



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA A
CIDADE DE SALGADINHO-PB**

YAGO DE ANDRADE ALVES

João Pessoa - PB

Fevereiro/2020

YAGO DE ANDRADE ALVES

**DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA A
CIDADE DE SALGADINHO-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga

João Pessoa - PB

Fevereiro/2020

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A474d Alves, Yago de Andrade.

DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
PARA A CIDADE DE SALGADINHO-PB / Yago de Andrade Alves.

- João Pessoa, 2020.

140 f. : il.

Orientação: Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. abastecimento de água, rede de distribuição. 2.
dimensionamento. I. Braga, Ana Cláudia Fernandes
Medeiros. II. Título.

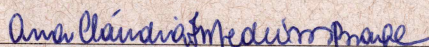
UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

• YAGO DE ANDRADE ALVES

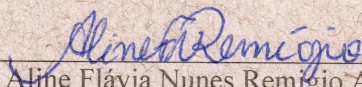
DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA A CIDADE DE SALGADINHO - PB

Trabalho de Conclusão de Curso em 03/02/2020 perante a seguinte Comissão Julgadora:



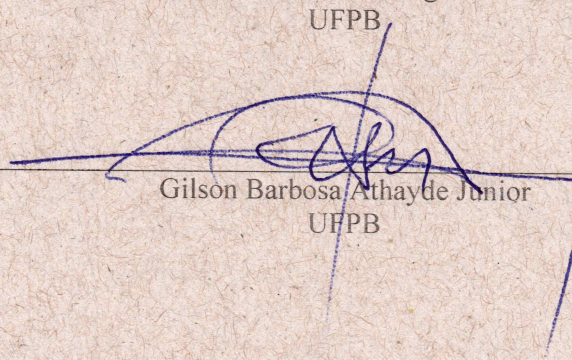
Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

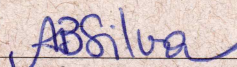


Aline Flávia Nunes Remígio Antunes
UFPB

APROVADO


Gilson Barbosa Athayde Junior
UFPB

APROVADO



Prof.ª Andrea Brasiliano Silva
Matrícula Siape: 1549557
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo o que Ele fez e faz por mim, por todo cuidado, amor, coragem e força que ele tem me dado ao longo desses anos. Por ter sido meu alicerce, meu ajudador, meu companheiro, meu amigo fiel, e aquele em que eu pude me apoiar nos momentos mais difíceis. Por todas as pessoas que Ele colocou no meu caminho, por todas as oportunidades que ele me permitiu viver, por todos os lugares que ele me levou e também pelos aprendizados.

Quero agradecer aos meus pais, por toda dificuldade enfrentada pra me ajudar a alcançar meus objetivos, por sempre pensarem primeiro nos filhos e muitas vezes esquecerem de si mesmos, por todo amor e cuidado depositado em mim, e por nunca me fazer pensar em desistir, vocês são minhas maiores inspirações.

Aos meus avós Selma e Zezinho por investirem na minha educação e por todo carinho que me dão. A minha avó Zenite por sempre se preocupar e me incentivar a andar pelos caminhos certos.

Aos meus irmãos Ygor, Iury, Iara e Yan, que mesmo sendo mais novos sempre me incentivaram a estudar e lutar pelos meus sonhos.

Aos meus tios e tias: Delânia, Fafá, Fabiana, Gerlania, Girlane, Ana Paula, Marcos, Geraldo e Cícero, por me mostrar que a educação e o conhecimento é a porta certa pra conquistarmos o que almejamos, por toda ajuda financeira e emocional que me deram, vocês foram determinantes na minha formação.

Aos meus primos que são mesmo que irmãos e sempre me apoiaram e vibraram com minhas conquistas.

Aos meus amigos e líderes da Rede Nuvem que sempre oraram e cuidaram tão bem de mim.

Aos meus amigos da vida e do curso que tornaram tudo mais fácil, sem vocês os dias e os projetos intermináveis seriam insuportáveis.

Aos professores, por todos os ensinamentos passados e por sempre agregarem lições de vida.

Obrigada a todos, amo vocês do fundo do meu coração, e obrigado Jesus por ser meu guia e me conduzir até aqui!

Dedico este trabalho ao meu bom Deus, por
está sempre comigo, e às pessoas que amo e
que me deram total apoio para sempre correr
atrás dos meus sonhos. Meu coração é só
GRATIDÃO!

Porque sou eu que conheço os planos que tenho para vocês, diz o SENHOR, planos de fazê-los prosperar e não de causar dano, planos de dar a vocês esperança e um futuro.

