



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Débora de Oliveira Barreto

**Planejamento e Operação do Sistema de
Abastecimento de Água da Cidade de Petrolina-PE
Utilizando Sistemas de Informações Geográficas**

Juazeiro – BA
2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Débora de Oliveira Barreto

**Planejamento e Operação do Sistema de
Abastecimento de Água da Cidade de Petrolina-PE
Utilizando Sistemas de Informações Geográficas**

Trabalho apresentado à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Tecnológico, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Rodrigues de Lima Júnior

Juazeiro-Ba
2010

B273p Barreto, Débora de oliveira.
Planejamento e operação do sistema de abastecimento de água da cidade de Petrolina-Pe utilizando sistemas de informações geográficas / Débora de oliveira Barreto. -- Juazeiro, 2010.

67 f.; il.:

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, para graduação em Engenharia de Produção, 2010.

Orientador: Paulo César Rodrigues de Lima Jr.

1. Abastecimento de água – Petrolina (PE). 2. Distribuição de água – Petrolina (PE). 3. Sistema de Informação Geográfica. I Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 628.1098134

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca
SIBI/UNIVASF

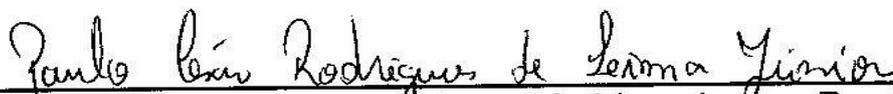
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**FOLHA DE APROVAÇÃO
Para TFC**

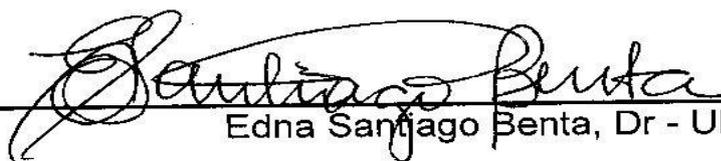
Débora de Oliveira Barreto

**Planejamento e Operação do Sistema de
Abastecimento de Água da Cidade de Petrolina-PE
Utilizando Sistemas de Informações Geográficas**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheira de Produção, pela Universidade
Federal do Vale do São Francisco.



Paulo César Rodrigues de Lima Junior, Dr - UNIVASF



Edna Santiago Benta, Dr - UNIVASF



Clécia Simone Gonçalves Rosa Pacheco, MSc - IFET

Aprovado pelo Colegiado de Engenharia de Produção em 29/06/2020

Resumo

Este trabalho procura analisar a potencialidade dos Sistemas de Informação Geográfica no auxílio da gestão do sistema de abastecimento de água da cidade de Petrolina, localizada no estado de Pernambuco. A água é um bem vital para o sistema de sustentação da biosfera terrestre e a utilização da água para o abastecimento humano pode ser considerado o uso mais nobre para o recurso. Mas, a reserva mundial de águas continentais que em 1950 era estimada em 17000 m³ por pessoa por ano, contudo, estimou-se que no ano de 2025 o índice poderá ser inferior a 5000 m³ por pessoa por ano devido ao crescimento demográfico associado à industrialização, à tendência para a urbanização e à intensificação agrícola. O equilíbrio entre a procura (consumo) e a oferta (recursos) começa a deixar de existir e a restauração dos recursos naturais degradados é mais difícil do que sua conservação; e, muito deles, como a água, não se consegue restaurar, quando termina é para sempre. Dada a importância desse bem de necessidade vital é que se busca uma eficiência na sua utilização demonstrando os Sistemas de Informação Geográfica – SIG, como potenciais auxiliares da gestão do sistema de abastecimento de água. Neste trabalho foram realizadas simulações de algumas operações reais de um abastecimento de água que detectaram algumas anomalias com a rede de distribuição e que poderiam ser rapidamente identificadas através do *software* (ArcGIS), que possibilitou toda a implementação da base de dados do sistema de abastecimento de água.

Palavras-chave: Sistema de Abastecimento de água, Distribuição e SIG.

Abstract

This research analyzes the potential of GIS to assist the management of the water supply system for the city of Petrolina, in the state of Pernambuco. The water is a vital resource for the terrestrial biosphere system support and the use of water for human supplies can be considered its noblest use. But the world's reserve of inland waters that, in 1950, was estimated at 17000m³ per person per year, was estimated that by 2025 the index may fall below 5000 m³ per person per year due to population growth associated with industrialization, the trend towards urbanization and agricultural intensification. The balance between demand (consumption) and supply (resources) will begin to disappear and the restoration of degraded natural resources will be more difficult than preservation; and most of them, like water, can not be restored, when it ends it is for ever. Given the importance of this vital good, we tried to show efficiency obtained with the use of the Geographic Information Systems - GIS as potential helpers for managing the water supply system. In this work, simulations were carried out with some actual operations of a water supply that detected some anomalies with the distribution network and could be identified with the software (ArcGIS), that allowed the entire implementation of the water supply system database.

Keywords: water supply system, GIS.

Lista de Ilustrações

Figura 1: Distribuição de água no mundo.....	20
Figura 2: Tela do ArcGIS.....	30
Figura 3: Cidades que cercam Petrolina em Pernambuco	31
Figura 4: Rede geométrica contendo propriedades topológicas de conectividade direção e comprimento.....	40
Figura 5: Mapa em formato DWG da cidade de Petrolina.....	41
Figura 6: Divisão dos setores de operação da COMPESA.	42
Figura 7: Linhas troncos do sistema de abastecimento de água da cidade de Petrolina.....	42
Figura 8: Rede de distribuição de água da cidade de Petrolina.	43
Figura 9: Detalhe da rede de abastecimento criada no SIG.....	43
Figura 10: Detalhe da rede de distribuição para parte do Distrito XVI.....	44
Figura 11: Detalhe da rede contendo os hidrômetros.	44
Figura 12: Reservatório principal do SAA de Petrolina.	45
Figura 13: Banco de dados referente às linhas tronco.....	47
Figura 14: Banco de dados da parte da rede utilizada na pesquisa.....	47
Figura 15: Banco de dados da camada hidrômetro.....	48
Figura 16: Mapa temático dos diâmetros das linhas tronco.	48
Figura 17: Mapa temático da rede de distribuição.....	49
Figura 18: Rede conectada ao Reservatório R1.	50
Figura 19: Identificação do trecho que está desconectado do Reservatório R1.	51
Figura 20: Determinante de rota.....	52
Figura 21: Identificação de ponto comum.	53
Figura 22: Ponto comum entre trechos da rede de distribuição.	53

Figura 23: Identificação de loops na rede.	54
Figura 24: Trecho ampliado da área que contém Loops.	54
Figura 25: Sentido do fluxo do SAA.	55
Figura 26: Ampliação do mapa próximo ao Reservatório R1.	55
Figura 27: Fluxo da água chegando aos hidrômetros.	55
Figura 28: Impresição na definição de sentido.	56
Figura 29: Trecho percorrido pelas tubulações desde à fonte até o ponto (na cor verde).	56
Figura 30: Trecho ampliado do percurso anterior.	57
Figura 31: Identificação do trecho que ainda falta ser percorrido pelas tubulações.	57
Figura 32: Trecho simulado com a ferramenta Trace Downstream.	57
Figura 33: Identificação de pontos comuns.	58
Figura 34: Identificação de ancestrais comuns.	58
Figura 35: Ampliação do trecho presente na Figura 32.	58

Lista de Tabelas

Tabela 1: Distribuição da água na Terra.	20
Tabela 2: Necessidade de água por dia.....	21
Tabela 3: Exportações de uvas do Vale do São Francisco (eixo Petrolina/Juazeiro).	32
Tabela 4: Posição ocupada por alguns municípios nordestinos em relação ao Produto Interno Bruto e suas respectivas Unidades da Federação no ano de 2005 e 2006.	32
Tabela 5: Índice de perdas na distribuição de água por algumas Companhias Estatais.	34
Tabela 6: Exemplos de perdas físicas.....	35
Tabela 7: Vazamentos na Rede de Distribuição	36

Lista de Abreviaturas e Siglas

CAD: Computer Aided Design.

CASAL: Companhia de Saneamento de Alagoas.

COMPESA: Companhia Pernambucana de Saneamento.

COPASA: Companhia de Saneamento de Minas Gerais.

DAE: Departamento de Água e Esgoto.

DESO: Companhia de Saneamento de Sergipe.

DWG: Drawing.

DXF: *Drawing Interchange Format*.

EMBASA: Empresa Baiana de Águas e Saneamento.

EPA: U.S.Environmental Protection Agency.

EPA: U.S.Environmental Protection Agency.

ESRI: Environmental Systems Research Institute.

ETA: Estação de Tratamento de Água

FUNASA: Fundação Nacional da Saúde.

FUNDESPE: Fundo de Saneamento de Pernambuco.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IBRAF: Instituto Brasileiro de Frutas.

OPAS: Organização Panamericana de Saúde.

PNCDA: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água.

SAA: Sistema de Abastecimento de Água.

SANEAGO: Saneamento de Goiás.

SANEPE - Saneamento do Interior Pernambucano S/A

SANER - Saneamento do Recife S/S

SGBD: Sistema de Gerência de Banco de Dados.

SNIS: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento.

Sumário

RESUMO	III
ABSTRACT	IV
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	V
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	VIII
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Motivação	12
1.2 Objeto de Estudo	13
1.3 Justificativa	15
1.4 Objetivos.....	16
1.4.1 Objetivo Principal.....	17
1.4.2 Objetivos Específicos.....	17
1.5 Estrutura do Trabalho	17
2 REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1 Água: determinante para a continuidade vital.....	19
2.2 Sistema de Abastecimento de Água - SAA.....	22
2.2.1 Sistema de Distribuição de Água.....	24
2.3 Sistemas de Informação Geográfica.....	27
2.3.1 Componentes de um SIG.....	27
2.3.2 SIG e Sistemas de Abastecimento de Água	29
2.3.3 ArcGIS	30
2.4 Cidade do Estudo de Caso	30
2.5 COMPEA (Companhia Pernambucana de Saneamento).....	33
2.6 Perdas na distribuição	35
2.7 Conclusão.....	37
3 METODOLOGIA	38

3.1	Tipo e Natureza da Pesquisa.....	38
3.2	Pesquisa Bibliográfica.....	39
3.3	Visitas à Empresa COMPESA	39
3.4	Atividades em Laboratório	40
3.4.1	Redes geométricas	40
3.4.2	Rede da cidade de Petrolina.....	41
3.5	Conclusão.....	45
4	ANÁLISES E SIMULAÇÕES	46
4.1	Manipulação dos Dados	46
4.2	Conclusão.....	59
5	CONCLUSÃO	60
6	RECOMENDAÇÕES.....	62
7	BIBLIOGRAFIA	63

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

A água é um bem vital para o sistema de sustentação da biosfera terrestre, pois tem um papel fundamental em muitas das funções que ocorrem nos organismos dos seres vivos. Como, no entanto, somente uma pequena parte da água total está à disposição da vida e mesmo essa quantidade está a diminuir progressivamente, a Terra corre o risco de esgotar a água limpa (CASACA, 2009).

Em 1950, a reserva mundial de águas continentais era estimada em 17000m^3 por pessoa por ano. Com o crescimento demográfico associado à industrialização, à tendência para a urbanização e à intensificação agrícola, os recursos de água renovável e disponível desceram para 7500m^3 por pessoa por ano em 1995 e, em 2025, devem ser inferiores a 5000m^3 por pessoa por ano (VICTORINO, 2007).

Segundo Garcia (2006), um relatório do Banco Mundial, datado de 1995, alerta para o fato de que as guerras do século XXI serão por causa da água e não por causa do petróleo ou da política, fato reforçado pesquisa realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU), em 118 países que permitiu fazer uma projeção para o ano de 2025, onde está previsto que 17 países não terão água suficiente para manter o nível de produção agrícola nem satisfazer as suas necessidades industriais e domésticas, e outros 50 países verão comprometido seriamente o seu desenvolvimento. A ONU aponta duas soluções básicas para diminuir a escassez de água para consumo: aumentar a sua disponibilidade e utilizá-la mais eficazmente (VICTORINO, 2007).

Com relação ao uso eficaz da água, em todo o mundo, no setor de saneamento básico, principalmente nos segmentos de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, ocorrem perdas significativas de energia e de água, que são inerentes às suas atividades de engenharia e gestão. As perdas de água nos sistemas de abastecimento no Brasil, que correspondem às físicas e por consumos não contabilizados, são da ordem de 40%, chegando a alcançar 70% em algumas cidades do país, geralmente, devido a tubulações antigas que apresentam

frequentes vazamentos e rompimentos. Diante dessa situação torna-se imprescindível a gestão eficiente de sistemas de abastecimento de água (GOMES, 2005).

Uma gestão eficiente fundamenta-se em transformar, em ações eficazes, as decisões tomadas a partir do conjunto de informações de que se dispõe acerca de uma dada proposição. Tal pressuposto torna evidente a necessidade de inter-relacionar as diversas informações disponibilizadas para uma análise conjunta das interferências e soluções.

Uma forma eficaz de interligar informações provindas de uma rede de distribuição de água, possibilitando a visualização de todos os elementos da rede e de suas características, a geração de estatísticas, controle do número de válvulas de um determinado modelo e diâmetro, a gestão de consumidores e do parque de hidrômetros, o acompanhamento do estado de funcionamento do sistema, entre outros, é o gerenciamento global da rede de abastecimento de água baseado no Sistema de Informação Geográfica, que com essa interface, pode facilmente permitir a identificação de situações extremas (melhores e piores), e de suas causas, e também permitir a rápida tomada de medidas preventivas ou corretivas (DORCA, LUZIVOTTO e ANDARADE, 2002).

Enfim, a necessidade de buscar-se metodologias e ferramentas que possibilitem uma melhoria na gestão de sistemas de abastecimento de água e, conseqüentemente, contribuir para evitar sua escassez, atuou como principal motivador na execução desta pesquisa.

1.2 Objeto de Estudo

A utilização da água para o abastecimento humano pode ser considerada o uso mais nobre para o recurso. Apesar disso, no Brasil, mesmo ocorrendo um índice baixo de municípios sem qualquer tipo de rede de abastecimento de água (em área urbana), em torno de 2%, quando se analisa condições de tratamento, eficiência e número de domicílios atendidos, a situação fica preocupante (FERREIRA, 2007).

Esta afirmação é ratificada pelo fato do investimento em programas de combate à perdas de água na rede, em termos nacionais, ser muito alto, em torno de 40%. O alto índice de perdas de água na rede de distribuição se deve

basicamente a dois fatores: o primeiro é o fato de que as maiorias das empresas que prestam o serviço de abastecimento de água são de domínio público, e o outro é o baixo valor da água para as empresas do setor (FERREIRA, 2007).

