



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES**

**YGOR DE CARVALHO ALENCAR**

**UM MÉTODO PARA INTEGRAÇÃO E GERENCIAMENTO DE REDES DE  
INFRAESTRUTURA URBANA**

**FORTALEZA**

**2019**

YGOR DE CARVALHO ALENCAR

UM MÉTODO PARA INTEGRAÇÃO E GERENCIAMENTO DE REDES DE  
INFRAESTRUTURA URBANA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de Concentração: Infraestrutura de Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Uchôa da Silva.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- A355m Alencar, Ygor de Carvalho.  
Um método para integração e gerenciamento de redes de infraestrutura urbana / Ygor de Carvalho  
Alencar. – 2019.  
103 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Carlos Augusto Uchôa da Silva.
1. Gerência de infraestrutura urbana. 2. Sistema de informação geográfica. 3. Redes subterrâneas de infraestrutura urbana. 4. Sistema viário. I. Título.

CDD 388

---

YGOR DE CARVALHO ALENCAR

UM MÉTODO PARA INTEGRAÇÃO E GERENCIAMENTO DE REDES DE  
INFRAESTRUTURA URBANA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de Concentração: Infraestrutura de Transportes.

Aprovada em: 29 / 08 / 2019.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Carlos Augusto Uchôa da Silva (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior (Examinador Interno)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Marcos Fábio Porto de Aguiar (Examinador Externo)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

A Deus.

A minha família, meus pais Lizinei e Ana  
Célia, ao meu irmão Yuri.

A minha esposa Amanda.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Carlos Augusto Uchôa da Silva, por ter me estendido a mão no momento em que mais necessitei, pelo apoio e excelente orientação durante o desenvolvimento deste trabalho, apesar das adversidades e curto tempo.

Ao professor Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior pelo acolhimento e ensinamentos tão fundamentais ao desempenho intelectual e profissional desde à graduação.

Ao professor Dr. Marcos Fábio Porto de Aguiar pelas considerações levantadas durante a defesa desta dissertação.

Ao professor Dr. Bruno de Athayde Prata pela amizade, sempre auxiliando nos mais diversos momentos, seja profissional ou pessoal.

A minha família, meus pais Lizinei e Ana Célia, meu irmão Yuri e minha esposa Amanda, os quais me fazem entender o real sentido da palavra amor.

Aos professores e funcionários do Departamento de Transportes da Universidade Federal do Ceará pela colaboração, em especial Zacarias e Clélia.

Ao pessoal técnico da Cagece e Cegás, pela cessão dos dados técnicos e pela colaboração oferecida na elaboração da aplicação piloto.

A todos meus companheiros do Departamento de Engenharia dos Transportes pela amizade e apoio ao longo destes dois anos de trabalho, especialmente, Fabrício e Paulo.

A Rubens Silva pelo apoio nos problemas computacionais.

A todas aquelas pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho.

## RESUMO

Sabe-se que uma das características do espaço urbano é o compartilhamento de diversas redes de infraestrutura, nos níveis aéreo, superficial e subterrâneo. Além disso, historicamente não houve planejamento nos processos de urbanização da maioria das cidades brasileiras. Estas duas constatações conduzem a conflitos, dentre os quais destacam-se os que ocorrem na manutenção, conservação e implantação física das redes subterrâneas e superficiais. São diversos os impactos negativos mútuos nas redes, na cidade e, por conseguinte em todos os seus usuários. Este estudo tem por objetivo principal propor um método de integração e gerenciamento de redes dos sistemas viário, sanitário e energético, nos níveis superficial e subterrâneo. Para estudo de caso, elegeu-se a quinta maior cidade brasileira, Fortaleza-CE. São usadas técnicas de geoprocessamento e programação computacional para compatibilizar, integrar e gerenciar as diferentes redes, bem como será desenvolvido um aplicativo que possibilite a visualização e planejamento integrado com diferentes níveis de acesso. Assim, foi desenvolvido uma aplicação baseada em geoprocessamento para web (aplicativo GEOINFRA) que implementou uma metodologia para compatibilizar, integrar e gerenciar as diferentes redes dos subsistemas urbanos através da criação de um banco de dados integrado, que pode ser realimentado com novos dados georreferenciados através da internet. Ademais, podem ser cadastradas informações sobre futuras intervenções nos subsistemas urbanos, melhorando a comunicação entre os entes interessados, a transparência pública e a tomada de decisão em todos os setores que compartilham o espaço físico da malha viária.

**Palavras-chave:** Gerência de Infraestrutura Urbana. Sistema de Informação Geográfica.  
Redes Subterrâneas de Infraestrutura Urbana. Sistema Viário.

## **ABSTRACT**

It is known that one of the features of the urban space is the sharing of several infrastructure networks, at the air, surface and underground levels. Besides, historically there hasn't been planning in the urbanization process of most Brazilian cities. These two findings lead to conflicts, among which stand out those that occur in the maintenance, conversation and physical implantation of underground and surface networks. There are several negative impacts on networks, cities and therefore their users. The main objective of this study is to propose a method for integrating and managing road, sanitary and energy systems networks at surface and underground levels. For this case study, was chosen the fifth largest Brazilian city, Fortaleza-CE. Geoprocessing techniques and computational programming are used to make compatible, integrate, and manage different networks, as well as an application that it will be develop enabling the visualization and integrated planning with different access levels. It is expected that the final results produced from this research can be used, or at least inspire decision makers in order to mitigate these impacts, reducing costs, minimizing rework and improving the quality of life in the city.

**Keywords:** Urban Infrastructure Management. Geographic Information System. Underground Networks of Urban Infrastructure. Road system.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação funcional da rodovia.....	22
Figura 2 - Esquema de um sistema de abastecimento de água.....	25
Figura 3 - Esquema de um sistema de esgotamento sanitário.....	29
Figura 4 - Esquema de distribuição de gás natural.....	31
Figura 5 - Ilustração de rede de distribuição secundária.....	32
Figura 6 - Instalação de rede de esgotamento sanitário pelo método destrutivo.....	33
Figura 7 - Perfuração do furo piloto.....	35
Figura 8 - Alargamento e lançamento da tubulação final.....	35
Figura 9 - Estrutura geral para o gerenciamento de infraestrutura.....	40
Figura 10 - Plataforma para um sistema de manutenção da Infraestrutura Urbana.....	42
Figura 11 - Conceito de sistema de gerenciamento global da infraestrutura urbana.....	43
Figura 12 - Camadas cartográficas utilizados no Sistema de Informação Geográfica.....	46
Figura 13 - Relacionamento dos principais subsistemas de um SIG.....	47
Figura 14 - Estrutura de um SIG.....	47
Figura 15 - <i>Google Earth</i> .....	49
Figura 16 - Arquitetura de uma aplicação SIG Web.....	51
Figura 17 - Aplicativo SIG Web do sistema do Portal Hidrológico do Ceará.....	52
Figura 18 - Arquitetura do <i>software</i> SIGNOS.....	56
Figura 19 - Um dos resultados da utilização do <i>software</i> SIGNOS na gestão da SABESP.....	56
Figura 20 - Matriz Energética Mundial.....	57
Figura 21 - Representação das áreas onde o SIG é largamente empregado.....	58
Figura 22 - Rede em operação com indicação do ponto do vazamento.....	61
Figura 23 - Rede em operação com indicação das válvulas bloqueadas.....	61
Figura 24 - Situação do bairro Meireles na cidade de Fortaleza, no Estado do Ceará e no Brasil.....	63
Figura 25 - Fluxograma do método proposto.....	68
Figura 26 - Visão geral do Sistema.....	71
Figura 27 - Área selecionada para aplicação piloto.....	75
Figura 28 - Atributos da rede de distribuição de água em formato tabular.....	76
Figura 29 - Distribuição espacial da rede de abastecimento de água da região estudada.....	77
Figura 30 - Distribuição espacial da rede de coleta de esgoto da região estudada.....	77
Figura 31 - Distribuição espacial da rede de gás natural da região estudada.....	78
Figura 32 - Visão geral da aplicação GEOINFRA.....	79
Figura 33 - Ferramentas da aplicação GEOINFRA.....	80
Figura 34 - Consulta aos atributos das redes no GEOINFRA.....	81
Figura 35 - Exibição da rede coletora de esgoto e sistema viário no GEOINFRA.....	81
Figura 36 - Função <i>download</i> no aplicativo GEOINFRA.....	83
Figura 37 - Tela de <i>Login</i> no sistema.....	84
Figura 38 - Função <i>Upload</i> de arquivos das redes.....	84
Figura 39 - Anexar arquivo para realimentar o banco de dados integrado dos subsistemas urbanos.....	84
Figura 40 - Função Cadastro de Intervenções no aplicativo GEOINFRA.....	85

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Causas de acidentes com gasodutos .....	38
Gráfico 2 - Manifestação de clientes afetados pela descontinuidade do fornecimento de gás ..	60

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Esquema de classificação e relações das vias do subsistema rodoviário federal, segundo sua orientação geográfica .....	21
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b> .....	16
<b>1.2</b>	<b>Problema de pesquisa</b> .....	16
<b>1.3</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	17
<b>1.3.1</b>	<i>Objetivos específicos</i> .....	17
<b>1.4</b>	<b>Estrutura da dissertação</b> .....	17
<b>2</b>	<b>INFRAESTRUTURA URBANA</b> .....	19
<b>2.1</b>	<b>Subsistema viário</b> .....	20
<b>2.1.1</b>	<i>Classificação do subsistema viário</i> .....	21
<b>2.2</b>	<b>Subsistema de drenagem pluvial</b> .....	23
<b>2.3</b>	<b>Subsistema de abastecimento de água</b> .....	24
<b>2.3.1</b>	<i>Elementos constituintes do sistema público de abastecimento de água</i> .....	25
<b>2.4</b>	<b>Subsistema de esgotamento sanitário</b> .....	27
<b>2.4.1</b>	<i>Sistema público convencional de sistemas de esgoto sanitário</i> .....	28
<b>2.5</b>	<b>Subsistema energético - gás natural canalizado</b> .....	30
<b>2.6</b>	<b>Implantação de redes subterrâneas de infraestrutura urbana</b> .....	33
<b>2.6.1</b>	<i>Método destrutivo</i> .....	33
<b>2.6.2</b>	<i>Método não destrutivo</i> .....	35
<b>2.7</b>	<b>Acidentes em redes de infraestrutura urbana subterrânea</b> .....	37
<b>3</b>	<b>GERÊNCIA DE INFRAESTRUTURA URBANA</b> .....	39
<b>3.1</b>	<b>Sistemas de gerenciamento de infraestrutura urbana</b> .....	39
<b>3.2</b>	<b>Os sistemas de informação geográfica na gerência de infraestrutura urbana</b> ...	43
<b>3.2.1</b>	<i>Implantação de um SIG na gerência de infraestrutura urbana</i> .....	44
<b>4</b>	<b>GEOPROCESSAMENTO E GERÊNCIA DE REDES DE INFRAESTRUTURA</b> .....	46
<b>4.1</b>	<b>Integração e distribuição de informação – sig-web</b> .....	49
<b>4.2</b>	<b>Geoprocessamento aplicado às redes de infraestrutura urbana</b> .....	52
<b>4.2.1</b>	<i>Geoprocessamento aplicado ao sistema viário (gerência de pavimentos)</i> .....	53
<b>4.2.2</b>	<i>Geoprocessamento aplicado a redes de saneamento</i> .....	55
<b>4.2.3</b>	<i>Geoprocessamento aplicado a redes de distribuição de gás natural</i> .....	57
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	63
<b>5.1</b>	<b>Escolha da área de estudos</b> .....	63

5.1.1	<i>Companhia de água e esgoto do Ceará - CAGECE</i> .....	64
5.1.2	<i>Companhia de gás do Ceará - CEGÁS</i> .....	65
5.1.3	<i>Secretária de Conservação e Serviços Públicos da prefeitura municipal de Fortaleza - SCSP</i> .....	65
5.2	<b>Dados utilizados na elaboração do trabalho</b> .....	66
5.3	<b>Aplicativos computacionais empregados na elaboração do trabalho</b> .....	66
5.3.1	<i>Quantum Gis - QGIS</i> .....	66
5.3.2	<i>Autodesk Civil 3D</i> .....	67
5.3.3	<i>Firestore Realtime Database</i> .....	67
5.3.4	<i>JavaScript</i> .....	67
5.3.5	<i>React. JS</i> .....	68
5.3.6	<i>Node. JS</i> .....	68
5.4	<b>Metodologia</b> .....	69
5.4.1	<i>Pesquisa e aquisição de dados</i> .....	69
5.4.2	<i>Manipulação dos dados</i> .....	70
5.4.3	<i>Implementação de um banco de dados integrado</i> .....	70
5.4.4	<i>Desenvolvimento de aplicativo SIG-WEB</i> .....	71
6	<b>APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	72
6.1	<b>Considerações iniciais</b> .....	72
6.2	<b>Obtenção dos dados</b> .....	72
6.2.1	<i>Prefeitura Municipal de Fortaleza</i> .....	72
6.2.2	<i>Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE</i> .....	73
6.2.3	<i>Companhia de Gás do Ceará – CEGÁS</i> .....	74
6.3	<b>Aplicação piloto do programa sig-web na gerência de infraestrutura urbana</b> ..	75
6.3.1	<i>Aplicativo para gerenciamento da infraestrutura urbana - GEOINFRA</i> .....	76
7	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	87
7.1	<b>Considerações iniciais</b> .....	87
7.2	<b>Recomendações e sugestões para trabalhos futuros</b> .....	88
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	90
	<b>ANEXO A – SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA PAVIMENTAÇÃO DE FORTALEZA À SECRETARIA MUNICIPAL DE CONSERVAÇÃO E SERVIÇOS PÚBLICOS DE FORTALEZA</b> .....	98
	<b>ANEXO B – RESPOSTA A SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA PAVIMENTAÇÃO DE FORTALEZA À SECRETARIA MUNICIPAL DE CONSERVAÇÃO E SERVIÇOS PÚBLICOS DE FORTALEZA</b> .....	99

<b>ANEXO C – SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA PAVIMENTAÇÃO DE FORTALEZA À SECRETARIA MUNICIPAL DA INFRAESTRUTURA DE FORTALEZA .....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXO D – RESPOSTA A SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA PAVIMENTAÇÃO DE FORTALEZA À SECRETARIA MUNICIPAL DA INFRAESTRUTURA DE FORTALEZA .....</b>	<b>102</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Há muito se reconhece a importância de uma infraestrutura adequada para a geração de um ambiente propício ao desenvolvimento urbano sustentável. O conceito de infraestrutura refere-se a todas as facilidades combinadas que fornecem serviços públicos essenciais de transporte, saneamento, energias, comunicações, áreas de lazer e de práticas de esporte e moradia (HUDSON *et al*, 1997).

Com o crescimento demográfico apresentado no País, a população brasileira, que em 2018 ultrapassou os 208 milhões de habitantes, vem passando por um processo contínuo de intensa urbanização, sobretudo nas cidades com mais de 100.000 habitantes (IBGE, 2019). Ao analisar o censo demográfico de 2010, o Brasil era composto por 5.565 municípios na época, onde 89,09% destes possuíam até 50.000 habitantes, contudo menos de 35% da população brasileira residia nesses municípios. Em contraste, embora apenas 5,09% dos municípios brasileiros apresentassem mais de 100.000 habitantes, eles abrangiam mais da metade da população, mais precisamente 54,74%. A população urbana representava 84,4% da população total, e o restante (15,6%) residiam em áreas rurais (IBGE, 2010).

Tal fato acarreta uma série de demandas sociais e de serviços específicos de infraestrutura para atender às necessidades da população. Não houve aumento somente da demanda por infraestrutura urbana, mas também aumento na variedade de serviços, que além de água potável, esgoto, energia elétrica e telefonia fixa somaram-se, nas últimas décadas, os serviços de gás canalizado, TV a cabo e banda larga para acesso à internet.

Diante da inexistência de planejamento na ocupação do solo, o crescimento urbano brasileiro acontece, muitas vezes, de forma desordenada, através do uso e ocupação irregular do solo, sendo sua infraestrutura ocupada de forma fracionada e descontínua, resultando especialmente em problemas de compatibilização destas infraestruturas, congestionando o espaço subterrâneo e afetando em perda de qualidade, segurança e aumento nos custos de construção e operação (MASCARÓ; YOSHINAGA, 2005).

Usualmente tais infraestruturas urbanas, a exemplo de redes de drenagem urbana, água, esgoto e gás, estão situadas sob as vias públicas, sendo que o acesso às instalações físicas subterrâneas resulta, frequentemente, em aberturas de valas. Essas infraestruturas frequentemente vivem de forma não harmoniosa, dadas as interferências causadas principalmente por escavações empregadas para acessar esses utilitários ou seus arredores. Em áreas densamente edificadas, com grande ocupação do espaço subterrâneo e alto fluxo

de veículos, a execução dessas obras gera impactos sociais, econômicos, ambientais, na mobilidade e logística urbana de grande magnitude.

Ademais os problemas anteriormente narrados, não são incomuns os acidentes ocorridos nestas redes resultantes de escavações para implantação e manutenção destas utilidades, podendo também ser ocasionadas por terceiros que desenvolvem atividades sobre ou no entorno destas redes. São relatados diversos acidentes relacionados principalmente a escavações em áreas de implantação de redes, onde não raramente ocorrem fatalidades.

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

A carência de mapeamento do subsolo produz tantos problemas técnicos como financeiros, onde até mesmo serviços simples como escavações podem ser de alto risco, causadas pela incerteza do que há no subsolo.

A inserção das geotecnologias nas mais diversas esferas públicas e privadas, pode colaborar significativamente para o conhecimento, gerenciamento e proteção da infraestrutura de serviços públicos. De conhecimento destas inovações, é fundamental que sejam difundidas, e conhecidas desde a fase de projeto, as diversas opções de rastreamento para proteger a infraestrutura das cidades.

O uso do Sistema de Informação Geográfica pelos gestores envolvidos, como ferramenta para monitorar o uso do solo, avaliar as alterações na ocupação e tomar as medidas necessárias para garantir um adequado desenvolvimento urbano torna-se essencial, visto que esses precisam saber de que forma está ocorrendo a expansão urbana (HUANG *et. al.*, 2008).

## **1.2 PROBLEMA DE PESQUISA**

A ausência de procedimentos regulatórios que estabeleçam a locação exata de cada serviço, por parte do poder público brasileiro, dificulta a criação de critérios objetivos na sua implantação e diretrizes para seu crescimento, favorecendo para a falta de conhecimento de sua posição no espaço geográfico. A não centralização das informações leva a um cadastro fragmentado em diversas empresas e órgãos públicos, tornando o subsolo um local desconhecido e inseguro.

### **1.3 OBJETIVO GERAL**

Este trabalho tem por objetivo principal contribuir para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de sistemas de gerência de infraestrutura urbana, apresentando um método para compatibilizar, integrar e gerenciar as diferentes redes dos subsistemas urbanos, nos níveis superficial e subterrâneo, de forma eficaz, rápida e de baixo custo.

#### **1.3.1 Objetivos específicos**

Para atingir o objetivo geral foram definidos os objetivos específicos relatados a seguir:

- Coletar dados, implementar, publicizar e disponibilizar uma base de dados georreferenciados acerca de subsistemas urbanos, que venha a subsidiar a criação de um banco de dados integrado;
- Desenvolver e implementar uma metodologia para compatibilizar, integrar e gerenciar as diferentes redes dos subsistemas urbanos utilizando dados técnicos secundários que venham a resultar em um banco de dados integrado dessas informações;
- Criar uma aplicação baseada em geoprocessamento para web com a finalidade de disponibilizar o banco de dados integrado, na internet, pelo método desenvolvido;
- Criar um modo de realimentar o método proposto através do uso da internet para aumentar o banco de dados referentes às redes de infraestrutura urbana a partir da introdução de novos dados georreferenciados e dados técnicos de planejamento de futuras intervenções.

### **1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

A Dissertação está dividida em sete capítulos. No Capítulo 1 é apresentada uma contextualização geral do trabalho, bem como os objetivos e justificativas que nortearam a pesquisa. Os Capítulos 2, 3 e 4 mostram todo o embasamento teórico e prático dos assuntos que subsidiaram esta investigação, sendo respectivamente: Infraestrutura Urbana, Gerência de Infraestrutura Urbana, Geoprocessamento e Gerência de Redes de Infraestrutura. O Capítulo 5 descreve a metodologia proposta nesta pesquisa, bem como elenca os materiais que foram

utilizados. No Capítulo 6 são apresentados, analisados e discutidos os resultados obtidos. Finalmente, o Capítulo 7 traz as conclusões e recomendações a respeito dos resultados apresentados.

## 2 INFRAESTRUTURA URBANA

Zmitrowicz e Neto (1997) definem infraestrutura urbana como uma estrutura técnica de equipamentos e serviços fundamentais ao desenvolvimento das funções urbanas, as quais podem ser vistas sob as óticas social, econômico e institucional.

Para um melhor entendimento, o sistema de infraestrutura urbana pode ser classificado conforme os seguintes critérios (MASCARÓ e YOSHINAGA, 2005):

### I. Função das redes:

- Subsistema viário: Redes de circulação e rede de drenagem pluvial;
- Subsistema sanitário: Rede de abastecimento de água potável e rede de coleta de esgoto;
- Subsistema enérgico: Rede de energia elétrica e rede de gás natural;
- Subsistema de comunicações: Telefone, Internet, TV a Cabo, etc.

### II. Localização:

- Nível aéreo: Rede de telefone, TV e elétrica;
- Nível da superfície do terreno: Rede viária;
- Nível subterrâneo: Rede de drenagem pluvial, rede de saneamento básico, energético e etc.

### III. Princípios de funcionamento:

- Redes que não dependem da força da gravidade: redes de eletricidade e gás;
- Redes que dependem parcialmente da força da gravidade (funcionam sob pressão): rede de abastecimento de água potável;
- Redes que dependem da força da gravidade: redes coletoras de esgoto, drenagem pluvial e de pavimentação.

Esta conceituação além de facilitar a identificação dos subsistemas urbanos, reflete a visão de como a cidade funciona assim todos seus subsistemas técnicos.

Em decorrência da grande quantidade de variáveis que compreendem o planejamento e a execução destas redes, e visto a correlação que estas apresentam entre si, torna-se imperativo um profundo conhecimento do funcionamento, legislação e normas referentes de cada rede de infraestrutura.

Em virtude das limitações e para um melhor direcionamento desta pesquisa, por se tratarem de infraestruturas instaladas à níveis de superfície e subterrânea, dedicou-se uma

abordagem mais aprofundada aos subsistemas viário, de drenagem urbana, de abastecimento de água, de esgotamento sanitário e energético (gás natural canalizado), sem, todavia, excluir a relação que estas tem com as demais infraestruturas urbanas.

## 2.1 SUBSISTEMA VIÁRIO

Pode-se conferir a este subsistema grande relevância, devido aos elementos inseridos nele serem mais dispendiosos e representarem cerca de 45% dos custos totais dentro do conjunto dos sistemas de infraestrutura urbana, além de ocuparem uma parcela importante do solo urbano (MASCARÓ; YOSHINAGA, 2005). É junto do subsistema viário que estarão às redes e equipamentos de infraestrutura.

O subsistema viário é um dos principais componentes necessário na estruturação e ordenamento do território, proporcionando o fluxo de bens, mercadorias e pessoas, absorvendo diretamente o impacto da ocupação urbana (ENGLER e LOCH, 2016). As relações intermunicipais se fortalecem através da rede viária, onde viagens com múltiplos propósitos acontecem diariamente. O subsistema viário compreende o conjunto de vias de circulação de domínio e uso público, projetadas e construídas com o objetivo de dar mobilidade à circulação de pedestres e veículos, assim como estacionamento de veículos (Plan Geral, 2001 apud MELO, 2004). Conforme exposto por Engler e Loch (2016), a rede viária remete a conceitos-chave como acessibilidade, permeabilidade, integração, conectividade e continuidade.

No Brasil, a denominação oficial para os sistemas de transportes foi concebida pela instituição do Plano Nacional de Viação (PNV), em 1973. O PNV regulamentado pela Lei Nº 5.917/73 criou o Sistema Nacional de Viação (SNV) cuja conceituação foi realizada em 1975, através da Lei nº 6.261/75 (BRASIL, 1973). Em seu artigo 3º, a referida lei definia o SNV como o “conjunto dos Sistemas Nacionais Rodoviário, Ferroviário, Portuário, Hidroviário, Aeroviário e de Transportes Urbanos”. Nesse mesmo artigo, o item 1.2 estabelecia que o SNV fora concebido como sistema de transportes, pois se compunha de uma infraestrutura viária (sistema viário), uma estrutura operacional (meios de transportes, veículos) e pelos mecanismos de regulamentação.

No ano de 2011, a Lei nº 12.379 reestruturou o Sistema Nacional de Viação (BRASIL, 2011a). Na nova concepção da lei, o SNV é constituído pela “infraestrutura física e operacional dos vários modos de transporte de pessoas e bens, sob circunscrição dos diferentes entes da federação”. Na prática, a única mudança apresentada no novo texto foi o enquadramento dos portos e transportes urbanos como partes do sistema de transportes. Nessa retificação da lei

ocorrida no ano de 2011, o SNV já absorve a conceituação atual sobre os sistemas de transporte, tal como defendido por Pádula (2008), embora este autor acrescente os dutos de transporte de gás e petróleo como componentes desse sistema.

Na presente pesquisa, dada a relevância do subsistema rodoviário na interação com as redes de infraestrutura urbana, deteve-se no detalhamento da classificação para este subsistema.

### 2.1.1 Classificação do subsistema viário

Para classificação do subsistema viário, o SNV adota os seguintes critérios: orientação geográfica, funcionalidade das vias e hierarquização funcional (BRASIL, 2011). Em sequência, descreveremos melhor cada um dos critérios.

I. Orientação geográfica: Pode ser descrita conforme quadro abaixo:

Tabela 1 - Esquema de classificação e relações das vias do subsistema rodoviário federal, segundo sua orientação geográfica

CLASSIFICAÇÃO DA RODOVIA				
RADIAL	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	DIAGONAL	LIGAÇÃO
Em qualquer direção partem da Capital Federal, para ligá-la a capitais estaduais ou a pontos periféricos importantes do País.	Norte-Sul	Leste-Oeste	Nordeste-Sudoeste e Noroeste-Sudeste	Em qualquer direção, ligam pontos importantes de duas ou mais rodovias federais, ou permitem o acesso a instalações federais de importância estratégica, a pontos de fronteira, a áreas de segurança nacional ou aos principais terminais marítimos, fluviais, ferroviários ou aeroviários constantes no SNV.

Fonte: Adaptado de Brasil, 2011.

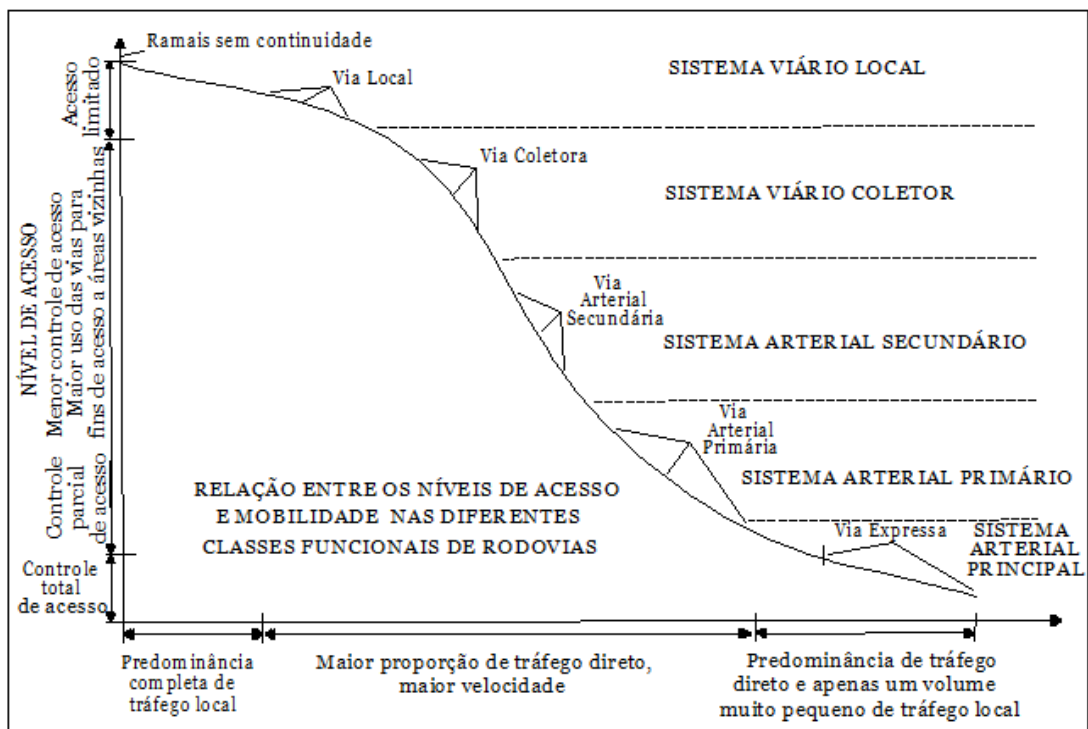
II. Classificação funcional das rodovias: O uso do solo é um critério importante na categorização do subsistema rodoviário no que tange à sua funcionalidade. Essa hierarquização leva em consideração dois fatores fundamentais, os serviços que oferecem e a função que exercem sendo aplicáveis tanto em áreas urbanas quanto rurais (BRASIL, 1999).