Jeremias 29:11

RESUMO

O saneamento básico é responsável por prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica. Dentre esses serviços, o abastecimento de água de comunidades urbanas e rurais é primordial para que a população possa ter acesso a um mínimo de qualidade de vida. A criação de uma rede de abastecimento de água surge como a melhor forma de garantir esse direito constitucional (Lei nº. 11.445/2007). Esse trabalho se propôs a fazer o diagnóstico do abastecimento de água e uma projeção do abastecimento de água futuro da cidade de Salgadinho – PB, que inclui o traçado e o dimensionamento de uma rede de distribuição de água. Optou-se por usar a rede de distribuição do tipo malhada, pois qualquer ponto do sistema pode ser abastecido por mais de um caminho, garantindo flexibilidade em satisfazer a demanda e manutenção da rede. Os dados obtidos para o traçado da rede como cotas topográficas e imagens georreferenciadas da cidade foram geradas com o auxílio do Software Google Earth, e o traçado da rede foi feito no Software AutoCad. O diagnóstico do município, assim como sua caracterização, foi feito com os dados coletados e disponibilizados pelo SNIS e pelo IBGE. O dimensionamento da rede foi feito através de duas metodologias diferentes: a do seccionamento fictício, mais tradicional, e através de método iterativo gerado pelo software EPANET. As duas metodologias apresentaram resultados bem próximos no que se refere ao dimensionamento das tubulações, configurando assim um resultado satisfatório, mas como esperado, o método gerado pelo EPANET obteve um dimensionamento mais econômico, cerca de 38,5 % mais barato que o do seccionamento fictício. Após o dimensionamento da rede procedeu-se para o dimensionamento do reservatório, obtendo-se o valor de 60 m³ para o reservatório superior ou elevado, e de 540 m³ para o reservatório inferior ou enterrado.

Palavras-chave: abastecimento de água, rede de distribuição, dimensionamento.

ABSTRACT

Basic sanitation is responsible for preventing diseases and promoting health, improving individual productivity and facilitating economic activity. Among these services, the supply of water to urban and rural communities is essential for the population to have access to a minimum of quality of life. The creation of a water supply network appears as the best way to guarantee this constitutional right (Law nº 11.445/2007). This work proposed to make a diagnosis of the water supply and a projection of the future water supply in the city of Salgado - PB, which includes the layout and dimensioning of a water distribution network. We chose to use the meshed distribution network, as any point in the system can be supplied by more than one path, ensuring flexibility in meeting the demand and maintenance of the network. The data obtained for the network layout, such as topographic dimensions and georeferenced images of the city, were generated with the help of the Google Earth Software, and the network layout was done in the AutoCad Software. The diagnosis of the municipality, as well as its characterization, was made with the data collected and made available by SNIS and IBGE. The dimensioning of the network was done through two different methodologies: the fictitious sectioning, more traditional, and through the iterative method generated by the EPANET software. The two methodologies showed very close results with regard to the dimensioning of the pipes, thus configuring a satisfactory result, but as expected, the method generated by EPANET obtained a more economical dimensioning, about 38.5 % cheaper than the fictitious sectioning. After dimensioning the network, the reservoir was dimensioned, obtaining the value of 60 m³ for the upper or elevated reservoir, and 540 m³ for the lower or buried reservoir.

Keywords: water supply, distribution network, dimensioning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Caracterização de um Sistema de Abastecimento de Água	23
Figura 2 - Esquema de uma rede ramificada	28
Figura 3 - Rede ramificada com traçado em espinha de peixe	29
Figura 4 - Rede ramificada com traçado em grelha	29
Figura 5 - Rede malhada em anéis	30
Figura 6 - Rede malhada em blocos	30
Figura 7 - Esquema de uma rede mista	31
Figura 8 – Vista aérea do Município de Salgadinho – PB	41
Figura 9 - Localização do Município de Salgadinho na Paraíba.....	42
Figura 10 – Gráfico da pirâmide Etária Censo 2010.....	43
Figura 11 – Gráfico das matrículas registradas de 2005 a 2018 no município de Salgadinho - PB	44
Figura 12 – Mapa Geológico do Município de Salgadinho – PB	48
Figura 13 - Tipos de pontos d' água cadastrados no município	49
Figura 14 - Finalidade do abastecimento dos poços.....	50
Figura 15 - Representação do Método Aritmético	54
Figura 16 – Exemplos de Linearização de Algumas Funções Não-Lineares.....	59
Figura 17 – Mapa de água per capita do ano 2000.....	61
Figura 18 – Ilustração das vazões de dimensionamento de um Sistema de Abastecimento de Água	94
Figura 19 - Imagem georreferenciada com o traçado da rede e pontos cotados da cidade de Salgadinho – PB	95
Figura 20 – Seccionamento e sentido do escoamento da água na rede de abastecimento para aplicação do método do seccionamento fictício.	98
Figura 21 – Ilustração da divisão de áreas e visualização da influência nos nós da rede	106
Figura 22 - Rede de abastecimento com seus trechos e nós lançada no EPANET	109
Figura 23 – Pressões nos nós obtidas pela simulação do EPANET.....	114
Figura 24 – Diâmetros dos trechos obtidos pela simulação do EPANET	115
Figura 25 - Caminhamento da água na rede obtido no EPANET	116