Além da eficiência dos sistemas, a qualidade e a quantidade de água servida à população podem ter impactos diferenciados sobre a saúde, estando muitas vezes relacionados. Por exemplo, a irregularidade do abastecimento de água de uma determinada área urbana pode permitir a introdução de agentes patogênicos na rede de distribuição de água (BARCELLOS, COUTINHO, *et al.*, 1998).

A prestadora do serviço de abastecimento de água é a responsável pela garantia da qualidade e da prestação do mesmo. Para isso, várias áreas de atividades distintas e que manipulam diferentes informações diariamente se fazem necessárias, tais como: sistema de informação de clientes, projetos e planejamento, operação e manutenção do sistema hidráulico (redes e dispositivos) gerência de infra-estrutura, gerência de fugas, além da gerência administrativa (DORCA, LUZIVOTTO e ANDARADE, 2002).

Logo, o conjunto destas informações deve ser disponibilizado ao gestor permitindo assim tomadas de decisões locais e globais, possibilitando o gerenciamento do sistema. Porém, isso geralmente funciona apenas no projeto, porque, na prática, o que ocorre é que quase nunca gestores conseguem reunir todas as informações necessárias ou, quando assim for, as mesmas não estão mais atualizadas para que, a partir dela, seja tomada a decisão mais cabível de acordo com a situação e o momento.

A experiência de funcionários antigos nos setores de operação e manutenção facilita, na prática, o descobrimento do que fazer e o como operar em determinados casos que ocorrem no sistema da Companhia. Tais funcionários são conhecedores empíricos da rede e de suas peculiaridades. Dessa forma, o setor cria uma dependência desses funcionários e a tomada de decisão fica apoiada no empirismo e na improvisação (BARROS FILHO, SÁ e GOMES, 2004).

Contudo, todas as informações envolvidas na rede de distribuição podem ser agrupadas, atualizadas, disponibilizadas e modificadas pelos gestores através dos Sistemas de Informação Geográfica, que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial na superfície terrestre e representada numa projeção cartográfica.

Enfim, baseado no que foi exposto, definiu-se, como objeto de estudo, o uso de Sistemas de Informações Geográficas como ferramenta auxiliar na gestão de sistemas de distribuição de água, buscando o aumento da eficiência como meio para combater sua escassez. Além disso, foi definido, como estudo de caso, a aplicação do SIG no sistema de distribuição de água da cidade de Petrolina, PE.

1.3 Justificativa

A água do planeta está assim distribuída: 97,5% de água salgada nos oceanos, 2,5% de água doce, sendo que, 2% destes estão nas geleiras e apenas 0,5% está disponível nos corpos d'água de superfície (rios e lagos) e no subsolo (CASACA, 2009).

A possível escassez de água tem levado a uma série de mudanças em todos os setores da sociedade envolvidos, priorizando-se, cada vez mais, um aumento na eficiência do seu uso. Nesse aspecto, inclui-se o sistema de abastecimento de água (SAA)¹, o qual apresenta uma série de perdas, um dos principais indicadores de desempenho operacional das empresas de saneamento em todo o mundo, desde a captação da água ao consumidor final (OLIVEIRA, REIS, *et al.*, 2009).

Além das perdas, que representam o maior problema enfrentado pelos SAA, existem também muitas outras situações onde se faz necessária a coleta e armazenagem de informações e a rápida tomada de decisão e implementação de soluções.

Os principais aspectos relacionados com o gerenciamento da rede de distribuição de água são listados abaixo (SILVA, MONTEIRO, *et al.*, 2003):

- Controle da rede – para pequenos sistemas, a existência de medidores de nível dos reservatórios, medidores de vazão na entrada dos setores de abastecimento e de pressão de jusante, já são considerados satisfatórios para seu controle. À medida que o sistema vai se tornando mais complexo, há necessidade de sofisticar o controle, utilizando-se, por exemplo, instrumentos de telemetria, equipamentos de armazenar dados, etc.

¹ SAA: Sistema de Abastecimento de Água.

- Cadastro – a manutenção de um cadastro confiável do sistema é essencial para possibilitar um perfeito controle do sistema de distribuição.
- Softwares de análise custo-benefício – softwares que executam os cálculos das perdas físicas por vazamento nos sub-setores, simulam as perdas com as novas condições de perfil de pressão, estimam a economia de água e calculam a relação custo x benefício, mostrando o período de retorno do investimento.
- Modelação matemática – ferramenta muito útil para simulação do comportamento hidráulico de uma rede de distribuição e pode auxiliar no dimensionamento e na escolha do sistema de controle de pressão e serve para simulações de condições operacionais excepcionais.
- Manutenção do sistema – como o sistema de distribuição sofre contínuas mudanças ao longo do tempo, há necessidade de um processo contínuo de controle da rede, sendo necessária a criação de um plano de manutenção, abrangendo o levantamento de um histórico do comportamento dos equipamentos do sistema, bem como das pressões nos pontos médios e nos pontos críticos, além das vazões medidas nas entradas de válvulas redutoras de pressão.

Pode-se então verificar que, para uma melhoria na gestão dos SAA se faz necessária a análise rápida e precisa de uma quantidade grande de informações. Como estas informações guardam, direta ou indiretamente, relação geográfica com algum ponto específico do globo, justifica-se então a utilização de um Sistema de Informações Geográficas.

1.4 Objetivos

De acordo com o exposto anteriormente, foi estabelecido, o objetivo principal para este trabalho. Além disso, foram definidos também objetivos específicos que permitiram o atingimento do objetivo principal. A seguir, são apresentados estes objetivos.

1.4.1 Objetivo Principal

Apresentar os SIGs como potenciais ferramentas para o planejamento e operação de um SAA, demonstrando suas capacidades e aplicando-o a um estudo de caso na cidade de Petrolina, situada em Pernambuco.

1.4.2 Objetivos Específicos

O objetivo principal pôde ser atingido através da realização dos seguintes objetivos específicos:

- Consulta à literatura sobre o tema proposto;
- Capacitação na ferramenta SIG, especificamente com o *software* ArcGIS;
- Criação de um modelo (protótipo), baseado na rede de distribuição da cidade de Petrolina, para execução de simulações;
- Avaliação dos resultados da aplicação.

1.5 Estrutura do Trabalho

Esse trabalho está estruturado em mais cinco capítulos além desse capítulo introdutório.

O segundo capítulo traz um resumo teórico dos conceitos que norteiam esse trabalho e a revisão bibliográfica abordando os temas de rede de abastecimento e Sistemas de Informações Geográficas.

O terceiro capítulo foi destinado a expor a metodologia utilizada para realização deste trabalho.

O quarto capítulo apresenta os resultados alcançados com a execução da atividade proposta e a análise dos mesmos.

Por fim, o quinto capítulo expõe as conclusões sobre os resultados obtidos, apresentando as limitações deste e como este pode ser explorado para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão abordados conceitos importantes a respeito da água, do gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água e dos Sistemas de Informações Geográficas. Além disso, será exposta também a revisão bibliográfica realizada acerca dos trabalhos ligados a este tema. Inicialmente, será exposta a constituição de um sistema de abastecimento de água (SAA) e será pormenorizada a composição de uma rede de distribuição de água. Em seguida, serão abordados os SIGs e a Empresa de distribuição de Petrolina.

2.1 Água: determinante para a continuidade vital

A necessidade de água para as diferentes atividades humanas, a exemplo do uso doméstico, industrial e agrícola, está aumentando mais rapidamente que o crescimento da população mundial. Porém, a disponibilidade deste recurso natural é cada vez menor, tanto no aspecto qualitativo como no quantitativo. Só no século passado, o aumento demográfico triplicou, o que ocasionou o aumento de fábricas, mais desperdício, mais irrigação nas lavouras e aumento do consumo por outras áreas (FUNASA, 2006)².

A Figura 1 mostra a divisão de água existente mundialmente, onde 97,20% correspondem à salgada e impossível ao consumo humano e somente 2,8% é de água doce, estando armazenados nas calotas polares, rios e lagos, atmosfera e água subterrânea. Sua utilização pelo homem transforma-a, de potável, em residuária ou esgoto, pela introdução de substâncias indesejáveis de caráter físico (temperatura), químico (matéria orgânica e sais inorgânicos) e principalmente microbiológico (vírus, bactérias, protozoários e vermes) que alteram sua qualidade (VICTORINO, 2007).

² FUNASA: Fundação Nacional da Saúde.



Figura 1: Distribuição de água no mundo.
Fonte: (VICTORINO, 2007).

Sabe-se que, na realidade, temos como água potável apenas 0,03% do total de água do planeta. A Tabela 1 mostra aproximadamente esses volumes. Essa pequena quantia deveria receber todos os cuidados possíveis, no entanto, não é isso o que vemos, em quase todos os continentes, os principais aquíferos estão sendo exauridos com uma rapidez maior do que sua taxa natural de recarga.

Tabela 1: Distribuição da água na Terra.

TIPO	OCORRÊNCIA	VOLUME (Km ³)
Água doce superficial	Rios	1250
	Lagos	1125000
Água doce subterrânea	Umidade do solo	67000
	Até e abaixo de 800 m	4164000
Água doce / Gelo	Geleiras e glaciais	29200
Água salgada	Oceanos	1320000000
	Lagos e Mares salinos	105000
Vapor de água	Atmosfera	12900
TOTAL		1360000000

Fonte:(VICTORINO, 2007).

O Brasil é um país privilegiado em termos de quantidade de água, pois conta com 28% da disponibilidade sul-americana e com 12% das reservas de água do mundo. No entanto, não podemos esquecer que o crescimento da população faz com que o risco de escassez também nos atinja. Entre 1970 e 2000 o Brasil passou de uma população urbana de 55% para 82% do total da população e muitas dessas pessoas vivem em áreas onde falta água potável essencial à sua sobrevivência (VICTORINO, 2007).

Para a Organização Panamericana de Saúde (OPAS), todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas, têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e seguro (OPAS, 2001). O Plano Diretor Participativo Territorial de Petrolina, 2006, acrescenta que o serviço deve ser assegurado pelo prestador público de abastecimento de água, garantindo a oferta domiciliar para consumo residencial regular e outros usos, em quantidade suficiente para atender às necessidades básicas e diárias, como é demonstrado na Tabela 2, que mostra a variação entre a quantidade de consumo mínima e máxima diária, com qualidade compatível com os padrões estabelecidos em planos e programas federais e conforme as normas técnicas vigentes (COELHO, 2006).

Tabela 2: Necessidade de água por dia.

Necessidades de água p/dia (l)	
Água de beber	2-3
Asseio corporal	25-32
Lavar roupa	20-30
Limpeza de casa e utensílios de cozinha	20-30
TOTAL DIÁRIO	70-100

Fonte: (FRANCA, 2008).

Os recursos mundiais acessíveis de água estão a diminuir devido à sua sobre-utilização e poluição. O equilíbrio entre a procura (consumo) e a oferta (recursos) começa a deixar de existir. Mais de 30 países sofrem de uma séria crise crônica de falta de água. A restauração dos recursos naturais degradados é mais difícil do que sua conservação; e, muito deles, como a água, não se consegue restaurar, quando termina é para sempre. A aparente abundância de água na natureza talvez justifique, em parte, a negligência histórica dos seres humanos nas suas relações com os recursos hídricos (VICTORINO, 2007).

Dada a importância desse bem de necessidade vital que é a água, é necessário que se dedique mais atenção, pesquisas e investimentos no sentido de tornar o processo de captação e distribuição mais racional, eliminando os desperdícios e aumentando sua qualidade.

2.2 Sistema de Abastecimento de Água - SAA

O sistema de abastecimento de água é constituído das seguintes partes principais (DAE, 2010)³:

- Captação;
- Adução;
- Tratamento;
- Reservatórios e
- Redes de Distribuição.

A captação é o local onde equipamentos são colocados junto ao manancial, que pode ser um rio, um lago ou uma represa, um poço ou qualquer curso de água, onde se coleta a mesma em seu estado natural e que chamamos de bruto, e que é enviada, geralmente através de bombas de recalque ou por gravidade, para o tratamento.

A canalização que sai da captação e vai até a Estação de Tratamento de Água (ETA) é chamada de linha de adução ou adutora.

Para o funcionamento das fases de tratamento (mistura rápida, coagulação, floculação, decantação, filtração, fluoretação e desinfecção) a água bruta é recebida na ETA, em uma caixa de chegada e, através de canaletas, passa por um medidor de vazão (vazão = volume de água que passa em um determinado tempo), chamado "Calha Parshall", que age também na mistura rápida dos produtos de cloro, cal hidratada e sulfato de alumínio, que foram colocados antes dela para facilitar o tratamento.

Após a mistura rápida dos produtos adicionados à água, ocorre o fenômeno da coagulação, que é uma reação química com as partículas suspensas na mesma, passando por compartimentos apropriados chamados floculadoras, onde se processa a mistura lenta e a floculação, que é uma reação físico-química que permite o crescimento de aglomerados precipitantes chamados flocos e que são de rápida decantação.

³ DAE – Departamento de Água e Esgoto

Esta água floculada entra então em outras camadas maiores, denominadas decantadores, onde existe uma espécie de colméia (módulo tubular) na qual vão se depositar os flocos formados, tornando a água já quase apropriada para o consumo.

Nessa primeira etapa do tratamento há a eliminação de quase a totalidade dos fatores de contaminação, tais como: partículas em suspensão, de origem orgânica, causadoras da turbidez da água; colóides e pigmentos responsáveis pela coloração intensa; algas e organismos vegetais; substâncias geradoras de odor e sabor; bactérias e organismos patogênicos e precipitados químicos com remoção de bário, boro, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, zinco, entre outros.

Ainda para melhorar essa água decantada ela vai a filtros, do tipo rápido de gravidade, onde se processa a filtração em camadas de areia e carvão especiais. Os filtros são lavados periodicamente por entrada de água limpa em sentido inverso.

Após a filtração, a água recebe cal hidratada para a correção do seu pH, que geralmente é ácido, pela aplicação inicial do sulfato de alumínio, elevando-o para ligeiramente alcalino (pH=7,5). Aplica-se também o ácido fluossilícico para a fluoretação de nossas águas, no intuito de diminuir em muito o índice de cárie dentária.

Como última fase de tratamento há a desinfecção da água pela aplicação de cloro gasoso para a eliminação de microorganismos (bactérias) patogênicos e que resistiram às etapas anteriores do tratamento, tornando assim a água potável e, portanto, própria para consumo.

A água assim tratada é ainda controlada por exames de laboratório que atestam a sua potabilidade através de exames físicos, químicos e bacteriológicos, sendo então liberada para a população.