O Código de Trânsito Brasileiro (CTB) classifica o sistema viário municipal de acordo com a sua utilização, no caso de vias urbanas e de acordo com sua situação (pavimentação) no caso de vias rurais, conforme descrito abaixo: (BRASIL, 1997).

- Via urbana: ruas, avenidas, vielas, ou caminhos e similares abertos à circulação pública, situados na área urbana, caracterizados principalmente por possuírem imóveis edificadas ao longo de sua extensão. Classificadas em vias de trânsito rápido, arterial, coletora e local.
- Via rural: rodovia (via rural pavimentada) e estrada (via rural não pavimentada).

III. Hierarquia funcional: Os sistemas funcionais, arterial, coletor e local, são divididos em subsistemas caracterizados pelo nível de acesso e mobilidade que permitem. Esses níveis devem variar de acordo com a localização da via, se em área rural ou urbana, conforme Figura 01.

Figura 1 - Classificação funcional da rodovia



Fonte: Brasil, 1999.

Podem ser encontradas vias de diversas dimensões e padrões, em função do volume, velocidade e intensidade do tráfego, sentido do fluxo (que pode ser unidirecional ou bidirecional)

e das interferências que pode ter o tráfego, tais como cruzamentos, estacionamentos e garagens. Em função desses fatores, as vias podem ser classificadas em (DNIT, 2010):

- Vias locais: apresentam utilização mista, isto é, são utilizadas tanto por veículos como por pedestres, fornecem acesso a áreas lindeiras e às ruas coletoras, mas o tráfego de passagem nelas é deliberadamente desencorajado;
- Vias coletoras: têm a função principal de conectar as ruas locais com as vias arteriais. Essas ruas normalmente passam por áreas residenciais e dão apoio à circulação dentro das áreas residenciais, comerciais e industriais;
- Vias arteriais: atendem aos principais centros de atividades das áreas urbanas, e os maiores volumes de tráfego e as viagens mais longas; transporta grande parte do tráfego urbano, mesmo que represente, em extensão, uma pequena porcentagem da rede viária.

## **2.2 SUBSISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL**

Esse subsistema tem como finalidade possibilitar o escoamento apropriado das águas pluviais em zonas urbanas, proporcionando o afastamento destas dos pontos críticos das cidades. Consiste de um conjunto de serviços e atividades, infraestruturas e instalações operacionais de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (FUNASA, 2015).

Comparativamente às outras redes de infraestrutura urbana, o subsistema de drenagem possui uma peculiaridade: havendo ou não sistema de drenagem apropriado, o escoamento de águas pluviais sempre ocorrerá. Quando devidamente projetado e executado, o subsistema de drenagem reduz drasticamente os alagamentos em zonas urbanas, minimizando perturbações no tráfego de pedestres e veículos, danos às propriedades e reduzindo também, a degradação dos pavimentos das vias.

Segundo Tucci *et al* (1995), a microdrenagem urbana ou sistema de drenagem inicial é responsável pela coleta e transporte da água proveniente da chuva até a macrodrenagem, composta pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e galerias de águas pluviais e também canais de pequenas dimensões. Este sistema é dimensionado para o escoamento de águas pluviais, cuja ocorrência tem um período de retorno entre dois e cinco anos (FUNASA, 2015). Já a macrodrenagem é aquela constituída pelo caminho natural das águas pluviais, tais como córregos, arroios e rios localizados nos talwegues e vales, independente da execução de obras específicas e da localização das áreas urbanizadas, corresponde à rede de

drenagem natural preexistente nos terrenos antes da ocupação. Esta pode ser composta por canais naturais ou artificiais (galerias e canais de grandes dimensões) e estruturas auxiliares (TUCCI *et al.*, 1995; FUNASA, 2015).

A definição do traçado do sistema de tubulações que constituem este subsistema ocorre em decorrência das características topográficas e do subsistema viário da região a ser drenada. Tanto o dimensionamento do sistema quanto os equipamentos que o compõem para o pleno funcionamento, dependem dos fatores que se seguem:

- I. Ciclo hidrológico local: quanto maior o índice pluviométrico, mais robusto será o subsistema;
- II. Topografia: quanto maiores os declives, mais rápido se dão os escoamentos;
- III. Área e forma da bacia: quanto maior a área, mais água é captada;
- IV. Cobertura e impermeabilização da bacia: quanto menos água for absorvida pelo terreno, mais deve ser escoada;
- V. Traçado da rede: interferências com as redes de outros subsistemas.

### **2.3 SUBSISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Subsistema de abastecimento de água para consumo humano é a instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinados à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão (FUNASA, 2015).

A implantação do serviço de abastecimento de água produz benefícios como o controle e prevenção de doenças, a promoção de hábitos higiênicos e saudáveis e a melhoria da limpeza pública, resultando numa ligeira e sensível melhoria na saúde pública e nas condições de vida de uma comunidade (LIBANIO, 2010).

Um subsistema de abastecimento de água pode ser idealizado para atender desde pequenas comunidades até grandes metrópoles, diferenciando-se em suas características e portes das instalações. Configura-se pela retirada da água da natureza, adequação de sua qualidade, transporte até os aglomerados humanos e fornecimento à população em quantidade compatível com suas necessidades (PUPPI, 1981).

Existem várias formas de tipificar o abastecimento de água. Uma bastante usual consiste em classificar o abastecimento quanto a sua abrangência de atendimento que pode ser individual e coletiva.

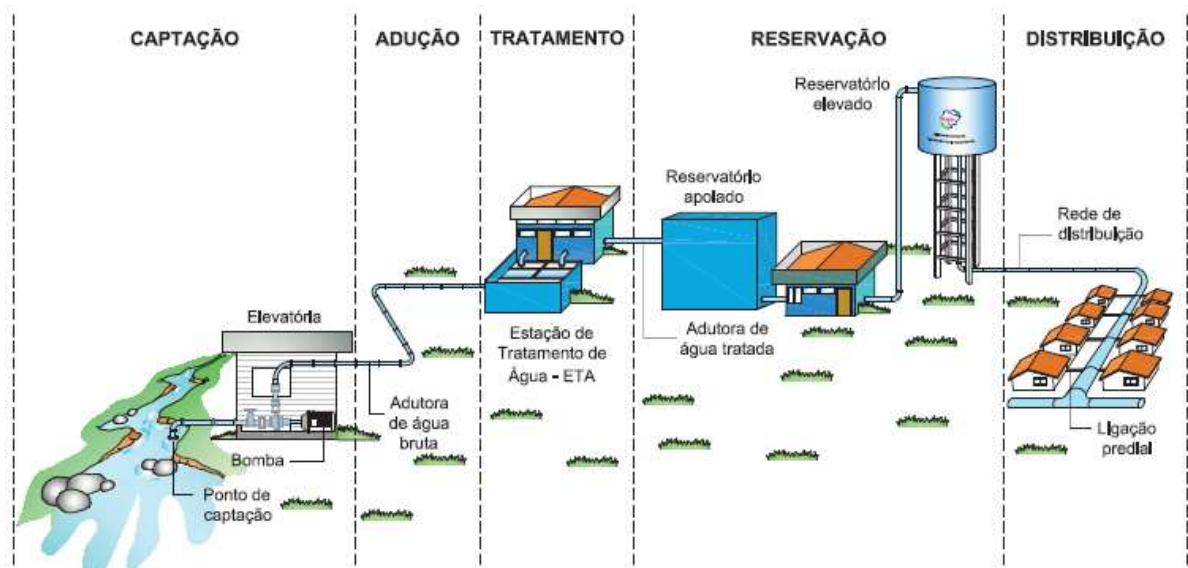
O abastecimento individual é mais usual em áreas rurais e em áreas periféricas de centros urbanos com população dispersa. Trata-se de uma solução em que a produção e o consumo de água atendem a um único domicílio, assim como seus respectivos custos.

O abastecimento coletivo é mais representativo em áreas com populações concentradas, notadamente as zonas urbanas. Normalmente, a produção e o consumo são realizados em locais distintos. Sob o ponto de vista sanitário, este tipo de abastecimento é o mais vantajoso por propiciar a preservação do manancial, facilidade do monitoramento do sistema, o controle da qualidade da água consumida e propiciar a redução de recursos humanos e financeiros (FUNASA, 2015; HELLER e PÁDUA, 2010).

### 2.3.1 Elementos constituintes do sistema público de abastecimento de água

Um subsistema de abastecimento de água é composto dos seguintes componentes: manancial, captação, adução, tratamento, reservação, rede de distribuição, estações elevatórias e ramal predial (Figura 2).

Figura 2 - Esquema de um sistema de abastecimento de água



Fonte: FUNASA, 2015.

Essas etapas podem ser assim descritas (ABNT, 1992; ABNT, 1994; ABNT, 1998; ABNT, 2017):

- I. Manancial: é a fonte de onde se capta a água com condições sanitárias adequadas e vazão suficiente para suprir à demanda (ABNT, 1992).
- II. Captação: conjunto de instalações e equipamentos empregados na tomada de água do manancial, com a função de lançá-la no sistema de abastecimento. O tipo de captação varia de acordo com o manancial e com o equipamento empregado (ABNT, 1992).
- III. Adução: é o conjunto de tubulações, peças especiais e obras de arte, assentadas entre (ABNT, 2017):
  - Captação e a Estação de Tratamento de Água (ETA);
  - Captação e o reservatório de distribuição;
  - Captação e a rede de distribuição;
  - ETA e o reservatório de distribuição;
  - ETA e a rede de distribuição.

As adutoras são classificadas conforme a:

- Natureza da água transportada:
    - Adutora de água bruta: transporta a água da captação até a ETA;
    - Adutora de água tratada: transporta a água da ETA até os reservatórios de distribuição.
  - Energia utilizada para o escoamento da água:
    - Adutora por gravidade: quando aproveita o desnível existente entre o ponto inicial e o final da adução;
    - Adutora por recalque: quando utiliza um meio elevatório qualquer (conjunto moto-bomba e acessórios);
    - Adutora mista: quando utiliza parte por recalque, e parte por gravidade.
- IV. Tratamento: consiste em melhorar as características da água, a fim de que se torne adequada ao consumo humano (ABNT, 1992).
  - V. Reservação: visa garantir a continuidade do abastecimento em casos de interrupção da produção de água. Tem como objetivo também atender as variações de consumo ao longo do dia, conservar as pressões apropriada na rede de distribuição e garantir uma reserva estratégica em casos de incêndio (ABNT, 1994).

De acordo com sua localização e forma construtiva os reservatórios podem ser:

- Reservatório de montante: situado no início da rede de distribuição, sendo sempre o fornecedor de água para a rede;
- Reservatório de jusante: situado no extremo ou em pontos estratégicos do sistema, podendo fornecer ou receber água da rede de distribuição;
- Elevados: construídos sobre colunas quando há necessidade de aumentar a pressão em consequência de condições topográficas;
- Apoiados, enterrados e semi-enterrados: aqueles cujos fundos estão em contato com o solo.

VI. Rede de distribuição de água: conjunto de tubulações, conexões, registros e peças especiais, com a função de fornecer a água de forma contínua, a todos os usuários do sistema. Em função do tipo, podem ser classificadas em (ABNT, 2017):

- Rede ramificada: uma tubulação principal, da qual partem tubulações secundárias. Tem o inconveniente de ser alimentada por um só ponto.
- Rede malhada sem anel: a partir da tubulação principal partem tubulações secundárias que se intercomunicam, evitando desabastecimento nas extremidades.
- Rede malhada com anel: possui tubulações com maiores diâmetros chamadas anéis, que circundam determinada área a ser abastecida e alimentam tubulações secundárias, permitindo a alimentação de um mesmo ponto por diversas vias, reduzindo as perdas de carga.

VII. Estações Elevatórias: instalações destinadas a transportar e elevar a água. Suas principais funções são (ABNT, 1992):

- Captar a água de mananciais de superfície ou poços rasos e profundos;
- Aumentar a pressão nas redes, levando a água a pontos mais distantes ou mais elevados;
- Aumentar a vazão de adução.

VIII. Ramal predial: ligação das redes públicas de distribuição com a instalação domiciliar de água, feita através de um ramal predial (ABNT, 1998).

## **2.4 SUBSISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

Uma vez consumida, a água distribuída à população se inutiliza, tornando-se repugnante aos sentidos, inservível inclusive a usos secundários, nociva, em consequência da

poluição e da contaminação. O seu imediato afastamento e um destino tal que não venha a comprometer a salubridade ambiental são providências que não podem ser postergadas (PUPPI, 1981).

A forma mais adequada de evitar o contato da população com dejetos é a execução de sistemas adequados de coleta, tratamento e destinação final para os esgotos sanitários. Assim como ocorre no subsistema de abastecimento de água, essas soluções podem ser individuais ou coletivas.

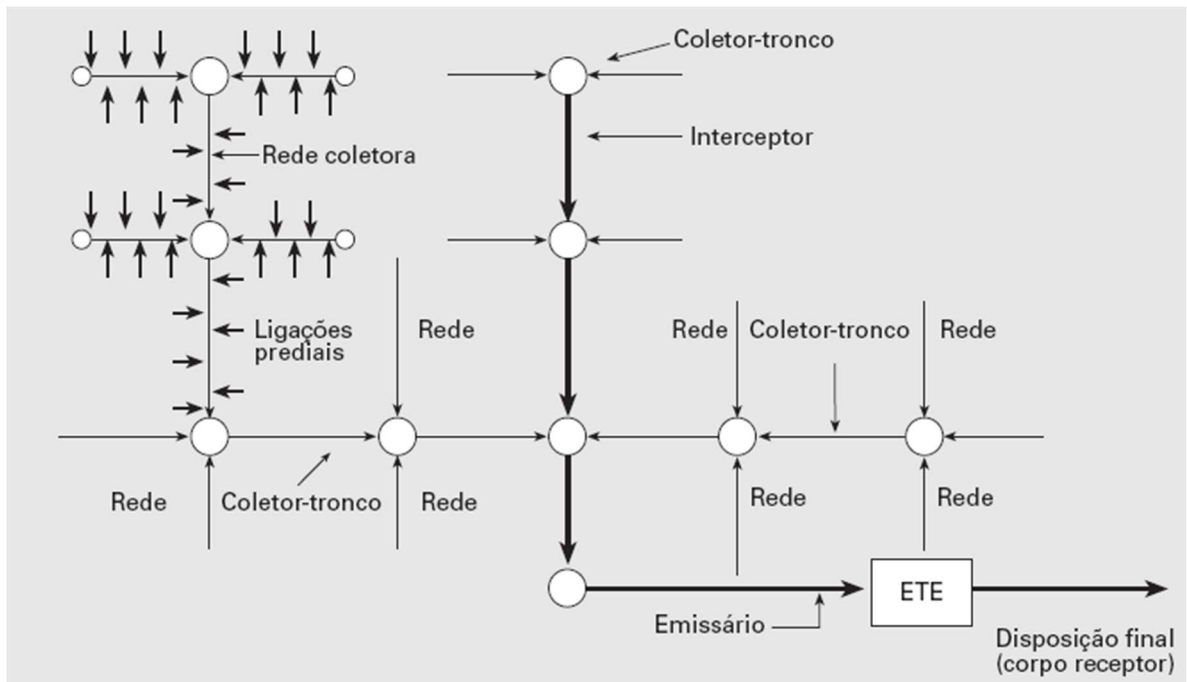
As soluções individuais podem ser classificadas em individuais ou isoladas, ou descentralizadas. Dentre as soluções individuais é necessário observar as situações onde os dejetos humanos não são transportados por veiculação hídrica, sendo a solução indicada as privadas higiênicas. Para as soluções individuais ou descentralizadas, onde os esgotos gerados são transportados por veiculação hídrica (em domicílios e estabelecimentos providos de instalações prediais de água), a alternativa tecnológica de tratamento dos esgotos domésticos estabelecida pela norma brasileira é um conjunto composto por uma unidade chamada de tanque séptico seguido de unidades complementares de tratamento e/ou disposição final de efluentes. Esta é a solução mais utilizada quando não há sistema coletivo de coleta e tratamento de esgotos (ANDRADE NETO, 1997). Em regiões isoladas e rurais, podem ser usadas soluções individuais de esgotamento sanitário, regidos pela NBR 7229 e NBR 13969 (ABNT, 1992; ABNT 1997).

Nos centros urbanos com elevada densidade demográfica, a solução mais indicada é a rede coletora pública de esgoto seguida de estação de tratamento de esgoto, para após ser lançado em algum corpo receptor.

#### **2.4.1 Sistema público convencional de sistemas de esgoto sanitário**

Os sistemas convencionais de esgotos sanitários geralmente são constituídos pelos seguintes elementos: ligação predial, rede coletora e órgãos acessórios, coletor principal, coletor tronco, interceptor, emissário, Estação Elevatória de Esgoto (EEE), Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) e dispositivo de lançamento final (FUNASA, 2015; ABNT, 1986), conforme Figura 3 e explanação a seguir:

Figura 3 - Esquema de um sistema de esgotamento sanitário



Fonte: Adaptado de FUNASA, 2015.

- I. Bacia de drenagem: área delimitada pelos coletores que contribuem para um determinado ponto de reunião das vazões finais coletadas nessa área, visto que o escoamento do esgoto acontece em conduto livre, por gravidade, das cotas mais altas para as cotas mais baixas, o que define o plano de escoamento geral da bacia (ABNT, 1986).
- II. Ligação predial: trecho do coletor predial situado entre o limite do lote e o coletor público.
- III. Coletores: conjunto de tubulações destinadas a receber e conduzir os esgotos, as quais podem ser assim descritas (ABNT, 1986):
  - Coletor tronco: tubulação do sistema coletor que recebe apenas as contribuições de outros coletores;
  - Coletor principal: coletor de esgotos de maior extensão dentro de uma mesma bacia;
  - Coletor de esgoto: tubulação subterrânea da rede coletora que recebe contribuição de esgotos em qualquer ponto ao longo de seu comprimento, também chamado de coletor público;
  - Rede coletora: conjunto constituído por ligações prediais, coletores de esgotos e seus órgãos acessórios (PV, TIL, CP e outros), destinados a receber e conduzir os esgotos das edificações.

- IV. Interceptores: canalizações que recebem os coletores de esgoto ao longo de seu comprimento, não recebendo ligações prediais diretas. São responsáveis pelo transporte dos esgotos gerados na sub-bacia, advindos dos coletores tronco, evitando que os mesmos sejam lançados nos corpos d'água. Geralmente situam-se nos fundos de vale e possuem diâmetros maiores que o coletor tronco em função de maior vazão (ABNT, 2016).
- V. Emissário: tubulação com a atribuição de transportar os esgotos a um destino conveniente, antes ou após o tratamento dos esgotos, sem receber contribuições ao longo do seu percurso (ABNT, 1986).
- VI. Estação elevatória de esgotos (EEE): instalações destinadas a bombear os esgotos de um ponto baixo para outro de cota mais elevada, permitindo que, a partir deste ponto, os esgotos possam fluir por gravidade (ANBT, 1992).
- VII. Estação de tratamento de esgotos (ETE): conjunto de instalações destinadas ao tratamento dos esgotos, antes do seu lançamento nos cursos d'água ou reuso (ABNT, 2011).
- VIII. Disposição final: após o tratamento, os esgotos são lançados no corpo d'água receptor (curso d'água). Há a possibilidade de serem aplicados no solo, ou ainda ser submetidos a tratamentos complementares para o reuso agrícola ou urbano (ABNT, 1996; ABNT, 2011).

## **2.5 SUBSISTEMA ENERGÉTICO - GÁS NATURAL CANALIZADO**

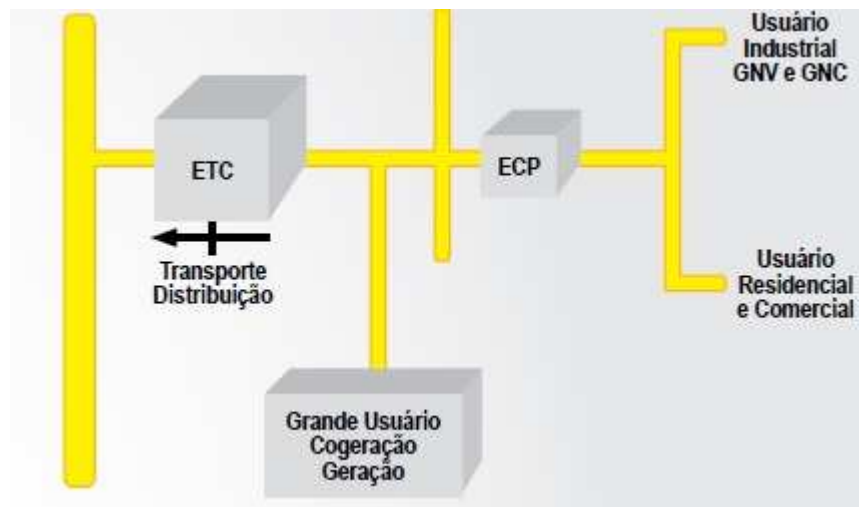
As redes de gás natural canalizado no Brasil seguem a NBR 12712 - Projeto de sistemas de transmissão e distribuição de gás combustível (ABNT, 2002), que estabelece critérios para as redes de transporte e distribuição.

Atualmente, o gás natural ofertado ao mercado brasileiro tem origem na produção nacional, no gás importado da Bolívia e no Gás Natural Liquefeito (GNL), que é comprado de outros fornecedores, para ser regaseificado em um dos três terminais da Petrobras, localizados em São Gonçalo do Amarante (CE), Salvador (BA) e Rio de Janeiro (RJ).

A Petrobras fornece o gás natural através de gasodutos até as concessionárias locais, que por meio de Estações de Transferência e Custódia (ETC), transfere o gás natural à rede primária de distribuição, onde sua pressão é reduzida de patamares da ordem de 100 kgf/cm<sup>2</sup> para pressões inferiores a 50 kgf/cm<sup>2</sup>, a qual dependerá das características operacionais de cada concessionária. Dadas as elevadas pressões, estes dutos são construídos em aço carbono (GAS BRASILIANO, 2013).

A rede primária de distribuição têm o propósito de transportar o gás natural até os centros consumidores, onde por intermédio de Estações de Controle de Pressão (ECP), a pressão é novamente reduzida para pressões da ordem de 7 Kgf/cm<sup>2</sup> e o gás natural enviado à rede de distribuição secundária (Figura 4), podendo esta ser em aço carbono ou Polietileno de Alta Densidade (PEAD), que atenderá aos diversos segmentos da companhia distribuidora. (GAS BRASILIANO, 2013).

Figura 4 - Esquema de distribuição de gás natural



Fonte: Adaptado de Gas Brasileiro, 2013.

Em razão das características operacionais e critérios de segurança das redes de distribuição de gás natural no Brasil, grande parte das concessionárias adotam a implantação da rede de distribuição secundária abaixo do pavimento das vias públicas, geralmente localizado no eixo desta, conforme ilustrado na Figura 5 (MASSARA, 2007). Este requisito visa basicamente à segurança física do gasoduto, aumentando sua profundidade de implantação e distanciando este das demais redes de infraestrutura.

Figura 5 - Ilustração de rede de distribuição secundária



Fonte: Adaptado de Gas Brasileiro, 2013.

Devido às especificidades de cada trecho que compõe toda a malha da rede da companhia distribuidora, que vai desde a transferência de custódia do gás natural (ETC) até o consumidor final, podemos separar as redes de gás em dois grandes grupos segundo o material de constituição dos tubos: dutos metálicos e de plástico (ABNT, 2015). Para utilização de tubos plásticos, tem-se como referência a NBR 14462 - Sistemas de tubulações plásticas para o suprimento de gases combustíveis – Polietileno (PE) – Parte 1: Generalidades. (ABNT, 2016).

Massara (2007) ressalta a relevância e a crescente utilização dos materiais plásticos, principalmente PEAD, em redes de distribuição secundária nos centros urbanos, resultantes especialmente da facilidade de implantação e ampla faixa de uso com diversos diâmetros, que variam de 20 mm a 630 mm e faixa de pressões de operação da ordem de até 7 kgf/cm<sup>2</sup> (ABNT, 2016). O emprego do PEAD proporciona redução dos custos e maior durabilidade, tanto na implantação quanto na operação e manutenção, devido principalmente a não haver a corrosão deste.

Com relação à metodologia construtiva do gasoduto, temos a implantação definida por método destrutivo (vala a céu aberto) e método não-destrutivo (MND) (PETROBRAS, 2015; ABNT, 2015), conforme descreveremos na sequência.

## 2.6 IMPLANTAÇÃO DE REDES SUBTERRÂNEAS DE INFRAESTRUTURA URBANA

Para a execução de redes subterrâneas de infraestrutura urbana existem vários métodos construtivos, sendo divididos em dois grandes grupos: Método destrutivo e método não-destrutivo. O método destrutivo executa abertura de valas por toda a extensão da rede projetada. Já no método não-destrutivo, não há necessidade de abertura de trincheira ao longo de toda extensão, para instalação direta da tubulação ou duto na vala escavada.

A seleção do melhor método a ser utilizado depende das condições específicas de cada projeto, onde projetistas devem considerar todos os elementos de custo de um orçamento de projeto, para que seja possível determinar qual é o método construtivo com melhor custo-benefício.

A seguir, faremos uma breve descrição das duas metodologias construtivas.

### 2.6.1 Método destrutivo

É o método mais utilizado para instalação de redes subterrâneas, sendo considerado o sistema construtivo convencional (Figura 6), utilizado principalmente em áreas rurais e de baixa densidade populacional (MASCARÓ, 2005). As vantagens deste método são principalmente a simplicidade de execução e seu baixo custo, em comparação ao método não destrutivo.

Figura 6 - Instalação de rede de esgotamento sanitário pelo método destrutivo



Fonte: Jornal Diário do Nordeste, 2015.

A NBR 12266/92 estabelece diretrizes e exigências para projeto e execução de valas para assentamentos de tubulações de água, esgoto ou drenagem urbana (ABNT, 1992).

Já o sistema construtivo para instalação de redes de gás natural é preconizada pela NBR 14461 - Sistemas para distribuição de gás combustível para redes enterradas – Tubos e conexões de polietileno PE 80 e PE100 – Instalação em obra por método destrutivo (vala a céu aberto) (ABNT, 2000).

As normas determinam basicamente que, para assentamentos das tubulações, podem ser consideradas as seguintes fases:

- I. Sinalização;
- II. Remoção do pavimento e escavação da vala;
- III. Escoramento;
- IV. Serviços de preparo e regularização do fundo da vala;
- V. Assentamento da tubulação;
- VI. Reaterro;
- VII. Recomposição do pavimento.

Grande parte dos problemas dos pavimentos urbanos está diretamente associada à má qualidade dos serviços de recomposição de valas abertas para instalação ou reparo de redes de infraestrutura urbana. Portanto, é de grande importância o controle de qualidade dos remendos, que é considerado o método de reparo mais utilizado na manutenção de rodovias e ruas.

Mesmo sendo bastante utilizado há vários anos e, por isso, considerado confiável, por vezes, o método destrutivo não é a forma de execução com uma melhor relação custo-benefício. As infraestruturas urbanas apresentam desvantagens para o método tradicional, pois causam congestionamentos, danos ao pavimento, impactos ambientais, em instalações e estruturas adjacentes. Dessa forma, até mesmo obras de pequeno porte acabam sendo inviabilizadas, devido aos altos custos sociais envolvidos nos problemas gerados (MASSARA, 2007).

Segundo Najafi (2004), ao analisar todos os parâmetros de projetos, o método destrutivo é, na maioria das vezes, o método de instalação e manutenção de tubulação com o pior custo-benefício, além de ser mais demorado. Atualmente, devido à compreensão dos diversos custos sociais envolvidos com a abertura de valas, este método de instalação tem sido desencorajado. Como exemplo, a cidade do Rio de Janeiro possui em sua legislação,

relativamente a execução de obras reparos ou serviços realizados em logradouros públicos municipais, o Decreto nº 43.600/2017. Este decreto estabelece critérios adicionais para execução de obras em vias públicas na cidade do Rio de Janeiro, além de determinar que as obras, reparos ou serviços a serem executados nos logradouros públicos municipais deverão ser realizados através de método não-destrutivo, ou seja, sem rompimento ou dano da pavimentação dos respectivos logradouros. Tal decreto tem como finalidade coibir o emprego do método destrutivo e incentivar o uso de métodos não-destrutivos para intervenções em vias públicas.