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Índice de atendimento total de água (%) de 2013 - 2017.....	75
Gráfico 2 - Índice de atendimento urbano de água (%) de 2013 - 2017.....	75
Gráfico 3 - Densidade de economias de água por ligação (econ./lig.) de 2013 - 2017	76
Gráfico 4 - Índice de consumo de água (%) de 2013 - 2017	77
Gráfico 5 - Volume de água disponibilizado por economia (m ³ /mês/econ.) de 2013 - 2017..	77
Gráfico 6 - Consumo médio per Capita de água (L/hab.dia) de 2013 – 2017	78
Gráfico 7 - Extensão da rede de água por ligação (m/lig.) de 2013 - 2017	79
Gráfico 8 - Índice de perdas faturamento (%) de 2013 – 2017	79
Gráfico 9 - Índice de perdas na distribuição (%) de 2013 – 2017	80
Gráfico 10 – Verificação da Função Linear	86
Gráfico 11 – Verificação da Função Potência	87
Gráfico 12 – Verificação da Função Exponencial.....	88
Gráfico 13 – Verificação da Função Logarítmica	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Porcentagem da população abastecida x Porcentagem das perdas de faturamento	20
Tabela 2 - Indicadores utilizados no diagnóstico do sistema de abastecimento de Salgadinho	51
Tabela 3 – Consumo de água em prédios	63
Tabela 4 – Consumo de água em estabelecimentos comerciais	63
Tabela 5 - Vazão máxima admitida para cada diâmetro de tubulação	68
Tabela 6 - Velocidade máxima admitida para cada diâmetro de tubulação	69
Tabela 7 - Custo por metro linear de tubulação para cada diâmetro	72
Tabela 8 – Dados censitários para o município de Salgadinho	81
Tabela 9 – Incógnitas para o Método Aritmético	82
Tabela 10 – Incógnitas para o Método Geométrico.....	82
Tabela 11 – População projetada pelos métodos aritmético e geométrico	83
Tabela 12 – População projetada através da taxa de crescimento linear anual	84
Tabela 13 – Expressões calculadas para a aplicação nas fórmulas dos Mínimos Quadrados ..	85
Tabela 14 – Expressões calculadas para aplicação na Função Linear	85
Tabela 15 – Expressões calculadas para aplicação na Função Potência	86
Tabela 16 – Expressões calculadas para aplicação na Função Exponencial	87
Tabela 17 – Expressões calculadas para aplicação na Função Logarítmica.....	88
Tabela 18 – População projetada através do método dos mínimos quadrados.....	89
Tabela 19 – Consumo per capita de água no Município de Salgadinho-PB	91
Tabela 20 – Consumo de água per capita (L/hab/dia) em cada ano de referência da cidade de Salgadinho-PB	92
Tabela 21 – Consumo de água médio efetivo (L/hab/dia) em cada ano de referência da cidade de Salgadinho-PB	92
Tabela 22 – Vazões específicas para o município de Salgadinho-PB	93
Tabela 23 – Dados para o cálculo das vazões de dimensionamento	94
Tabela 24 – Comprimentos e cotas de cada trecho da rede	96
Tabela 25 - Localização e vazão específica para cada estabelecimento da rede	99
Tabela 26 – Valores obtidos para as vazões a jusante, em marcha, a montante e fictícia, para cada trecho da rede de abastecimento.....	99
Tabela 27 – Determinação dos diâmetros de cada trecho.....	101
Tabela 28 – Velocidades calculadas para cada trecho da rede	102
Tabela 29 – Perda de carga linear e perda de carga total de cada trecho da rede.....	103
Tabela 30 – Valores obtidos para as cotas piezométricas a montante e a jusante, e para as pressões disponíveis a montante e a jusante	104
Tabela 31 – Áreas de influência e consumo base para cada nó da rede de abastecimento ...	107
Tabela 32 – Resultados obtidos para as vazões, diâmetros, velocidades e perdas de carga para cada trecho da rede pelo EPANET	110
Tabela 33 – Resultados encontrados para as pressões e cargas hidráulicas em cada nó da rede pelo EPANET	112

Tabela 34 - Diâmetros, velocidade máxima e pressões máximas e mínimas encontradas através do EPANET	113
Tabela 35 - Comparação entre as pressões máxima e mínima do método do seccionamento e do método do LENHS	117
Tabela 36 - Comparação entre as velocidades máxima e mínima do método do seccionamento e do método do LENHS	117
Tabela 37 - Comparação entre os custos com tubulação do método do seccionamento e do método do LENHS	118
Tabela 38 - Tabela com as peças e acessórios utilizados na rede de abastecimento	121
Tabela 39 - Combinação de peças e acessórios utilizados nos nós ao longo da rede para as conexões entre os trechos	121
Tabela 40 - Indicação da combinação de peças e acessórios utilizados em cada nó ao longo da rede para as conexões entre os trechos	123
Tabela 41 – Dados dos serviços de abastecimento de água para a cidade de Salgadinho de 2013 - 2017.....	131
Tabela 42 - Dados dos serviços de abastecimento de água para o estado da Paraíba de 2013 - 2017	132
Tabela 43 - Dados dos serviços de abastecimento de água para a região do Nordeste de 2013 - 2017	133
Tabela 44 – Dados dos serviços de abastecimento de água para o país Brasil de 2013 - 2017	134