Após o tratamento ela vai a reservatórios semi-enterrados nos próprios terrenos da ETA. Existem também reservatórios elevados (castelo) e é a partir deles que a água é distribuída à população, através da rede de canalização em diâmetros diversos, que correm pelas ruas da cidade.

Todo o processo da captação à distribuição exige despesas de pessoal, equipamentos, materiais, energia elétrica, produtos químicos e controles laboratoriais além do perigo de escassez do produto, por isso é que precisa-se pensar no uso racional da água, evitando os desperdícios desnecessários.

2.2.1 Sistema de Distribuição de Água

O conceito de distribuição da água deve contemplar diferentes escalas de planejamento e implementação, que são complementares, e não exclusivas. Em todos os casos, sua distribuição significa prover o acesso mais equitativo a um bem fundamental à vida, não importando a quantidade nem o provedor, que pode ser vista em três escalas (CAGNIN, 2006):

- Na pequena escala, trata-se de prover água às residências e comunidades rurais dispersas no território, através de fontes hídricas e sistemas de abastecimento isolados e locais, não havendo espaço para a implementação de aduções longas e onerosas, beneficiando cada um dos poucos habitantes.
- Em escala intermediária, distribuir água significa tratá-la e depois suprir as cidades, tarefa das companhias de saneamento sob a égide dos municípios e dos estados. Essa escala exige planejamento, financiamento, cobrança e garantia de suprimento, pois envolve riscos concentrados para a população em termos de saúde, emprego e renda.
- Numa escala similar, mas de natureza distinta, a distribuição ocorre das fontes hídricas até os centros consumidores, por meio de canais e adutoras. Trata-se, nesse caso, de água bruta, sem tratamento, e os consumidores são usuários diversos: companhias de saneamento, indústrias e áreas agrícolas. Aqui, são os estados e o governo federal, em geral, os promotores da distribuição da água no território, envolvendo, muitas vezes, a modificação das condições da fonte supridora e a captação em pontos distantes.

Após o tratamento, a água é armazenada, inicialmente, em reservatórios de distribuição para, depois, ser conduzida até os reservatórios de bairros. Estes, por sua vez, estão estrategicamente localizados dentro das cidades. Desses locais, a água segue por tubulações maiores, denominadas adutoras, e daí entram nas redes de distribuição para chegar até o consumidor final. Geralmente o armazenamento é feito em caixas d'água (BARROS, 1995).

Os reservatórios de distribuição permitem armazenar a água para atender às seguintes finalidades:

- Atender às variações de consumo;
- Atender às demandas de emergência;
- Manter pressão mínima ou constante na rede.

O reservatório pode ser posicionado de forma a suprir as horas de maior consumo e ainda contribuir para diminuir os custos com a rede de distribuição. Os reservatórios permitem a continuidade do abastecimento quando é necessário interrompê-lo para manutenção em unidades como captação, adução e estações de tratamento de água. Podem também ser dimensionados para permitir o combate a incêndios, em situações especiais, em locais onde o patrimônio e segurança da população estejam ameaçados.

Alguns cuidados devem ser tomados para a conservação dos reservatórios e para evitar que ele se torne um ponto de recontaminação, tais como:

- Impermeabilização cuidadosa das paredes;
- Localização em áreas onde não ocorram inundações;
- Afastamento das águas de chuvas;
- Proteção dos acessos;
- Proteção dos dispositivos de descarga e extravasão para impedir entrada de animais ou de águas poluídas provenientes de atividades das vizinhanças.

A rede de distribuição é a estrutura do sistema mais integrada à realidade urbana, e a mais dispendiosa. É constituída de um conjunto de tubulações interligadas instaladas ao longo das vias públicas ou nos passeios, junto aos edifícios, conduzindo a água aos pontos de consumo (moradias, escolas, hospitais, escolas, entre outros).

A instalação das tubulações nas valas deve prever o seu recobrimento adequado com uma camada de terra, de forma a absorver o impacto de cargas móveis (automóveis, caminhões, tratores).

A qualidade da água na rede de distribuição deve ser resguardada, e para isso são necessários alguns cuidados, como:

- O sistema deve ser projetado, construído e operado de forma a manter pressão mínima em qualquer ponto da rede;

- Os registros e dispositivos de descarga devem ser projetados e convenientemente posicionados para permitir manutenção e descarga sem prejudicar o abastecimento;
- O sistema deve estar protegido contra poluição externa; durante a execução da rede e durante os reparos, substituições, remanejamentos e prolongamentos, devem ser tomados os cuidados necessários para impedir a ocorrência de contaminação;
- A desinfecção das tubulações, por ocasião do assentamento e dos reparos, deve ser feita com uma solução concentrada de cloro (50 mg de cloro por litro) durante 24 horas. Após esse período, essa solução é descarregada, enchendo-se a canalização com água limpa. Toda a operação deve ser controlada por exames bacteriológicos;
- As tubulações de água potável devem ser assentadas em valas situadas a uma distância mínima de 3,0 m da tubulação de esgoto, para evitar contaminação. Quando isso não for possível, recomenda-se adotar outras soluções como por exemplo:
 - Rede de água colocada em nível superior à rede de esgotos;
 - Localizar a rede de água em um terço da rua e a rede de esgoto no terço oposto;
 - É importante testar a estanqueidade das tubulações após o seu assentamento;
 - Em alguns casos, como por exemplo, arruamentos pavimentados com grande largura, podem ser mais vantajoso e econômico situar a rede de água nas calçadas.

Em geral as juntas das tubulações não resistem a pressões de fora para dentro (subpressões). Em sistemas em que o fornecimento de água não é contínuo, nas horas em que não houver abastecimento haverá pouca ou nenhuma pressão na rede, podendo até ser negativa. Nessas ocasiões, há perigo de penetração ou sucção de água contaminada para dentro da rede.

Assim, as boas condições de operação do sistema, evitando interrupções, diminuem a possibilidade de contaminação da rede.

Na rede de distribuição, os materiais mais utilizados são o PVC (Policloreto de Vinila) e o ferro fundido. A escolha é feita de acordo com as exigências de projeto (vazão, pressão de trabalho) e de um estudo econômico.

2.3 Sistemas de Informação Geográfica

Geoprocessamento é um termo, quase que exclusivamente, utilizado no Brasil e que denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas. Sob esta visão, os Sistemas de Informação Geográfica - SIG são tecnologias de Geoprocessamento que lidam com informação na forma de dados geograficamente referenciados. De maneira simples, pode-se dizer que SIG é um sistema baseado em computador, que armazena e processa dados que descrevem lugares e eventos sobre a superfície da Terra (LOVATO, ARANHA e GOES, 1992).

A finalidade principal de um SIG é fornecer suporte às tomadas de decisões baseados em dados espaciais. Por exemplo, um gerenciamento de recursos hídricos pode usar o SIG para reunir dados na forma de um mapa de um potencial hídrico de uma bacia hidrográfica para decidir prioridades para exploração futura. Naturalmente, o SIG é uma ferramenta valiosa em gerenciamento de bancos de dados georreferenciados para coletar, manter e usar dados espaciais, bem como para gerar produtos cartográficos padronizados e personalizados (TIBÚRCIO e CASTRO, 2007).

2.3.1 Componentes de um SIG

Os componentes básicos de um SIG são: Interface com usuário, Entrada e Integração de Dados, Consulta e Manipulação, Saída de Dados e Sistema de Gerência de Banco de Dados (SGBD). Cada sistema de informações geográficas, em função de seus objetivos e necessidades, implementa estes componentes de forma distinta, mas todos estão presentes em um SIG (CÂMARA, 1995).

A interação do usuário com o sistema pode ser através de uma interface gráfica com menus ou através de uma linguagem de comandos, onde o usuário determina uma sequência de operações e ser executada (BARBOSA, 1997).

Na entrada e integração de dados realiza-se a conversão de dados externos para um formato interno de trabalho do SIG. Os dados externos podem estar na forma de mapas e tabelas de atributos em papel, arquivos de mapas digitalizados, imagens de satélites, fotografias, entre outros. Devido à diversidade de fontes e formatos, a entrada de dados é a maior restrição na implementação de um projeto em ambiente de SIG, pois o investimento necessário para a construção de uma base de dados de grande porte pode ser de 5 a 10 vezes superior aquele necessário para a aquisição de *hardware* e *software* juntos. Uma operação necessária e importante, executada pelo componente de entrada é a compatibilização de localização entre os diversos dados que estão sendo integrados. O componente de entrada e integração interage diretamente com o componente Sistema de Gerência de Banco de Dados (SGBD), descrito a seguir (ARONOFF, 1989).

O componente sistema de gerência de banco de dados é responsável pelo armazenamento e recuperação dos dados no banco de dados geográfico digital do SIG. Para que estes dados tenham uso prático, é necessário que o SGBD possua as seguintes características: eficiência (acesso e modificações de grandes volumes de dados); integridade (controle de acesso por múltiplos usuários); e persistência (manutenção de dados por longo tempo, independentemente dos aplicativos que acessem o dado).

O componente de consulta e manipulação interage com o SGBD para extrair as informações desejadas pelo usuário. Fazem parte deste módulo as funções de processamento de imagens, consulta e análise espacial.

Para permitir análises interativas, visualizar resultados de consultas e manipulações, gerar relatórios e mapas, os SIGs possuem um módulo de saída. Com o aprimoramento da tecnologia de geoprocessamento, alguns formatos de intercâmbio de dados estão se estabelecendo como padrões de fato, e isto tem permitido o uso de pacotes específicos, como por exemplo pacotes estatísticos, fora do ambiente do SIG. A conversão dos dados do formato interno para um formato de intercâmbio é feita por rotinas do componente de saída.

2.3.2 SIG e Sistemas de Abastecimento de Água

A gestão dos sistemas de abastecimento de água pode ser feita em um ambiente SIG, pois a partir de uma base georreferenciada há diversas possibilidades para manuseio das informações, como a visualização completa da rede, suas características, visualização dos dados dos usuários, simulação do funcionamento do sistema e análise e verificação da disponibilidade de água no sistema de abastecimento (DORCA, LUZIVOTTO e ANDARADE, 2002).

Pode existir uma indistinção da ferramenta SIG com a CAD (Computer Aided Design). Esta captura, modifica ou cria desenhos eletrônicos georreferenciados e pode associar atributos aos elementos, mas é incapaz de realizar operações espaciais, organizar e manipular as relações topológicas e ligar conjuntos de dados diferentes utilizando a localização geográfica como chave de ligação, processos que são executáveis em um ambiente SIG (FERREIRA, 2005).

Além disso, como a prestação do serviço de abastecimento de água à população envolve o manuseio de grande quantidade de informação proveniente de fontes de distintas naturezas, os SIGs são uma forma de interligar essas informações a uma base espacial que relaciona e atualiza dados geográficos ou alfanuméricos através de uma interface gráfica bem amigável na maioria das vezes. O que oferece ao administrador (urbanista, planejador, engenheiro) uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance.

Verifica-se que a simulação computacional é uma representação de uma situação real através de um modelo matemático. Assim, é possível, em ambiente SIG, executar simulações hidráulicas de uma rede de abastecimento de água o que pode facilitar a análise do funcionamento da rede de distribuição de água, auxiliando aos engenheiros a avaliar, prevenir e dar manutenção no sistema de distribuição (COSTA e SANTOS, 2008).

2.3.3 ArcGIS

Este software foi desenvolvido pela empresa Environmental Systems Research Institute (ESRI) para efetuar análises em ambiente de SIG. O ArcGIS é um conjunto integrado de produtos de software SIG para construir o um Sistema de Informações Geográficas, possibilitando a utilização de funcionalidades SIG onde quer que sejam necessárias, que trabalha com uma base geográfica composta por entidades geométricas (pontos, linhas e polígonos) – no posto de trabalho, servidores, aplicações, na Internet ou no terreno.

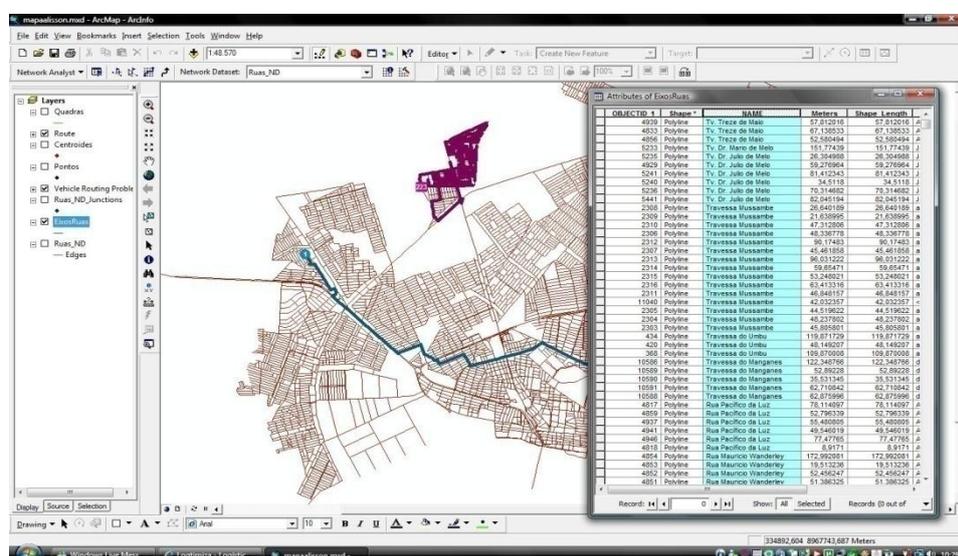


Figura 2: Tela do ArcGIS.

A versão utilizada no trabalho foi a 9.3 e a Figura 2 expõe a uma interface entre o ArcGIS e o usuário.

2.4 Cidade do Estudo de Caso

Os municípios da área do Nordeste, em sua maioria, são abastecidos por mananciais superficiais. Do total de 1.892 municípios, 1.133 (60%) são abastecidos por essas águas. Um exemplo disso é o rio São Francisco que atualmente é responsável pelo atendimento de 111 sedes municipais localizadas próximo às suas

margens, além de constituir o principal manancial para o abastecimento de água do sertão e agreste de Pernambuco.

O Estado de Pernambuco possui sua porção oriental inserida na Região Hidrográfica do São Francisco, com clima semi-árido e pequenas disponibilidades hídricas superficiais. Entre alguns desses municípios, encontra-se Petrolina, localizada na mesorregião São Francisco e na Microrregião do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Dormentes, a sul com Estado da Bahia, a leste com Lagoa Grande, e a oeste com Estado da Bahia e Afrânio como pode ser verificado na Figura 3 que representa o mapa dessas cidades.