### 2.6.2 Método não destrutivo

Métodos Não-Destrutivos (MND) são uma tecnologia para a instalação de redes de infraestrutura como gás, água, esgoto, comunicação e energia à qual se recorre quando é necessário realizar uma obra de perfuração sem que haja prejuízo ao ambiente ou para a rotina da cidade. Essa tecnologia de travessia subterrânea evita a abertura de valas para a instalação de dutos, com a vantagem de redução do custo social e de encurtamento no prazo das obras. No Brasil, os MND foram utilizados na década dos anos 1990 para a instalação de redes de telecomunicações. Atualmente, destinam-se principalmente à instalação de redes de gás natural e esgoto (ABRATT, 2006).

O método de perfuração horizontal direcional ou “*Horizontal Directional Drilling*” (HDD) é principalmente utilizado para instalação de oleodutos; redes de água, gás e esgoto e; cabos de fibra ótica e energia elétrica. Estes métodos são denominados assim, devido a sua habilidade de informar a localização da cabeça de perfuração e de guiá-la durante o processo de perfuração (NAJAFI, 2004).

Trata-se de uma técnica muito versátil uma vez que possui um sistema de perfuração dirigível para instalação, pode ser utilizada para implantação de tubulações com diâmetros variando de 50 mm a 1220 mm, em diversas situações, tais como: cruzamento sob lagos, rios, canais, vales, hábitat de vida selvagem sensível e cruzamento sob rodovias e ferrovias (CAPP, 2004).

A perfuração pode ser executada entre poços pré-escavados (*shafts*) de entrada e saída ou a partir da superfície, criando a entrada da perfuratriz no solo em um ângulo suave. O processo inicia com a execução da coluna de perfuração por meio de um furo piloto (Figura 7) com auxílio de um fluido, geralmente uma mistura de água e bentonita, utilizado para lubrificação da ferramenta de perfuração no solo e estabilização do furo (ABRATT, 2006).

Figura 7 - Perfuração do furo piloto

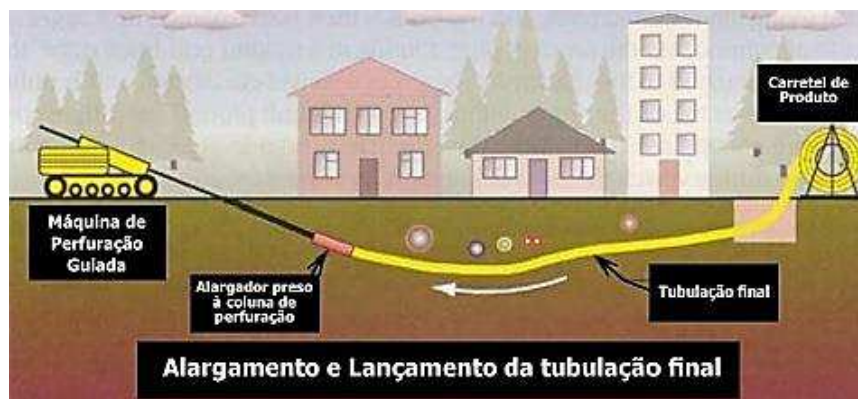


Fonte: ABRATT, 2006.

As mudanças de direção durante a execução do furo piloto são feitas através do excêntrico de direção, que graças a sua geometria, permite a mudança de direção em qualquer sentido. O rastreamento da coluna de perfuração é feito através de uma sonda alojada na cabeça de perfuração que emite um sinal captado na superfície (ABRATT, 2006).

Posteriormente, executa-se o alargamento em sentido contrário ao da perfuração, através alargadores e tubo de reforço até que se atinja o diâmetro necessário para a instalação da tubulação final (Figura 8). A tubulação final, normalmente de PEAD ou aço, é puxado pelo alargador à medida que este avança e aumenta o diâmetro do furo original (ABRATT, 2006).

Figura 8 - Alargamento e lançamento da tubulação final



Fonte: ABRATT, 2006.

O MND é uma das técnicas mais empregadas em centros urbanos na atualidade, devido ao baixo nível de interferência, principalmente na pavimentação das ruas, visto que são necessários apenas dois pontos por trecho implantado, além de um custo global menor, visto a necessidade de nova pavimentação na abertura de vala.

## 2.7 ACIDENTES EM REDES DE INFRAESTRUTURA URBANA SUBTERRÂNEA

Estatísticas Americanas apontam a área de infraestrutura como uma das que mais verificam-se acidentes na construção civil. De acordo com o *Centers For Disease Control And Prevention* - CDC (2001), óbitos relacionados a colapsos de valas e escavações persistem a acontecer apesar das normas que especificam as práticas seguras de trabalho e intensos trabalhos de prevenção e conscientização. O CDC (2001) analisou dados de registros nacionais de mortalidade de trabalho e relatórios de investigação de acidentes fatais. Este relatório indicou que aproximadamente 75,8% das mortes foram causadas por escavações em valas.

Bosseler (2014) afirma que em consequência da ausência de gerenciamento e o congestionamento do subsolo, as redes de infraestrutura urbana de serviços públicos tende a ser caótica do ponto de vista de sua proteção, estando altamente sujeitas à acidentes. Até mesmo a utilização de equipamentos empregados no corte e remoção do pavimento e escavação cooperam bastante para a ocorrência de acidentes tanto com pessoas, como patrimonial, particularmente quando atingem redes já existentes, sendo responsáveis por mais de 85% das causas dos danos em redes de gás natural no Japão.

Não são incomuns eventos no qual a rede de gás natural é atingida por intervenções executadas por outras concessionárias de serviços públicos, e vice versa, ou em decorrência da execução de atividades adjacentes as mesmas, impondo riscos associados a acidentes que podem resultar em fatalidades, ferimentos e danos à propriedade. CONCAWE (1998) define esse tipo de acidente como acidente de terceiro, os quais compreendem-se como acidentes de terceiros as atitudes do público, podendo ser intencionais ou não. Os acidentes mais graves ocorrem principalmente com as redes de gás natural e eletricidade.

No *7th Report of the European Gás Pipene Incident Data Group* – EGIG (2008) foi publicada uma análise que compreende o período de 1970 a 2007, o qual evidenciou que escavações e atividades de construção (classificadas como ação de terceiros) são as maiores causas de acidentes em gasodutos, com cerca de 50% das ocorrências, seguidas por defeitos de montagem ou falhas de material, conforme expõe o Gráfico 1.

Gráfico 1 - Causas de acidentes com gasodutos



Fonte: Adaptado de EGIG, 2008.

Nos EUA, no intervalo de 1990 a 2002, ocorreram 1088 mortes e lesões relacionadas a sinistros por escavações em redes de distribuição de gás natural, além de prejuízos à propriedades da ordem de US\$ 958 milhões (DOT, 2009).

Apesar dos dutos serem considerados um dos mais seguros e econômicos modos de transporte de substâncias perigosas, os gasodutos trazem consigo, mesmo sob baixa probabilidade, riscos de acidentes que não podem ser negligenciados (PAPADAKIS, 2000).

### **3 GERÊNCIA DE INFRAESTRUTURA URBANA**

Ainda hoje, é evidente a carência de gerenciamento de infraestruturas urbanas, sobretudo em países em vias de desenvolvimento, decorrente da ausência ou precariedade de um planejamento estratégico do meio urbano. Este déficit de planejamento prejudica a análise, previsão e tomada de decisões eficientes ao ordenamento urbano. Assim sendo, torna-se imediato a necessidade de estudos que almejem novas metodologias que objetivem gerenciar as infraestruturas urbanas.

Conforme Souza (2004), a gestão distingue do planejamento por este ser um resultado da administração dos recursos disponíveis em detrimento das necessidades prementes. A gestão existirá em várias etapas do planejamento, o qual é um processo mais abrangente e contínuo em formas distintas e complementares. Por isso, o planejamento antecede a gestão. A gestão de infraestrutura é um processo de coordenação, avaliação sistemática e manutenção efetiva da infraestrutura relacionada com os serviços básicos (ZHANG *et al.*, 1994).

Não raramente, as infraestruturas públicas existentes nas cidades encontram-se defasadas, ao tempo que o crescimento populacional, a maior demanda por serviços públicos, leis rigorosas, concorrência, tecnologia e finanças limitadas, exigem um planejamento de curto, médio e longo prazos e alta complexidade de gerenciamento. Todavia, o que se tem verificado em quase todas as cidades brasileiras é a ausência de trabalho integrado entre as diversas áreas da infraestrutura urbana que afetam a via pública.

Quando se almeja implantar um sistema de gerenciamento das atividades de manutenção da infraestrutura urbana, é imprescindível o acompanhamento das atividades de manutenção do pavimento concomitantemente com as atividades de manutenção da infraestrutura pública. Nessa perspectiva, um sistema de gerenciamento de infraestrutura torna-se fundamental para a administração pública e privada, auxiliando à tomada de decisão dos gestores (INFRAGUIDE, 2002).

#### **3.1 SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE INFRAESTRUTURA URBANA**

Para Hudson *et al.* (1997), um sistema de gerenciamento de infraestrutura pode fornecer a base e os métodos necessários para integrar todas as fases que envolvem o provimento dos serviços de infraestrutura urbana, compreendendo as operações essenciais necessárias às ações de planejamento, projeto, construção, manutenção, reabilitação e avaliação mediante uma sequência de procedimentos bem estruturados.

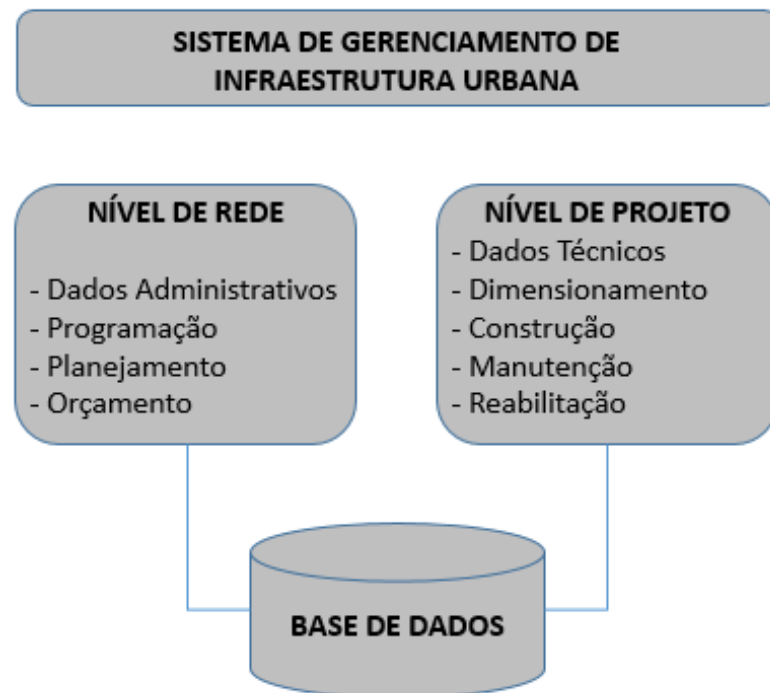
Um sistema é um conjunto de itens correlatos ou que interagem regularmente, perfazendo um todo, proporcionando o gerenciamento da infraestrutura. Constitui-se de um conjunto operacional, com métodos, procedimentos, dados, *softwares*, políticas e decisões que, conectados, possibilitam a execução de todas as atividades relacionadas com o gerenciamento da infraestrutura. O sistema ideal seria o que administra a execução dos trabalhos durante o ciclo de vida da infraestrutura, maximizando o desempenho, preservando os ativos e mantendo os serviços (HUDSON *et al.*, 1997).

Normalmente sistemas desse tipo são embasados no histórico das infraestruturas. Este histórico compreende além do cadastro técnico, a catalogação ao longo do tempo dos seus desgastes, dos seus defeitos e das suas características funcionais. Para que haja o apoio à decisão de planejamento e investimentos, o corpo gestor necessita analisar toda a infraestrutura e seu comportamento, observando as questões ambientais, sociais e econômicas.

O Apoio à Decisão (*Decision-Making*) é uma aplicação sistemática da teoria da decisão que abrange a pesquisa, a comparação e a avaliação da informação e de alternativas de decisões. Nessa metodologia, várias ações podem ser adotadas para fazer as escolhas e solucionar um problema, e as alternativas podem representar diferentes localizações, diferentes planos, diferentes classificações, diferentes hipóteses sobre um tema, um fenômeno etc. (RAMOS, 2000).

Um componente de infraestrutura é tido como satisfatório quando atende ao desempenho à que foi projetado, com um nível de serviço aceitável. Determinadas situações podem reduzir o desempenho destes equipamentos, como, por exemplo, a utilização inadequada desses equipamentos ou ciclo de vida sem previsão de manutenção ou reabilitação. Uma manutenção efetiva das infraestruturas na área urbana pode aumentar muito a vida em serviço dessas infraestruturas e reduzir os custos para os usuários. Logo, de acordo com Hudson *et al.* (1997), existem dois níveis de gerenciamento de infraestrutura, um nível de rede e um nível de projeto, conforme Figura 9.

Figura 9 - Estrutura geral para o gerenciamento de infraestrutura



Fonte: Adaptado de Hudson *et al.*, 1997.

A gerência de infraestrutura em nível de rede opera com dados simplificados, relativos aos subsistemas urbanos, empregadas para a tomada de decisões, sobretudo administrativas, sobre as atividades de programação, planejamento e orçamento. Permite por exemplo, a identificação, priorização de projetos candidatos para intervenções, geração de necessidades de orçamento da agência a curto e longo prazo, avaliação da condição atual do sistema e previsão da condição futura (HUDSON *et al.*, 1997).

A gerência de infraestrutura em nível de projeto abrange os dados técnicos (materiais, propriedades, custos unitários, fluxos, cargas, tráfego, etc.), dimensionamento, construção, manutenção e reabilitação. Manipula informações técnicas detalhadas, relacionadas aos subsistemas urbanos, possibilitando uma análise detalhada da programação de intervenções nas infraestruturas, diagnóstico detalhado dos defeitos, suas causas prováveis e métodos corretivos possíveis (HUDSON *et al.*, 1997).

Situações adversas da sociedade contemporânea demandam gradualmente o uso metucioso dos conhecimentos e experiências dos gestores. Ademais, há a necessidade por maior precisão, diversidade e rapidez, que exigem sistemas mais eficientes de suporte ao planejamento, resolução de problemas e operação. O gerenciamento da infraestrutura urbana, sobretudo dos serviços relacionados com os pavimentos, não foge a estas regras.

Como as atividades de manutenção da pavimentação sofrem interferências com outros subsistemas da infraestrutura urbana, as mesmas exigem uma coordenação técnico-administrativa bem ajustada. Segundo Al-Swailmi (1994) um sistema de gerenciamento da infraestrutura urbana deve conter os elementos conforme a Figura 10.

Figura 10 - Plataforma para um sistema de manutenção da Infraestrutura Urbana



Fonte: Adaptada de AL-SWAILMI, 1994.

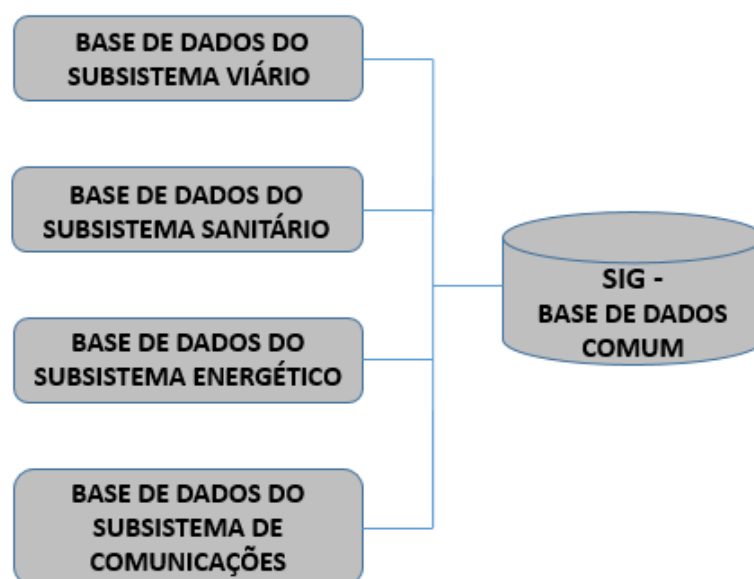
Na atualidade, existem pesquisas abrangendo diversas metodologias e ferramentas de apoio à decisão em gerência de infraestrutura urbana, assim como novos procedimentos de trabalho vêm sendo empregados tanto na seleção de alternativas de manutenção, reabilitação e construção como também na priorização de projetos de infraestrutura urbana em geral. A técnica utilizada para seleção de projetos de manutenção e reabilitação pode variar desde uma simples avaliação até um sistema especialista mais complexo, que considera várias combinações de fatores (HAAS *et al*, 1994). Tais técnicas podem ou não estar associados a ferramentas que dão suporte à decisão, como por exemplo, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

### 3.2 OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA GERÊNCIA DE INFRAESTRUTURA URBANA

Os SIG apresentam-se com frequência no desenvolvimento dos processos abrangidos por um sistema de gerência de infraestrutura urbana, visto que são ferramentas eficientes em auxiliar e agilizar os procedimentos de planejamento, gerência e de apoio à decisão. A exposição geográfica de um SIG permite selecionar todos os segmentos de infraestrutura urbana em uma interface, como mapas temáticos, oportunizando o estudo e síntese dos dados distribuídos no tempo e no espaço, facilitando a análise de informações. Isso é um fator importante não só para engenheiros responsáveis pela manutenção do pavimento, mas também dos gestores responsáveis pela infraestrutura urbana, políticas públicas, prioridades e na geração de documentos (SCHWARTS *et al.*, 1991).

No contexto urbano, o SIG permite integrar em uma mesma plataforma todos os subsistemas de infraestrutura. Isso possibilita um gerenciamento mais satisfatório, além de determinar os direitos e responsabilidades de cada subsistema de infraestrutura urbana, uma melhor coordenação e comunicação entre os órgãos e empresas responsáveis pelos subsistemas, oposto à situação tradicional, caracterizada pelo trabalho fragmentado e independente dos diferentes subsistemas da infraestrutura pública. Este conceito de sistema de gerenciamento global e integrado é ilustrado na Figura 11.

Figura 11 - Conceito de sistema de gerenciamento global da infraestrutura urbana



Fonte: Adaptado de ZHANG *et al.*, 1994.

Esta integração possibilita o rápido acesso aos dados armazenados tanto para o gerenciamento da infraestrutura urbana à nível de rede ou de projeto, quanto para gerenciamento de crises, como a tomada de providências em casos de desastres.

### **3.2.1 Implantação de um SIG na gerência de infraestrutura urbana**

É sabido que a implantação de um SIG compõe-se de várias etapas. Diversas experiências internacionais relacionadas à implantação de SIG em empresas, organizações, consultorias, concessionárias de serviços públicos e organizações públicas seguem, com algumas adequações, o preconizado por Korte (1997):

- I. Definição do plano de trabalho e metas para o projeto: exposição de justificativa, avaliação, seleção e implementação de um sistema de informação geográfica;
- II. Revisão das operações e necessidades existentes: analisar como a instituição está utilizando os dados geográficos, incluindo a coleta, análise, armazenamento, apresentação e distribuição;
- III. Análises e recomendações: examinar os dados coletados e definir os tipos de análise a serem desempenhados pelo sistema, executados em conformidade com as necessidades e prioridades da organização;
- IV. Aprovação do projeto piloto: apresentação de relatórios com avaliações de necessidades e o plano de implementação ao corpo gestor da organização para revisão e aprovação;
- V. Preparo de especificações funcionais e padrões: especificações de equipamentos e programas computacionais e a caracterização das exigências para a conversão dos dados existentes para o formato da base de dados do SIG, dentro do formato padrão da organização;
- VI. Projeto detalhado da base de dados: definição de como os gráficos serão simbolizados (cor, espessura, tamanho, símbolos, etc.), como serão estruturados os arquivos gráficos e alfanuméricos, como serão organizados os diretórios de arquivos, como serão chamados os arquivos, como será subdividida a área do projeto, como os produtos do SIG serão apresentados (formatos de mapas e relatórios) e que restrições de segurança serão impostas no acesso aos arquivos;

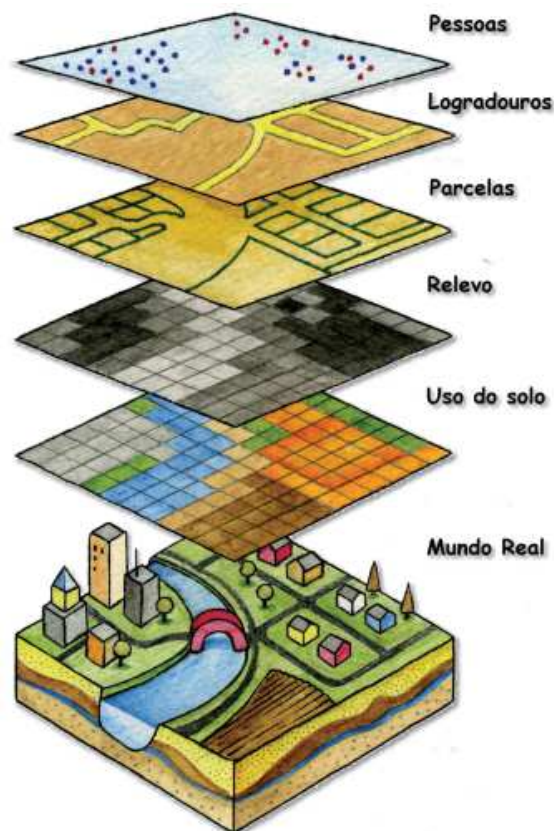
- VII. Execução do projeto piloto: criação da base de dados do SIG para uma pequena, mas representativa porção da área do projeto. As metas do projeto piloto são testar o projeto detalhado da base de dados e os custos estimados para a conversão de dados;
- VIII. Conversão da base de dados: verificar os registros manuais existentes e retificar os que se encontrarem com incorreções, para logo após, compila-los. Em seguida, os dados cartográficos são digitalizados e os dados alfanuméricos são fornecidos e associados aos dados gráficos;
- IX. Treinamento dos usuários: familiarizar os usuários com sistemas de coordenadas, camadas de mapas, conceitos de precisão em mapas, ferramentas de análise espacial e pesquisa de dados alfanuméricos que o SIG oferece;
- X. Teste e correção dos dados: averiguação da qualidade dos dados obtidos no processo de conversão;
- XI. Manutenção dos dados e suporte técnico para os usuários do SIG: atualização da base de dados do SIG em decorrência da mudança do mundo físico, pois a confiabilidade dos dados dependem tanto da qualidade quanto da atualização dos mesmos.

#### 4 GEOPROCESSAMENTO E GERÊNCIA DE REDES DE INFRAESTRUTURA

Alguns dos eventos críticos que ocorrem nas grandes cidades tais como redes de transporte saturadas, alagamentos, instabilidade no fornecimento de água e energia, gestão ineficiente de resíduos sólidos, decadência das redes físicas urbanas, entre outros, são resultantes, em sua grande parte, das inter-relações entre as infraestruturas públicas e as edificações adjacentes (CONWAY-GOMEZ, 2009; KONRAD, 2014).

Estas inter-relações são capazes de serem mensuradas e decodificadas em sistemas (Figura 12). Em se tratando das infraestruturas públicas, hoje se dispõe de uma vasta gama de ferramentas aplicadas de planejamento e gestão, majoritariamente baseados em recursos computacionais, as quais apresentam eficiência em atuar nos processos de apreciação, decodificação e registro dos dados processados.

Figura 12 - Camadas cartográficas utilizadas no Sistema de Informação Geográfica



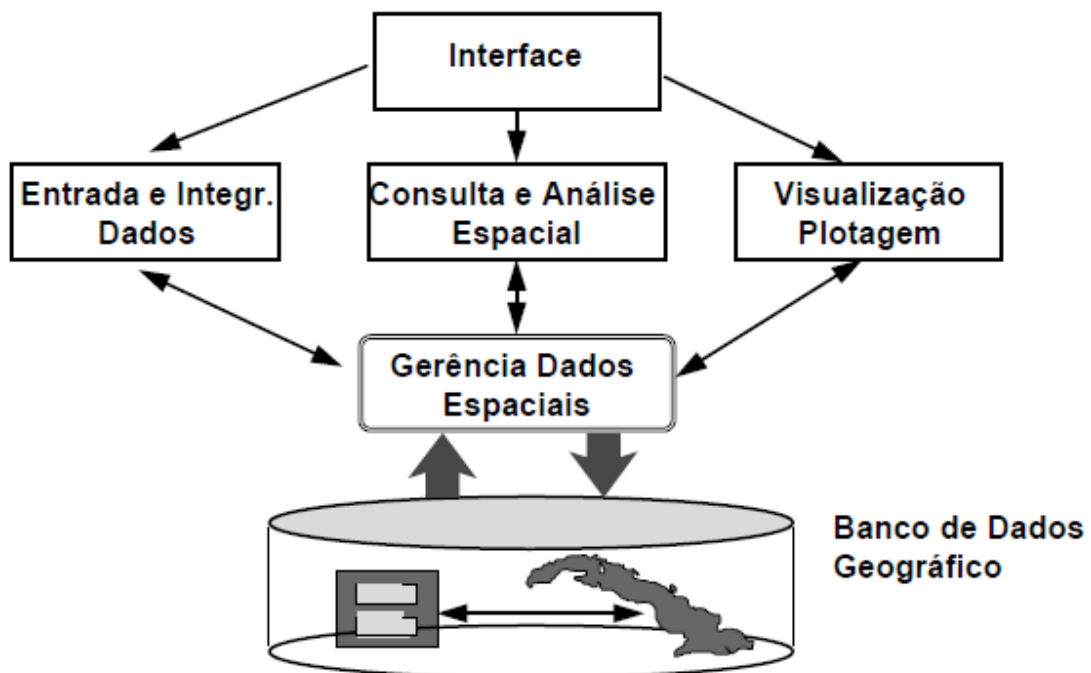
Fonte: [http://www.ctmgeo.com.br/arquivos/27052014\\_sig\\_-\\_camadas.png](http://www.ctmgeo.com.br/arquivos/27052014_sig_-_camadas.png). Acesso em 15 de jun. 2019.

Entre os recursos computacionais mais utilizados como instrumento eficiente de gestão da informação e de tomada de decisões destaca-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG). O SIG, ou GIS (*Geographic Information System*), é uma ferramenta já bem estabelecida

há décadas nos mais diversos ramos, em virtude de combinar dados tabulares e entidades geométricas vetoriais. Consagrou-se como um sistema altamente eficaz para tomada de decisões, ao permitir uma livre utilização destes dados por meio de pesquisas e combinações variadas, sempre amparadas por uma representação gráfica, vetorial ou raster (FOOTE e LYNCH, 1995).

No geral, SIG são um conjunto integrado de programas para computadores que propiciam uma rede para obtenção, composição de dados espaciais e outras informações, no qual um sistema de coordenadas espaciais em comum é o meio básico de referência (Figura 13). Ademais, esses sistemas permitem a análise de dados e a exposição de resultados em mapas interativos que apresentam detalhes importantes que auxiliam as tomadas de decisão.

Figura 13 - Relacionamento dos principais subsistemas de um SIG



Fonte: INPE, 2001.

Graças a sua versatilidade, um SIG pode, por exemplo, ser usado para localização de clientes, análise da influência dos lugares, gestão de infraestruturas, planejamento dos transportes, gestão e prevenção de catástrofes, planejamento urbano, entre outras atividades, o qual mantêm o registro não só de eventos, atividades e objetos, mas também de onde acontecem ou existem esses eventos, atividades e objetos.

Quando a tecnologia SIG surgiu, através do desenvolvimento da geografia quantitativa e pelo uso de métodos matemáticos e análises cartográficas, dificilmente poderíamos pensar que a difusão deste instrumento se tornaria tão importante para a sociedade

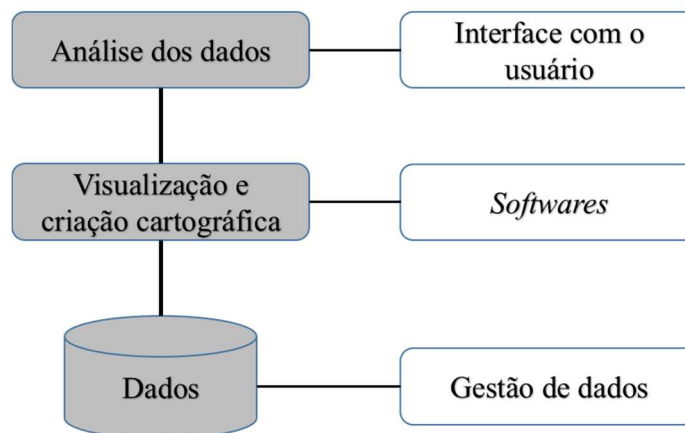
e para as organizações. Conforme Longley *et al.* (2005), os principais fatores responsáveis pela importância que os SIG têm na sociedade atual são:

- Maior disponibilidade dos SIG através da Internet;
- Redução do preço de hardware e *software* SIG;
- Avanço da tecnologia que suporta os programas SIG, principalmente ao nível da visualização e gestão de dados;
- Crescimento vertiginoso de dados digitais referenciados geograficamente, como por exemplo programas que utilizam a tecnologia de Global Position System (GPS).