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – *Agência Nacional de Águas*

IBGE – *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*

PLANASA – *Plano Nacional de Saneamento*

ITB – *Instituto Trata Brasil*

ONU – *Organização das Nações Unidas*

DATASUS – *Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil*

RDA – *Rede de Distribuição de Água*

NBR – *Norma Técnica*

M.C.A – *Metros de Coluna d'Água*

EPANET – *Programa de Simulação Hidráulica, Energética e de Qualidade de Água*

FUNASA – *Fundação Nacional de Saúde*

ABNT – *Associação Brasileira de Normas Técnicas*

SEDENE – *Sociedad Española de Enfermería Neurológica*

IDEB – *Índice de Desenvolvimento da Educação Básica*

PIB – *Produto Interno Bruto*

IDHM – *Índice de Desenvolvimento Humano Municipal*

CNPJ – *Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica*

SUS – *Sistema Único de Saúde*

SNIS – *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento*

MMQ – *Método dos Mínimos Quadrados*

CAGEPA – *Companhia de Água e Esgoto da Paraíba*

PB – *Paraíba*

LENHSNET – *Módulo de programação, acoplado à versão brasileira do EPANET*

UFPB – *Universidade Federal da Paraíba*

LENHS – *Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento*

SINAPI – *Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil*

PVC – Polyvinylchloride / Policloreto de Vinila

JE – Junta Elástica

PBA – Ponta-Bolsa-Anel

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

MPVC – Policloreto de Vinila Modificado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS.....	21
2.1 Objetivo geral	21
2.1 Objetivos específicos	21
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
3.1 Legislações referentes ao abastecimento de água.....	23
3.2 Os sistemas de abastecimento de água e a saúde pública	25
3.3 Importância do sistema de abastecimento de água	26
3.4 Redes de distribuição	27
3.5 Métodos de Dimensionamento	31
3.5.1 Método do Seccionamento Fictício	32
3.5.2 Método Granados	32
3.5.3 Método Pimentel Gomes	33
3.5.4 Método PNL2000	35
3.5.5 Programa EPANET.....	36
3.5.6 Método LENHSNET	38
3.6 Normas regulamentadoras	38
4. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SALGADINHO-PB.....	40
4.1 História.....	40
4.2 Localização e acesso	41
4.3 Aspectos socioeconômicos	42
4.3.1 População	42
4.3.2 Trabalho e rendimento	43
4.3.3 Educação.....	44
4.3.4 Economia	45
4.3.5 Saúde	45
4.3.6 Território e ambiente	46
4.4 Aspectos fisiográficos.....	46
4.5 Águas superficiais	48
4.6 Águas subterrâneas	49
5. METODOLOGIA	50
5.1 Diagnóstico do sistema de abastecimento de água do Município de Salgadinho-PB ...	50

5.2	Estimativa da população futura	53
5.2.1	Método dos Componentes Demográficos	54
5.2.2	Métodos matemáticos	54
5.2.3	Método da Extrapolação Gráfica	56
5.2.4	Método dos mínimos quadrados	57
5.3	Estimativa do consumo per capita	59
5.4	Determinação da demanda.....	61
5.5	Dimensionamento da rede de abastecimento.....	64
5.5.1	Informações do projeto.....	64
5.5.2	Dimensionamento pelo método do seccionamento fictício.....	65
5.5.3	Dimensionamento pelo LENHSNET	71
5.5.4	Comparação dos métodos.....	72
5.5.5	Dimensionamento do reservatório	73
5.5.6	Peças da rede.....	74
6.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	74
6.1	Diagnóstico do sistema de abastecimento de água do Município de Salgadinho-PB ...	74
6.2	Estimativa da população futura	81
6.2.1	Métodos Matemáticos	82
6.2.2	Método dos Mínimos Quadrados	84
6.2.3	Escolha do método	90
6.3	Estimativa do consumo per capita	91
6.4	Determinação da demanda.....	93
6.5	Dimensionamento da rede de abastecimento.....	95
6.5.1	Informações do projeto	95
6.5.2	Dimensionamento pelo método do seccionamento fictício.....	96
6.5.3	Dimensionamento pelo LENHSNET	106
6.5.4	Comparação dos métodos.....	116
6.5.5	Dimensionamento do reservatório	118
6.5.6	Peças da rede.....	121
7.	CONCLUSÕES.....	125
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
	ANEXOS.....	131

1. INTRODUÇÃO

Dentre as principais prioridades das populações atuais está o atendimento por sistemas de abastecimento de água de qualidade e quantidade adequadas, dada a importância de atendimento às suas necessidades relacionadas tanto a saúde, como ao desenvolvimento econômico.

Com o intuito de se obter um adequado sistema de abastecimento de água esforços vem sendo feitos, com elevados investimentos, para se levar água de boa qualidade a maior quantidade possível de usuários, principalmente nos países menos desenvolvidos, onde a situação do abastecimento é mais caótica.