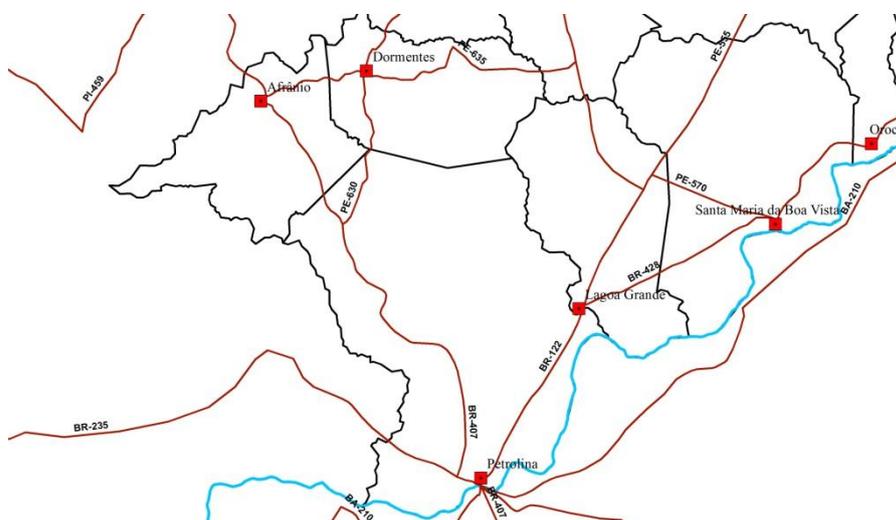


Figura 3: Cidades que cercam Petrolina em Pernambuco

A área municipal ocupada pela cidade em questão é de 4737,1 km² e representa 4.81 % do Estado de Pernambuco, distando 722 km da capital, cujo acesso é feito pela BR-232/110; PE-360; e BR-316/428/122.

Na agricultura, é atualmente uma grande produtora de frutas em nível nacional, sendo líder na produção de uva de mesa, como pode ser visto pela Tabela 3 que demonstra o crescimento participativo do Vale (Petrolina/Juazeiro) nas exportações de uva no Brasil.

Tabela 3: Exportações de uvas do Vale do São Francisco (eixo Petrolina/Juazeiro).

ANO	EM kg			EM US\$1.000,00		
	VALE	BRASIL	PARTICP	VALE	BRASIL	PARTICP
1997	3.700	3.705	100%	4.700	4.780	98%
1998	4.300	4.405	98%	5.550	5.823	95%
1999	10.250	11.083	92%	7.910	8.614	92%
2000	13.300	14.000	95%	10.264	10.800	95%
2001	19.627	20.660	95%	20.485	21.563	95%
2002	25.087	26.357	95%	32.460	33.789	96%
2003	36.848	37.600	98%	58.740	59.939	98%
2004	25.927	26.456	96%	48.559	49.550	98%
2005	48.652	51.213	95%	101.912	107.276	95%
2006	59.138	62.251	95%	112.510	118.432	95%
2007	78.404	79.081	99%	168.243	169.696	99%
2008	81.595	82.242	99%	170.400	171.456	99%

Fonte:(IBRAF, 2009)⁴.

O município também apresenta uma positiva taxa de crescimento econômico (ver Tabela 4), com sua população estimada em 281851 mil no ano de 2009 (IBGE, 2008).

Tabela 4: Posição ocupada por alguns municípios nordestinos em relação ao Produto Interno Bruto e suas respectivas Unidades da Federação no ano de 2005 e 2006.

Município e respectivas Unidades da Federação	Posição ocupada em 2005	Produto Interno Bruto a preços correntes (1 000 R\$)	Posição ocupada em 2006	Produto Interno Bruto a preços correntes (1 000 R\$)
Feira de Santana/BA	14º	3 500 550	14º	3 853 347
Cabo de Santo Agostinho/PE	15º	2 852 381	15º	2 838 063
Simões Filho/BA	16º	2 237 630	19º	2.152.731
Campina Grande/PB	17º	2 222 988	16º	2 718.189
Maracanaú/CE	18º	2 196 620	17º	2 381 473
Olinda/PE	19º	1 937 881	21º	2 005.665
Vitória da Conquista/BA	20º	1 793 825	22º	1 994 780
Imperatriz/MA	21º	1 745 264	-	-
Mossoró/RN	22º	1 707 797	20º	2 127.077
Lauro de Freitas/BA	23º	1 701 790	25º	1 770 347
Candeias/BA	24º	1 698 526	18º	2 236 080
Ilhéus/BA	25º	1 648 903	29º	1 534 803
Caruaru/PE	26º	1 576 557	26º	1 761 637
Petrolina/PE	27º	1 549 823	24º	1 771 786

Fonte: (IBGE, 2008)⁵.

⁴ IBRAF- Instituto Brasileiro de Frutas.

⁵ IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

A vegetação é basicamente composta por caatinga, o clima é do tipo Tropical Semi-Árido, com chuvas de verão. O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril. A precipitação média anual é de 431,8mm (BELTRÃO, MASCARENHAS, *et al.*, 2005).

Quanto ao abastecimento de água da região, é realizada pela COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento) que faz a captação da água no Rio São Francisco.

2.5 COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento)

A história da companhia começa com a interiorização do saneamento, em termos mais efetivos, ocorreu a partir de 1949, quando o governo de Barbosa Lima Sobrinho criou o FSI - Fundo de Saneamento do Interior, destinado a financiar obras de abastecimento de água e esgotos sanitários nas localidades do interior do estado de Pernambuco, permitindo a construção ou ampliação de sistemas em vários municípios (COMPESA, 2009).

A origem da empresa deu-se em julho de 1971 através de uma lei governamental, extinguindo-se assim, o FUNDESPE - Fundo de Saneamento de Pernambuco, passando a SANER - Saneamento do Recife S/S e SANEPE - Saneamento do Interior Pernambucano S/A a funcionar com subsidiárias da nova empresa *holding*. Em julho de 1974, foi dado o último passo para consolidar o sistema de saneamento no Estado de Pernambuco, extinguiu-se o SANER - Saneamento do Recife S/S e SANEPE - Saneamento do Interior Pernambucano S/A, e transformando a COMPESA em uma empresa única. Esta situação perdura até os dias atuais.

Estabelecida, a COMPESA, uma sociedade anônima brasileira, de economia mista, fechada de capital autorizado, de utilidade pública, adotada de personalidade jurídica de Direito Privado - sendo o Estado de Pernambuco o seu maior acionista, executora da política de saneamento e concessionária dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no âmbito do Estado de Pernambuco. Essa organização é vinculada à Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e presta serviços em 184 municípios do Estado e o Distrito

Estadual de Fernando de Noronha. Entre os municípios em questão, encontra-se o de Petrolina.

A captação da água, para prestação dos serviços de distribuição e abastecimento da cidade, é realizada no Rio São Francisco. A manutenção dessa rede decorre geralmente procedida de algum problema que, na maioria das vezes, já é de conhecimento de sua clientela. O planejamento, de fato, ocorre para instalações de redes novas que serão distribuídas em loteamentos particulares que devem disponibilizar para a companhia o número de habitações e habitantes da dimensão da região, a vazão de água desejada para cada casa, entre outros itens que serão estimados para vinte anos.

Esse fato pode possibilitar fatores indesejáveis como ligações clandestinas e furos nas tubulações que venham prejudicar a distribuição causando perda de pressão e da água, como os índices apresentados na Tabela 5, que representam as perdas na distribuição de água.

Tabela 5: Índice de perdas na distribuição de água por algumas Companhias Estatais.

ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO (Ref. Ano 2000)		
CASAL	AL	55,50%
COMPESA	PE	60,00%
DESO	SE	54,20%
EMBASA	BA	41,70%
COPASA	MG	34,30%
SANEAGO	GO	35,20%

Fonte:(SNIS, 2000)⁶

São índices elevados, o que demonstra a necessidade de uma atuação efetiva para obtenção do controle dos mesmos (TEIXEIRA, SILVA, *et al.*, 2004).

A COMPESA/PE apresentou, em 2008, um índice de 57,3% com perdas de água no SAA. Ressalta-se que em 2007, essa prestadora estava entre as 10 com maiores índices de perdas (SNIS, 2008).

⁶ SNIS: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento.

2.6 Perdas na distribuição

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) é coordenado pela Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República e tem como objetivo principal promover a conservação e o uso racional da água para uso urbano. As perdas são do tipo físicas, que representam a parcela não consumida, e não físicas, que correspondem à água consumida e não registrada (SILVA, MONTEIRO, *et al.*, 2003).

As perdas físicas originam-se de vazamentos no sistema, envolvendo a captação, a adução de água, o tratamento, a reservação, a adução de água tratada e a distribuição, além de procedimentos operacionais como lavagem de filtros e descargas na rede, quando estes provocam consumos superiores ao estritamente necessário para operação, como exemplifica a Tabela 6.

Tabela 6: Exemplos de perdas físicas.

Parte do Sistema	Origem
Captação	Limpeza do poço de sucção Limpeza da caixa de areia
Adução de água bruta	Vazamentos nas tubulações
Tratamento	Vazamentos na estrutura Lavagem de filtros Descarga de lodo
Reservação	Vazamentos na estrutura Extravasamentos Limpeza
Adução de água tratada	Vazamentos nas tubulações Limpeza de poço de sucção Descargas
Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas

Fonte: (SILVA, *et al.*, 2003).

De um modo geral, os principais fatores que influenciam as perdas físicas nos sistemas de abastecimento de água são (SILVA, MONTEIRO, *et al.*, 2003):

- Variações de pressão/ altas pressões;
- Condições físicas da infra-estrutura (material, idade, entre outros);
- Condições de tráfego e tipo de pavimento sobre a rede;

- Qualidade dos serviços (mão-de-obra e material empregado), tanto na implantação da rede quanto na execução de reparos;
- Agilidade na execução dos reparos;
- Condições de gerenciamento (método de coleta e armazenamento de dados).

As principais causas de vazamentos nas redes de distribuição de água são expostas na Tabela 7:

Tabela 7: Vazamentos na Rede de Distribuição

Causas Internas
Estrutura e Qualidade dos Tubos, Juntas e Outros Elementos
Qualidade e estruturas inadequadas dos tubos, juntas e outros materiais
- Diminuição da resistência devido à corrosão
- Degeneração do material por envelhecimento
Projeto e Tecnologia de Montagem
Projeto inadequado
- Encaixe inadequado das juntas e outros tubos
- Reaterro mal executado
- Contato com outras estruturas (proteção inadequada)
- Métodos anti-corrosão inadequados
- Corrosão por diferentes tipos de metais
Fatores Internos nos Tubos
Pressão e qualidade da água (corrosão interna)
- Golpe de Ariete
- Mudanças de temperatura
Causas Externas
Ambiente onde os Tubos estão Instalados
Aumento de carga de tráfego
- Depressão ao redor dos tubos que ocultam os vazamentos de água
- Movimentos do solo
- Rompimento dos encanamentos
- Diferenças das condições entre o projeto e a realidade
- Excesso de tensões externas
- Poluição do solo por vazamento de esgotos de fábricas e de outras fontes
- Corrosão potencial devido à agressividade do solo
Movimentos de Terra e Desastres Naturais
Danos decorrentes de movimentos de terra de obras realizadas por outras empresas
Alterações nas condições de assentamento das tubulações devido a movimentação de terra de obras realizadas por outras empresas
Movimento do solo e ruas devido a desastres naturais

Fonte: (SILVA, *et al*, 2003).

As perdas não físicas originam-se de ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros parados ou que submedem, fraudes em hidrômetros e outras.

2.7 Conclusão

Com esse capítulo, foi possível conhecer os assuntos intrínsecos ao tema, e que foram imprescindíveis na realização do trabalho.

Já é conhecido que a água é um bem indispensável para que exista vida, no entanto, se o caminho trilhado, na maneira de utilizá-la, continuar o mesmo, sua extinção está mais próxima do que muitos imaginam, pois a água limpa não é renovável. Assim, só restam basicamente algumas saídas: a gestão eficiente na busca do uso racional e a procura por outros meios de explorar àquelas impróprias ao consumo humano, tornando-as possíveis de serem consumidas.

Como sugestão a uma gestão eficiente, alguns autores já citam a utilização dos SIGs no gerenciamento da rede de distribuição de água, com o intuito de disponibilizar e cruzar dados atuais para os gestores, possibilitando a operação e a manutenção da rede, facilitando inclusive a identificação das perdas desse processo.

As informações expressas nesse capítulo são genéricas à gestão do sistema de abastecimento de água, portanto, válidas para qualquer empresa nesse ramo. No entanto, o foco da pesquisa é a distribuição de água da cidade de Petrolina, assim o próximo capítulo diz respeito à realização das atividades ligadas ao estudo de caso.

3 METODOLOGIA

Este capítulo tratará da classificação da pesquisa e explicará a metodologia utilizada para atingir seus objetivos geral e específicos.

Para uma melhor compreensão do caminho seguido, a metodologia foi dividida em três etapas distintas. A primeira etapa abrangeu toda a pesquisa bibliográfica, através de monografias, dissertações, teses e artigos científicos, a segunda compreendeu visitas à empresa COMPESA e entrevistas informais aos responsáveis e, finalmente, a terceira, que envolveu georreferenciamento das informações e utilização de ferramentas computacionais em laboratório.

3.1 Tipo e Natureza da Pesquisa

Para a classificação da pesquisa, toma-se como base a taxionomia apresentada por Vergara, que a qualifica em relação a dois aspectos (VERGARA, 1997):

- Quanto aos fins:
 - Aplicada, pois é fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver um problema concreto, que é o de demonstrar a utilidade dos SIG na gestão de sistemas de distribuição de água.
- Quanto aos meios:
 - Laboratorial, pois, para realização do trabalho, foi necessário *software* específico e utilização de laboratório.
 - Estudo de caso, pois, está circunscrita à distribuição de água na cidade de Petrolina, sob responsabilidade da empresa COMPESA.
 - Bibliográfica, pois foram realizadas consultas sobre o tema a fontes de informação como monografias, teses, sites,

artigos científicos, livros, entre outros, a todo o momento durante a pesquisa.

3.2 Pesquisa Bibliográfica

Inicialmente, foram realizadas pesquisas bibliográficas referentes ao tema para adquirir familiaridade com os termos intrínsecos ao estudo. Todos os conceitos e definições relevantes à pesquisa, bem como os trabalhos acadêmicos realizados na área, foram descritos no Capítulo 2. Vale ressaltar que a fase de pesquisa bibliográfica acompanhou todo o período de desenvolvimento da pesquisa.