Contudo, torna-se relevante enfatizar, que o termo SIG, abrange a técnica relacionada ao tratamento de informações espaciais, e não especificamente ao *software*, cujo é apenas um dos componentes dessa tecnologia (ROSA, 2005).

A estrutura clássica dos SIG está basicamente dividida em três camadas, como apresentada a seguir (Figura 14).

Figura 14 - Estrutura de um SIG



Fonte: Adaptado de Longley *et al.*, 2005.

Essas camadas representam os três componentes principais destes sistemas, a interface com usuário, as ferramentas e o sistema de gestão de dados (Figura 14).

A interação do usuário com o sistema faz-se através de uma interface gráfica, que é responsável pela apresentação de todo o sistema ao usuário. Esta interface gráfica possibilita acesso às ferramentas, que definem as capacidades ou funções que o sistema de *software* tem disponíveis para processar os dados geográficos. Os dados são guardados em arquivos ou bases de dados organizadas pelo *software* de gestão de dados (LONGLEY *et al.* 2005).

Apesar de possuírem diferentes graus de sofisticação e aplicação, todos os SIG realizam as mesmas funções: codificação, gestão e manipulação de dados espaciais (West, 2008). Detalhadamente, um SIG engloba (CUNHA, 2009):

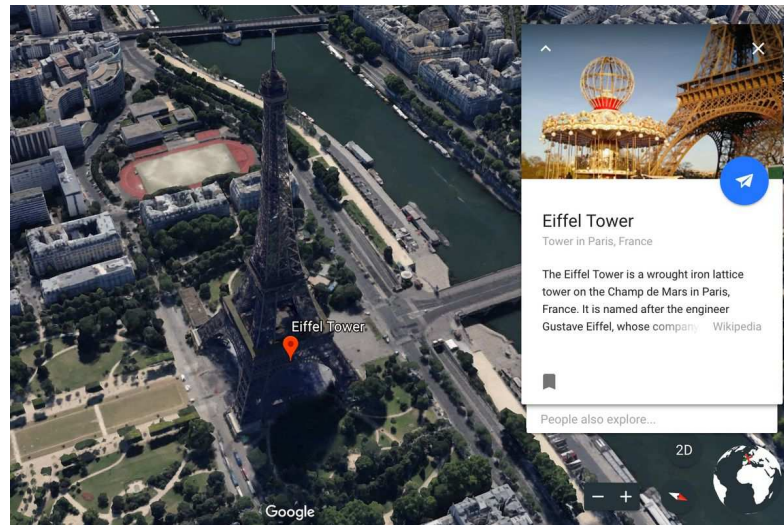
- Levantamento de dados: disponibiliza métodos para a introdução de dados geográficos (georreferenciados) e tabulares (atributos);
- Armazenamento: os dados geográficos podem ser armazenados no modelo vetorial e no modelo matricial;
- Consulta: os atributos dos dados geográficos podem ser consultados nas bases de dados;
- Análise: capacidade de responder a questões relacionadas com a interação das relações espaciais de vários dados;
- Visualização: permite a identificação visual de relacionamentos espaciais de vizinhança, conexão e proximidade. É importante na análise exploratória de dados;
- Saídas: os resultados podem ser apresentados como mapas, relatórios e gráficos.

#### **4.1 INTEGRAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE INFORMAÇÃO – SIG-WEB**

Em razão da expansão das geotecnologias, inúmeras organizações vêm gerando grandes quantidades de dados georreferenciados, contudo, o acesso a estes dados pela população ocorre ainda de maneira pouco eficiente devido à falta de recursos e domínio tecnológico.

Apesar disso, em consequência da evolução técnico-científica, houve o aumento expressivo na disponibilização de dados na Internet, possibilitando o acesso aos mais diversos tipos de dados, tendo em vista as inovações oferecidas com as modernas ferramentas tecnológicas, que têm beneficiado o incremento e o uso de novos instrumentos (MOREIRA, 2010).

A difusão da Internet cumpre um papel fundamental no desenvolvimento significativo que os SIG têm tido ao longo dos últimos anos. Os SIG tornaram-se mais acessíveis e fáceis de utilizar, havendo atualmente vários *softwares* de SIG na internet que são acessadas por milhares de usuários, quer seja para a resolução de problemas de caráter geográfico, quer seja para uso recreativo, como por exemplo, o *Google Earth* (Figura 15).

Figura 15 - *Google Earth*

Fonte: Google, 2018.

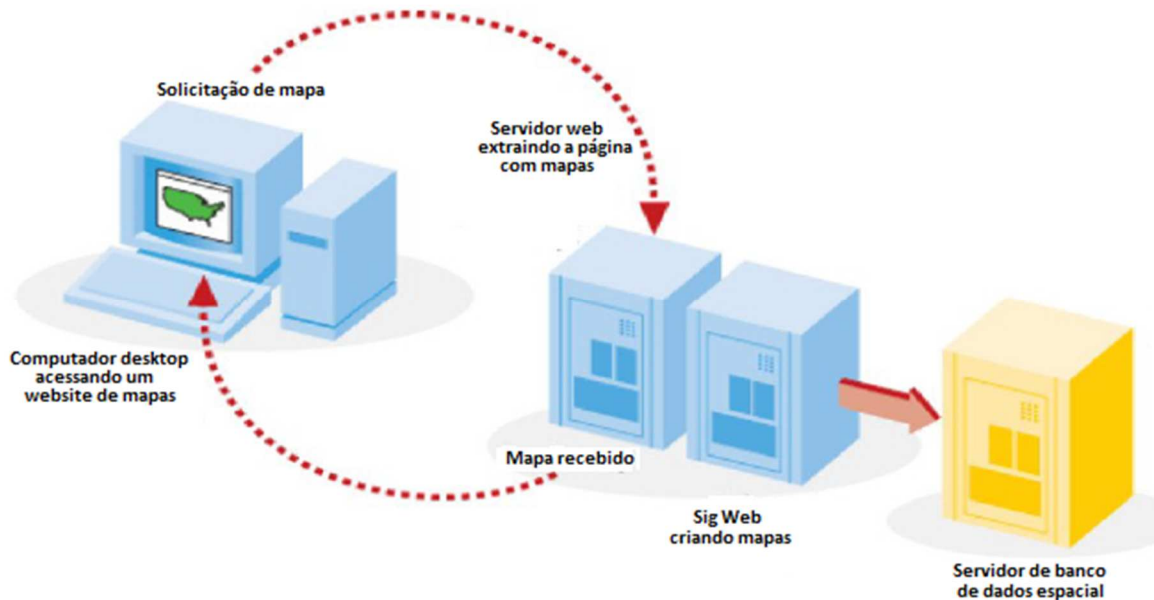
Com a evolução da Tecnologia de Informação (TI), os recursos dos *softwares* voltados para o contexto de SIG proporcionaram a interação com mapas na Internet. Através da interface de usuário, um mapa apresenta via SIG Web a oportunidade de interagir com o sistema e os dados geográficos compreendidos. Desta forma, até mesmo um usuário sem conhecimento em geoprocessamento pode utilizar essa tecnologia através de seu navegador de internet padrão. Isto representa uma grande avanço na forma de publicar e selecionar informações georreferenciadas.

Dito isso, o SIG Web pode ser definido como um sistema possibilita a visualização e consulta a dados geográficos através da internet. Existem basicamente dois métodos para publicar mapas na internet, os modos estático e interativo, que diferem entre si em relação à forma de acesso. Os mapas estáticos são disponibilizados na forma de imagem (*JPG ou PDF*), não permitindo alteração de escala e de mapas visualizados, sendo úteis para usuários que desejam ter um mapa pronto. Já os mapas interativos integram informações de um banco de dados a elementos georreferenciados, e tem por característica além da visualização de informações geográficas, a interação com os mapas, tal como zoom, pan, entre outros (SCHIMIGUEL *et al.* 2005).

Segundo Cabral (2008) o manuseio de mapas em um SIG Web é mais complexa que em um SIG convencional (*desktop*) por motivos diversos como a segurança de dados, interação usuário-aplicação, gerência de dados, equipamentos, entre outros. A interatividade em um SIG Web não é tão bem praticada quanto em um SIG tradicional, tendo em vista sua arquitetura do tipo cliente-servidor, enquanto em SIG convencional é instantânea, com arquitetura do tipo

usuário-máquina. A Figura 16 apresenta de forma resumida o funcionamento de uma aplicação SIG Web.

Figura 16 - Arquitetura de uma aplicação SIG Web



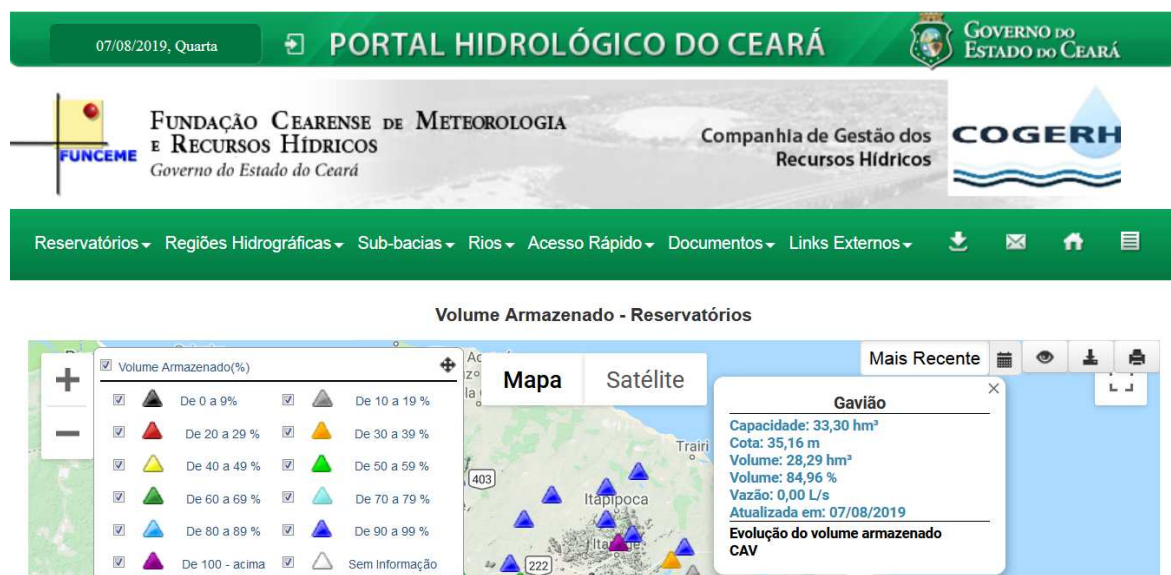
Fonte: Adaptado de Mitchell, 2005.

Adquirir e manter atualizados os dados para utilização é certamente um dos maiores obstáculos encontrados pelos gestores. Apoiado em uma arquitetura em ambiente Web, o procedimento de manutenção e atualização de informação é efetuado centralmente, reduzindo os custos associados às fases de operação do sistema (CABRAL, 2008).

A Internet também proporciona a disseminação de resultados de análise geográfica e informações espaciais para um número bem maior de usuários, possibilitando-os conduzir pesquisas e análises de objetos espaciais de forma on-line, sem a necessidade de comprar um SIG de preço elevado. Oliveira (2005) elenca as seguintes vantagens para o sistema SIG Web: facilidade de manuseio pelos usuários finais; independência de plataforma (necessita apenas de um navegador de Internet); o usuário não necessita de uma estação fixa; informações centralizadas em um servidor na web; versatilidade, pois os aplicativos Web interagem com sistemas desktop e outros sistemas Web. Já como desvantagens são apontados: dependência de conexão com a Internet; agilidade geralmente abaixo dos sistemas desktop que acessam dados locais, à depender da conexão da Internet utilizada; dificuldade de trabalhar com processamento de dados pesados (OLIVEIRA, 2005).

De acordo com Oliveira (1997) a partir dos requisitos de informação utilizados por aplicativos comumente desenvolvidos em SIG, podemos classificá-las em três categorias: ambientais, urbanas e gerenciais. Os aplicativos ambientais são direcionados à utilização e conservação de recursos naturais, como a modelagem da natureza (estudos climáticos, análise de processos de desertificação, gestão dos recursos hídricos, etc). As aplicações urbanas são voltadas as questões de infraestrutura urbana e controle populacional, tais como gerência de redes (transportes, saneamento, comunicações) e distribuição de serviços públicos. Já as aplicações gerenciais compreendem informações qualitativas sobre propósitos ambientais e urbanos. Como exemplo de aplicativo SIG Web podemos citar o sistema do Portal Hidrológico do Ceará (Figura 17) desenvolvido pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), disponível em <http://www.hidro.ce.gov.br/>.

Figura 17 - Aplicativo SIG Web do sistema do Portal Hidrológico do Ceará



Fonte: <http://www.hidro.ce.gov.br>. Acesso em 07 de ago. 2019.

## 4.2 GEOPROCESSAMENTO APLICADO ÀS REDES DE INFRAESTRUTURA URBANA

Nas cidades brasileiras, sobretudo nas de pequeno e médio porte, percebe-se a desatenção nas fases de planejamento, dimensionamento, construção, manutenção e reabilitação das infraestruturas urbanas, fazendo com que grande parte destas apresente um precoce e elevado grau de deterioração, com redução de sua vida em serviço e aumento dos custos de manutenção e reabilitação.

Ademais, a carência de dados históricos e a falta de trabalho integrado entre as diversas áreas dos serviços urbanos que interferem no espaço da via pública, contribuem para o aumento dos problemas anteriormente narrados. A procura por informações é sempre uma tarefa difícil, haja vista a ausência de banco de dados e a falta de sistematização da coleta de informações básicas alusivas às infraestruturas. Grande parte dos dados coletados pelos órgãos públicos e empresas têm sido armazenadas sob a forma de gráficos, figuras, mapas, textos e tabelas. Há a necessidade, no entanto, que os dados sejam armazenados de forma a permitir o rápido acesso.

Face a grande empregabilidade que um SIG apresenta, observa-se a evidente necessidade de aplicação desta ferramenta na área de infraestrutura urbana decorrente do elevado número de informações relativas às redes. Câmara e Monteiro (2004) entendem por “rede” informações referentes a serviços de utilidade pública (saneamento, energias, comunicações, etc.), drenagem urbana e o sistema viário. Nesse caso, cada objeto geográfico, à exemplo das tubulações, dispõe de uma localização geográfica exata e está relacionado à características descritivas presentes no banco de dados.

Na sequência faremos uma breve exposição de geoprocessamento aplicado às redes de infraestrutura urbana.

#### **4.2.1 Geoprocessamento aplicado ao sistema viário (gerência de pavimentos)**

No âmbito da Engenharia dos Transportes os SIG tem se tornado cada vez mais comuns e com as mais variadas aplicações, à exemplo da gerência de pavimentos, gerência de manutenção viária, sinalização, inventário de dispositivos de drenagem e pontes, dentre outros, de acordo com o exposto por diversos autores (PAREDES *et al.*, 1990, ABKOWITZ *et al.*, 1990; SIMKOWITZ, 1990; OSMAN e HAYASHI, 1994; JOHNSON e DEMETSKY, 1994).

Haas *et al.* (1994) descreve um Sistema de Gestão dos Pavimentos (SGP) como um conjunto de atividades coordenadas com o planejamento, projeto, construção, manutenção, avaliação e pesquisa de pavimentos com o objetivo principal de utilizar informações seguras e critérios de decisão para produzir um programa de construção, manutenção e reabilitação de pavimentos que gere o maior retorno possível para os recursos disponíveis. Assim sendo, para que um SGP alcance seu propósito ele deve ser apto à comparar, priorizar e alocar os recursos de seu programa de manutenção e reabilitação entre todas as seções da rede viária.

Em um Sistema de Gerência de Pavimentos tradicional, o técnico responsável insere manualmente algumas das informações elaborada na forma de tabela para um mapa base,

objetivando uma melhor análise e compreensão dos dados. Contudo, a quantidade de informações constantes em um mapa convencional é delimitada pelo tamanho e escala do mapa. Isto significa que são necessários conjuntos de mapas para abranger toda a informação necessária, os quais geralmente apresentam temas, escalas e níveis diferentes de detalhe.

Já um SGP associado a um SIG é capaz de realizar análises espaciais, apresentando ao mesmo tempo, os atributos da rede viária. A integração de um SIG com os subsistemas de análise de um SGP fornece as seguintes vantagens, segundo PAREDES *et al.* (1990):

- Capacidade de exibição gráfica de mapa contendo a rede viária e avaliação da condição de seções selecionadas, através de inquirição na base de dados de avaliação do pavimento;
- Capacidade de gerar arquivos de entrada para os módulos de análise do SGP, extraíndo os dados relevantes da avaliação do pavimento;
- Capacidade de exibir graficamente os resultados dos módulos de análise do SGP e de gerar saídas gráficas que podem ser incluídos nos relatórios dos SGP.

Osman e Hayashi (1994) listam outras vantagens da utilização de um SIG na gerência de pavimentos urbanos:

- Os dados contidos no sistema podem ser acessados facilmente por equipes dos diferentes subsistemas, o que permite a atualização constante dos dados e a manutenção de sua qualidade;
- A capacidade de análise espacial de um SIG pode ajudar em muitas das atividades executadas dentro de um SGP. Por exemplo, decisões de reparos que levam em consideração análises de acidentes ou o reparo e tempo consumido na instalação de outras infraestruturas localizadas embaixo do pavimento;
- A capacidade de manipulação topológica pode ser empregada no desenvolvimento de simulações realísticas de diferentes condições da rede.

Zhang *et al.* (2001) realizou uma pesquisa entre engenheiros de pavimentos fundamentada em suas atividades diárias a qual elencou alguns benefícios da integração SIG e SGP:

- Interface amigável e flexível para os usuários;
- Análise estatística de vários dados de SGP;
- Integração, extração e operação de banco de dados com vários métodos;
- Capacidade para questões complexas;

- Um sistema simples de localização com múltiplos métodos de referenciamento;
- Apresentação gráfica de dados de SGP;
- Poder de uso de um Sistema Global de Posicionamento (GPS);
- Capacidade de segmentação dinâmica;
- Uso efetivo de informação multimídia, tais como, vídeo, som, imagens etc.
- Facilita a análise dos dados;
- Integração com outros sistemas de gerência;
- Acesso através de Intranet e Internet;
- Habilidade para integrar-se com vários bancos de dados;
- Facilidade de entendimento e uso;
- Apresentação da informação para os tomadores de decisão num formato mais compreensível.

#### **4.2.2 Geoprocessamento aplicado a redes de saneamento**

Com a propagação da tecnologia SIG e sua utilização nos mais diversos segmentos, a ferramenta tem apresentado uma grande procura para a gestão do saneamento.

O interesse pela utilização do SIG nos sistemas de saneamento é mundial e vem crescendo significativamente nos últimos anos. Em 1998, o nível de cobertura do uso do SIG nos sistemas de abastecimento de água, em Portugal, era de 77%, sendo esse índice inferior ao de outros países da Europa mais desenvolvidos (REIS *et. al.*, 1998).

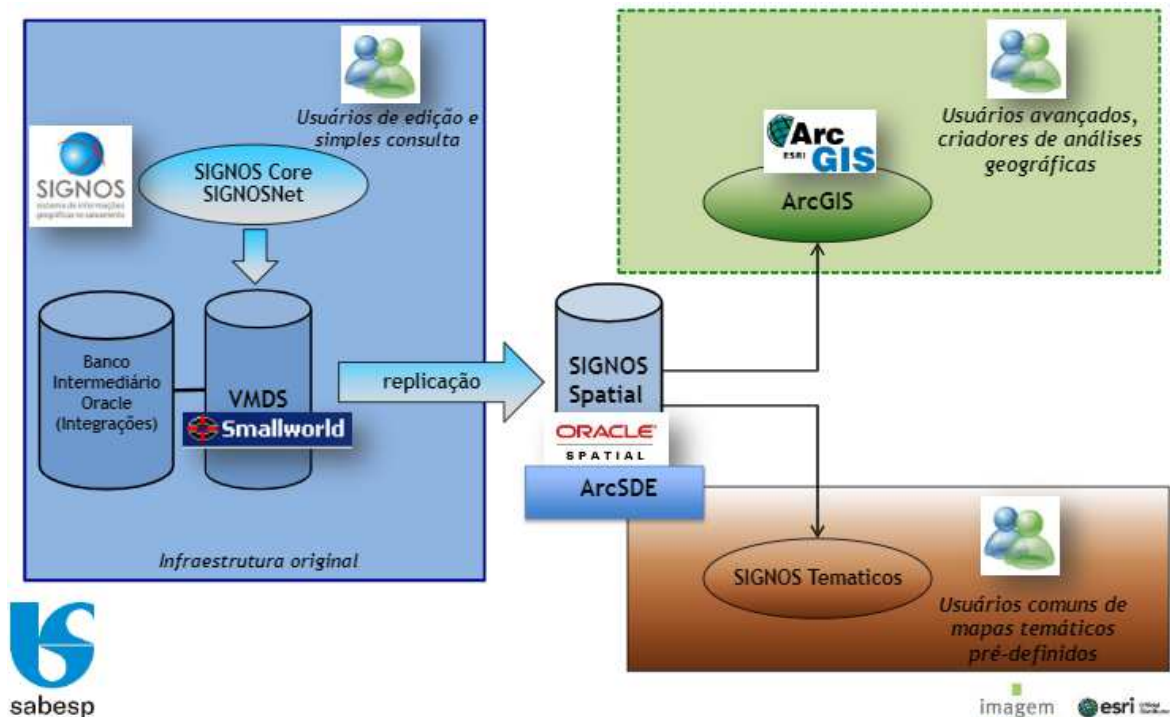
O uso da tecnologia SIG possibilita uma melhor perspectiva da distribuição de toda rede subterrânea, detecção de falhas cartográficas, localização dos maiores consumidores e seus dados cadastrais, áreas de maior arrecadação, clientes inadimplentes, as ligações cortadas, ligadas e suprimidas, dentre outras. Facilita também o acesso aos dados pelos departamentos da empresa armazenados no banco de dados georreferenciados, repercutindo positivamente na execução, planejamento operacional, manutenção e atualização das informações em curto espaço de tempo para uso e distribuição de um bem público e finito como a água (ROCHA *et. al.*, 2007).

Em uma companhia de saneamento, inúmeras são as necessidades de adequação para que a gestão de seus processos e sua infraestrutura seja apropriada. Um ponto que merece atenção é o conhecimento da localização correta dos elementos de todo o sistema dimensionado e instalado ao longo da área de abrangência. Associado a circunstância de que, em geral, as redes de saneamento são instaladas no subterrâneo, mais precisamente sob os pavimentos, o

crescimento desordenado das cidades resultou na implantação não planejada dos sistemas de saneamento básico. Como consequência disso, as companhias se deparam com as dificuldades de conhecer o posicionamento exato das redes de água e esgoto distribuídas pelas cidades brasileiras.

No Brasil, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) dispõe de uma tecnologia que mapeia instalações subterrâneas. Trata-se do Sistema de Informações Geográficas no Saneamento (SIGNOS), que integra a gestão comercial, operacional e de serviços da companhia, com arquitetura desktop e Web (Figura 18). A ferramenta funciona como um banco de dados, contendo um mapa digital das estruturas de saneamento da empresa, que são rastreadas pelo uso de outra tecnologia, o GPS NTRIP. Com isso, é possível, por exemplo, saber onde se encontra um registro ou uma rede, além de rastrear a localização dos imóveis atendidos pela Sabesp e quais serão afetados durante uma manutenção. São quase dois milhões de documentos técnicos registrados, tais como 5,1 milhões de ligações e 85,7 mil quilômetros de instalações, sendo 51,2 mil quilômetros de redes de água e 34,5 mil quilômetros de esgoto. (SABESP, 2016).

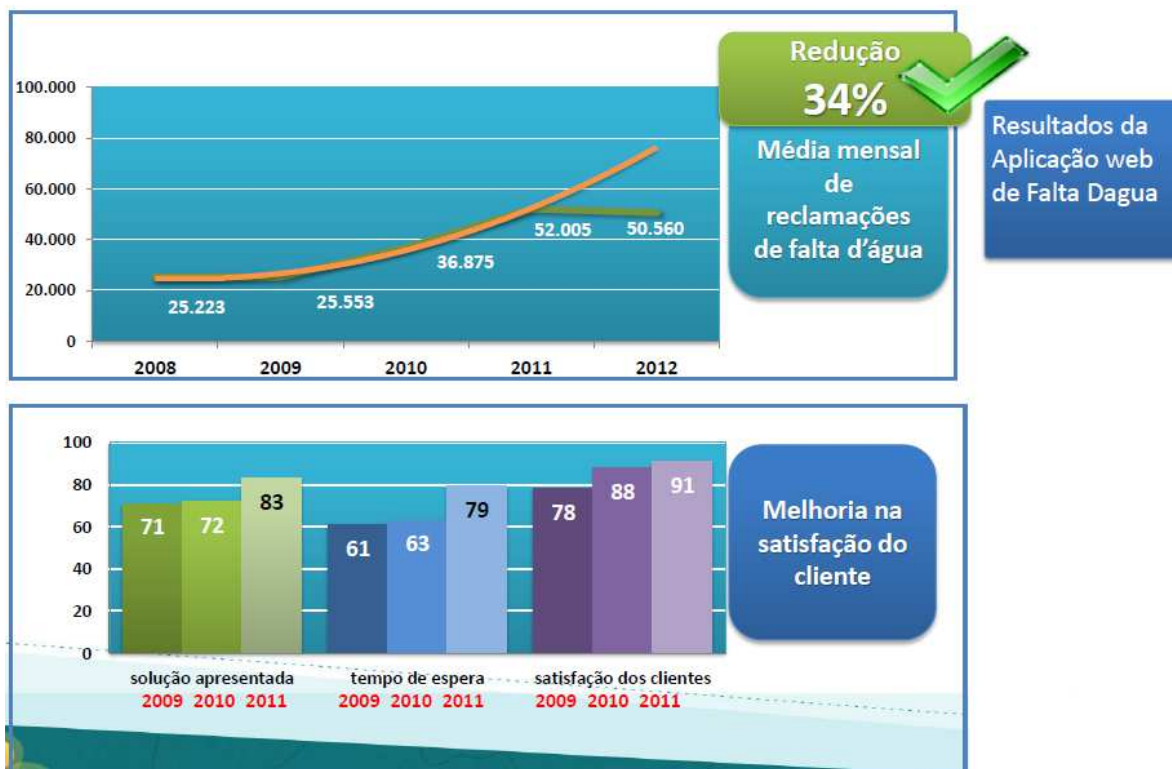
Figura 18 - Arquitetura do software SIGNOS



Fonte: [http://archive.img.com.br/apresentacoes\\_euesri/trilha\\_saneamento/euesri2015\\_saneamento\\_aplicacoes\\_do\\_arcgis\\_na\\_sabesp\\_nagip\\_cesar\\_abraao.pdf](http://archive.img.com.br/apresentacoes_euesri/trilha_saneamento/euesri2015_saneamento_aplicacoes_do_arcgis_na_sabesp_nagip_cesar_abraao.pdf). Acesso em 22 de Junho de 2019.

Visto que o SIGNOS implementou um banco de dados espacial, interfaces com sistemas corporativos e novas funcionalidades, tornou-se possível a integração de atividades nos diversos processos de negócio, onde os principais são: cartografia, cadastro técnico e comercial, projetos, controle de perdas, manutenção e operação de redes de água (manobras e modelagem hidráulica) e de esgotos, atendimento aos clientes, controle sanitário, planejamento integrado e recuperação de receitas. Como resultado, constatou-se uma maior agilidade na detecção e resolução de problemas, refletindo no aumento do nível de satisfação do cliente (Figura 19) (FRANCO e LOUREIRO, 2007).

Figura 19 - Um dos resultados da utilização do software SIGNOS na gestão da SABESP

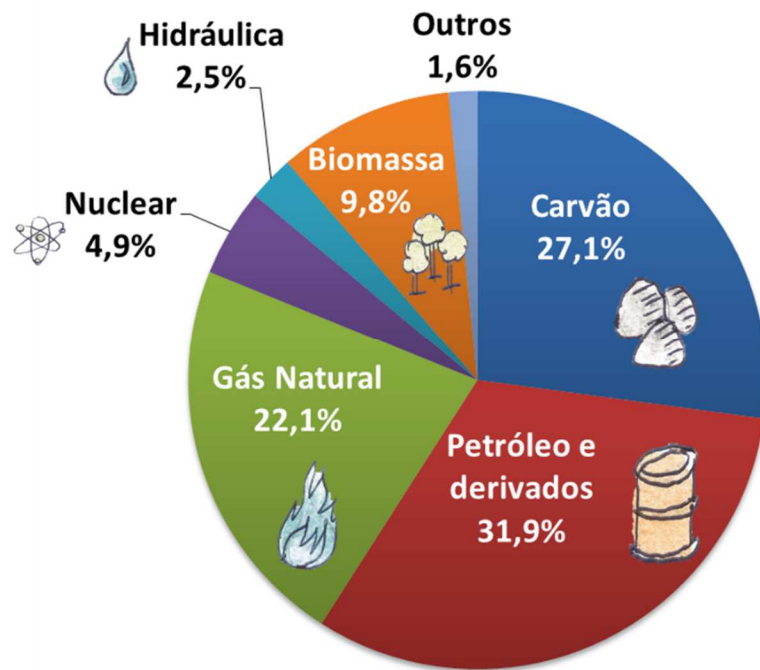


Fonte: [http://archive.img.com.br/apresentacoes\\_euesri/trilha\\_saneamento/euesri2015\\_saneamento\\_aplicacoes\\_do\\_arccgis\\_na\\_sabesp\\_nagip\\_cesar\\_abraao.pdf](http://archive.img.com.br/apresentacoes_euesri/trilha_saneamento/euesri2015_saneamento_aplicacoes_do_arccgis_na_sabesp_nagip_cesar_abraao.pdf). Acesso em 22 de Junho de 2019.