No Brasil, um imenso progresso em relação à implantação de sistemas de abastecimento de água se deu nas décadas de 1970 e 1980 com a implantação do PLANASA – Plano Nacional de Saneamento – que permitiu ao país atingir níveis de atendimento de cerca de 90% da população urbana (TSUTIYA, 2006).

Nos centros urbanos situados em países menos desenvolvidos, ainda existe uma considerável parcela da população que não possui serviço de abastecimento de água ou então conta com o serviço de forma inadequada, seja em termos de quantidade, seja de qualidade. Nesse sentido, esforços devem ser feitos para proporcionar a essas populações um bom serviço de abastecimento de água, e muitas das vezes só se consegue com investimentos do governo ou entidades internacionais, sem um adequado sistema de atendimento de água as condições de saúde da população serão negativamente afetadas.

Em lugares com acentuado dinamismo econômico e produtivo, como as regiões metropolitanas, o desafio do abastecimento está relacionado com a frequente utilização da mesma fonte hídrica para diferentes usos, o que resulta em conflitos ligados à quantidade e à qualidade da água. Além disso, o aproveitamento desses mananciais para o abastecimento dos grandes centros urbanos se dá, usualmente, por meio de sistemas que atendem várias cidades de forma simultânea e interligada. Conseqüentemente, o planejamento, a execução e a operação da infraestrutura hídrica, nessas regiões, são ações mais complexas e exigem maiores investimentos.

A situação do abastecimento de água no Brasil, se considerados os dados globais, pode ser considerado como razoavelmente bom, segundo o ITB - Instituto Trata Brasil (2019), 83,62% dos brasileiros são atendidos com abastecimento de água tratada. Porém, ainda há

muito a melhorar, dados do ITB mostram que são quase 35 milhões de brasileiros sem o acesso a este serviço básico. Em 2016, 1 em cada 7 mulheres brasileiras não tinha acesso à água, e 1 em cada 6 homens não tinham água. Cerca de 14,3% das crianças e dos adolescentes não têm acesso à água; 6,8% das crianças e dos adolescentes não contam com sistema de água dentro de suas casas; 7,5% das crianças e dos adolescentes têm água em casa, mas não é filtrada ou procedente de fonte segura. Apenas 22 municípios nas 100 maiores cidades brasileiras possuem 100% da população atendida com água potável.

O consumo médio de água no país é de 154,9 litros por habitante ao dia (SNIS, 2018). Segundo a ONU (Organização das Nações Unidas) 110 litros/dia é a quantidade de água suficiente para atender as necessidades básicas de uma pessoa.

Em relação às perdas de faturamento, medidas pela relação entre os volumes faturados e os volumes disponibilizados pela distribuição, a situação dos serviços de abastecimento de água no Brasil pode ser considerada preocupante, apresentando uma média nacional de 38,45% em 2018 (SNIS, 2018).

A Tabela 1 mostra uma comparação entre a porcentagem da população abastecida com água tratada e a porcentagem de água tratada que é perdida na distribuição (água que deixa de ser faturada), por cada região do país.

Tabela 1 – Porcentagem da população abastecida x Porcentagem das perdas de faturamento

Região	População abastecida (%)	Perda de faturamento (%)
Norte	57,05	55,53
Nordeste	74,21	45,98
Sudeste	91,03	34,38
Sul	90,19	37,14
Centro-Oeste	88,98	34,67

Fonte: ITB – Instituto Trata Brasil / SNIS (2018).

Como podemos verificar na Tabela 1 as regiões Norte e Nordeste são as mais prejudicadas tanto na baixa quantidade da população abastecida com água potável como no alto índice de perdas de faturamento, isso devido à essas regiões apresentarem um menor volume de investimentos no setor, como também devido ao seu baixo desenvolvimento econômico e infra-estrutural, se comparado com as demais.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Dimensionar uma rede de abastecimento de água da cidade de Salgadinho-PB como suporte ao saneamento da cidade.

2.1 Objetivos específicos

- Elaborar o diagnóstico do abastecimento de água da cidade de Salgadinho-PB;
- Calcular a demanda de abastecimento de água em um horizonte futuro;
- Avaliar a utilização de dois métodos diferentes para o dimensionamento da rede;
- Estimar o volume do reservatório de água para o abastecimento da cidade.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Araújo (2012) o crescimento demográfico e a expansão urbana ocorrem de forma simultânea e quase sempre ocasionam mudanças no espaço urbano podendo provocar diversos impactos no meio urbano, a exemplo da rede de distribuição de água (RDA).

Uma RDA é dimensionada para abastecer uma população, em um horizonte de projeto variando de 20 a 30 anos (HELLER e PÁDUA, 2010). Para que esta RDA funcione adequadamente durante toda sua vida útil, é importante que seja realizado um planejamento e gerenciamento com base no conhecimento da demanda de água.