3.3 Visitas à Empresa COMPESA

O primeiro passo foi visitar a empresa prestadora do serviço de abastecimento e distribuição de água na cidade de Petrolina, a COMPESA. A primeira visita teve o intuito de saber se havia interesse, por parte da Empresa, na pesquisa e na liberação de dados. Durante a primeira visita, foi feito contato com o setor responsável pela distribuição de água, que é o de Engenharia, e o encarregado concordou em contribuir para o desenvolvimento da pesquisa.

A segunda visita teve o intuito de obter informações mais específicas de dados sobre a rede de distribuição. Foi então obtido um mapa digital da rede de distribuição de toda a cidade em formato CAD (arquivo .DWG⁷).

Durante essa visita, também foi informado, pela empresa, que utilizava o *software* EPANET, que consiste em um programa computacional que simula, estática e dinamicamente, o comportamento hidráulico de redes de distribuição bem como a qualidade da mesma no auxílio à gestão do SAA. O EPANET foi idealizado pelo National Risk Management Research Laboratory, um dos laboratórios da U.S.Environmental Protection Agency - EPA, com o intuito de: desenvolver e implementar tecnologias ambientais inovadoras e economicamente viáveis. Porém, a falta de um ambiente gráfico no EPANET, apropriado para a digitalização da rede sobre uma imagem de satélite, bem como a obtenção das características espaciais

⁷ DWG: Drawing.

dos nós da rede, podem ser citados como pontos negativos do sistema (FARIA, CALIJURI e OLIVEIRA, 2009).

Existiu a necessidade de se realizar uma terceira visita à Empresa para que fosse pormenorizado o processo de distribuição de água da cidade de Petrolina e fossem esclarecidas algumas dúvidas com relação à rede e aos equipamentos contidos na mesma.

3.4 Atividades em Laboratório

A primeira atividade realizada em laboratório foi a de familiarização com a ferramenta SIG e a verificação da possibilidade de sua utilização. O *software* escolhido, como já mencionado, foi o ArcGIS 9.3, devido às suas potencialidades e à experiência prévia por parte do orientador.

3.4.1 Redes geométricas

Com relação à manipulação de redes de distribuição de água, foi verificado que o ArcGIS possui uma ferramenta específica para isso, que é a rede geométrica (*Geometric Network*).

As redes geométricas são formadas pelas relações espaciais e topológicas entre conexões (pontos) e ligações (linhas), conforme se pode observar na Figura 4.

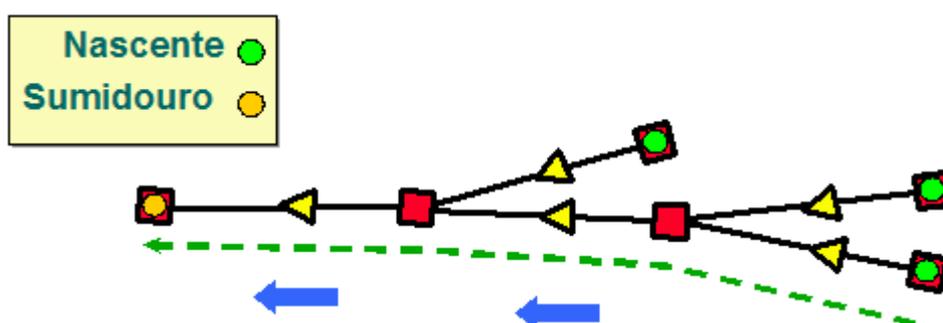


Figura 4: Rede geométrica contendo propriedades topológicas de conectividade direção e comprimento.

As redes geométricas são produzidas para se analisar fluxos e melhores opções para deslocamento, analisando-se a conectividade entre as linhas que formam a rede. Aplicações de infraestrutura tais como rede hidráulica e de esgoto,

rede elétrica, rede de telefonia e de gás utilizam os princípios de redes geométricas em SIG (FERREIRA, 2006).

3.4.2 Rede da cidade de Petrolina

Paralelamente ao aprendizado da ferramenta computacional, foi obtido, junto aos responsáveis pelo setor de engenharia da COMPESA, um mapa em formato digital contendo informações e o desenho em planta da rede de distribuição de água da cidade de Petrolina. Este arquivo foi fornecido no formato DWG (AutoCAD) e continha, entre muitas outras, camadas (*layers*) relativas a vários tipos de entidades como ruas, edificações e rede de distribuição de água. A Figura 5 mostra o mapa em formato DWG aberto utilizando o AutoCAD.

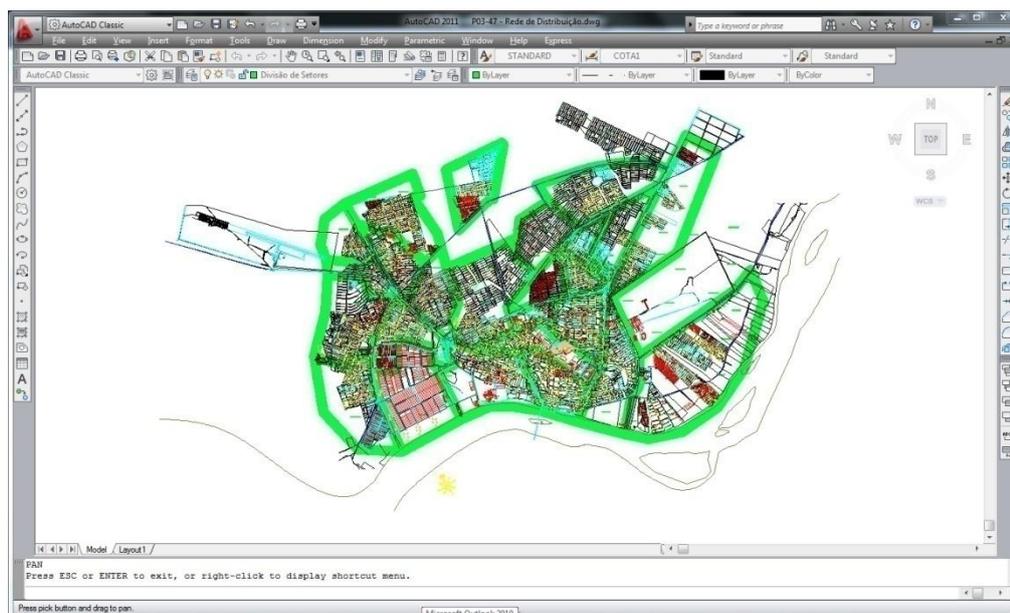


Figura 5: Mapa em formato DWG da cidade de Petrolina.

Através da utilização do AutoCAD, foram excluídas as camadas de informação irrelevantes para manipulação da rede geométrica e o arquivo DWG resultante foi convertido para o formato DXF (*Drawing Interchange Format*), para que pudesse posteriormente ser importado pelo ArcGIS e armazenado no formato nativo do SIG.

A primeira camada a ser processada foi a relativa à divisão de setores (distritos) de operação da COMPESA. A camada do arquivo DWG continha as linhas

limites dos distritos (em um total de 25) e, após ser importada no SIG, serviu como base para a criação da camada de polígonos mostrada na Figura 6.

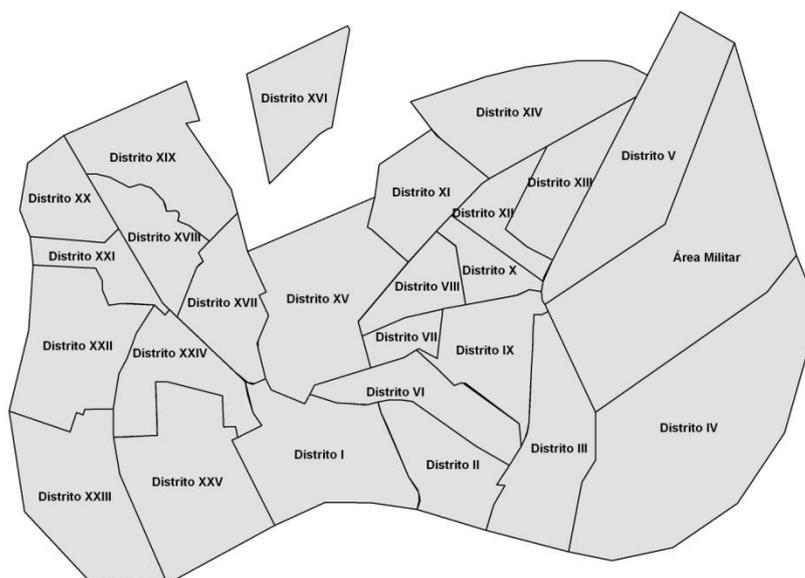


Figura 6: Divisão dos setores de operação da COMPESA.

A segunda camada criada foi a relativa às linhas troncos principais de abastecimento. Estas linhas são formadas por tubulações de diâmetros maiores (200 a 500 mm) e ligam a ETA aos reservatórios, como também os reservatórios às ramificações da rede que possuem menor diâmetro. A Figura 7 mostra os distritos e as linhas tronco (em vermelho), componentes do sistema de abastecimento.

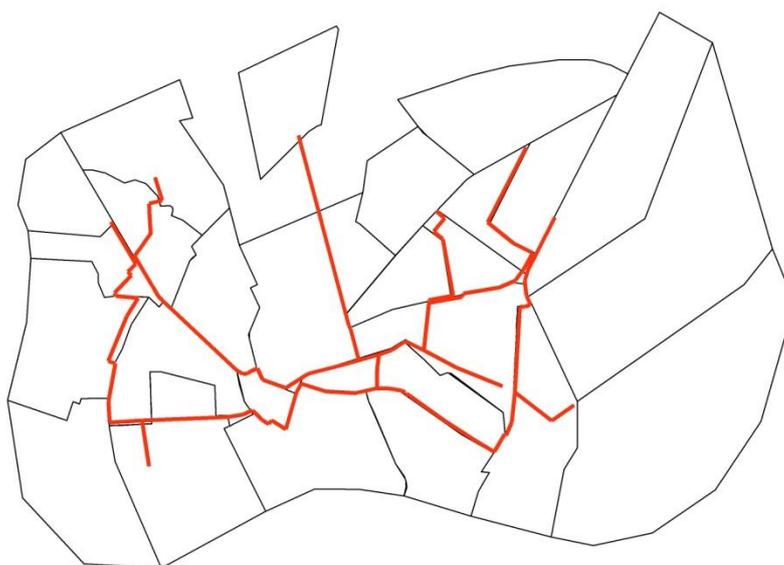


Figura 7: Linhas troncos do sistema de abastecimento de água da cidade de Petrolina.

A seguir foi criada uma camada contendo a rede de distribuição que se liga aos troncos. Esta rede é composta por tubulações de diâmetros menores (50 à 150

mm) e pode ser visualizada na Figura 8 (em verde) e na Figura 9 juntamente com os distritos e as linhas tronco. Foi construída a rede de abastecimento com o objetivo de demonstrar as potencialidades dos SIG para a gestão de sistemas de abastecimento. Esta rede foi criada tomando como base a camada “rede existente” contida no arquivo original DWG.

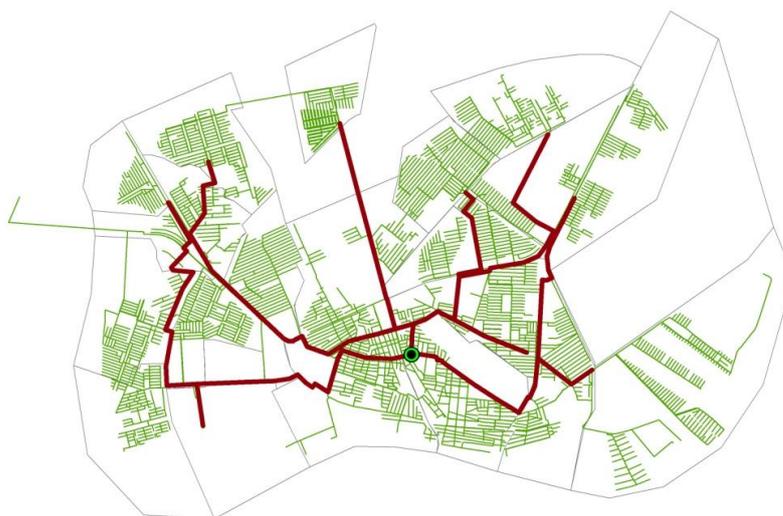


Figura 8: Rede de distribuição de água da cidade de Petrolina.



Figura 9: Detalhe da rede de abastecimento criada no SIG.

O arquivo original DWG continha, com relação à tubulação da rede de abastecimento, apenas as linhas tronco e a rede de distribuição que abastece as ruas, não possuindo então os detalhes relacionados a cada lote (unidade consumidora). Por causa disso, para parte do Distrito XVI, foi criada uma subrede para representar a ligação entre as unidades consumidoras e a rede existente nas

ruas. A Figura 10 mostra, para parte do Distrito XVI, a ligação à linha tronco, a rede de distribuição, a divisão dos lotes (em vermelho) e as ligações para os lotes.



Figura 10: Detalhe da rede de distribuição para parte do Distrito XVI.

Complementando a rede de distribuição, foi criada uma camada de informações contendo pontos que representam os hidrômetros localizados em cada um dos lotes (unidade consumidora), finalizando então o caminho completo que a água pode fazer desde o reservatório até o consumidor final. A Figura 11 mostra o detalhe de uma rua com a rede de distribuição e os hidrômetros. Tem-se a rede em verde, os lotes em vermelho e os hidrômetros representados pelos símbolos azuis.

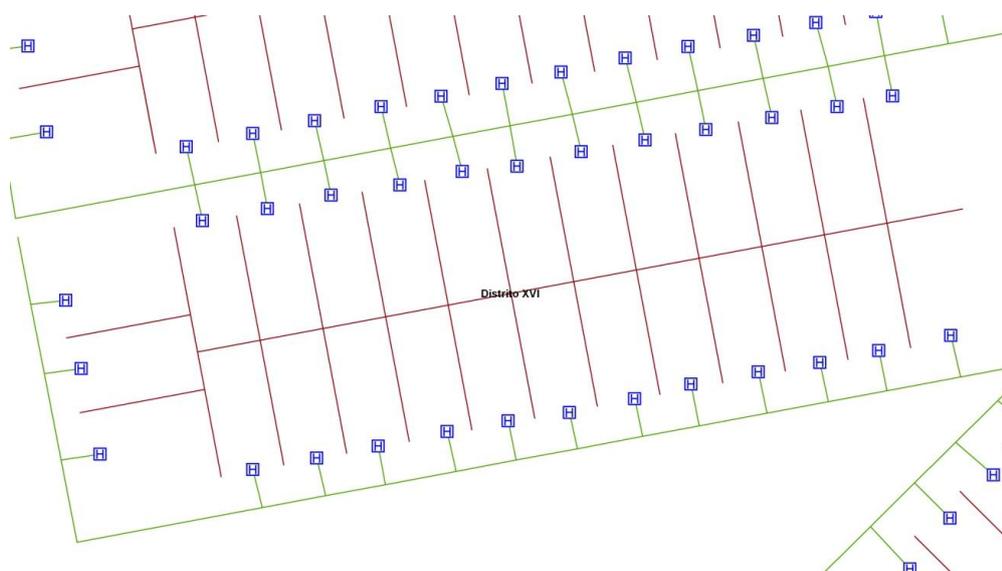


Figura 11: Detalhe da rede contendo os hidrômetros.