#### 4.2.3 Geoprocessamento aplicado a redes de distribuição de gás natural

Ao longo dos últimos 30 anos, observou-se um salto na representatividade do gás natural na matriz energética mundial (Figura 20). Segundo a Agência Internacional de Energia o Gás Natural representava em 1973 16,2% da Matriz Energética Mundial e, em 2018, esta participação saltou para 22% (IEA, 2018).

Figura 20 - Matriz Energética Mundial

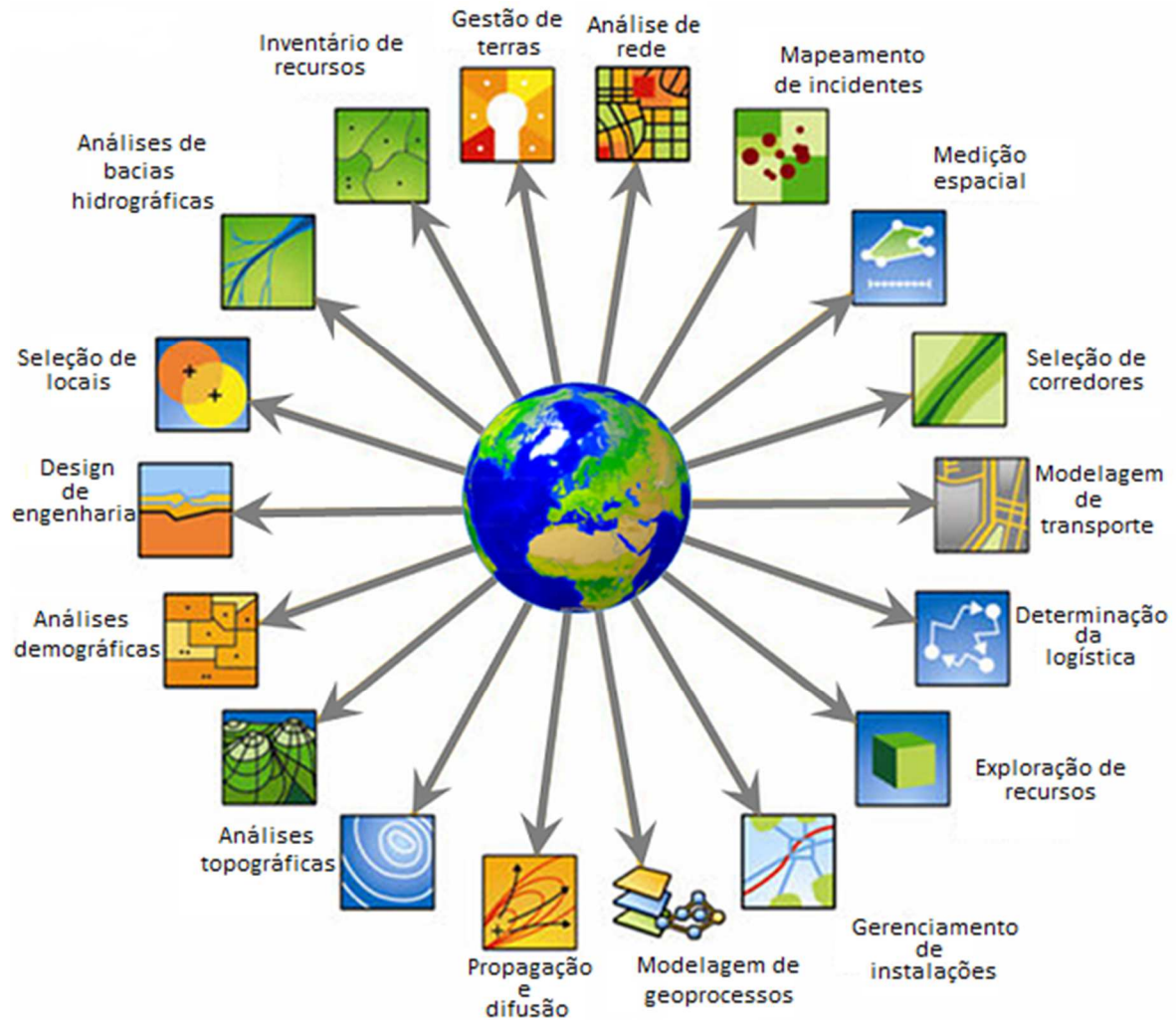


Fonte: Agência Internacional de Energia – IEA, 2018.

A expansão do uso deste combustível aumenta a quantidade de infraestrutura de gasodutos espalhados pelas cidades, uma vez que a logística de distribuição do gás natural é predominantemente realizada pelo modal dutoviário. A gestão dos dutos instalados no subterrâneo das cidades assim como os inúmeros clientes neles interligados se tornou um grande desafio para as distribuidoras de gás natural.

As aplicações do SIG em uma companhia de gás natural são basicamente as mesmas de uma companhia de saneamento, onde a ferramenta de gestão possibilita que as informações concebidas pelos diversos setores possam ser agregadas as informações externas à empresa e compartilhadas entre as diversas áreas (Figura 21), possibilitando a análise e entendimento da realidade, melhorando a rapidez de informação e tomadas de decisão em diversas áreas de negócio.

Figura 21 - Representação das áreas onde o SIG é largamente empregado



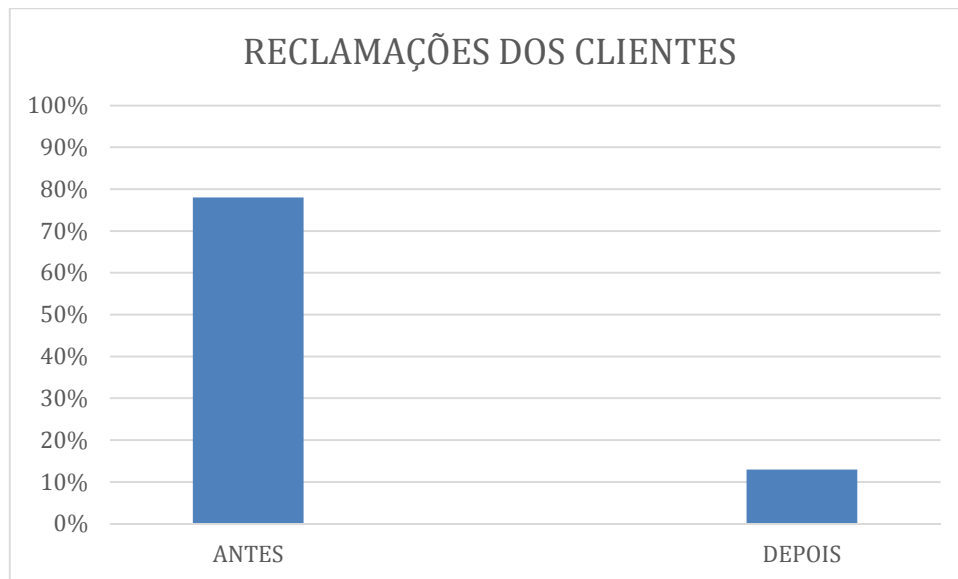
Fonte: Adaptado de ESRI, 2018.

Um estudo concebido por Lírio e Piazzini (2011) explanou a solução de geoprocessamento adotada para a gestão dos componentes e equipamentos da rede de distribuição de gás natural da Petrobras Distribuidora, no estado do Espírito Santo e expor os progressos conquistados nos principais processos. O estudo relata que na conjuntura anterior a implantação do instrumento, os processos que careciam de informações precisas sobre a localização de clientes e ativos (válvulas, conexões, terminais, sensores, etc.) exigiam a manipulação de arquivos em formatos diversos, sobretudo em meio físico, o que prejudicava a agilidade dos processos.

Como resultado da implantação do SIG ArcGIS Server juntamente com os *softwares* gerenciais SAP, CRM e SynerGEE GAS na companhia, além da melhora do relacionamento com o cliente houve a melhora na logística de atendimento, permitindo um acréscimo de 15% no número de atendimentos diários e uma redução de 20% no tempo de resposta à emergências.

Em situações de imprevistos com a ocorrência de descontinuidade do fornecimento de gás, com o SIG foi possível listar as adversidades e clientes afetados logo no princípio do problema, e antecipar a comunicação através do marketing ativo. Tal ação reduziu drasticamente o número de reclamações por parte dos usuários conforme explicitado no Gráfico 2 (LÍRIO E PIAZZINI, 2011).

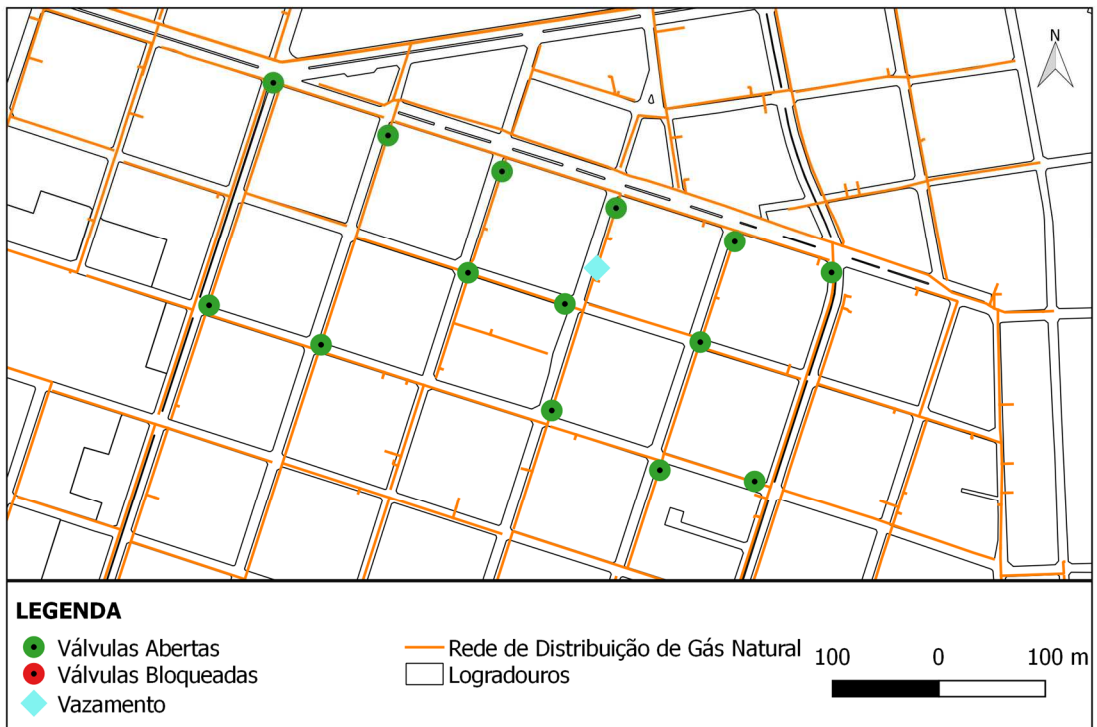
Gráfico 2 - Manifestação de clientes afetados pela descontinuidade do fornecimento de gás



Fonte: (Lírio e Piazzini, 2011).

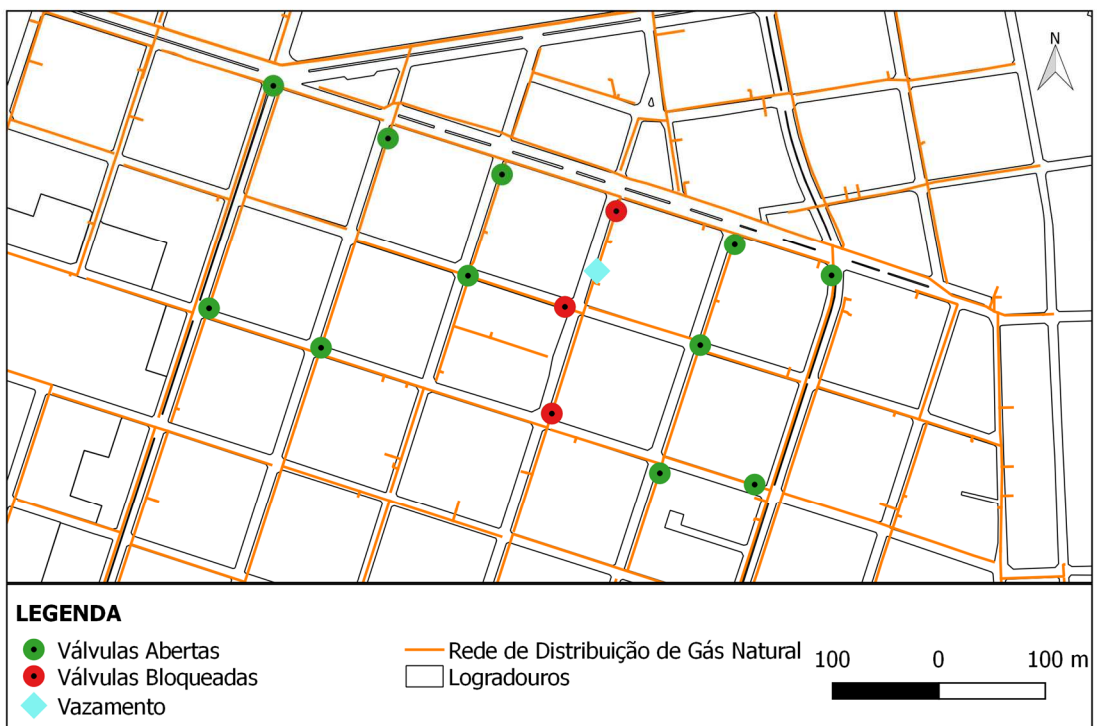
As Figuras 22 e 23 exemplificam como o SIG pode ser utilizado na manutenção e operação. No caso em questão, o SIG indica quais são as válvulas que devem ser bloqueadas em caso de vazamento em determinado ponto, podendo até executar essa tarefa remotamente, evitando assim um acidente de grandes proporções.

Figura 22 - Rede em operação com indicação do ponto do vazamento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Figura 23 - Rede em operação com indicação das válvulas bloqueadas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Ademais, quando da captação de um novo cliente, a simples indicação da posição geográfica deste permite que o projetista visualize a rede de distribuição mais próxima, com a informação da distância do ramal a ser construído, proporcionando agilidade na elaboração dos estudos de viabilidade técnico-econômica, na concepção do projeto básico e conseqüentemente reduzindo o prazo total de projeto.

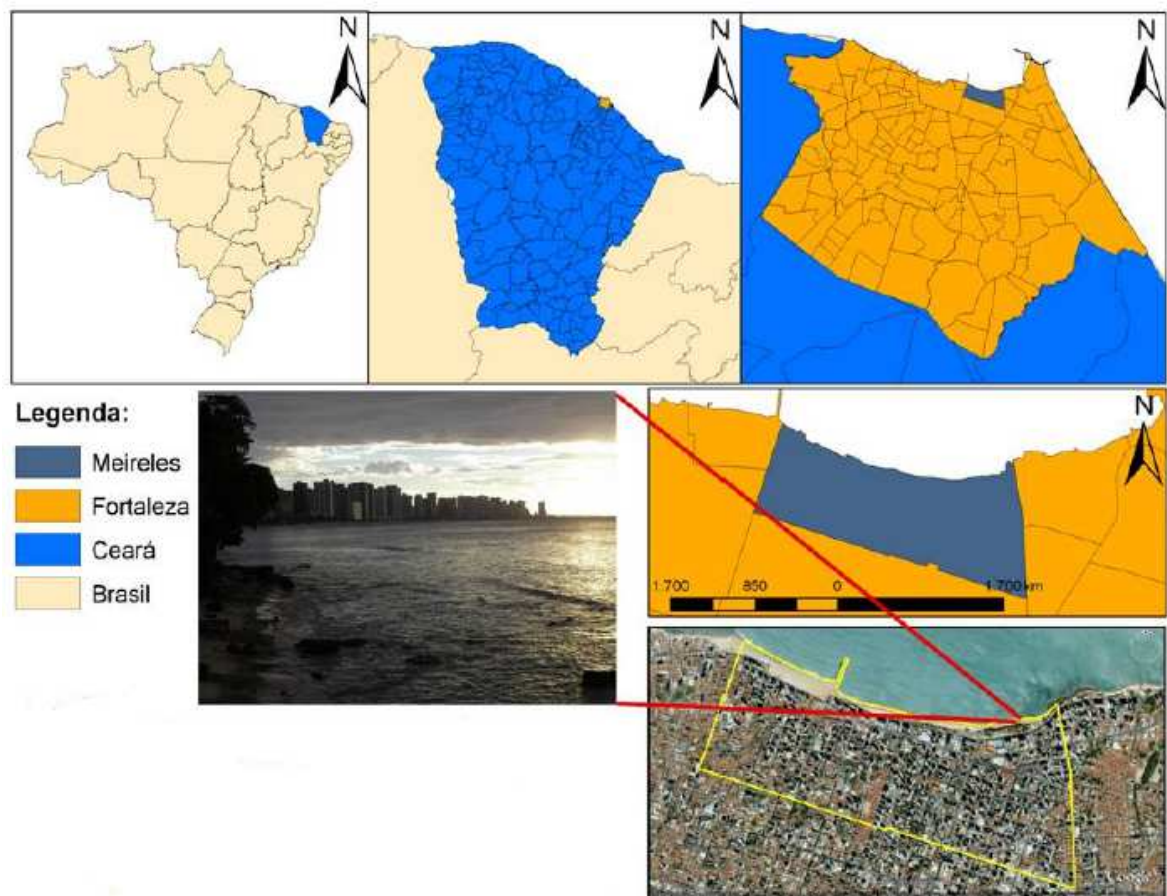
Concluiu-se que ao introduzir uma plataforma corporativa para um SIG foi possível consolidar diversas informações em um único repositório, podendo ser consultado e utilizado por diversos departamentos da empresa simultaneamente, evitando a redundância de informações, falta de integração, aumento dos custos, onde conseqüentemente melhoraram as oportunidades de negócios.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDOS

O bairro Meireles (Figura 24) tem como características possuir 30.397 habitantes (1,49% de Fortaleza), dois e meio quilômetros quadrados (0,8% da área total da cidade), 99,5% dos domicílios atendidos por rede de esgoto, 96,73% dos domicílios atendidos por rede pública de água e cerca de 70% de cobertura por rede de gás natural. Constatase, portanto, que o bairro possui uma excelente cobertura infra estrutural. Ademais, no que diz respeito a alguns aspectos sociais, o Meireles tem 96,78% da população alfabetizada; 13,19 anos de média de estudo do chefe de família; Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) 0,993 e 44,98% dos domicílios com renda familiar superior a 20 salários mínimos, o que demonstra ser este local de relevante nível educacional e econômico (PEREIRA, 2009).

Figura 24 - Situação do bairro Meireles na cidade de Fortaleza, no Estado do Ceará e no Brasil



Fonte: Adaptado de Pereira, 2009.

A cidade de Fortaleza, capital do Estado do Ceará e 5ª maior do País, com 2.643.247 habitantes está localizada no nordeste do estado do Ceará, ocupando uma área de 312.407 km<sup>2</sup>. Somada a esse número a população dos demais municípios componentes da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), o total de habitantes alcança os 4.074.730 (IBGE, 2019).

Fortaleza é a capital brasileira mais próxima da Europa (5.608 km de Lisboa, em Portugal) e está a apenas 5.566 km de Miami (Estados Unidos). Sua posição geográfica estratégica fez com que despontasse como principal ponto de transferência (entrada e saída) de dados de alto tráfego de informação do Brasil para os demais quatro continentes.

Com isso, hoje, todo tráfego de dados entre a América Latina e o resto do mundo passa por Fortaleza, o que significa que a cidade é responsável por conectar o Brasil ao mundo.

Fortaleza possui hoje destacada expressão econômica regional. No último cálculo do Produto Interno Bruto (PIB) divulgado pelo IBGE (2010), o valor chegava a R\$ 37,1 bilhões, o que corresponde a quase metade do PIB do Ceará (48%), superando estados como Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Alagoas e Sergipe. É ainda o maior PIB entre as capitais do Nordeste e o 8º entre as do Brasil.

O orçamento de Fortaleza (R\$ 7,29 bilhões em 2016) é o quinto entre as cidades brasileiras e o primeiro entre as do Nordeste, abaixo apenas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Curitiba.

Conforme IBGE (2008) a rede urbana sob o seu comando é a terceira em população do País, superada apenas pela de São Paulo e, por reduzida margem, pela do Rio de Janeiro.

Para que o crescimento econômico e demográfico tornem-se viáveis, o poder público investirá na melhoria da infraestrutura da cidade, tendo como principais focos: abertura de novas avenidas e binários viários, melhoria das vias já implantadas, implantação de ciclovias, drenagem urbana, rede elétrica subterrânea, etc. Esses investimentos devem trazer grande demanda de estudos de geoprocessamento na cidade para fins de gerenciamento da infraestrutura urbana e uso em engenharia no geral.

### **5.1.1 Companhia de água e esgoto do Ceará - CAGECE**

A Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, constituída sob a forma de sociedade de economia mista criada pela Lei Nº 9.499 de 20 de julho de 1971, sob controle acionário do Governo do Estado do Ceará, presta serviços públicos de água e esgoto em todo o estado, com sede na cidade de Fortaleza. Está presente em 152 municípios do Estado, através de 313 sistemas de abastecimento de água distribuídos entre sedes de municípios e localidades,

possuindo uma rede de distribuição de água de 14.723 km. Em relação ao sistema de esgoto, opera em 74 municípios e 87 localidades, com uma rede coletora de esgoto de 4.725 km (CAGECE, 2018).

### **5.1.2 Companhia de gás do Ceará - CEGÁS**

A Companhia de Gás do Ceará – CEGÁS foi constituída em 18 de outubro de 1993 e é uma sociedade de economia mista cuja criação foi autorizada pela Lei 12.010, de 05 de outubro de 1992. O objeto social da Companhia, definido nos termos do artigo 3º desta Lei, é a produção, aquisição, armazenamento, distribuição, comercialização de gás combustível e a prestação de serviços correlatos, observada a legislação federal pertinente, os critérios econômicos de viabilização dos investimentos, o desenvolvimento econômico e social, os avanços técnicos e a integração do gás combustível à matriz energética do Estado do Ceará. A CEGÁS possui uma estrutura de mais de 450 km de gasodutos. Sua rede abrange os municípios de Aquiraz, Aracati, Caucaia, Eusébio, Fortaleza, Horizonte, Pacajus, Pacatuba, Maracanaú e São Gonçalo do Amarante (região do Pecém). Outros municípios como Canindé, Itapipoca, Itapajé e Quixadá, possuem postos de combustíveis que são abastecidos através de carretas de Gás Natural Comprimido (GNC). A CEGÁS atende 14.648 clientes, compreendidos nos segmentos industrial, comercial, residencial, veicular, cogeração e autoprodução de energia elétrica, com uma média de 467,563 milhões de m<sup>3</sup> de gás natural distribuídos anualmente (CEGÁS, 2018).

### **5.1.3 Secretária de Conservação e Serviços Públicos da prefeitura municipal de Fortaleza - SCSP**

A Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Públicos (SCSP) é responsável por planejar, coordenar, disciplinar, executar e orientar as políticas públicas de mobilidade urbana, trânsito, transporte público urbano, limpeza urbana e iluminação pública, regular as concessões de serviços públicos, coordenar a execução das atividades pertinentes ao Sistema Nacional de Metrologia; planejar, coordenar, controlar e monitorar as atividades de serviços urbanos do Município, zelando pelas áreas municipais. Desta forma, a SCSP tem como órgãos vinculados a Autarquia Municipal de Trânsito e Cidadania (AMC), a Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza (Etufor), a Autarquia de Urbanismo e Paisagismo de Fortaleza (Urbfor) e

a Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle de Serviços Públicos de Saneamento Ambiental (ACFor).

## **5.2 DADOS UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DO TRABALHO**

Os dados necessários à proposição do método (bases cartográficas, dados tabulares, informações e cadastros de redes de saneamento, sistema viário e gás natural) foram adquiridos junto à Secretaria de Conservação e Serviços Públicos da Prefeitura Municipal de Fortaleza, Companhia de Água e Esgoto do Ceará e Companhia de Gás do Ceará, nos formatos .doc (compatível com OpenOffice), *shapefile* (compatível com sistemas SIG) e *dwg* (compatível com sistemas CAD).

## **5.3 APLICATIVOS COMPUTACIONAIS EMPREGADOS NA ELABORAÇÃO DO TRABALHO**

Os aplicativos computacionais Quantum GIS (QGIS) e Civil 3D foram utilizados para fazer todas as operações espaciais de georreferenciamento, compilação do banco de dados, cruzamento de informações, produção de mapas, dentre outras. O *software Firebase Realtime Database* foi utilizado para implementar o banco de dados integrado.

O sistema foi implementado em linguagem de programação *Javascript*, com os *frameworks React.JS* para a interface com o usuário e a plataforma *Node.JS* para servidor de arquivos.

### **5.3.1 Quantum Gis - QGIS**

Utilizou-se a versão 3.4 do QGIS, bem como suas extensões para análise espacial, desenvolvido pela *QGIS Development Team*, disponível livremente para *download* na Internet. O QGIS é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) que conjuga os procedimentos adequados para visualização, exploração e análise de informação espacial (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2018). É o principal *software* SIG livre, com código-fonte aberto e multiplataforma do Brasil na atualidade, possuindo diversos recursos para manipulação dos mais variados dados geograficamente posicionáveis. Neste trabalho, o QGIS foi utilizado para executar a manipulação de dados espaciais e geração de mapas temáticos.

### 5.3.2 Autodesk Civil 3D

O Autodesk Civil 3D 2010, desenvolvido pela Autodesk, é um sistema CAD (Desenho Assistido por Computador) utilizado na Engenharia para fazer análise geoespacial, identificar a melhor localização de projetos, definir traçado, locar pontos de estudos, realizar cálculos dinâmicos de trabalhos de terraplanagem, otimizar a utilização de materiais e visualização em 3D para melhor compreender os impactos do projeto no meio ambiente. Aqui, este aplicativo foi utilizado para espacialização dos pontos oriundos dos estudos de redes de infraestrutura urbana.

### 5.3.3 Firebase Realtime Database

O *Firebase* é uma plataforma de desenvolvimento para aplicativos móveis e web pertencente ao Google. A plataforma integra diversos serviços da empresa, sendo uma plataforma unificada para desenvolvedores móveis, oferecendo uma ampla gama de serviços tais como *Analytics*, *Cloud Messaging*, *Auth*, *Realtime Database*, *Storage*, etc. (SMYTH, 2017).

O *Firebase Realtime Database* é um banco de dados não-relacional (NoSQL) hospedado na nuvem, no qual os dados são armazenados e sincronizados em tempo real com todos os clientes conectados. Ao utilizar o *Realtime Database* para criar apps para iOS, Android e *JavaScript*, todos os clientes compartilham uma instância do banco de dados e recebem automaticamente atualizações com os dados mais recentes, ou seja, sempre que os dados são alterados todos os dispositivos conectados recebem essa atualização automaticamente. Por meio da integração com o *Firebase Authentication*, os desenvolvedores podem definir quem tem acesso, a quais dados e como esses dados podem ser acessados. O banco de dados pode ser acessado diretamente de um dispositivo móvel ou navegador da Web, sem um servidor de aplicativos (SMYTH, 2017).

Nesta pesquisa o *software* foi utilizado para implantação do banco de dados integrado dos subsistemas urbanos.

### 5.3.4 JavaScript

*JavaScript* é uma linguagem de programação de computador de uso geral, baseada em classes, orientada a objetos, simples e de fácil aprendizagem. Possui arquitetura neutra e

portável de forma que pode ser utilizada em diversos sistemas operacionais, ter alta performance e apresentar segurança e solidez, independente da arquitetura do computador. O principal objetivo do *JavaScript* é a construção de páginas da internet mais dinâmicas, acrescentando funcionalidades, validação de formulários, detecção de navegadores, entre diversas outras aplicações. O Java tornou-se uma das linguagens de programação mais populares em uso, particularmente para aplicações web cliente-servidor, com mais de 9 milhões de desenvolvedores (COELHO, 2004). O Java foi originalmente desenvolvido por James Gosling na Sun Microsystems em 1995, que foi adquirido pela Oracle Corporation em 2008.

A linguagem de programação *JavaScript* foi escolhida para a criação do aplicativo desenvolvido nesta pesquisa, o GEOINFRA.