De acordo com a NBR 12.218/2017, a pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 40 m.c.a., podendo chegar a 50 m.c.a. em regiões com topografia acidentada, e a pressão dinâmica mínima, de 10 m.c.a. Nas áreas em que as pressões estão muito abaixo destes valores de referência, há probabilidade de ser devido ao crescimento dos sistemas de distribuição, que por sua vez, se origina da expansão urbana e conseqüentemente da demanda por água.

Nesse sentido, com o crescente aumento demográfico em função do desenvolvimento das cidades, verifica-se a ampliação da demanda por recursos hídricos, bem como um

adequado atendimento à demanda, pois quando a densidade demográfica em uma cidade aumenta, torna-se necessário um maior controle da distribuição e da qualidade da água. Os mapas de densidade demográfica informam a necessidade de novas infraestruturas, tendo em vista que a expansão urbana está diretamente relacionada ao crescimento e distribuição espacial da população (COSTA e ALVES, 2008).

Um sistema de abastecimento, segundo Tsutiya (2006), é composto por várias etapas até o seu destino final, dentre as quais se podem citar:

Manancial: é o corpo de água superficial ou subterrâneo, de onde é retirada a água para o abastecimento. Deve fornecer vazão suficiente para atender a demanda de água no período de projeto, e a qualidade dessa água deve ser adequada sob o ponto de vista sanitário.

Captação: conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto ao manancial, para a retirada de água destinada ao sistema de abastecimento.

Estação elevatória: conjunto de obras e equipamentos destinados a recalcar a água para a unidade seguinte. Em sistemas de abastecimento de água, geralmente há várias estações elevatórias, tanto para recalcar água bruta, como para o recalque de água tratada. Também é comum a estação elevatória, tipo “booster”, que se destina a aumentar a pressão e/ou vazão em adutoras ou redes de distribuição de água.

Adutora: canalização que se destina conduzir água entre as unidades que precedem a rede de distribuição. Não distribuem a água aos consumidores, mas podem existir as derivações que são as sub-adutoras.

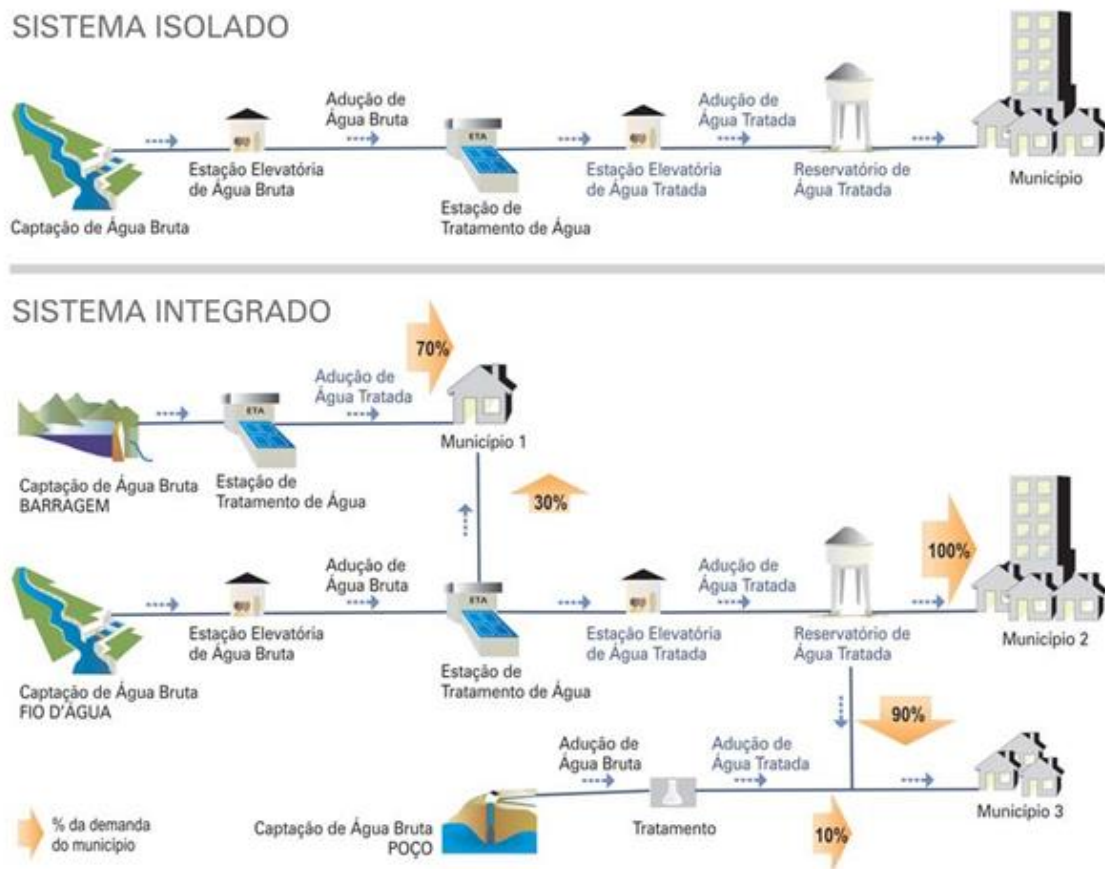
Estação de tratamento de água: conjunto de unidades destinado a tratar a água de modo a adequar as suas características aos padrões de potabilidade.

