1914	0,01
42	10	3144	441.26	3144	2525.53	3144	0,03	3144	0.03	3144	0,03
42	15	4053	893.04	4053	5280.02	4053	0,05	4053	0.05	4053	0,05
42	20	5344	1319.39	5344	7522.46	5344	0,09	5344	0.08	5344	0,08
42	25	5815	1880.65	5815	10520.79	5815	0,12	5815	0.11	5815	0,11
42	30	7159	2671.14	7159	16138.76	7159	0,17	7159	0.15	7159	0,15
81	5	-	-	-	-	2380	0,01	2380	0.01	2380	0,01
81	10	-	-	-	-	3231	0,03	3231	0.03	3231	0,03
81	15	-	-	-	-	4881	0,06	4881	0.05	4881	0,05
81	20	-	-	-	-	6143	0,10	6143	0.08	6143	0,08
81	25	-	-	-	-	8267	0,14	8267	0.12	8267	0,11
81	30	-	-	-	-	8837	0,19	8837	0.16	8837	0,15
81	35	-	-	-	-	11538	0,25	11538	0.21	11538	0,20
81	40	-	-	-	-	12987	0,33	12987	0.28	12987	0,26

Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026.

De modo geral, foi possível notar que os algoritmos conseguiram retornar como solução a melhor rota para as instâncias adotadas. Para instâncias com uma quantidade maior de ativos, o tempo de execução dos algoritmos de busca em profundidade e busca em largura aumentou consideravelmente, de tal forma que nas instâncias com 81 nós o algoritmo não conseguiu retornar uma solução em um tempo factível. Esse fato ocorre devido ao projeto desses algoritmos que exploram todo o espaço de busca e retornam a melhor solução encontrada, ou seja, são algoritmos de força bruta. Como as instâncias de 81 nós possuem mais combinações, os algoritmos levaram mais de 40 minutos para executar, dessa forma, eles foram interrompidos para essas últimas instâncias.

Os algoritmos de Custo Uniforme e o Algoritmo A\* (Euclidiano e Haversiano) conseguiram executar as instâncias em um tempo inferior a um minuto. É importante destacar que, apesar do bom desempenho desses três algoritmos, o Algoritmo A\* Haversiano apresentou o melhor desempenho



computacional, visto que em todas as instâncias ele conseguiu devolver a melhor solução com o menor tempo, quando comparado aos algoritmos adotados neste experimento.

## 5 CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho, foi possível identificar uma alternativa para auxiliar os gestores no gerenciamento de ativos no contexto da zeladoria urbana. Foi possível realizar um levantamento da literatura com os principais trabalhos relacionados a esta pesquisa, de tal forma que foi identificada a necessidade de um *framework* que pudesse atender a pequenas cidades. Assim, foi possível planejar e desenvolver esse *framework*, bem como aplicar uma cidade para verificar a sua viabilidade. Adicionalmente, foi realizado um experimento com o algoritmo de rotas para os inspetores, utilizando instâncias que aumentam gradativamente o número de nós e de ativos das cidades. Dessa forma, acredita-se no potencial *framework* e de suas funcionalidades para benefício comum aos cidadãos, que, após o lançamento de todos os módulos, possa impactar positivamente em aspectos sociais.

Como trabalhos futuros, é possível citar:

- aplicação do *framework* em outras cidades;
- fazer uma avaliação com os usuários para verificar possíveis melhorias.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, M.; VENCESLAU, J.; CARVALHO, P.; CACHO, N.; LOPES, F.; ADACHI, E.; LIMA, J. Assistente de cena de crime: Solução para auxílio à investigação de homicídios. In: Anais do II Workshop Brasileiro de Cidades Inteligentes. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2019. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wbci/article/view/6747>>.

ANDRADE, L. H. de; AMORIM, B.; OLIVEIRA, M. de; ALVES, A. L.; ABRANTE, J. N. de; LEITE, D.; ROCHA, J. H.; BAPTISTA, C. Deuzikachico: o poder da agi no monitoramento e combate de epidemias como a de dengue, zika e chikungunya. In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2016. p. 377–384. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi/article/view/5985>>.

BOTELHO, P.; BORGES, A.; ALVES, G. Proposta de implantação de um sistema ciberfísico para um smart parking baseado em agentes inteligentes. In: Anais do XIII Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e Aplicações. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2019. p. 259–264. ISSN 2326-5434. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wesaac/article/view/33361>>.

CARVALHO, Hilda Alberton; CALDAS, Paulo Matteoni Rocha. O impacto da Implemetação De Tecnologias Da Informação e Comunicação – TIC – para a transparência dos atos governamentais na Administração Pública Brasileira. LUMEN ET VIRTUS, [S. l.], v. 15, n. 39, p. 1882–1903, 2024. DOI: 10.56238/levv15n39-023. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/view/166>. Acesso em: 6 jan. 2026.