Finalmente, foi criada uma camada de informações contendo um ponto que representa o reservatório principal de abastecimento para a cidade de Petrolina. A Figura 12 mostra as linhas tronco (em vermelho), parte da rede de distribuição (em verde) e o reservatório de abastecimento principal R1.



Figura 12: Reservatório principal do SAA de Petrolina.

3.5 Conclusão

Diante do que foi exposto, percebe-se o tipo da pesquisa em que se enquadra o trabalho e que, para realizá-lo, foi necessária disponibilidade e persistência na procura de fontes confiáveis sobre o tema. Esse capítulo mostrou também a sequência de atividades para a realização do trabalho, através do detalhamento do que foi realizado no ambiente SIG.

A escolha da Empresa foi extremamente importante e assertiva devido à forma efetiva em participar da pesquisa através da liberação dos dados e esclarecimentos necessários à realização do trabalho.

Aqui também foi explicado como foram formadas todas as camadas e como foram dispostas no ambiente SIG dando origem à rede que é importante para a pesquisa e que servirá de embasamento para os capítulos posteriores.

4 Análises e Simulações

Este capítulo tratará da utilização dos algoritmos existentes no SIG e da manipulação das informações referentes ao sistema de abastecimento de água da cidade de Petrolina que foram inseridas na base de dados geográficos criada para este estudo de caso.

Foram realizadas, para efeito de demonstração das potencialidades do sistema, simulações e propostas de situações que podem ser encontradas em qualquer operação de um SAA.

4.1 Manipulação dos Dados

Como já foi esclarecida, uma base geográfica é composta por entidades geométricas (pontos, linhas e polígonos) que estão diretamente ligadas a um banco de dados, foram então inseridas, no banco de dados referente às linhas tronco, as informações relativas ao diâmetro das tubulações. Como mostra a Figura 13, existem também os campos “SHAPE Length” e “Enabled”, que representam, respectivamente, o comprimento de cada entidade geométrica e o seu status, que poder ser “True”, para simbolizar que o trecho está ativo, e “False”, caso contrário.

OBJECTID	Diametro	SHAPE Length	Enabled
1	500mm	483,906117	True
2	300mm	1265,84989	True
3	200mm	878,786936	True
4	400mm	690,378882	True
5	400mm	494,469572	True
6	250mm	719,276241	True
7	300mm	1254,747835	True
8	300mm	857,124278	True
9	250mm	694,848614	True
12	400mm	307,560446	True
13	400mm	504,3364	True
14	400mm	305,104103	True
15	400mm	713,551077	True
16	300mm	363,055778	True
17	300mm	562,317528	True
18	300mm	1,980042	True
19	250mm	727,769753	True
20	250mm	166,361796	True
21	250mm	76,600427	True
22	250mm	363,280438	True
23	300mm	53,3516	True
24	300mm	329,839839	True
25	400mm	316,086836	True
26	400mm	728,197357	True

Figura 13: Banco de dados referente às linhas tronco.

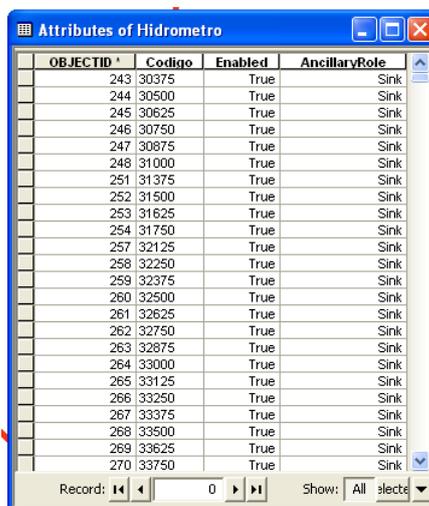
A rede que foi criada para o estudo, possui um banco de dados que a identifica e caracteriza cada componente nela existente e, com a Figura 14 verifica-se que o banco de dados contém os mesmos campos citados anteriormente, porém, as informações contidas nos campos são diferentes.

OBJECTID	Diametro	SHAPE Length	Enabled
1	50mm	581,553353	True
2	50mm	193,146171	True
3	50mm	251,922119	True
4	50mm	50,354837	True
5	50mm	51,886574	True
6	50mm	51,887446	True
7	50mm	222,275787	True
8	50mm	236,155422	True
9	50mm	247,47911	True
10	50mm	142,943958	True
11	50mm	144,890331	True
12	50mm	147,19969	True
13	50mm	52,310511	True
14	50mm	161,585034	True
15	50mm	51,690049	True
16	50mm	170,915826	True
17	50mm	52,956431	True
18	50mm	178,437051	True
19	50mm	101,528043	True
20	50mm	51,332718	True
21	50mm	52,347026	True
22	50mm	142,134414	True
23	50mm	151,193285	True
24	50mm	52,385272	True

Figura 14: Banco de dados da parte da rede utilizada na pesquisa.

A Figura 15 mostra o banco de dados da camada hidrômetro, que possui os campos: “Codigo”, que é um número identificador do equipamento, “Enabled”, que identifica se o equipamento está ativo, em caso positivo, é representado pela opção “True”, mas, em caso negativo usa-se “False”, e “AncillaryRole”, que identifica se cada ponto da camada representa uma fonte (*Source*) ou um sumidouro (*Sink*). Para

a camada de hidrômetros, todos os pontos receberam o valor *Sink* para o campo “AncillaryRole”.



OBJECTID	Codigo	Enabled	AncillaryRole
243	30375	True	Sink
244	30500	True	Sink
245	30625	True	Sink
246	30750	True	Sink
247	30875	True	Sink
248	31000	True	Sink
251	31375	True	Sink
252	31500	True	Sink
253	31625	True	Sink
254	31750	True	Sink
257	32125	True	Sink
258	32250	True	Sink
259	32375	True	Sink
260	32500	True	Sink
261	32625	True	Sink
262	32750	True	Sink
263	32875	True	Sink
264	33000	True	Sink
265	33125	True	Sink
266	33250	True	Sink
267	33375	True	Sink
268	33500	True	Sink
269	33625	True	Sink
270	33750	True	Sink

Figura 15: Banco de dados da camada hidrômetro.

A camada caixa de água possui os mesmos campos que a de hidrômetros, porém, o campo “AncillaryRole” está preenchido com *Source*, pois se trata de uma fonte.

Após a inserção das informações no banco de dados, é possível iniciar então a manipulação das mesmas. A Figura 16 mostra um mapa temático baseado no diâmetro das tubulações das linhas tronco, onde pode-se visualizar uma cor para cada diâmetro, bem como o valor do diâmetro de cada trecho.

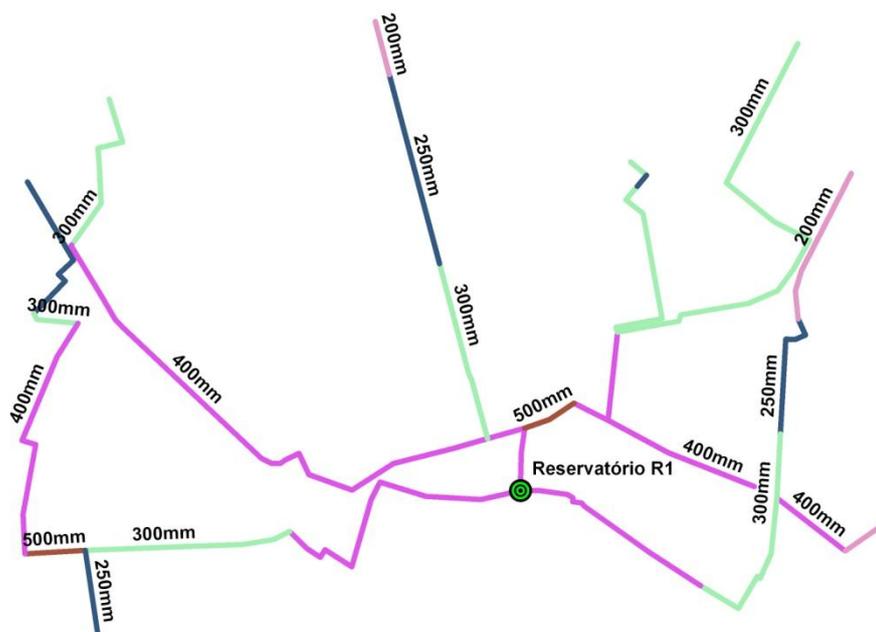


Figura 16: Mapa temático dos diâmetros das linhas tronco.

Através da Figura 16, pode-se verificar que os diâmetros das tubulações que saem do reservatório tendem a ser maiores e que, ao longo do caminho percorrido, vão diminuindo. Isso pode ser explicado, supondo neste caso, pelo fato do abastecimento ser por gravidade e que vai ocorrendo perda de carga à medida que a água vai se afastando do reservatório.

Continuando a analisar a Figura 16, verifica-se que alguns trechos das linhas tronco fogem ao raciocínio anterior, onde há a intercalização. Assim, quando as tubulações possuem seus diâmetros diminuídos, logo a seguir, liga-se, no caso, uma tubulação com diâmetro maior. Isso pode vir a ser explicado pelo erro de dimensionamento do diâmetro da tubulação ou até mesmo aumento da população provocando o aumento do trecho, assim necessitando-se de mais pressão, utilizando-se então uma tubulação com maior diâmetro com o intuito de suprir a demanda.

A Figura 17 mostra um mapa temático da rede de distribuição, onde é feita a junção da linha tronco (cor rosa), cuja tubulação possui diâmetro de 200mm, com a tubulação (cor azul) e cujo diâmetro é de 100mm, que faz a interligação para rede do bairro junto com as tubulações de diâmetro de 50mm (cor verde), que são as ramificações propriamente ditas, pois através delas são feitas as junções com tubulações de $\frac{3}{4}$ " de diâmetro que se liga aos hidrômetros



Figura 17: Mapa temático da rede de distribuição.

Vale salientar que toda camada, todo trecho ou até mesmo todo equipamento tem suas informações armazenadas, e sempre atualizadas, ampliadas ou modificadas, no banco de dados do SIG. As funções que simulam as atividades operacionais de SAA estão descritas logo a seguir.

A primeira delas é “Find Connected”, que mostra todo o conjunto de tubulações que está conectado ao trecho ou junção selecionada. Esta ferramenta é útil para encontrar-se trechos da rede que se encontram desconectados ou então que passarão a ficar desconectados caso um trecho específico seja retirado ou obstruído.

A

Figura 18 mostra a utilização dessa ferramenta, onde toda ramificação ligada ao reservatório foi sombreada pela linha de cor vermelha indicando aqueles que estão conectados. Mas, caso deseje-se realizar uma obra em determinada parte da rede e identificar quem irá ser prejudicado pela temporária suspensão do serviço, a ferramenta mostra também, e a Figura 19 possibilita a visualização dessa simulação, onde toda a área na cor verde (Distrito XVI, Pedra Linda) terá seu serviço suspenso, enquanto a de cor vermelha terá a prestação continuada.



Figura 18: Rede conectada ao Reservatório R1.



Figura 19: Identificação do trecho que está desconectado do Reservatório R1.

Outra ferramenta de simulação que pode ser utilizada é a “Find Path”, que traça a rota (sombreada com a cor vermelha) entre dois ou mais pontos, seguindo as tubulações que compõem a rede, como está presente na Figura 20. Essa ferramenta é bastante útil nos casos em que, por exemplo, ocorram problemas locais com a rede, como em ruas ou bairros ou até mesmo em apenas uma casa e a rota gerada pode determinar onde se deve colocar uma válvula ou onde ela deve ser fechada para conter o problema até que se encontre a solução.

Ainda utilizando essa ferramenta, pode-se verificar também, qual é o ponto de interseção entre as rotas de dois pontos quaisquer a um terceiro ponto, como por exemplo, o reservatório central. Pode-se utilizar isto para o caso de ser necessário fechar ou implantar alguma válvula que cancele o fornecimento nos trechos escolhidos. Na Figura 20, a rota descrita pela ferramenta, mostra que o único ponto em comum entre os pontos é o reservatório, então, neste exemplo, cada tubulação terá que ser isolada separadamente e não através de um único ponto comum para os dois troncos selecionados.

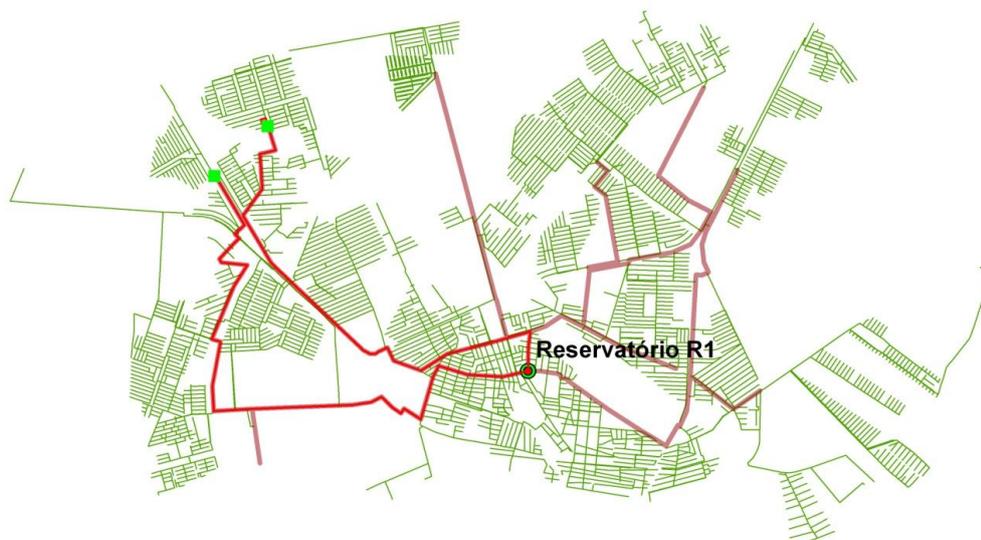


Figura 20: Determinante de rota.

A Figura 22 refere-se à mesma ferramenta, mas esta seleção apresenta um ponto comum (representado por um triângulo na cor rosa), e, se houver necessidade de fechar todas essas tubulações, será neste ponto comum que será depositada a válvula. Esse mesmo processo pode ser feito em qualquer trecho e a Figura 23 mostra a simulação dessa ferramenta em tubulações de ruas.