### 5.3.5 React. JS

React. JS é uma biblioteca para a linguagem *JavaScript* usada para o desenvolvimento de interfaces de usuário dinâmicas e aplicações web. Atualmente é mantido pelo Facebook e por uma vasta comunidade de desenvolvedores, além de ser amplamente usada na indústria da tecnologia. Aplicações construídas com esse *framework* são baseadas em componentes isolados e reutilizáveis que, quando combinados, podem formar interfaces de usuário mais complexas. Todos os elementos que são renderizados na tela são componentes, como botões, campos de texto, listas, etc. Esses componentes são classes ou funções escritas em *JavaScript* que contém tanto o código necessário para sua renderização quanto a lógica usada para reagir a interações do usuário e mostrar conteúdo dinamicamente e de forma responsiva (SIGNORETTI, 2018). Marcas conhecidas como Instagram, Yahoo, Netflix e AirBnB usam React. JS em suas aplicações na Web.

Foi utilizado o React. JS para conceber a interface com o usuário da aplicação desenvolvida nessa pesquisa (GEOINFRA).

### 5.3.6 Node. JS

É uma plataforma construída sobre a linguagem de programação *JavaScript* do Google Chrome para facilmente construir aplicações de rede rápidas e escaláveis, que permite criar o próprio servidor e construir aplicações em cima dele. É uma plataforma leve e eficiente, ideal para aplicações em tempo real com troca intensa de dados através de dispositivos distribuídos (RUBENS, 2017).

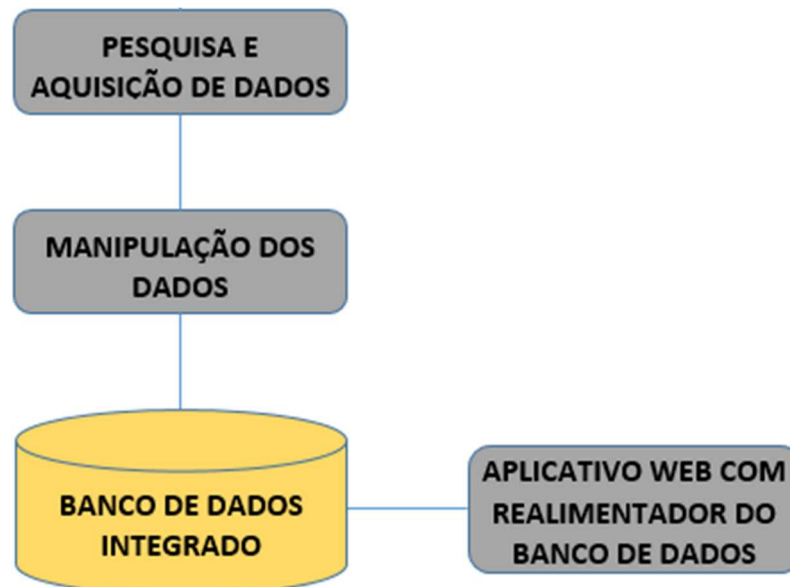
O Node. JS surgiu graças às necessidades que ocorreram ao desenvolver aplicações Web, podendo ser usado para qualquer fim e instalado em qualquer máquina, assim permitindo ser executado em computadores pessoais, microcontroladores e até mesmo smartphones (RUBENS, 2017).

A plataforma Node. JS foi escolhida como o servidor de arquivos da aplicação GEOINFRA.

## 5.4 METODOLOGIA

A metodologia adotada para elaboração deste trabalho contempla as seguintes etapas: revisão da literatura, pesquisa e aquisição de dados, manipulação dos dados, implementação de um banco de dados integrado e por último o desenvolvimento de aplicativo SIG-Web. A Figura 25 é um fluxograma que resume o método utilizado.

Figura 25 - Fluxograma do método proposto.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

### 5.4.1 Pesquisa e aquisição de dados

Com a finalidade de obtenção dos dados necessários à criação do banco de dados (bases cartográficas, dados tabulares, informações e cadastros de redes de saneamento, sistema viário e gás natural) foram realizadas pesquisas junto às instituições públicas e empresas de engenharia detentoras de informações gerais da cidade de Fortaleza. Os órgãos foram:

Secretaria de Conservação e Serviços Públicos da Prefeitura Municipal de Fortaleza (SCSP), Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e Companhia de Gás do Ceará (CEGÁS). Obteve-se parte das informações em meio digital e parte analógico (impresso).

#### **5.4.2 Manipulação dos dados**

Os dados obtidos foram manipulados de acordo com o formato de sua aquisição. Tal manipulação foi realizada para promover uma uniformização, de modo que todos os dados venham a ter o mesmo formato (digital), mesmo sistema de coordenadas, mesmo sistema de referência e estivessem restritos à área de estudo, neste caso, o bairro Meireles, na cidade de Fortaleza.

Os dados das redes de gás natural, saneamento e sistema viário da área estudada foram adquiridas em formato digital, porém estas foram obtidas em escala municipal. Para facilitar o trabalho, a área de interesse foi delimitada através do QGIS, utilizando-se a operação espacial “clip” que possibilita um corte nas bases cartográficas vetoriais, resultando apenas na área de interesse.

Para tanto usa-se como filtro (máscara de corte), outra base cartográfica vetorial, neste caso, o polígono que delimita os limites dos bairros que compõem a cidade de Fortaleza, reduzindo-se todas as bases cartográficas, que inicialmente referiam-se ao Município de Fortaleza, apenas aos limites da área de estudo.

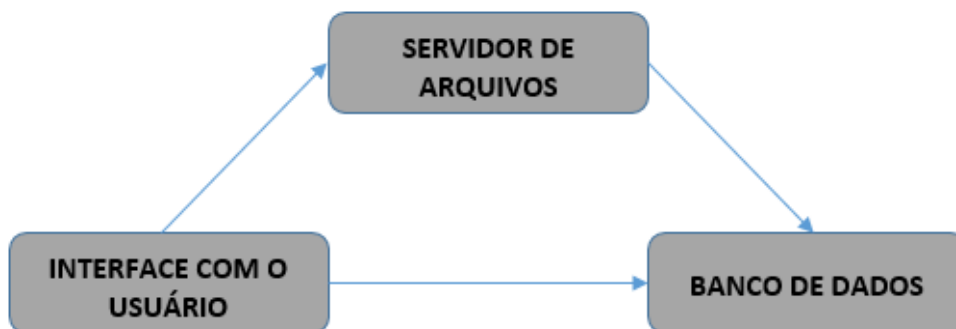
#### **5.4.3 Implementação de um banco de dados integrado**

Nessa fase da pesquisa, implementou-se um banco de dados integrado para facilitar o seu uso pela comunidade técnica e acadêmica. Nesse banco de dados unificado, todas as informações geradas pelo método proposto, bem como todas as informações usadas para gerá-lo foram disponibilizadas em formato vetorial e georreferenciadas. O banco de dados foi desenvolvido com a utilização do *software Firebase Realtime Database*, e utilizada a plataforma *Node.js* para as tarefas de *download* e *upload* (servidor de arquivos) de arquivos, assim, poderá haver entrada de novos dados, aumentando o banco de dados e editando-os caso haja necessidade.

#### 5.4.4 Desenvolvimento de aplicativo SIG-WEB

Na última etapa, utilizando-se a metodologia apresentada por Sommerville (2011), foi gerado um resumo de requisitos e estudo de viabilidade para a aplicação. Logo após a definição das demandas do sistema desenvolveu-se um aplicativo SIG-Web, utilizando a linguagem de programação *JavaScript* e *framework React.JS* para a criação da interface com o usuário, onde todas as informações retiradas do banco de dados implementado na etapa anterior serão disponibilizadas na internet (Figura 26). A esta aplicação será acoplado um realimentador (*upload*) do banco de dados, onde a partir do SIG-Web, os gestores das diferentes redes, devidamente autorizados, com permissões específicas poderão alimentar os dados georreferenciados relativos às diferentes redes.

Figura 26 - Visão geral do Sistema



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Na aplicação, os órgãos e empresas competentes poderão também cadastrar informações com o planejamento das intervenções que serão realizadas nesses subsistemas, a fim de subsidiá-los no planejamento e tomadas de decisão. O sistema será hospedado no hospedeiro Heroku e estará disponível para acesso web no endereço <http://geoinfra.herokuapp.com>.

## **6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### **6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Este capítulo descreve a aplicação da metodologia proposta para o desenvolvimento da base comum de dados geograficamente distribuídos dos subsistemas urbanos em estudo (sistema viário, rede de abastecimento de água, rede coletora de esgoto, rede de gás natural) do bairro Meireles, em Fortaleza-CE, bem como o seu mapeamento e a disponibilização das intervenções propostas em cada rede em ambiente SIG-Web.

### **6.2 OBTENÇÃO DOS DADOS**

Para o desenvolvimento deste projeto, o primeiro passo foi o levantamento das práticas usualmente adotadas pela prefeitura municipal da cidade de Fortaleza e pelas concessionárias de serviços públicos CAGECE e CEGÁS.

#### **6.2.1 Prefeitura Municipal de Fortaleza**

De acordo com dados fornecidos pela Secretaria Municipal da Infraestrutura (SEINF) da Prefeitura Municipal de Fortaleza, a cidade apresenta aproximadamente 5.000 km de vias urbanas, onde cerca de 80% dessa extensão é pavimentada. Há ainda aproximadamente 1.000 km de vias não oficiais, geralmente localizadas em favelas, invasões e passagens informais não reconhecidas, todas sem qualquer tipo de pavimento ou pavimentadas precariamente pelos próprios moradores. O órgão responsável pela gerência da malha viária é a Coordenadoria de Conservação de Vias Públicas, que está subordinada à Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Públicos (SCSP).

Infelizmente constata-se que não existem mapas atualizados e nem banco de dados com registros históricos (ano de construção dos pavimentos, dimensões e materiais, histórico de intervenções e custos) da rede viária da cidade de Fortaleza.

O levantamento da condição dos pavimentos é feito mediante inspeção visual do pessoal da Coordenadoria de Conservação de Vias Públicas, mas principalmente por reclamações. Atualmente, existe um serviço de atendimento à população, que pode informar sobre a necessidade de serviços emergenciais.

Como a PMF não dispunha de dados técnicos sobre a malha viária da cidade, foi realizado um levantamento de campo na área selecionada para a aplicação piloto, constatando se tratar de área 100% em pavimentação asfáltica.

Os defeitos mais frequentemente identificados no pavimento pelo pessoal de manutenção são panelas, provocadas principalmente pela ausência ou falta de manutenção dos dispositivos de drenagem. Outros defeitos identificados são o afundamento nas trilhas de roda, trincas por fadiga, trincas por contração e o desgaste devido ao envelhecimento do revestimento.

Quanto à seleção das vias para manutenção e reabilitação, procura-se iniciar os serviços levando em consideração os seguintes critérios de prioridade: corredores de transporte; intensidade de fluxo; trecho de vias carentes de drenagem superficial; quantidade de intervenções do “tapa-buraco”. As atividades de manutenção consistem basicamente na execução de "tapa-buraco". Essa atividade é executada geralmente sem controle tecnológico e sem acompanhamento de custos. Como atividade de reabilitação, a prefeitura efetua recapeamentos na malha viária sempre que a manutenção frequente através da operação “tapa-buraco” for desvantajosa técnica e financeiramente.

Antes de qualquer intervenção a ser executada nas vias públicas da cidade de Fortaleza, deve-se primeiro protocolar um projeto de desvio de tráfego na Autarquia Municipal de Trânsito e Cidadania (AMC) a fim de mitigar os impactos no tráfego local. Após análise do projeto pelo órgão, a intervenção é liberada para execução.

Não há um trabalho integrado entre a Prefeitura Municipal de Fortaleza e as concessionárias de serviços públicos (CAGECE, CEGÁS, entre outros), sendo que as concessionárias têm total autonomia sobre esses serviços, o que acaba gerando um grande número de remendos nos pavimentos de baixa qualidade que nunca ou quase nunca equivalem ao pavimento original, o que provoca uma série de retrabalhos e reclamações de recorrência de panelas e buracos pelos munícipes.

### **6.2.2 Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE**

A CAGECE forneceu os cadastros das redes de distribuição de água e coleta de esgoto do bairro Meireles na cidade de Fortaleza, que se encontram na forma de mapas digitais, em escala 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000 contendo a localização e extensão das redes, materiais, poços de inspeção e diâmetros. O cadastro das redes é atualizado mensalmente. Não existem

registros de idade, principalmente das tubulações mais antigas que se encontram no centro da cidade.

Os mapas cadastrais das redes de distribuição de água e esgoto existentes na CAGECE foram confeccionados com base em informações de servidores e cobrem 100% do perímetro urbano. Esses mapas não apresentam os recursos necessários para uma localização precisa dos seus componentes, já que não se encontram referenciados a nenhum sistema de coordenadas geográficas. Atualmente a companhia está em processo de digitalização e georreferenciamento do seu cadastro técnico.

Para que este projeto piloto fosse executado, os dados disponibilizados foram uniformizados conforme detalhado no item 5.5.3 do capítulo 5. O material das tubulações varia de acordo com a data de implantação da rede. Os trechos mais antigos são de cerâmica, cimento amianto (CA), concreto, ferro fundido (FoFo) e têm uma idade aproximada de 40 anos. Nos últimos 20 anos tem-se utilizado aço galvanizado, cloreto de polivilina (PVC), polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno reforçado com fibra de vidro (PRFV). Cerca de 80% dos condutos atualmente são em PVC.

O levantamento da condição dos sistemas é feito, atualmente, quando da abertura de valas para intervenções em redes de água e esgoto, sendo então conferida sua condição (localização, material, profundidade e estado de conservação).

Não existe um planejamento de manutenção da rede, que é feita através de reclamações da população. As atividades de manutenção consistem, basicamente, em reparos de vazamentos, trocas de registros, mudanças de ligações, substituições das redes de água e esgoto e conjuntos eletromecânicos.

A CAGECE informa à Prefeitura sobre os trabalhos de manutenção a serem realizados, geralmente abertura de valas nos pavimentos, mas sem que exista um trabalho coordenado entre eles. O trabalho de reparo no pavimento, devido à abertura de valas, é feito por uma equipe terceirizada, com supervisão técnica de técnicos e engenheiros.

### **6.2.3 Companhia de Gás do Ceará – CEGÁS**

A CEGÁS forneceu o cadastro da rede de distribuição de gás do bairro Meireles em formato digital, em CAD (formato dwg) e georreferenciados (formato shp.), contendo a localização precisa de todos os atributos da rede como localização, materiais, diâmetro, válvulas e conexões. O cadastro das redes da companhia abrange por completo sua malha de dutos e está

integralmente em formato digital e georreferenciado, o qual é atualizado mensalmente por servidores.

Os materiais empregados nas tubulações das redes de gás pela companhia são o aço galvanizado, polietileno de alta densidade (PEAD) e poliamida 12 (PA-12), onde representam cerca de 60%, 35% e 5% dos condutos respectivamente.

A empresa dispõe de um Centro de Controle Operacional (CCO) onde são realizados os monitoramentos da Estação de Transferência e Custódia (ETC), das Estações de Controle de Pressão (ECP) e controle contra corrosão e vazamentos.

Para avaliar a integridade de dutos enterrados a companhia contrata uma empresa especializada para a realização dos ensaios ECDA (*External Corrosion Direct Assessment*) e ICDA (*Internal Corrosion Direct Assessment*). O ECDA trata da integridade da parte externa de dutos e o ICDA na parte interna, através da detecção de áreas que apresentam maior probabilidade de aparecimento de falhas de corrosão por meio de métodos de ensaios não destrutivos. A verificação regular é realizada anualmente.

Em relação às atividades de manutenção e reabilitação da rede de gás, a empresa não dispõe de um sistema de gerenciamento de sua infraestrutura, sendo esta executada quando há a necessidade apontada pelo ensaio de integridade dos dutos descrito acima.

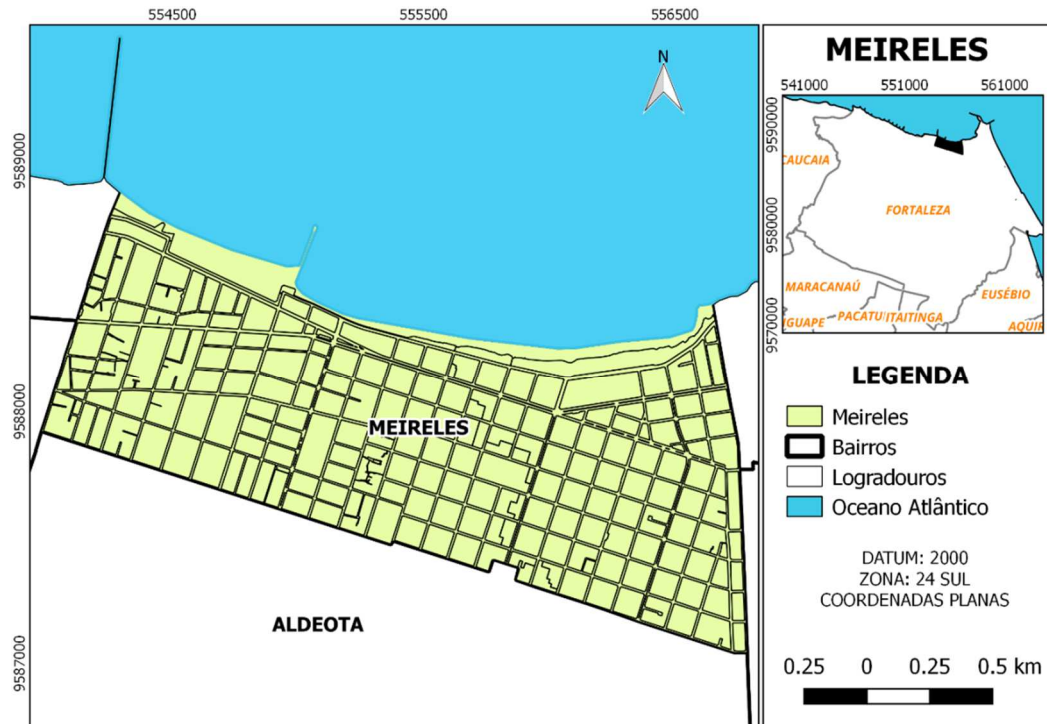
As intervenções executadas pela CEGÁS em logradouros públicos são comunicados à Prefeitura via ofício, porém sem trabalho integrado entre os mesmos, tampouco com outras concessionárias de serviços público ou privado.

### **6.3 APLICAÇÃO PILOTO DO PROGRAMA SIG-WEB NA GERÊNCIA DE INFRAESTRUTURA URBANA**

A aplicação consiste na utilização do *Webmapping* como plataforma para a criação de um sistema de gerência que permita integrar os planejamentos das atividades de construção, manutenção e reabilitação de pavimentos com as intervenções realizadas nas outras redes de concessionárias de serviços públicos (no caso deste trabalho, apresenta-se como exemplo a compatibilização com a rede de distribuição de água, coleta de esgoto e gás natural), mediante a criação de uma base de dados comum.

A área selecionada para a aplicação piloto foi o bairro do Meireles, que encontra-se na região da orla marítima da cidade de Fortaleza, conforme apresentado na Figura 27.

Figura 27 - Área selecionada para aplicação piloto



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

### 6.3.1 Aplicativo para gerenciamento da infraestrutura urbana - GEOINFRA

Os dados obtidos no levantamento dos cadastros técnicos das companhias foram utilizados para alimentar a base de dados do programa, formando assim uma base de dados georreferenciados integrado através do *software Firebase Realtime Database*.

Os dados das redes de infraestrutura adquiridos para esta pesquisa somam 148.124,12 metros de redes georreferenciadas em toda a região da pesquisa, correspondentes a 58.881,57 metros de rede de água, 46.492,85 metros de rede de esgoto e 42.749,70 metros de rede de gás natural. Todos os dados de rede possuem atributos específicos tais como diâmetro, material, extensão, poços de inspeção, peças e conexões, estando estes dados em formatos tabulares, vide exemplo da rede de distribuição de água na Figura 28.

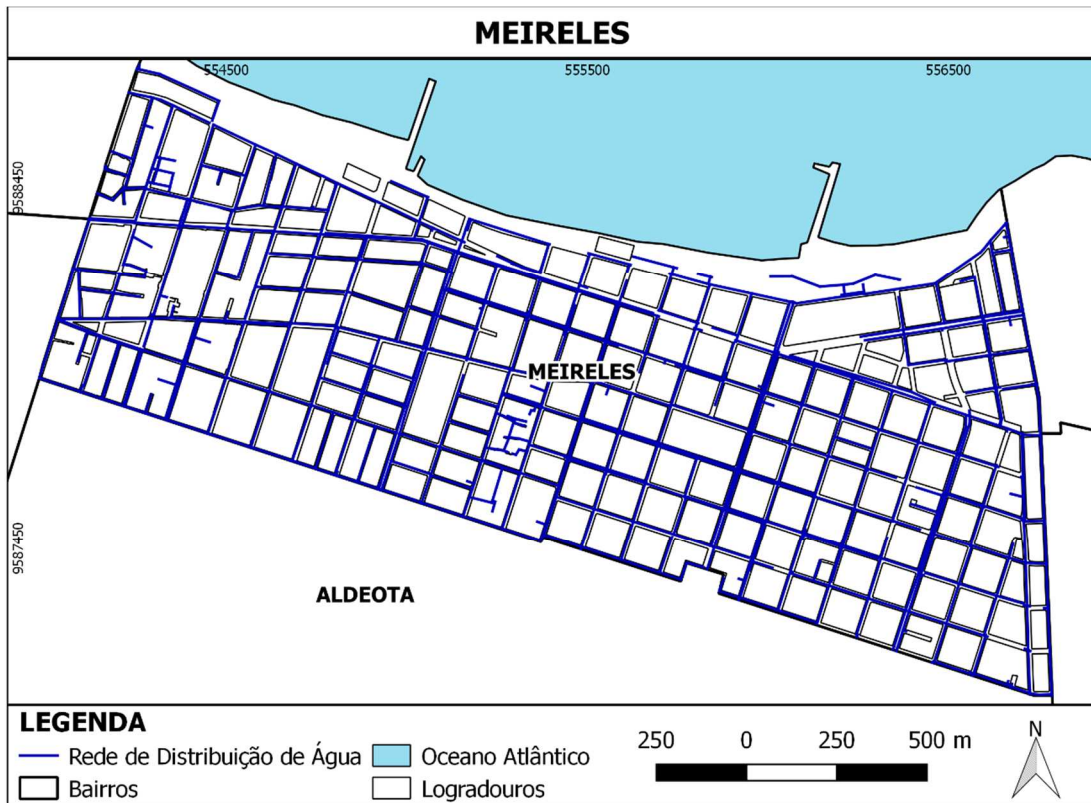
Figura 28 - Atributos da rede de distribuição de água em formato tabular

1	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
fid	tra_gid_tu	extensao_c	mun_geocod	x_inicial	y_inicial	x_final	y_final	tra_tipo_r	dia_diamet	mat_desc_ma	mat_sgl_ma		
2	759	98276	5.153363589	2304400	553986.7668	9587919.866	553991.6702	9587918.28	Válvula	200	FERRO FUNDIDC F9F9		
3	760	98279	109.0620209	2304400	553991.6702	9587918.28	554095.4412	9587884.723	Rede de Distribui	200	FERRO FUNDIDC F9F9		
4	742	95143	48.99819698	2304400	554015.4495	9588030.386	554000.6322	9587983.682	Rede de Distribui	250	FERRO FUNDIDC F9F9		
5	737	95126	56.34677266	2304400	554032.7672	9588004.005	554015.4495	9588030.386	Rede de Distribui	100	FERRO FUNDIDC F9F9		
6	739	95141	4.709877617	2304400	554028.4207	9588085.898	554033.0763	9588085.185	Rede de Distribui	200	FERRO FUNDIDC F9F9		
7	836	101276	1.219942587	2304400	554033.0763	9588085.185	554032.7672	9588084.005	Rede de Distribui	100	FERRO FUNDIDC F9F9		
8	740	95139	6.34747214	2304400	554032.7672	9588084.005	554038.7022	9588081.755	Rede de Distribui	50	FERRO FUNDIDC F9F9		
9	741	95140	2.220167689	2304400	554036.1911	9588084.656	554038.4019	9588084.453	Válvula	200	FERRO FUNDIDC F9F9		
10	838	101270	24.59800252	2304400	554038.4019	9588084.453	554062.9992	9588084.639	Rede de Distribui	200	FERRO FUNDIDC F9F9		
11	835	101269	2.619357978	2304400	554038.7022	9588081.755	554041.1514	9588080.826	Válvula	50	FERRO FUNDIDC F9F9		
12	841	101268	78.97398744	2304400	554041.1514	9588080.826	554114.9899	9588052.812	Rede de Distribui	50	FERRO FUNDIDC F9F9		
13	840	101257	2.745656838	2304400	554094.6706	9588087.897	554094.8473	9588085.157	Rede de Distribui	50	POLICLORETO DPVC		
14	839	101256	0.657910738	2304400	554094.8473	9588085.157	554095.5051	9588085.144	Rede de Distribui	25	BRONZE BRONZE		
15	619	37432	1.583777782	2304400	554095.4412	9587884.723	554094.9795	9587883.208	Rede de Distribui	50	POLICLORETO DPVC		
16	175	3442	0.524697192	2304400	554095.5051	9588085.144	554095.4838	9588084.619	Rede de Distribui	25	BRONZE BRONZE		
17	761	98283	3.94009665	2304400	554096.7111	9587888.453	554095.4412	9587884.723	Rede de Distribui	50	POLICLORETO DPVC		
18	753	97289	63.41468948	2304400	554095.4412	9587884.723	554155.6081	9587864.689	Rede de Distribui	200	FERRO FUNDIDC F9F9		
19	113	2723	3.675616614	2304400	554101.062	9587901.232	554104.5338	9587900.025	Rede de Distribui	50	POLICLORETO DPVC		
20	104	2677	79.01091764	2304400	554129.1732	9587975.096	554104.5338	9587900.025	Rede de Distribui	50	POLICLORETO DPVC		
21	144	3399	37.36003178	2304400	554114.9899	9588052.812	554149.6718	9588038.922	Rede de Distribui	75	FERRO FUNDIDC F9F9		
22	620	37444	67.03690108	2304400	554149.6718	9588038.922	554129.1732	9587975.096	Rede de Distribui	50	POLICLORETO DPVC		
23	584	31595	0.591451431	2304400	554094.2559	9588085.163	554094.8473	9588085.157	Rede de Distribui	25	BRONZE BRONZE		
24	872	101275	3.159452048	2304400	554033.0763	9588085.185	554036.1911	9588084.656	Rede de Distribui	200	FERRO FUNDIDC F9F9		
25	873	101259	1.236968783	2304400	554094.2469	9588084.604	554095.4838	9588084.619	Rede de Distribui	200	FERRO FUNDIDC F9F9		
26	875	3443	0.559023032	2304400	554094.2559	9588085.163	554094.2469	9588084.604	Rede de Distribui	25	BRONZE BRONZE		
27	876	31598	31.2476818	2304400	554062.9992	9588084.639	554094.2469	9588084.604	Rede de Distribui	200	FERRO FUNDIDC F9F9		
28	877	5435	3.144028797	2304400	554029.4683	9588089.24	554032.4842	9588088.352	Rede de Distribui	100	POLICLORETO DPVC		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

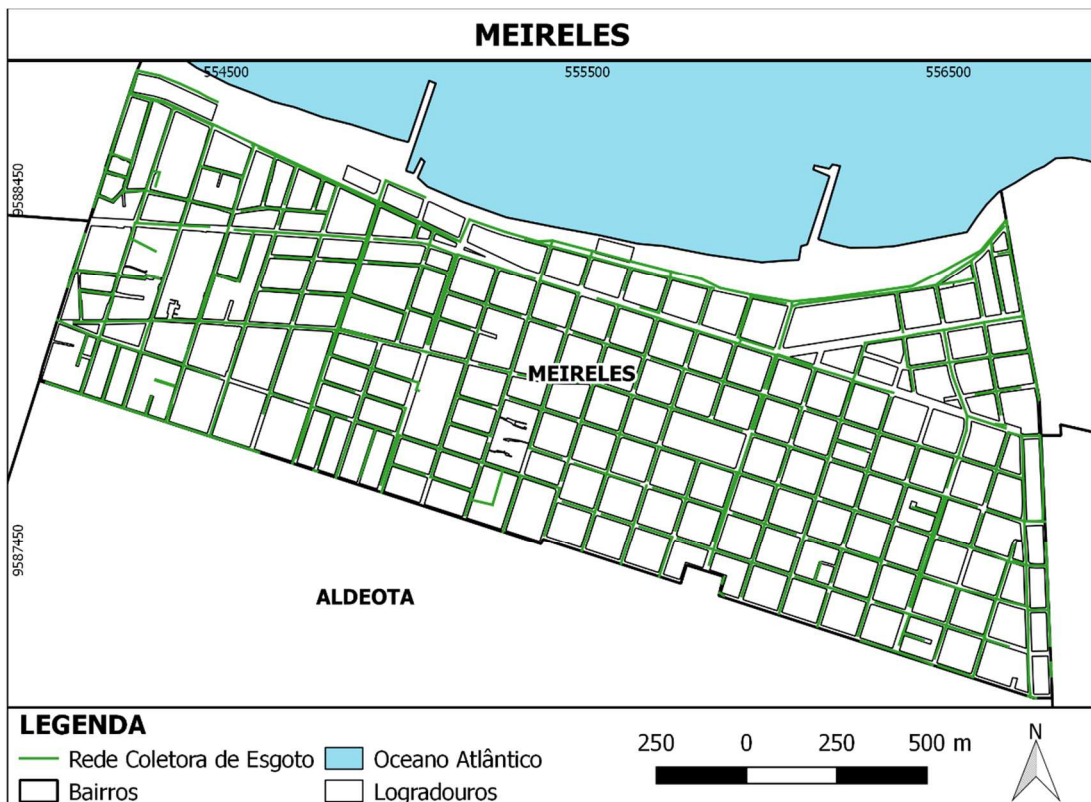
As informações referentes às redes de infraestrutura adquiridas da área de estudo podem ser visualizadas nas Figuras 29, 30 e 31 que são mapas que ilustram tais dados. A partir desses mapas foi possível extrair dos dados as informações dos atributos das redes, bem como fazer um cruzamento desses atributos com as bases cartográficas.