CARVALHO, M. D. S. d. *Smart cities: uso de sensores e dados secundários para cidades inteligentes centradas no cidadão*. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, 2024.

CASTRO, L.; MANOEL, F.; JESUS, V.; PANTOJA, C.; BORGES, A.; ALVES, G. Integrando sistemas multi-agentes embarcados, simulação urbana e aplicações de iot. In: Anais do XIV Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e Aplicações. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2020. p. 165–176. ISSN 2326-5434. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wesaac/article/view/33389>>.

COSTA, I. S. Proposição de elementos para uso de sistemas inteligentes de transportes para potencialização de intervenções estruturantes no sistema viário de cidades de médio porte: uma proposta para o novo anel viário de Bom Despacho-MG. Monografia (Bacharelado em Engenharia Urbana) — Universidade Federal do Tocantins, Ouro Preto - MG, 2023.

DE ALMEIDA, Rodrigo Monteiro Guedes. Boas práticas em desenvolvimento de APIS para integração de sistemas. LUMEN ET VIRTUS, [S. l.], v. 16, n. 45, p. 1636–1655, 2025. DOI: 10.56238/levv16n45-069. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/view/5213>. Acesso em: 4 jan. 2026.

DIAS, C.; LOPES, F.; LEITE, J. Smartnode dashboard: um framework front-end baseado em node-red para criação de city dashboards. In: Anais do II Workshop Brasileiro de Cidades Inteligentes. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2019. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wbci/article/view/6744>>.

KITCHENHAM, B.; Pearl Brereton, O.; BUDGEN, D.; TURNER, M.; BAILEY, J.; LINKMAN, S. Systematic literature reviews in software engineering – a systematic literature review. Information and Software Technology, v. 51, n. 1, p. 7–15, 2009. ISSN 0950-5849. Special Section - Most Cited Articles in 2002 and Regular Research Papers. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950584908001390>>.



MELONIO, A. C. C. Smart São Paulo: um estudo da mobilidade urbana sob a ótica de Machine Learning e aspectos espaço-temporais. Dissertação (Mestrado) — Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2021.

OLIVEIRA, V. A. T. Gestão de operações de serviços de emergência no contexto de cidades inteligentes e sustentáveis: o caso da Polícia Militar do Paraná. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.

PINTO, N. R. Desenvolvimento de uma virtual test bed e digital twin para treinamento de veículos autônomos. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação)—Universidade Estadual Paulista (Unesp), Sorocaba - SP, 2025.

SANTIAGO, T. E. T. Cidades inteligentes, gestão urbana e geotecnologias: proposta de city information modeling (CIM) aplicado ao Município de Madre de Deus-BA. Dissertação (Mestrado) — UCSal, Universidade Católica do Salvador, 2023.

SANTOS, L.; NASCIMENTO, L.; NUNES, S. Reclamando app: um aplicativo para auxiliar na reivindicação de problemáticas urbanas. In: Anais da XIX Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2019. p. 184–189. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/erbase/article/view/8976>>.

SILVA, A. G. F. da; SILVA, J. J. da; BARRETO, L. K. da S.; FELIX JÚNIOR, L. A.; DORNELAS, C. S. M.. A gestão pública e suas práticas: um estudo sobre a relação público-privada no município de Caraúbas – PB. Revista Sítio Novo, Palmas, v. 4, n. 3, p. 314–335, 2020. DOI: 10.47236/2594-7036.2020.v4.i3.314-335p. Disponível em: <https://sitionovo.ifto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/645>.

STORCK, C.; SALES, E.; ZÁRATE, L.; FIGUEIREDO, F. Proposta de um framework baseado em mineração de dados para redes 5g. Revista Eletrônica de Sistemas de Informação, v. 16, n. 2, 2017. ISSN 1677-3071. Disponível em: <<https://www.periodicosibepes.org.br/index.php/reinfo/article/view/2488>>.

QUEIROZ, Mayrton *et al.* Um estudo exploratório sobre o uso de algoritmos genéticos para o problema de eficiência energética em trens urbanos. Anais do IX ENUCOMP, 2016.

QUEIROZ, Mayrton D.; PALMEIRA, Ruan A. P.; DE MELO, Felipe T.; DANIEL, Rodrigo G.; RIQUE, Ícaro T. de A.; GUIMARÃES, Augusto C. P.; MARTINS, Marcelle Batista; LINO, Natasha Correia Queiroz. Um Framework para Apoiar Especialistas no Estudo da Eficiência Energética em Trens Urbanos. In: Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI), 15. 2019, Aracajú. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p. 32-39.

WEISS, M. C.; BERNARDES, R. C.; CONSONI, F. L. Cidades inteligentes como nova prática para o gerenciamento dos serviços e infraestruturas urbanos: a experiência da cidade de porto alegre. Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, SciELO Brasil, v. 7, p. 310–324, 2015.