Reservatório: é o elemento do sistema de distribuição de água destinado a regularizar as variações entre as vazões de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição.

Rede de distribuição de água: parte do sistema de abastecimento de água formada por tubulações e órgãos acessórios, destinada a colocar água potável a disposição dos consumidores, em quantidade e pressão recomendada.

Um esquema de um sistema de abastecimento convencional é mostrado na Figura 1 abaixo:

Figura 1– Caracterização de um Sistema de Abastecimento de Água



Fonte: Agência Nacional de Águas (2019).

Com o avanço da tecnologia, as tarefas referentes a um projeto de abastecimento de água têm sido facilitadas, os diversos e repetitivos cálculos matemáticos necessários para se encontrar os valores de velocidade e pressão na rede, são hoje feitos por modelos hidráulicos, simulados por computadores, o que garante economia de tempo e dinheiro.

3.1 Legislações referentes ao abastecimento de água

Segundo a Lei nº 9.433/1997 a água é considerada um recurso natural limitado e dotado de valor econômico. A criação de sistemas que possam distribuí-la de forma adequada e mediante parâmetros, como qualidade, para garantir sua potabilidade, é de extrema importância para a população (BRASIL,2010).

No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição e definido pela Lei nº. 11.445/2007, que define as diretrizes nacionais e estabelece a Política Federal de Saneamento Básico, e seu Decreto de Regulamentação nº 7.217/2010. Na Lei Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007), o saneamento básico é entendido como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

- Abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição.
- Esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente.
- Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas.
- Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Lei nº 12.305/2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e seu Decreto de Regulamentação nº 7.404/2010.

Decreto nº 8.211/2014, estabelece prazo de até dez 2015 para municípios elaborarem seus PMSB.

Decreto nº 8.629/2015, estabelece prazo até dezembro de 2017 para os municípios elaborarem seus planos.

O Decreto nº 7.217/2010 determina que, a partir de 2018, os municípios só receberão os recursos da União, destinados ao investimento em saneamento básico, caso tenham elaborado o PMSB.

Os Planos Municipais de Saneamento Básico – PMSB, são de extrema importância para gestão do saneamento nas cidades, se bem executado, o planejamento é capaz de promover a segurança hídrica, prevenir doenças, reduzir as desigualdades sociais, preservar o meio ambiente, reduzir acidentes ambientais e desenvolver economicamente o município.

Suas principais diretrizes são:

- Participação social efetiva em todas as fases;
- Compatível e integrado com todas as políticas e planos do município;
- Abrange toda a área do município: localidades urbanas e rurais, adensadas e dispersas;
- Revisão a cada 4 anos;
- Planejamento para 20 anos;
- Planejamento integrado dos 4 eixos do setor de saneamento.

3.2 Os sistemas de abastecimento de água e a saúde pública

Dentre os serviços que englobam o saneamento básico o abastecimento de água é o que provoca maior impacto na redução das doenças infecciosas. A água contém microorganismos, impurezas e substâncias dissolvidas, que podem provocar doenças, dependendo das suas concentrações. Com o seu tratamento correto, além de evitar a contaminação das pessoas, a água promove inúmeros benefícios a saúde, ajuda na preparação de alimentos, possibilita a higiene corporal e a limpeza do ambiente e contribui para a hidratação do organismo.

De acordo com o ITB – Instituto Trata Brasil, em 2017, segundo o Ministério da Saúde (DATASUS), foram notificadas mais de 258 mil internações por doenças de veiculações hídricas no país.

Martins et al. (2001) avaliaram o alívio orçamentário pela redução dos gastos com consultas e procedimentos médicos, tratamento medicamentoso, exames laboratoriais e de apoio ao diagnóstico, internação hospitalar, acrescidos das estimativas do equivalente aos dias de trabalho e de aulas perdidos. Chegaram à relação de US\$ 1,16, para cada dólar gasto com serviços de água e esgotos. Considerando-se os benefícios associados a valores subjetivos,

como conforto, bem-estar, desenvolvimento econômico, por exemplo, essa relação pode chegar a US\$ 3,50 para cada dólar gasto em água e esgoto.

Em vinte anos (2016 a 2036), considerando o avanço gradativo do saneamento, o valor presente da economia com saúde, seja pelos afastamentos do trabalho, seja pelas despesas com internação no SUS, deve alcançar R\$ 5,9 bilhões no país (Instituto Trata Brasil, 2019).

A escolaridade da população é o principal aliado dos sistemas de abastecimento de água para diminuição de doenças de veiculação hídrica. Na busca de fatores determinantes para explicação das variáveis dos indicadores de saúde, a educação tem sido a variável de maior destaque, segundo os modelos estatísticos. Sendo assim, é fundamental que a implantação de sistemas de abastecimento de água seja acompanhada de programas de educação sanitária, com o intuito de incentivar mudanças de hábitos na população beneficiada. Por trás dos fracassos na redução de doenças após a implantação dos sistemas de abastecimento, está sempre a ausência de programas educacionais (Adaptado TSUTIYA, 2006).