Figura 29 - Distribuição espacial da rede de abastecimento de água da região estudada



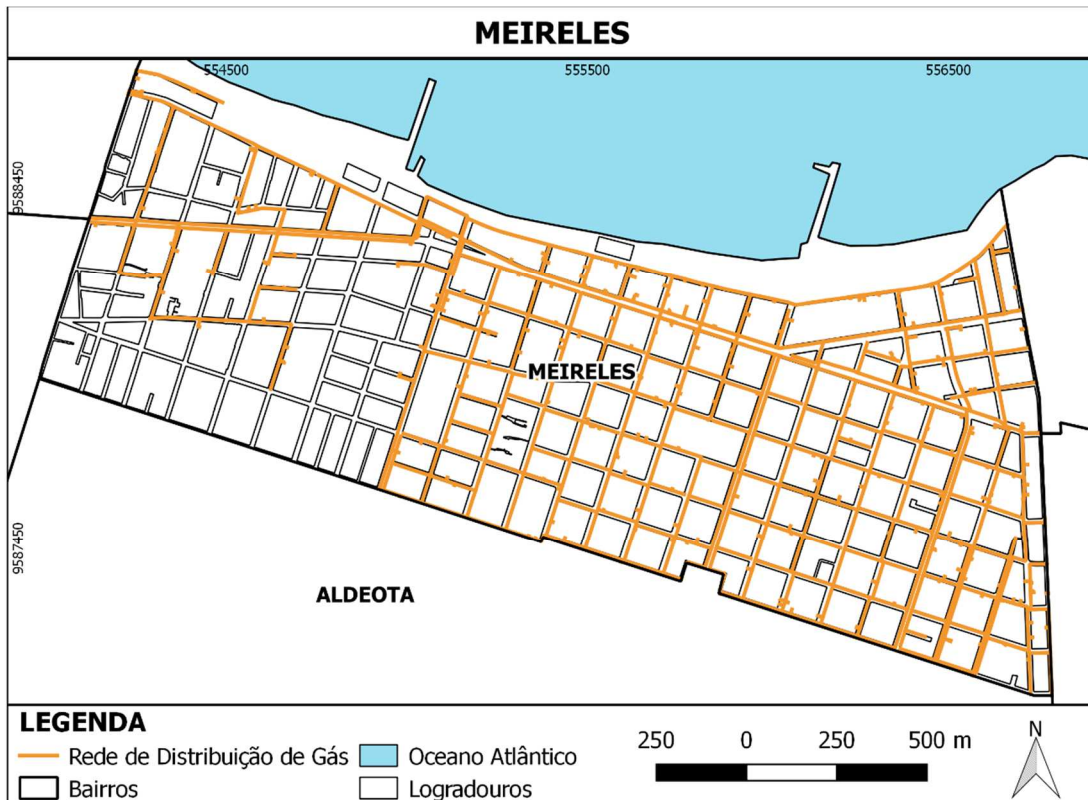
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Figura 30 - Distribuição espacial da rede de coleta de esgoto da região estudada



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Figura 31 - Distribuição espacial da rede de gás natural da região estudada



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Com o propósito de possibilitar o uso dos mapas aqui produzidos, elaborou-se uma aplicação *Webmapping* denominado GEOINFRA com a proposta de disponibilizá-los em dimensão e escalas reais para que sejam consultados e utilizados em ambiente SIG e CAD para fins de projetos técnicos e acadêmicos.

A aplicação foi desenvolvida sobre a biblioteca *Firestore Realtime Database*, na linguagem *JavaScript* com *Framework React*. JS e plataforma *Node*. JS, formando assim a estrutura de um servidor de mapas na Web. Uma vez os mapas sendo fornecidos com uma arquitetura *Webmapping*, torna-se possível visualizar, consultar, fazer operações espaciais georreferenciadas e até realizar downloads dos mapas em formato vetorial, através de qualquer navegador de internet.

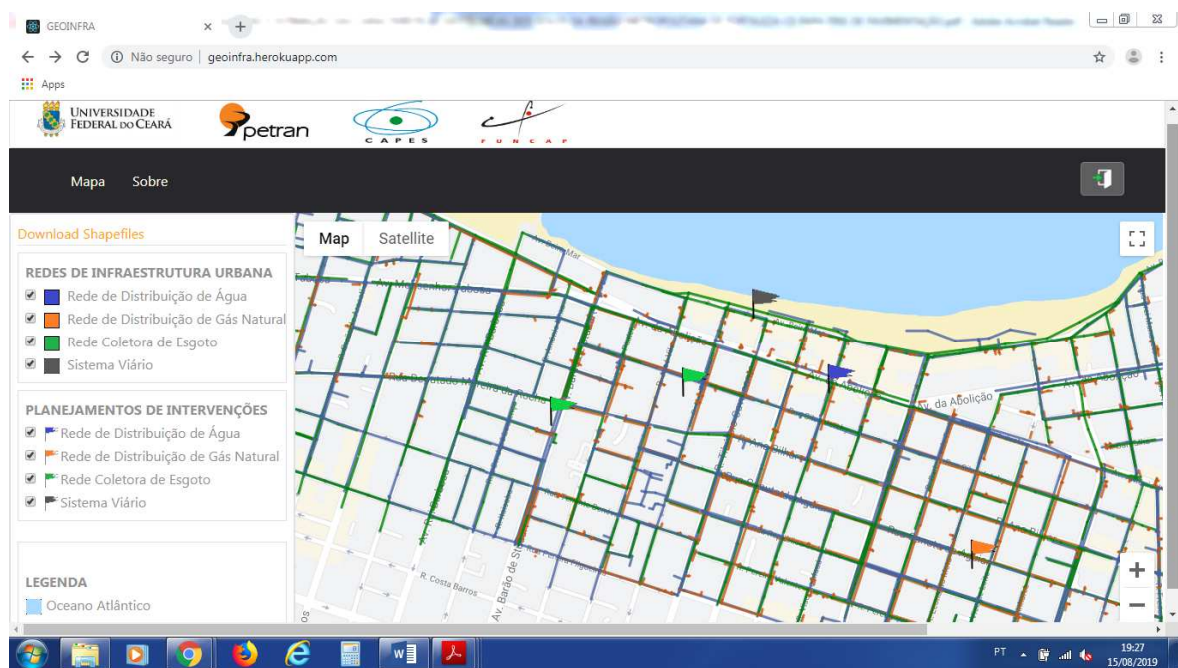
Complementarmente, elaborou-se um realimentador do banco de dados, através do qual se permite o envio pelo usuário cadastrado (PMF, CAGECE e CEGÁS) de novos dados de rede georreferenciados da área em estudo. A partir da inserção desses novos dados, pode-se realimentar novamente o banco de dados, visando-se disponibilizar mapas mais precisos, a partir dos novos dados atualizados periodicamente. Na aplicação, os usuários cadastrados

poderão também cadastrar informações com o planejamento das intervenções que serão realizadas nesses subsistemas, a fim de subsidiá-los no planejamento e tomadas de decisão.

Para acessar a aplicação concebida para disponibilização e realimentação dos dados técnicos gerados em forma de mapas, deve-se abrir um navegador de internet (Google Chrome, Mozilla, Internet Explorer, Opera) e digitar o endereço: <http://geoinfra.herokuapp.com/> e navegar pelas funcionalidades da ferramenta conforme apresentado em seguida.

A Figura 32 exibe a interface do *software*. As principais funções da aplicação são: Ferramentas de zoom para mais, menos e modo tela cheia; Ferramenta Pan semelhante a existente no AutoCAD, para arrastar o mapa dentro do *software*; Ferramenta para identificar os atributos das redes com apenas um clique; *Download* dos arquivos de redes em formato vetorial (.shp); Ferramenta para ligar e desligar os *layers* no mapa; Ferramenta para realimentar o banco de dados; Ferramenta para cadastrar o planejamento das intervenções nas infraestruturas.

Figura 32 - Visão geral da aplicação GEOINFRA



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A Figura 33 resume as ferramentas disponíveis na aplicação implementada.

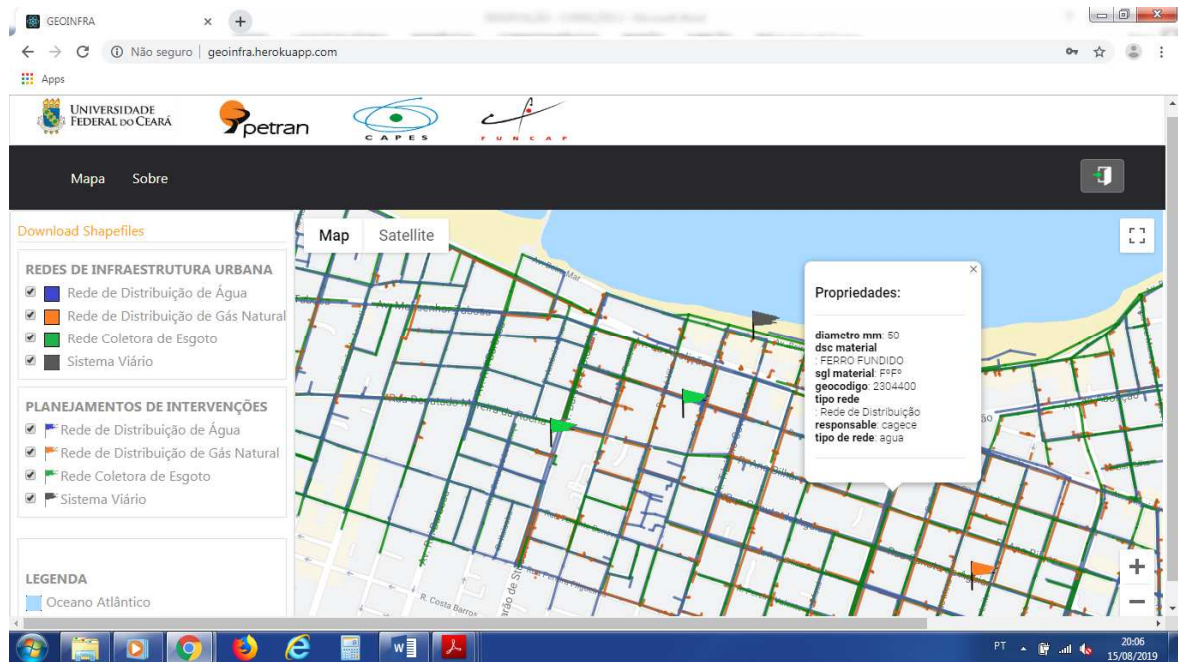
Figura 33 - Ferramentas da aplicação GEOINFRA



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Uma vez aberto o GEOINFRA, é possível efetuar todas as operações descritas e resumidas na Figura 33, como por exemplo, visualizar e consultar apenas a camada/mapa desejada. A função mais importante é a ferramenta de consulta que identifica os atributos físicos presentes na rede clicada pelo mouse, conforme ilustra a Figura 34.

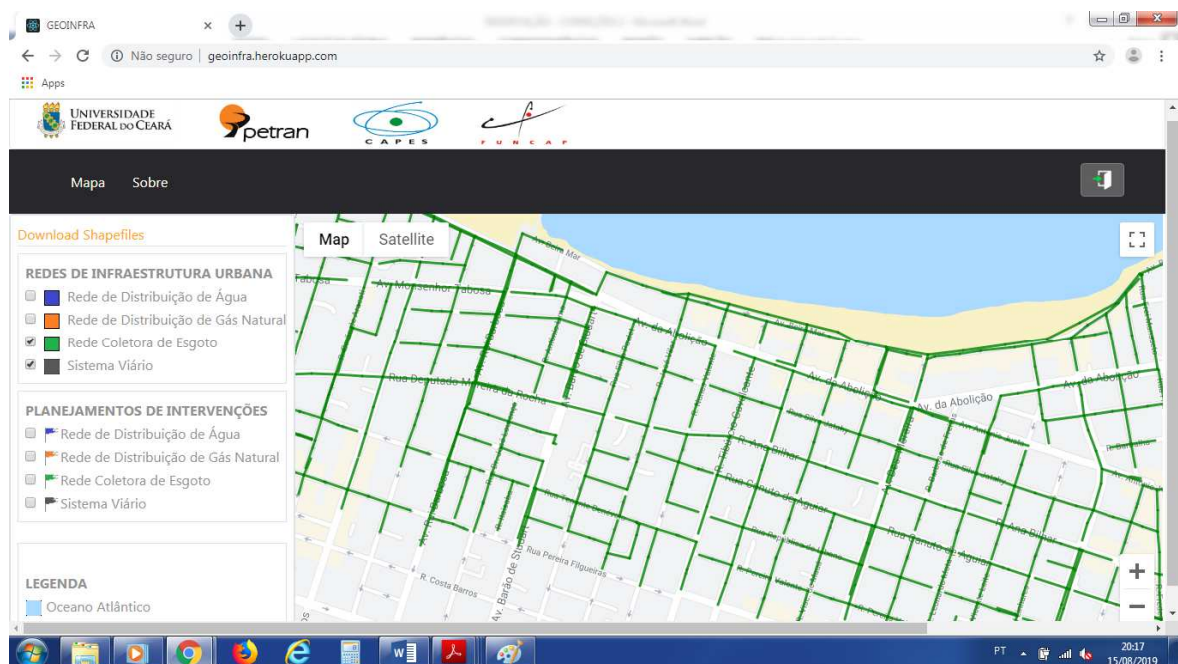
Figura 34 - Consulta aos atributos das redes no GEOINFRA



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A Figura 35 exemplifica a visualização individual de um mapa gerado a partir do banco de dados dos subsistemas urbanos e cadastros de planejamento. Observe-se que do lado esquerdo fica marcada apenas as camadas que estão sendo vistas no GEOINFRA.

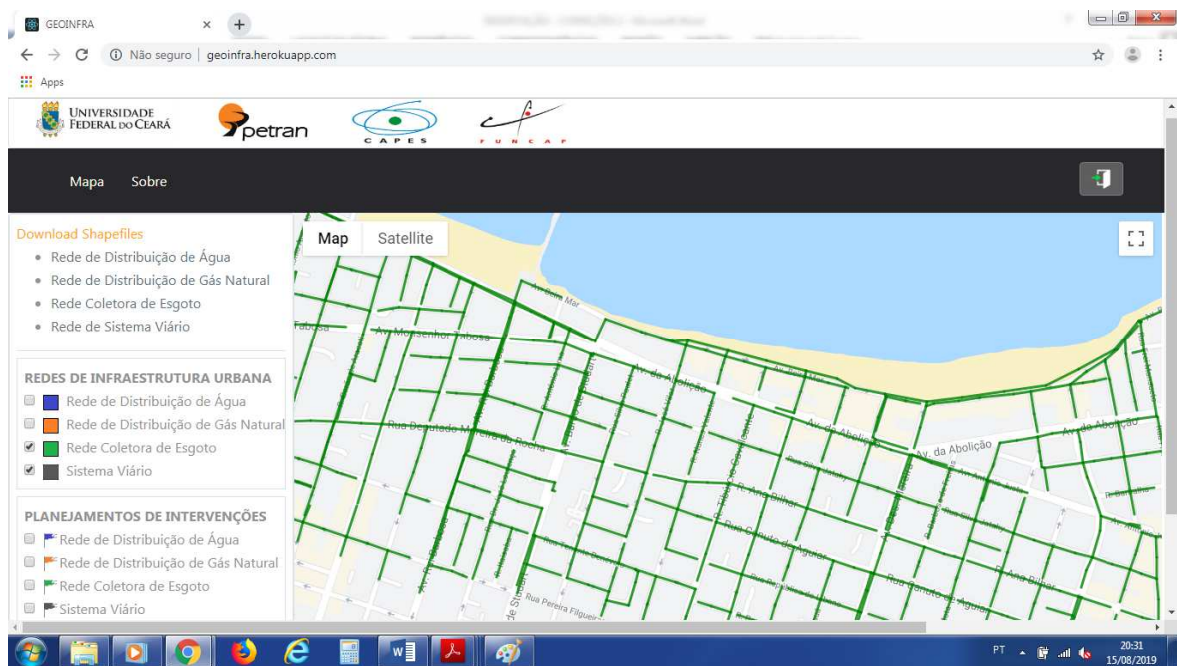
Figura 35 - Exibição da rede coletora de esgoto e sistema viário no GEOINFRA



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O sistema *SIG-Web* concebido possibilita que os dados disponíveis para consultas sejam também ofertados para *download*, assim viabilizando o uso desses arquivos em outros ambientes fora da internet como um SIG ou CAD. O processo de *download* é bastante simples, onde verifica-se que ao se clicar no botão “*Download Shapefiles*”, no canto superior esquerdo do sistema, a janela de *download* será aberta conforme mostra a Figura 36.

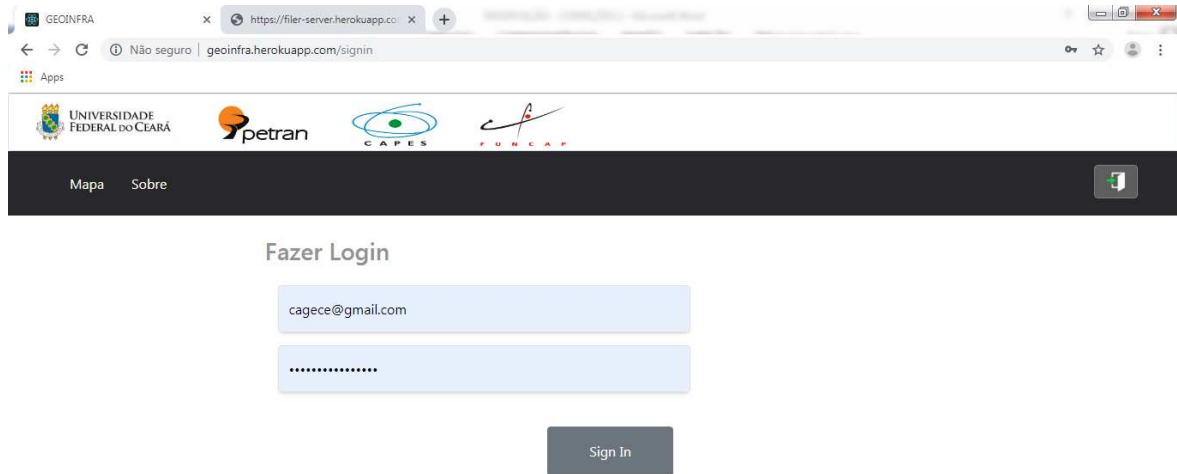
Figura 36 - Função *download* no aplicativo GEOINFRA



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

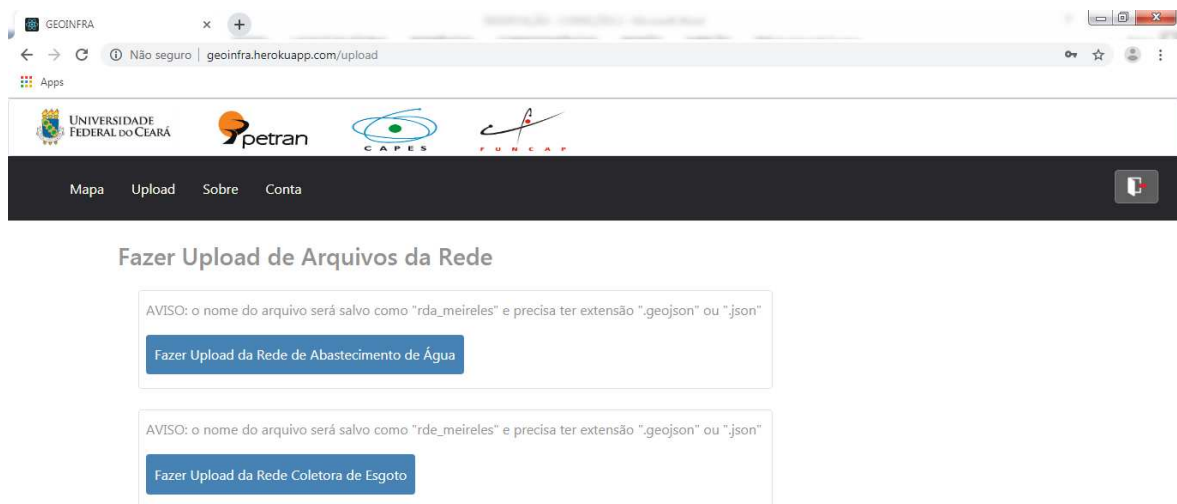
O procedimento para realimentar o banco de dados é descomplicado. É necessário fazer *login* no sistema (Figura 37), clicar no botão “*Upload*”, no canto superior esquerdo do sistema, e clicar no botão “*Fazer Upload da Rede*” correspondente ao subsistema que efetuou o *login* (Figura 38) e a janela, mostrada na Figura 39, será aberta. Para enviar o arquivo, clica-se no botão anexar arquivo, e após o arquivo ser completamente carregado, clica-se em enviar. O arquivo será enviado para o banco de dados hospedado na nuvem, onde todos os dispositivos conectados recebem essa atualização em milissegundos. É fundamental que os dados enviados ao realimentador estejam referenciados no sistema geodésico para as Américas, o SIRGAS 2000, e no fuso 24S, que é o fuso que cobre todo o Estado do Ceará.

Figura 37 - Tela de *Login* no sistema



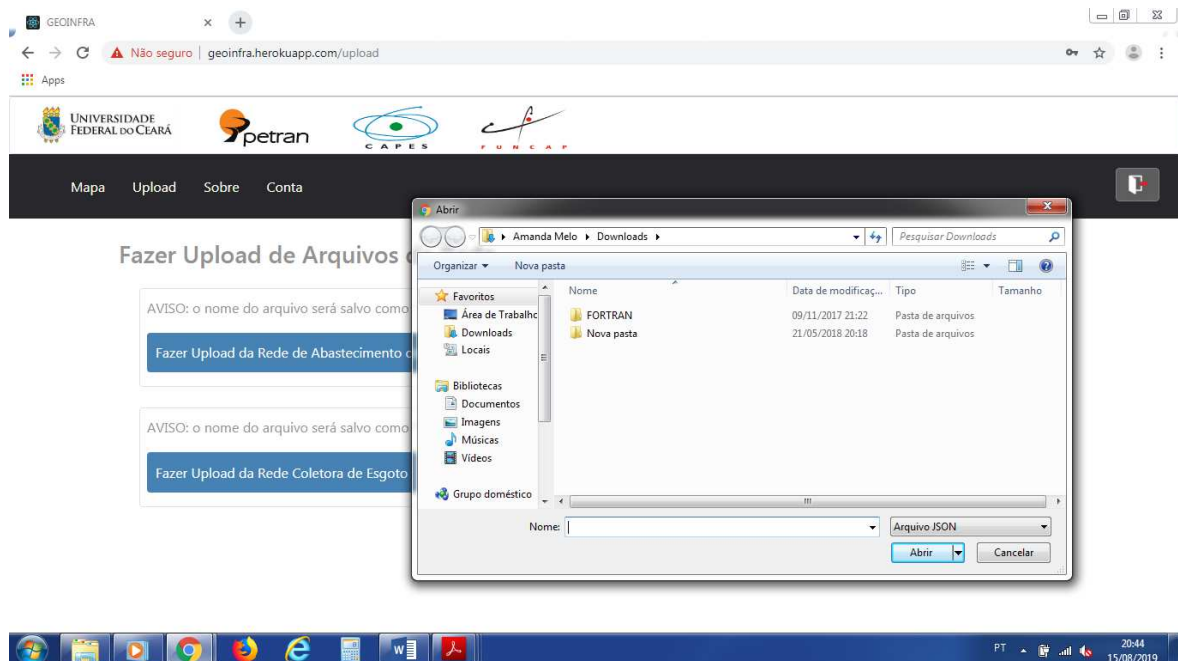
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Figura 38 - Função *Upload* de arquivos das redes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

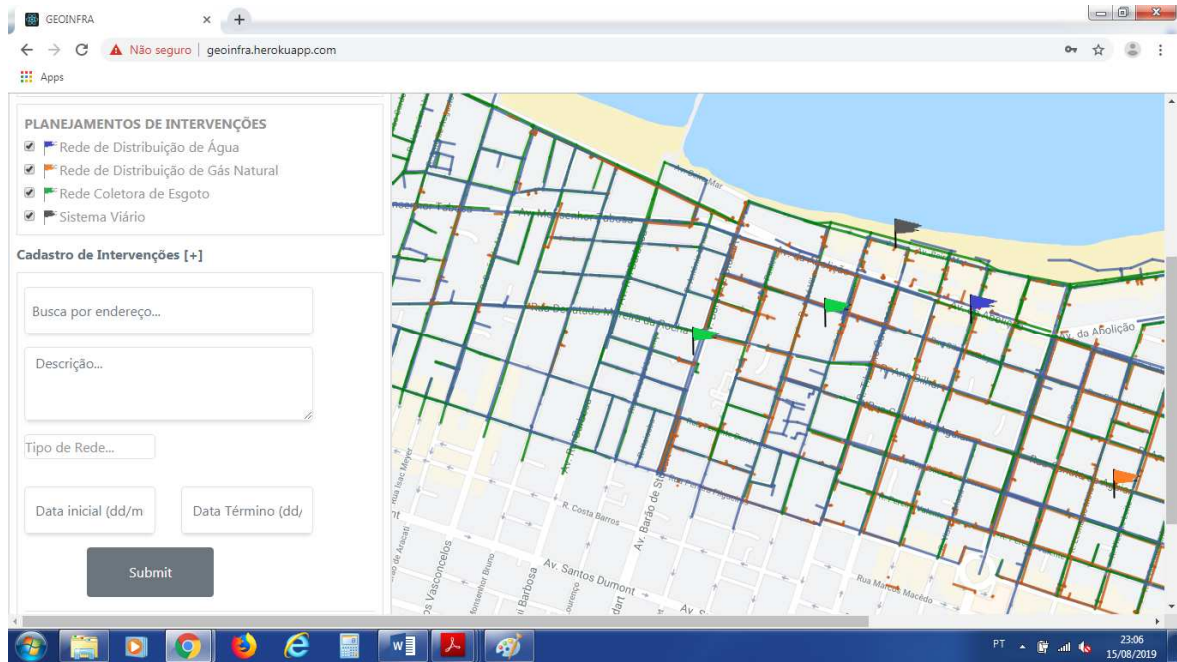
Figura 39 - Anexar arquivo para realimentar o banco de dados integrado dos subsistemas urbanos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Já para cadastrar informações referentes ao planejamento de intervenções nas redes de infraestrutura urbana, após estar autenticado no sistema, precisa-se clicar no botão “Cadastro de Intervenções” no canto inferior esquerdo, onde será apresentada a tela a qual serão cadastradas as informações. Por exemplo, na Figura 40, indica-se o endereço no qual ocorrerá a interferência, a descrição da intervenção a ser executada, indicação da rede que receberá a intervenção e as datas de início e término, e clica-se no botão “*Submit*”. Após esse procedimento uma bandeira correspondente à intervenção aparecerá no mapa, indicando seu local e contendo as informações cadastradas, a qual pode ser facilmente localizada no SIG e, então, visualizado por todos os interessados, inclusive a população.

Figura 40 - Função Cadastro de Intervenções no aplicativo GEOINFRA



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

## 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 7.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Uma das principais vantagens da metodologia concebida nessa dissertação é sua fundamentação no uso de informações 100% secundárias. Observe-se que para a geração dos mapas já apresentados, apenas foram utilizados dados pré-existentes dos cadastros técnicos oriundos das companhias de serviços públicos urbanos.

No decorrer do levantamento de informações junto à prefeitura e concessionárias de serviços públicos evidenciou-se a inexistência de sistemas racionais para o gerenciamento das infraestruturas públicas urbanas (pavimento, água, esgoto, gás). Além da ausência desses sistemas na prefeitura e concessionárias, outro problema que se pode enfatizar é a falta de comunicação entre os setores de administração pública, os quais fazem uso de uma forma independente do espaço físico da malha viária.