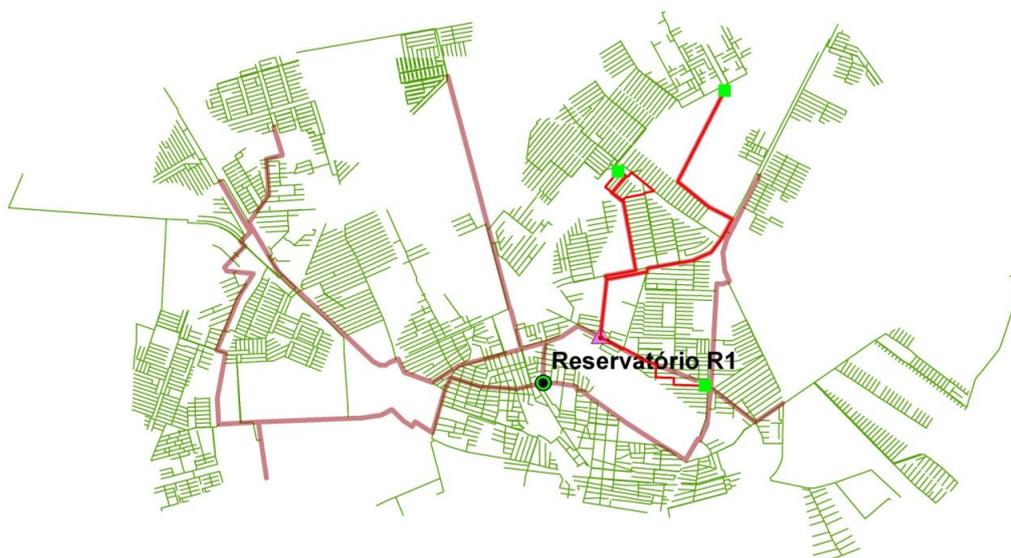


Figura 21: Identificação de ponto comum.

Figura 22: Identificação de ponto comum.



Figura 23: Ponto comum entre trechos da rede de distribuição.

Outra ferramenta importante para a gestão da operação e planejamento de um SAA é a “Find Loops”, que é utilizada para encontrar circuitos fechados nas tubulações. Um circuito fechado pode ser definido como um conjunto de tubulações que não seguem a disposição em árvore, ou seja, é possível partir de um ponto por um caminho e retornar a este ponto por caminho diferente do primeiro. Deve-se evitar a existência de *Loops* em rede de abastecimento, pois isso pode acarretar em problemas de dimensionamento e localização de incidentes como perdas ou vazamentos. A Figura 24 possibilita a visualização desse fenômeno (em vermelho), que também esteve presente na Figura 22 e a Figura 25 mostra ampliação desse trecho para a melhor visualização e interpretação.

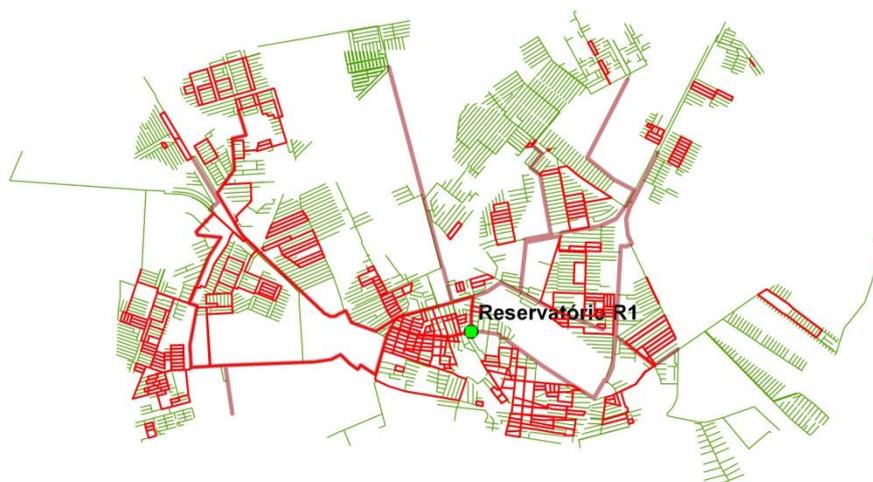


Figura 24: Identificação de loops na rede.



Figura 25: Trecho ampliado da área que contém Loops.

Como foram identificados a fonte e as unidades consumidoras, o SIG consegue definir automaticamente o sentido de fluxo em cada trecho da rede. Isto pode ser visualizado através das setas direcionais apresentadas na Figura 26. A Figura 27 representa o trecho próximo ao reservatório R1, ampliado para melhor visualização do sentido do fluxo. Já a Figura 28 mostra o sentido do fluxo em algumas ruas chegando ao hidrômetro dos consumidores.

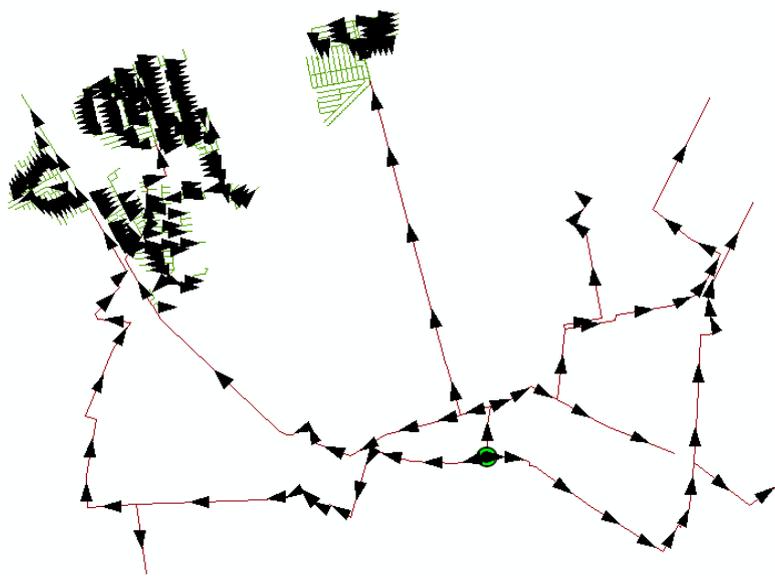


Figura 26: Sentido do fluxo do SAA.

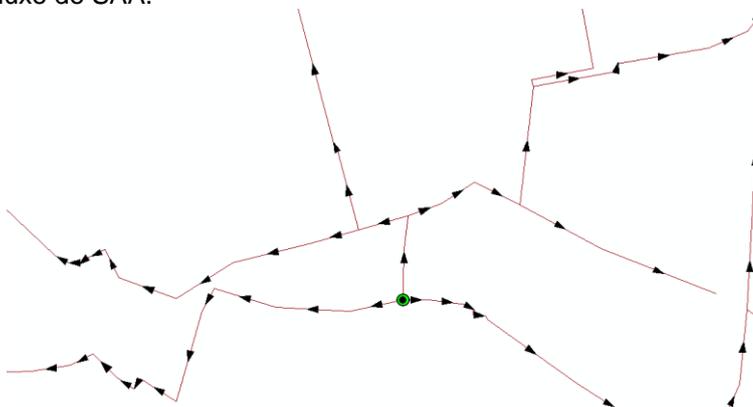


Figura 27: Ampliação do mapa próximo ao Reservatório R1.

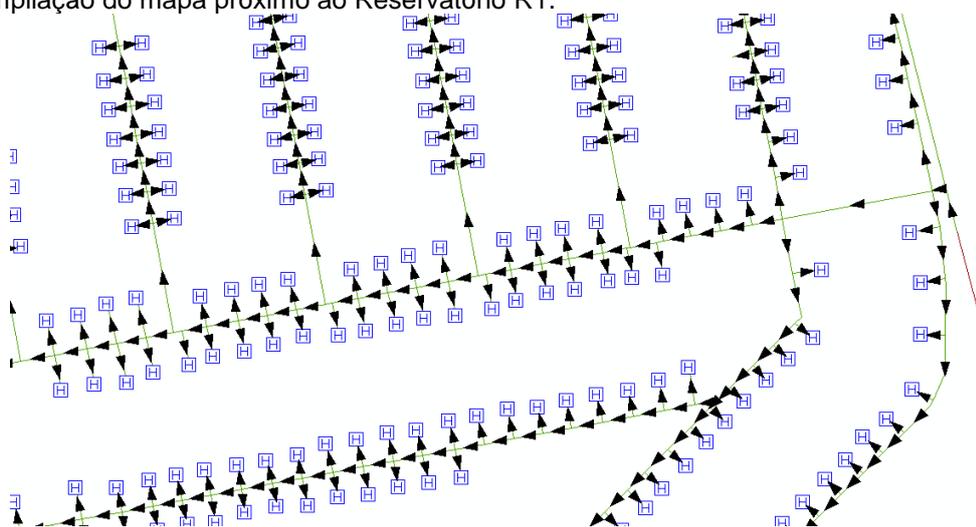


Figura 28: Fluxo da água chegando aos hidrômetros.

Uma situação operacional inconveniente e que já foi exposta, é o conjunto de tubulações formando figuras geométricas fechadas (*loops*, circuitos) e isso impossibilita o isolamento do trecho na rede. Como pode ser observado na Figura 29, a maioria dos trechos da rede possuem seus sentidos de fluxo identificados e

representados pelas setas. Porém, alguns destes trechos, por causa da existência dos *loops*, ficam impossibilitados de determinação de sentido de fluxo (representado pelos círculos).

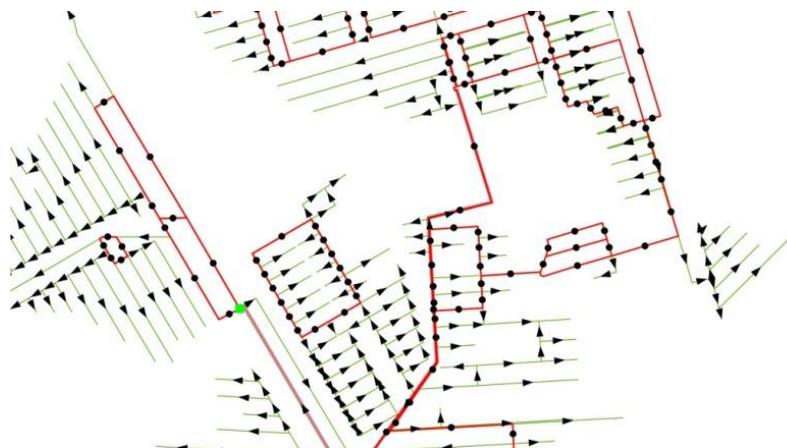


Figura 29: Impresição na definição de sentido.

A habilidade do sistema de identificar o sentido do fluxo possibilita outras ferramentas de simulação. Uma delas é a “Trace Upstream”, que traça o percurso percorrendo as tubulações, desde um ponto selecionado, subindo no sentido da fonte. A Figura 30 e a Figura 31, mostram uma aplicação desta ferramenta, que possibilita a definição do caminho que deve ser percorrido para a identificação de um problema na rede que esteja influenciando o abastecimento de uma determinada região.

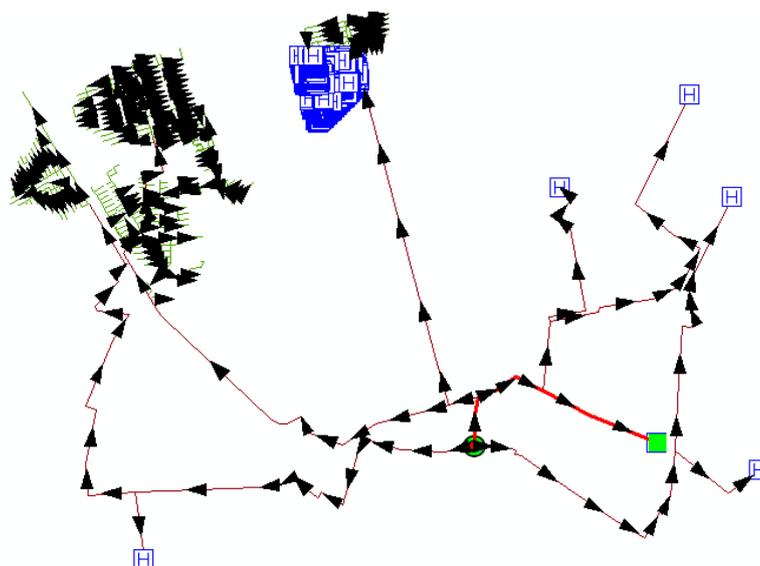


Figura 30: Trecho percorrido pelas tubulações desde à fonte até o ponto (na cor verde).

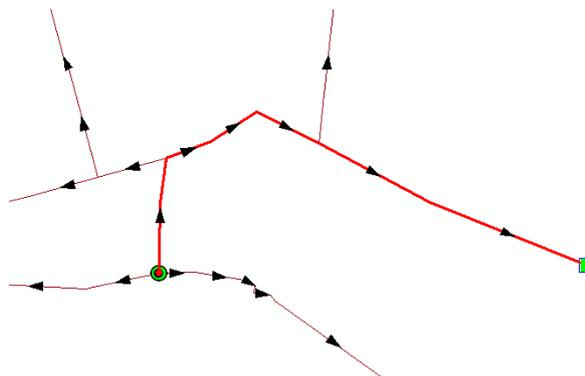


Figura 31: Trecho ampliado do percurso anterior.

Ao contrário da ferramenta anterior, a “Trace Downstream”, mostra todos os trechos da rede (área de cor vermelha) que estão depois do ponto selecionado (quadrado de cor verde) na tubulação, como pode ser visto no Figura 32. A Figura 33, mostra a ampliação deste trecho.

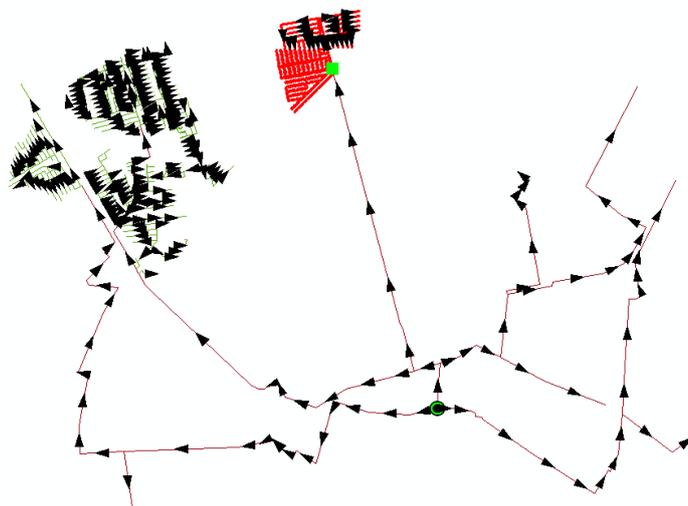


Figura 32: Identificação do trecho que ainda falta ser percorrido pelas tubulações.

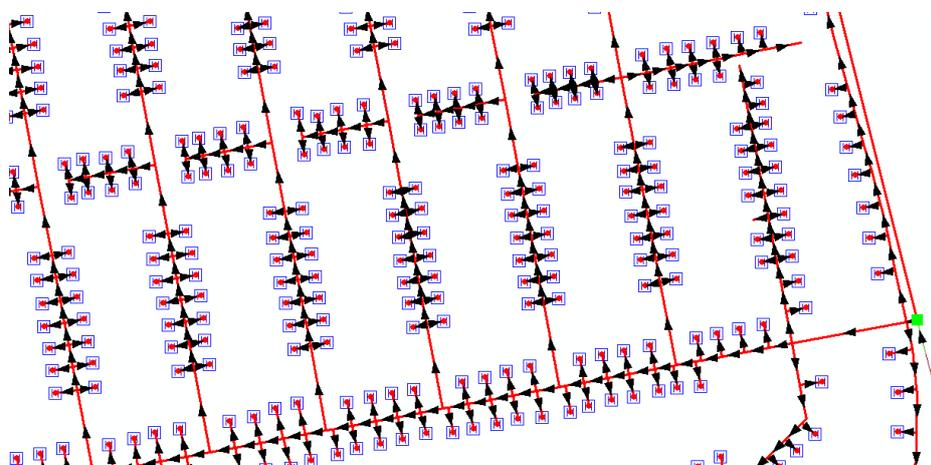


Figura 33: Trecho simulado com a ferramenta Trace Downstream.

Outra ferramenta importante para o gestor de um SAA é a “Find Common Ancestors”, que identifica trechos ou junções comuns aos percursos que a água faz

em direção às entidades (trechos ou junções) selecionadas. A Figura 34, a Figura 35 e a Figura 36 mostram a aplicação desta.

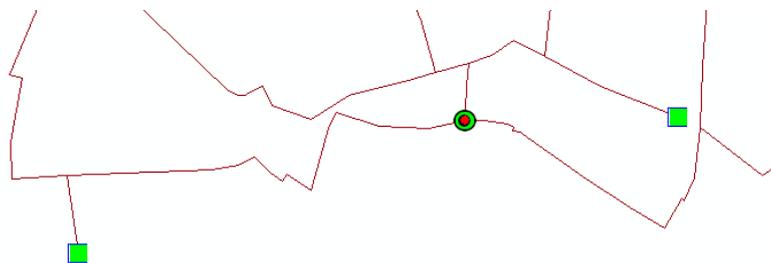


Figura 34: Identificação de pontos comuns.

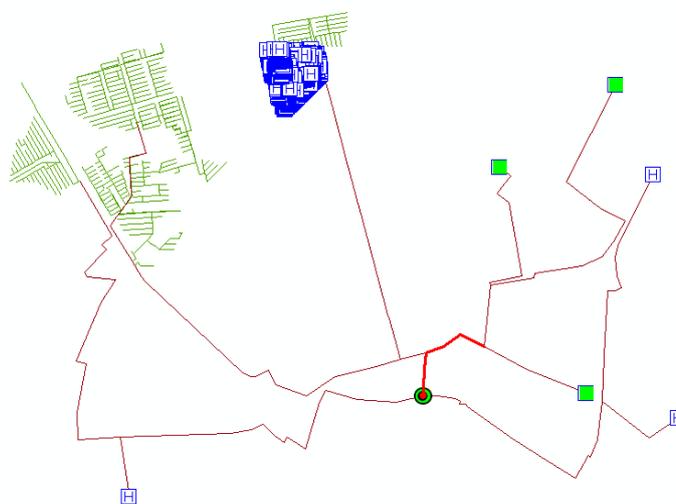


Figura 35: Identificação de ancestrais comuns.

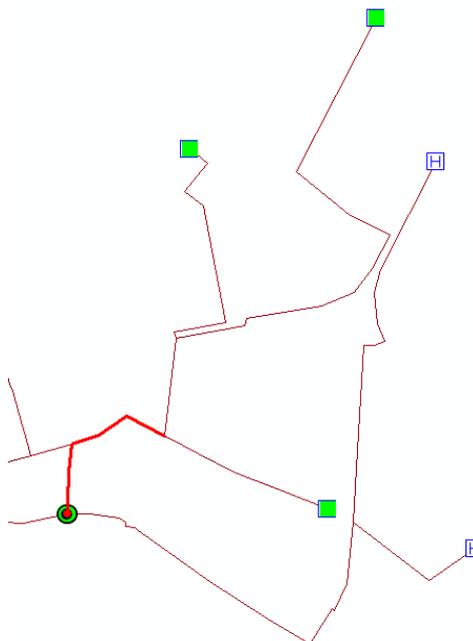


Figura 36: Ampliação do trecho presente na Figura 32.

4.2 Conclusão

Algumas das possíveis operações de análise reais de um SAA foram realizadas neste capítulo, com o intuito de mostrar como o SIG pode facilitar a gestão desse setor.

Pode-se utilizar os SIGs nesse ramo para simular problemas reais, como foi demonstrado, e inclusive, visualizar efeitos desses sobre toda a rede, possibilitando decisões e ações que venham solucionar problemas tanto no planejamento quanto na operação dos sistemas.

5 Considerações Finais

A água é um elemento indispensável ao ser vivo, porém, as fontes de águas limpa estão se esgotando e não são renováveis. Assim só resta à sociedade mundial o uso racional juntamente com uma gestão eficiente. O uso racional da água vai da consciência de cada um, mas a gestão eficiente é responsabilidade da empresa que gerencia esse bem que já foi encontrado na natureza abundantemente e que ainda para as empresas gestoras está disponível gratuitamente para o seu usufruto. Visando a gestão eficiente é que objetivou-se apresentar o ambiente SIG como forma de opção nessa gestão dos SAA, e com os SIGs e foi comprovado que isto é possível, bastando às empresas desejarem investir nesse tipo de sistema.

Para realização dessa pesquisa foi necessário o conhecimento do tema debatido e exposto ao longo do texto. Para isso, a todo o momento foram realizadas consultas às literaturas, a trabalhos acadêmicos na mesma área, consultorias com pessoas que trabalham nesse ramo dos SAA pleiteando o entendimento profundo e real no que se buscava e assim atingindo também o primeiro objetivo específico descrito no início da pesquisa.

O trabalho foi realizado com bastante esforço e dedicação por parte de seus editores. A aprendizagem da manipulação da ferramenta ArcGIS foi desempenhada com sucesso. Essa era uma etapa bastante importante, pois para as realizações das simulações, era necessária a criação de uma base de dados referente ao SAA da cidade de Petrolina, através da transferência do arquivo formatado em DWG para o formato nativo do SIG e através disso as simulações foram realizadas.

Com a base de dados criada, escolheu-se uma área da cidade de Petrolina, designada como parte do Distrito XVI, pois era a única parte da rede que continha os lotes do terreno e através deles criou-se a camada referente aos hidrômetros, e a partir dela, realizou-se simulações das operações do dia a dia do SAA da cidade objeto de estudo.

As simulações possibilitaram análises desse SAA, que continha algumas anomalias que despertaram interesse para a análise. Uma delas foi a existência de *loops*, que faz com o que a gestão da rede seja dificultada. No caso desse tipo de anomalia ocorrer na rede de distribuição elétrica, será logo detectado pois os fios

entrarão em curto, mas no caso da água, ficaria um pouco mais difícil, pois esse problema não acarreta um corte no fornecimento de água.

Assim, foi comprovado o fato ressaltado e pesquisado por autores citados ao longo da pesquisa, de que é possível a realização da gestão de uma rede de distribuição em um ambiente SIG. E isso possibilitou a identificação de erros que venham a ocorrer na rede e a realização de simulações que auxiliem na tomada de decisão do gestor em casos de planejamento, ampliação, substituição e manutenção do processo distributivo.

Com relação aos objetivos principal e específico, considera-se, pelo que foi exposto, que os mesmos foram atingidos, porém, propiciaram o aparecimento de um número maior de questões que servirão como propostas para trabalhos futuros e que estão descritas a seguir.

6 Recomendações

Este trabalho servirá de embasamento teórico e prático para outras pesquisas, assim sugere-se:

- A extensão do trabalho explorando a parte da utilização de macro-medidores nos finais das tubulações de cada linha tronco antes da ramificação com o intuito de identificar a quantidade de água que está entrando nos distritos e com a medição nos hidrômetros avaliando o índice de perdas;
- Implementação da rede com o cálculo da pressão e da vazão em cada qualquer ponto desejável, e comparação com dados reais;
- Complementação da malha de distribuição mostrando os consumidores finais;
- Melhoria da rede desenvolvida contemplando a localização e identificação de demais equipamentos componentes do SAA como: válvulas, junções e macro-hidrômetros.

7 Bibliografia

ARONOFF, S. **Geographic information systems: A management perspective**. 1.ed.. [S.l.]: Ottawa, WDL. 1989. p. 295p.

BARBOSA, . C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). [S.l.]: [s.n.]. 1997. p. 150f.

BARCELLOS, C. et al. **Inter-relacionamento de dados ambientais e de saúde: análise de risco à saúde aplicada ao abastecimento de água no Rio de Janeiro utilizando Sistemas de Informações Geográficas**. [S.l.]: [s.n.]. 1998.

BARROS FILHO, M. B. D.; SÁ, L. A. C. M. D.; GOMES, H. P. **Utilização de SIG no monitoramento de avarias em redes de abastecimento de água**. IV SEREA - Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água. João Pessoa: [s.n.]. 2004.

BARROS, R. T. D. V. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte: [s.n.]. 1995.

BELTRÃO, A. B. et al. **DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE PETROLINA. PROJETO CADASTRO DE FONTES DE ABASTECIMENTO POR ÁGUA SUBTERRÂNEA ESTADO DE PERNAMBUCO**. [S.l.]: [s.n.]. 2005.

CAGNIN, J. U. A integração do Rio São Francisco. **Plenarium**, n. 3, Outubro 2006.

CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para banco de dados geográficos**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Tese de Doutorado. [S.l.]: [s.n.]. 1995.

CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para banco de dados geográficos**. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. [S.l.]: [s.n.]. 1995.

CÂMARA, G.; DAVIS JR., C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. [S.l.]: INPE, 2001.

CASACA, P. **As assimetrias da distribuição de água no planeta Terra.** [S.l.]: [s.n.]. 2009.

COELHO, F. B. **Plano Territorial Participativo da Cidade de Petrolina.** Petrolina: [s.n.]. 2006.

COMPESA, 2009. Disponível em: <<http://www.compesa.com.br>>. Acesso em: 15 Setembro 2009.

COSTA, C. R.; SANTOS, I. M. **Simulação de vazão e pressão de um sistema de abastecimento de água em ambiente SIG.** [S.l.]: [s.n.]. 2008.

DAE. Site do DAE de Sumaré SP, Sumaré, 2010. Disponível em: <<http://www.daesumare.com.br/page.php?id=14>>. Acesso em: 21 Maio 2010.

DORCA, C. C.; LUZIVOTTO, E. J.; ANDARADE, J. G. P. **Aspectos da Implantação de um SIG em Pequenos e Médios Abastecimentos de Água.** Anais do I SEREA - Seminário Iberoamericano sobre Sistema de Abastecimento Urbano de Água. [S.l.]: [s.n.]. 2002. p. 10.

FARIA, S. H. D.; CALIJURI, M. L.; OLIVEIRA, J. C. D. **Uso de Softwares gratuitos (SPRING e EPANET) na simulação de pressão e vazão de uma rede de abastecimento de água.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal: [s.n.]. 2009. p. 3729-3735.

FERREIRA, A. C. **Modelo de Avaliação da Economia Hídrica de Reservatórios Hidrelétricos em operação.** Itajubá: [s.n.]. 2007.

FERREIRA, C. D. **Análise da Aplicação dos Sistemas de Informações Geográficas como Instrumento de Gestão dos Sistemas de Abastecimento de Água – Universidade estadual de Campinas, Faculdade.** Dissertação (Mestrado em engenharia Civil). [S.l.]: [s.n.]. 2005. p. 64f.

FERREIRA, N. C. **APOSTILA DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.** Goiânia: Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás. 2006.

FRANCA, D. T. **Atlas Nordeste Abastecimento de Água.** [S.l.]: [s.n.]. 2008.

FUNASA. **Aplicação controlada de água residuária e lodo de esgoto no solo, para melhorar e incrementar a agricultura no semi-árido nordestino.** [S.l.]: [s.n.]. 2006.

GARCIA, V. Q. **A ÁGUA COMO UM BEM DE USO COMUM NO MERCOSUL.** São Paulo. 2006.

GOMES, H. P. **Eficiência hidráulica e energética em saneamento: análise econômica de projetos.** Rio de Janeiro: ABES: [s.n.]. 2005.

IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios 2002-2006.** [S.l.]: [s.n.]. 2008.

IBRAF. **Frutas e derivados.** [S.l.]: [s.n.]. 2009.

LOVATO, L.; ARANHA, C. R.; GOES, F. M. N. **Sistemas de Informação Geográficas; uma abordagem aos mecanismos de coleta e tratamentos dos dados e uma apresentação de ferramentas ao trato de informações geográficas referenciadas.** Relatório Técnico 01-01/92. [S.l.]: [s.n.]. 1992.

OLIVEIRA, F. G. R. D. et al. **CONTROLE DE PERDAS EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: O CASO DO MUNICÍPIO DE POÇOS DE CALDAS (MG).** [S.l.]: [s.n.]. 2009.

OPAS. **Água e Saúde.** Brasil: [s.n.]. 30 Maio 2001.

SILVA, B. O. C. et al. **CONTROLE DE PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO.** São Paulo: [s.n.]. 2003.

SNIS. **Diagnóstico de Água e Esgoto,** 2000.

SNIS. **Diagnóstico de Água e Esgoto.** [S.l.]: [s.n.]. 2008.

TEIXEIRA, A. L. F. et al. **PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA NA BACIA DO SÃO FRANCISCO ANA/GEF/PNUMA/OEA.** Brasília: [s.n.]. 2004.

TIBÚRCIO, E. C.; CASTRO, M. A. H. D. **Uma implantação em SIG para suporte ao dimensionamento hidráulico em sistemas de fornecimento de água.** XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo: [s.n.]. 2007.

VERGARA, S. C.. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração.** São Paulo: Atlas, 1997.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.