Para a minimização dos conflitos entre as atividades de construção, manutenção e reabilitação da infraestrutura de pavimentos e as atividades das concessionárias de serviços públicos foi proposta a alternativa (o aplicativo GEOINFRA) para a compatibilização dos diversos setores através de um sistema de gerência da infraestrutura urbana. A aplicação baseada em geoprocessamento para web implementou uma metodologia para compatibilizar, integrar e gerenciar as diferentes redes dos subsistemas urbanos através da criação de um banco de dados integrado, que pode ser realimentado com novos dados georreferenciados através da internet. Ademais, podem ser cadastradas informações sobre futuras intervenções nos subsistemas urbanos, melhorando a comunicação entre os órgãos e empresas interessadas.

Uma vez que os dados estarão na web, tanto o setor governamental quanto o civil terão acesso aos dados publicados, melhorando assim a transparência, planejamento e comunicação entre os mais diversos setores da sociedade. A alternativa tem potencial para dar apoio à tomada de decisão sobre intervenções nas vias públicas em todos os setores que compartilham o espaço físico da malha viária.

Acredita-se que o trabalho ainda contribuiu com a proposição de uma metodologia, baseada em geoprocessamento, que pode ser empregada em outras áreas de estudo, onde se tenha interesse em conhecer os dados referentes às infraestruturas urbanas, sua localização no espaço geográfico e o planejamento de intervenções futuras.

Espera-se que a dissertação desenvolvida venha a auxiliar na facilitação da localização dos subsistemas urbanos para fins de gerenciamento e planejamento em áreas urbanas, de maneira a propiciar a construção e conservação de infraestruturas urbanas de maneira mais econômica, segura, e com menor impacto para o meio ambiente e à sociedade.

## **7.2 RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

A partir dos resultados obtidos e com base no conhecimento adquirido ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, percebeu-se que existe a necessidade de trabalhos que venham a complementar este ou ainda melhorar e expandir a área de estudo. Assim, recomenda-se realização das seguintes investigações:

- I. Sugere-se que os resultados obtidos nesse estudo possam ser usados para apoiar a gestão das atividades de construção, manutenção e reabilitação dos subsistemas urbanos, a partir do melhor entendimento das suas características e localização, bem como ajude na obtenção de materiais adequados à sua manutenção;
- II. Estender a metodologia do estudo piloto desenvolvido neste trabalho (rede de abastecimento de água, rede coletora de esgoto e rede de gás natural canalizado) a outras infraestruturas urbanas (drenagem urbana, energia elétrica, etc.);
- III. Melhorar o potencial do aplicativo, como por exemplo: a elaboração de critérios para seleção das atividades de manutenção e reabilitação necessárias à solução dos problemas nos subsistemas urbanos; criação de uma árvore de decisão para apoiar a identificação dos critérios para seleção das atividades manutenção e reabilitação; realizar ensaios e sondagens a fim de conhecer as condições dos materiais aplicados nos subsistemas para implantá-los no banco de dados;
- IV. Recomenda-se aos órgãos e empresas responsáveis pela infraestrutura urbana que construam uma base de dados com as informações técnicas de seus subsistemas já construídos e projetados. Essa ação facilitaria os trabalhos atuais e futuros a serem executados nas áreas de interesse e ainda subsidiaria um futuro trabalho do tipo aqui apresentado para uma outra região;
- V. Sugere-se a adoção da metodologia aqui proposta e aplicada a apenas um bairro, para a cidade de Fortaleza na sua totalidade e outras metrópoles brasileiras, de maneira que se possa ter o conhecimento prévio dos dados técnicos, localização no espaço geográfico e

planejamento de intervenções dos subsistemas que constam em cada localidade para serem aplicados no gerenciamento de infraestruturas urbanas.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas simples para o tratamento de esgotos sanitários: Experiência brasileira.** Rio de Janeiro: ABES, 1997.

ABKOWITZ, M.; WALSH, S.; HAUSER, E.; MINOR, L. Adaptation of geographic information systems to highway management. **Journal of Transportation Engineering.** Reston, v. 116, n. 3, p. 310-327, 1990.

AL-SWAILMI, S. Framework for Municipal Maintenance Management Systems. **Transportation Research Record.** TRB. National Research Council. Washington, D. C., v. 1442, n. 1, p. 03-10, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - ABES. **Manual do instalador de redes públicas de água: Abertura e fechamento de valas.** Rio de Janeiro, 1978.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5626:** Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_.**NBR 9648:** Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário – Procedimento. Rio de Janeiro, 1986.

\_\_\_\_\_.**NBR 9649:** Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimento. Rio de Janeiro, 1986.

\_\_\_\_\_.**NBR 12207:** Projeto de interceptores de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_.**NBR 12208:** Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_.**NBR 12209:** Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_.**NBR 12211:** Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_.**NBR 12214:** Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_.**NBR 12215:** Projeto de adutora de água Parte 1: Conduto forçado. Rio de Janeiro, 2017.

\_\_\_\_\_.**NBR 12216:** Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_.**NBR 12217:** Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_.**NBR 12218:** Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público — Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.

\_\_\_\_\_.**NBR 12226:** Projeto e Execução de Valas para Assentamento de Tubulação de Água, Esgoto ou Drenagem Urbana. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_.**NBR 12712:** Projeto de sistemas de transmissão e distribuição de gás combustível. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_.**NBR 13969:** Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_.**NBR 14461:** Sistemas para Distribuição de Gás Combustível para rede enterradas – Tubos e Conexões de Polietileno PE80 e PE100 – Instalação em obra por Método Destrutivo (vala a céu aberto). Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_.**NBR 14462-1.** Sistemas de tubulações plásticas para o suprimento de gases combustíveis - Polietileno (PE) Parte 1: Generalidades. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA NÃO DESTRUTIVA - ABRATT.  
**Diretrizes dos métodos não destrutivos.** São Paulo, 2006.

BOSELER, B. **Managing the crowded underground space, Right of Way.** Gelsenkirchen: IKT, 2014.

BRASIL. **Lei Nº 5.917, de 10 DE setembro de 1973. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Viação e dá outras providências.** Brasília: Diário Oficial da União, 1973.

\_\_\_\_\_. **Lei Nº 12.379, DE 6 DE JANEIRO DE 2011. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Viação - SNV.** Brasília: Diário Oficial da União, 2011a.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes Departamento, Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, Divisão de Capacitação Tecnológica. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais.** Rio de Janeiro: IPR. publ. 706, 1999.

CABRAL, I. P. S. **Novas Ferramentas para Monitoramento Ambiental Usando SIG Web**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Conceitos básicos em ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004.

CANADIAN ASSOCIATION OF PETROLEUM PRODUCERS - CAPP. **Guideline: Planning horizontal directional drilling for pipeline construction**. Ontario, 2004.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION - CDC. **Occupational Fatalities During Trenching and Excavation Work–United States - 1992-2001**. Atlanta, 2001. Disponível em: <[www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5315a2.htm](http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5315a2.htm)>. Acesso em: Janeiro de 2019.

COELHO, P. A. **JavaScript: animação e programação em páginas Web**. Lisboa: FCA, 2004.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ - CAGECE. **Relatório de administração: Exercício findo em 31 de dezembro de 2018**. Ceará, 2018.

COMPANHIA DE GÁS DO CEARÁ – CEGÁS. **Relatório anual 2018**. Ceará, 2018.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP. **Tecnologia é utilizada para integrar informações e localizar instalações subterrâneas**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site//imprensa/noticias-detalle.aspx?secaoId=65&id=7033>>. Acesso em: Junho de 2019.

CONWAY-GOMEZ, K. **How does urban development affect the quality and quantity of natural resources: Population and Natural Resources case study**. Washington, D. C., 2009. Disponível em: <[http://cgge.aag.org/PopulationandNaturalResources1e/CS\\_US\\_July09/CS\\_US\\_July09\\_print.html](http://cgge.aag.org/PopulationandNaturalResources1e/CS_US_July09/CS_US_July09_print.html)>. Acesso em: Dezembro de 2018.

CUNHA, S. M. M. **O SIG ao serviço do ordenamento do território: modelo de implementação**. 2009. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território) – Faculdade de Letras, Universidade do Porto, Porto, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas**. Rio de Janeiro, 2010.

ENGLER, J. M.; LOCH, C. O transporte urbano de cargas em Chapecó-SC: Uma análise da abordagem do Plano Diretor e do Plano Municipal de Mobilidade Urbana. *In: 12º CONGRESSO INTERNACIONAL DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E*

GESTÃO TERRITÓRIAL, 12., 2016, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2016. p. 50-65.

ENVIRONMENTAL SCIENCE FOR EUROPEAN REFINING - CONCAWE. **Methods for prevention, detection and control of spillages in European oil pipelines.** Bruxelas, 1998. Disponível em: <<http://www.concawe.be>>. Acesso em: Janeiro de 2019.

EUROPEAN GAS PIPELINE INCIDENT DATA GROUP - EGIG. **Gas Pipeline Incidents.** 7th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group 1970-2007. Groningen, 2008. Disponível em: [www.egig.nl](http://www.egig.nl). Acesso em: Janeiro de 2019.

FOOTE, K. E.; LYNCH, M. **Geographic Information Systems as an Integrating Technology: Context, Concepts, and Definitions.** Boulder, 1995. Disponível em: <<http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/intro/intro.html> >. Acesso em: Janeiro de 2019.

FRANCO, S.; LOUREIRO, M. **SIGNOS – Sistema de Informações Geográficas no Saneamento.** São Paulo: Sabesp, 2007.

HAAS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. **Modern Pavement Management.** Florida: Krieger Publishing Co, 1994.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano.** 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

HUANG, W.; LIU, H.; LUAN, Q.; JIANG, Q.; LIU, J.; LIU, H. **Detection and prediction of land use change in Beijing based on remote sensing and GIS.** The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. v. 37. Beijing, 2008.

HUDSON, W. R.; HASS, R.; UDDIN, W. **Infrastructure management: integrating design, construction, maintenance, rehabilitation and renovation.** Nova York: McGraw Hill, 1997.

JOHNSON, B. H.; DEMETSKY, M. J. Geographic information system decision support system for pavement management. **Transportation Research Record.** TRB. National Research Council. Washington, D.C., v. 1429, n. 1, p. 74-83, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2010.** Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Projeções da População - Brasil e Unidades da Federação.** Rio de Janeiro, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Regiões de Influência das Cidades.** Rio de Janeiro, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, 2001.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Gas 2018: Analysis and forecasts to 2023**. Paris, 2018. Disponível em: <<https://webstore.iea.org/download/summary/1235?fileName=English-Gas-2018-ES.pdf>>. Acesso em: Fevereiro de 2019.

GAS BRASILIANO. **Manual de instalações segmentos residencial e comercial**. Brasília, 2013.

KONRAD, C. P. **Effects of Urban Development on Floods**. U.S. GEOLOGICAL SURVEY. Reston, 2014. Disponível em: < <http://pubs.usgs.gov/fs/fs07603/> >. Acesso em: Janeiro de 2019.

KORTE, G. B. **The GIS Book**. 4. ed. Santa Fe: OnWord Press, 1997.

LIBANIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

LÍRIO, M. E. S.; PIAZZINI, R. S. N. A integração do GIS à gestão de distribuição de gás natural. *In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 31., 2011, Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: ABEPRO, 2011.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Geographical Information Systems and Science**. 2. ed. Chichester: Wiley, 2005.

MASCARÓ, J. L.; YOSHINAGA, M. **Infraestrutura urbana**. Porto Alegre: Masquatro, 2005.

MASSARA, V. M. **A Dinâmica Urbana na Otimização da Infraestrutura para o Gás Natural**. 2007. Tese (Doutorado em Energia) – Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MITCHELL, T. **Web Mapping Illustrated**. Newton, 2005.

MOREIRA, S. A. G. Cartografia multimídia: possibilidade para a produção de novos conhecimentos geográficos. *In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA*, 24., 2010, Aracaju, **Anais...** Aracaju: SBC, 2010.

NAJAFI, M. **Trenchless technology: pipeline and utility design, construction, and renewal**. 1. ed. Nova York: McGraw-Hill Professional, 2004.

NATIONAL GUIDE TO SUSTAINABLE MUNICIPAL INFRASTRUCTURE - INFRAGUIDE. **A guide to sustainable asset management for Canadian municipalities**. Ottawa, 2002.

OLIVEIRA, C. H. P. **Banco de dados livre x pago**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: < [http://www.sqlmagazine.com.br/Artigos/Outros/01\\_Banco\\_FreeXPago.aps](http://www.sqlmagazine.com.br/Artigos/Outros/01_Banco_FreeXPago.aps) >. Acesso em: Janeiro de 2019.

OLIVEIRA, J. L. **Projeto e Implementação de Interfaces para Sistemas de Aplicações Geográficas**. 1997. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

OSMAN, O.; HAYASHI, Y. Geographic information systems as Platform for highway pavement management systems. **Transportation Research Record**. TRB. National Research Council. Washington, D.C., v. 1442, n. 1, p. 19-30, 1994.

PADULA, R. **Transportes – fundamentos e propostas para o Brasil**. Brasília: Confea, 2008.

PAPADAKIS, G. A. Assessment of requirements on safety management systems in EU regulations for the control of major hazards pipelines. **Journal of Hazardous Materials**. Amsterdam, v. 78, n. 1, p. 63-89, 2000.

PAREDES, M.; FERNANDO, E.; SCULLION, T. Pavement management applications of GIS: A case study. **Transportation Research Record**. TRB. National Research Council. Washington, D.C., v. 1261, n. 1, p. 20-26, 1990.

PEREIRA, F. S. M. O Bairro Meireles, em Fortaleza/CE: as contradições urbanas e a crise da racionalidade. *In*: 12do. ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 12., 2009, Montevideu, **Anais...** Montevideu: Imprenta Gega, 2009.

PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. – PETROBRAS. **N-0464 K** - Construção, Montagem e Condicionamento de Duto Terrestre. Rio de Janeiro, 2015.

PUPPI, I. C. **Estruturação Sanitária das Cidades**. Curitiba e São Paulo: UFPR, CETESB, 1981.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. Comece a usar o QGIS. Disponível em: [https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/forusers/index.html](https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/index.html). Acesso em: Novembro de 2018.

RAMOS, R. A. R. **Localização Industrial** – Um Modelo Espacial para o Noroeste de Portugal. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade do Minho, Braga, 2000.

REIS, C. P.; GONÇALVES, J.; RODRIGUES, P. Information systems for distribution management. **National Report Portugal**. Lisboa, v.16, n. 1, 1998.

ROCHA, E. C. O.; VIEIRA, V. C. B.; CARNEIRO, E. L. N. C. Uso de Sistema de Informações Geográficas na atualização e modernização da área comercial da companhia de saneamento

Águas e Esgotos do Piauí S/A. *In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 3081-3087.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 1, p. 81-90, 2005.

RUBENS, J. **Primeiros passos com Node.js**. São Paulo: Casa do Código, 2017.

SCHIMIGUEL, J.; BARANAUSKAS, M. C. C.; MEDEIROS, C. B. Usabilidade de aplicações SIG Web na perspectiva do usuário: um estudo de caso. *In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOINFORMÁTICA*, 7., 2005, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: INPE, 2005. p. 262-268.

SCHWARTZ, C. W.; RADA, G. R.; WITCZAK, M. W.; RABINOW, S. D. GIS Applications in Airfield Pavement Management. **Transportation Research Record**. TRB. National Research Council. Washington, D.C., v. 1311, n. 1, p. 267-276, 1991.

SIGNORETTI, G. L. A. M. **Visualização de dados em um contexto de veículos inteligentes**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia da Computação) – Departamento de Engenharia da Computação e Automação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

SIMKOWITZ, H. J. Using geographic information system technology to enhance the pavement management process. **Transportation Research Record**. TRB. National Research Council. Washington, D.C., v. 1261, n. 1, p. 10-19, 1990.

SMYTH, N. **Firestore Essentials** – Android Edition. Scotts Valley: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia De Software**. 9. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2011.

SOUZA, M. L. **Mudar a cidade**: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

US Department of Transportation - DOT. **Mechanical Damage - Final Report**. Pipeline and hazardous materials safety administration office of pipeline safety (DOT/PHMSA). Washington, D. C., 2009.

WEST, B. A. **Conceptions of geographic information systems (GIS) held by Senior Geography students in Queensland.** 2008. Tese (Doutorado em Educação), Queensland University of Technology, Queensland, 2008.

ZHANG, Z.; DOSSEY, T.; WELSSMANN, J.; HUDSON, W. R. GIS Integrated Pavement and Infrastructure Management in Urban Areas. **Transportation Research Record.** TRB. National Research Council. Washington, D.C., v. 1429, n. 1, p. 84-89, 1994.

ZHANG, Z.; SMITH, S. G.; HUDSON, W. R. Geographic information system implementation plan for pavement management information system. **Transportation Research Record.** TRB. National Research Council. Washington, D.C., v. 1769, n. 1, p. 46-50, 2001.

ZMITROWICZ, W.; NETO, G. A. **Infraestrutura Urbana.** São Paulo: Texto Técnico, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1997.

## ANEXO A – SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA PAVIMENTAÇÃO DE FORTALEZA À SECRETARIA MUNICIPAL DE CONSERVAÇÃO E SERVIÇOS PÚBLICOS DE FORTALEZA

### Dados do Pedido

Protocolo	00014000019201915
Solicitante	Ygor de Carvalho Alencar
Data de abertura	18/07/2019
Orgão Superior Destinatário	SCSP - SECRETARIA MUNICIPAL DA CONSERVAÇÃO E SERVIÇOS PÚBLICOS
Orgão Vinculado Destinatário	
Prazo de atendimento	07/08/2019
Situação	Respondido
Status da Situação	Acesso Concedido (Informações enviadas por e-mail)
Forma de recebimento da resposta	Pelo sistema (com avisos por email)
Descrição	Com finalidade acadêmica, solicito as seguintes informações: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Qual a dimensão da malha viária de Fortaleza?</li> <li>- Qual o quantitativo de vias pavimentadas e não-pavimentadas?</li> <li>- Qual o Percentual de vias pavimentadas e não-pavimentadas?</li> <li>- A Prefeitura possui um Sistema de Gestão dos Pavimentos?</li> <li>- Como se dá o levantamento técnico da condição do pavimento na cidade?</li> <li>- Quais os critérios adotados para as atividades de Manutenção e Reabilitação do pavimento? (Como sabe se o pavimento necessita de intervenções?)</li> <li>- Quais os critérios adotados para priorização/seleção dos locais que receberão as atividades de Manutenção e Reabilitação do pavimento?</li> <li>- Quais os métodos mais utilizados na Manutenção e Reabilitação dos pavimentos?</li> </ul>

### Dados da Resposta

Data de resposta	05/08/2019
Tipo de resposta	Acesso Concedido
Classificação do Tipo de resposta	Informações enviadas por e-mail
Resposta	Prezado Ygor de Carvalho Alencar,  Tendo em vista, a quantidades de caracteres ultrapassar o permitido no sistema, sua resposta será enviado ao seu email pessoal  Grato,  Luiz Alberto A. Sabóia - SEC. EXEC-SCSP

### Classificação do Pedido

Categoria do pedido	Pessoa, família e sociedade
Subcategoria do pedido	Pessoa
Número de perguntas	5

## ANEXO B – RESPOSTA A SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA PAVIMENTAÇÃO DE FORTALEZA À SECRETARIA MUNICIPAL DE CONSERVAÇÃO E SERVIÇOS PÚBLICOS DE FORTALEZA

21/10/2019

Email – Ygor Carvalho – Outlook

Resposta e-SIC - 00014000019201915

jandislina sá de oliveira <jlenassa@hotmail.com>

Seg, 05/08/2019 15:52

Para: ygor\_carvalho@hotmail.com <ygor\_carvalho@hotmail.com>

Prezado Ygor de Carvalho Alencar,

"Segue, as respostas acerca do Protocolo nº 00014000019201915, em princípio às perguntas 1,2 e 3, são de competência da SEINF – SECRETARIA MUNICIPAL DA INFRAESTRUTURA , a saber:

**4 - A Prefeitura possui um Sistema de Gestão dos Pavimentos?**

Sim. A Prefeitura possui um sistema chamado 156, que gerencia as demandas relacionadas a conservação e restauração dos pavimentos que são solicitadas através da população ou fiscalizadas por técnicos responsáveis da área. Através desse sistema, a Prefeitura consegue ter um controle das vias que precisam de intervenções para poder planejar, quantificar, orçar e acompanhar os serviços executados.

**5- Como se dá o levantamento técnico da condição do pavimento na cidade?**

A Secretaria Municipal da Conservação e Serviços Públicos possui técnicos responsáveis por fiscalizar o estado de conservação das vias em toda a cidade. Além desses técnicos da SCSP, cada regional possui um setor que auxilia nessa fiscalização. Os técnicos fazem vistorias diárias por toda a cidade fazendo um levantamento dos problemas existentes na estrutura do pavimento e alimentam o sistema para em seguida poder realizar um planejamento das ações.

**6 - Quais os critérios adotados para as atividades de Manutenção e Reabilitação do pavimento? (Como sabe se o pavimento necessita de intervenções?).**

Diariamente são feitas vistorias técnicas in loco por técnicos da SCSP e das Regionais avaliando as condições do pavimento e posteriormente, são elaborados levantamentos, relatórios e orçamentos que alimentam o sistema para receberem os serviços necessários.

**7 - Quais os critérios adotados para priorização/seleção dos locais que receberão as atividades de Manutenção e Reabilitação do pavimento?**

A Prefeitura define como prioridade de atendimento para receber os serviços de reforma e conservação de pavimentos as vias que são contempladas com transporte público, as grandes avenidas, as vias arteriais e coletoras, e por último as vias locais. Em casos em que o problema seja maior, ocasionando uma interdição da via ou causando riscos de acidentes, por mais que a via seja local, esse serviço será tratado como prioridade.

**8 - Quais os métodos mais utilizados na Manutenção e Reabilitação dos pavimentos?**

Os métodos de conservação corretiva rotineira mais utilizados são os seguintes:

- Tapa Buraco, que consiste em reparar buraco ou depressão no revestimento;
- Selagem de trincas, que consiste no enchimento de trincas ou fissuras no revestimento para evitar penetração de água nas camadas inferiores;
- Remendo profundo ou retirada de fugas de drenagem, que consiste em remover a base defeituosa, substituir o material de suporte deficiente por outro com suporte adequado e

<https://outlook.live.com/mail/inbox/Id/AQMkADAwATZlZmYAZC05N2EzLTQ4YzQlMDACLTAwCgBGAAADwDH8bbl0kOathJltoA4d0HAJkoNFN...> 1/2

21/10/2019

Email – Ygor Carvalho – Outlook

reparar o revestimento com mistura asfáltica. Se necessário, executar drenagem superficial ou profunda.

Os métodos de conservação preventiva periódica mais utilizados são os seguintes:

- **Recomposição de revestimento com mistura betuminosa a quente ou recapeamento**, que Consiste em corrigir o desgaste da ação do tráfego e da erosão na pista de rolamento e acostamentos através a adoção de material selecionado, com objetivo de recompor a seção transversal e dar maior conforto e segurança ao usuário;
- **Fresagem**, que consiste no processo pelo qual se corta parte das camadas superficiais de um pavimento existente, conferindo-lhe um novo perfil. José Guilherme Pereira de Sousa - Engenheiro Civil CREA 327025 - Assessor Técnico / Coordenadoria de Vias Públicas COVIP"

Att,

Luiz Alberto Aragão Sabóia - SEC. EXEC- SCSP

**Lena Sá**

Gabinete do Secretário - SCSP

Secretária do Titular

3472.1928

## ANEXO C – SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA PAVIMENTAÇÃO DE FORTALEZA À SECRETARIA MUNICIPAL DA INFRAESTRUTURA DE FORTALEZA

Dados do Pedido		
Protocolo	00013000029201981	
Solicitante	Ygor de Carvalho Alencar	
Data de abertura	18/07/2019	
Orgão Superior Destinatário	SEINF - SECRETARIA MUNICIPAL DA INFRAESTRUTURA	
Orgão Vinculado Destinatário		
Prazo de atendimento	07/08/2019	
Situação	Respondido	
Status da Situação	Acesso Concedido (Resposta solicitada inserida no e-SIC)	
Forma de recebimento da resposta	Pelo sistema (com avisos por email)	
Descrição	<p>Com finalidade acadêmica, solicito as seguintes informações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Qual a dimensão da malha viária de Fortaleza?</li> <li>- Qual o quantitativo de vias pavimentadas e não-pavimentadas?</li> <li>- Qual o Percentual de vias pavimentadas e não-pavimentadas?</li> <li>- A Prefeitura possui um Sistema de Gestão dos Pavimentos?</li> <li>- Como se dá o levantamento técnico da condição do pavimento na cidade?</li> <li>- Quais os critérios adotados para as atividades de Manutenção e Reabilitação do pavimento? (Como sabe se o pavimento necessita de intervenções?)</li> <li>- Quais os critérios adotados para priorização/seleção dos locais que receberão as atividades de Manutenção e Reabilitação do pavimento?</li> <li>- Quais os métodos mais utilizados na Manutenção e Reabilitação dos pavimentos?</li> </ul>	
Dados da Resposta		
Data de resposta	29/07/2019	
Tipo de resposta	Acesso Concedido	
Classificação do Tipo de resposta	Resposta solicitada inserida no e-SIC	
Resposta	Prezado, Segue anexo repostas conforme solicitado.	
Classificação do Pedido		
Categoria do pedido	Habitação, Saneamento e Urbanismo	
Subcategoria do pedido	Planejamento urbano	
Número de perguntas	8	
Histórico do Pedido		
Data do evento	Descrição do evento	Responsável
18/07/2019	Pedido Registrado para o Órgão SEINF - SECRETARIA MUNICIPAL DA INFRAESTRUTURA	SOLICITANTE
19/07/2019	Pedido em Atendimento	SEINF - SECRETARIA MUNICIPAL DA INFRAESTRUTURA
29/07/2019	Pedido Respondido	SEINF - SECRETARIA MUNICIPAL DA INFRAESTRUTURA

## ANEXO D – RESPOSTA A SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA PAVIMENTAÇÃO DE FORTALEZA À SECRETARIA MUNICIPAL DA INFRAESTRUTURA DE FORTALEZA

Prezado senhor,

Em resposta ao seu questionamento informamos o que segue:

1. A dimensão da malha viária oficial de Fortaleza é de aproximadamente 5 mil km.
2. Aproximadamente 80% da extensão acima é pavimentada. Cerca de 15% possui revestimento primário com algum tipo de solo mais resistente que o original e o restante não possui qualquer tratamento.
3. Há ainda cerca de 1 mil km de vias não oficiais, em geral localizadas em favelas, invasões e passagens informais não reconhecidas, todas sem qualquer tipo de pavimento ou pavimentadas precariamente pelos próprios moradores.
4. A Prefeitura de Fortaleza possui um sistema de gestão de pavimentos, administrado pela Secretaria de Conservação e Serviços Públicos, cujos princípios gerais de operação são os seguintes:
  - a. Manter sempre contratos vigentes com empresas especializadas para realizar a conservação dos pavimentos da cidade.
  - b. Acolher todos os pedidos de manutenção provenientes dos usuários das vias e dos trabalhadores das Secretarias Regionais, através dos sistemas de acolhimento próprios e das Regionais.
  - c. Priorizar os atendimentos em função da criticidade dos problemas relatados, da classificação da via, da intensidade do tráfego e da disponibilidade de recursos.
  - d. Executar de forma permanente um sistema próprio de fiscalização e acompanhamento da malha viária levando em conta os seguintes critérios de prioridade: Corredores de transporte, Intensidade do fluxo, Idade do pavimento, Trechos de vias carentes de serviços de drenagem, Quantidade de intervenções do "Tapa-buraco".
  - e. Após a quadra chuvosa, intensificar a operação "Tapa-buraco" em toda a cidade.
  - f. Recapear vias com pavimento asfáltico sempre que a manutenção frequente através da operação "tapa-buraco" for desvantajosa técnica e/ou financeiramente.
  - g. Fresar sempre o pavimento antes do recapeamento, com aproveitamento do resíduo. A fresagem só não é feita quando não houver viabilidade técnica.
  - h. Sempre que houver disponibilidade de recursos, implantar sistemas de drenagem nos pontos em que estes são requeridos.
5. A Prefeitura de Fortaleza possui um sistema de gestão integrada de mobilidade sustentável, gerido também pela Secretaria de Conservação e Serviços Públicos, através de uma equipe técnica especializada, o PAITT, Plano de Ações Imediatas de Transporte e Trânsito. No que concerne à gestão de pavimentos, podemos agregar o que segue:
  - a. Teste e aplicação de asfalto polímero.
  - b. Teste e aplicação de asfalto borracha.
  - c. Estudos e aplicação de pavimentos drenantes.
  - d. Estudos de redesenho do traçado das vias e seus pavimentos.
  - e. Implantação da malha cicloviária de Fortaleza.
  - f. Implantação de travessias elevadas de pedestres.
  - g. Implantação de vias de trânsito calmo.
  - h. Implantação de vias compartilhadas.

Acreditamos que os demais quesitos questionados por V.Sa. foram todos respondidos.

Cordialmente