Quando, os sistemas de abastecimento de água, são construídos e operados de forma inadequada, não há garantia de saúde para a população. Há inúmeros casos de surtos de doenças transmitidos pela água, que ocorreram por falhas na operação ou na construção dos sistemas de abastecimento.

3.3 Importância do sistema de abastecimento de água

Ter saneamento básico é um fator essencial para um país poder ser chamado de desenvolvido. Os serviços de água tratada, coleta e tratamento dos esgotos levam à melhoria da qualidade de vida das pessoas, sobretudo na saúde infantil com redução da mortalidade infantil, melhorias na educação, na expansão do turismo, na valorização dos imóveis, na renda do trabalhador, na despoluição dos rios e preservação dos recursos hídricos.

Os sistemas de abastecimento de água, que é um dos pilares do saneamento básico, consiste na captação da água da natureza, tratamento adequado ao uso para garantia da sua qualidade, adução da água, elevatória quando preciso e o seu fornecimento em quantidade adequada às necessidades da população (TSUTIYA,2006).

O Manual de Saneamento da FUNASA BRASIL (2015) define o Sistema de Abastecimento Público de Água como o conjunto de obras, instalações e serviços, destinados

a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população. Assim sendo, sua valorização dá-se devido a sua importância social e sanitária, pois colabora no controle e prevenção de doenças, auxilia a limpeza pública, propicia conforto e bem-estar da população, auxilia na implantação de hábitos higiênicos e, aumenta a esperança de vida da população, resultando em uma redução da mortalidade e aumento da produtividade humana.

3.4 Redes de distribuição

Como já descrito as redes de distribuição são formadas pelas tubulações e órgãos acessórios com o objetivo de distribuir a água potável ao consumidor de forma ininterrupta, com quantidade, qualidade e pressão adequada (TSUTIYA, 2006).

A rede de distribuição é geralmente o componente de maior custo do sistema de abastecimento de água, o seu custo compreende 50 a 75% do custo total do sistema de abastecimento.

Em um sistema público de abastecimento de água, as redes de distribuição e as ligações prediais são as partes que geralmente não estão sob constante vigia. As demais obras que constituem o sistema por se encontrarem concentradas e serem maiores, são vigiadas pelas equipes de operação, pois são instalações visíveis e visitáveis permanentemente. O mesmo não ocorre com as redes de distribuição, já que são obras enterradas, sendo o acesso bem mais difícil, mas isso não quer dizer que as redes não possam ser operadas, pelo contrário, pelo fato de ser a parte mais próxima do consumidor, deve merecer atenção, principalmente no que se refere a qualidade da água e perdas de água. Esses dois parâmetros devem ser uma preocupação constante dos responsáveis pelo sistema de abastecimento de água.

A rede de distribuição de água consiste no trajeto das unidades do sistema de abastecimento até as ligações prediais, e é constituída por dois tipos de canalizações: a principal, de maior diâmetro e responsável pelo abastecimento da rede secundária, e as secundárias, consideradas de menor diâmetro e que fornecem água diretamente aos ramais prediais (TSUTIYA, 2006).

Além dessa classificação, de acordo com a disposição das canalizações principais e o sentido de escoamento nas tubulações secundárias, a rede pode ser classificada em ramificada, malhada ou mista.

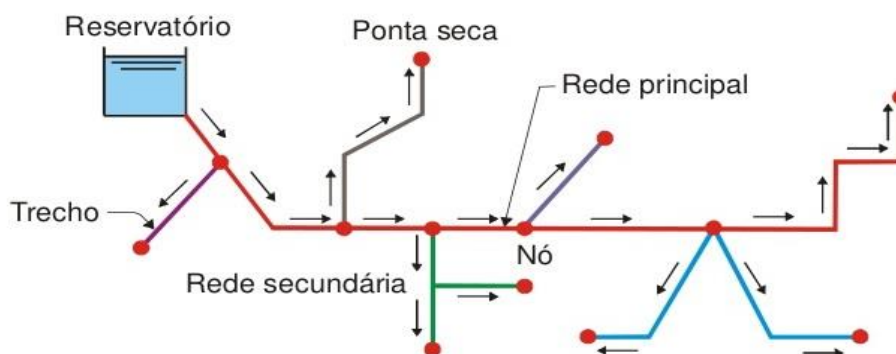
A rede ramificada é classificada dessa forma quando o abastecimento se faz diretamente de um reservatório ou estação elevatória alimentando o conduto principal ou tronco e este último por sua vez alimenta os demais condutos secundários, conhecendo-se assim o sentido e vazão em qualquer trecho.

Em uma rede ramificada não pode haver acidentes que interrompam o escoamento de água na tubulação, pois compromete todo o abastecimento nas tubulações a jusante, portanto só é recomendado adotar rede ramificada, se a topografia e os pontos a serem abastecidos não permitam o traçado da rede malhada.

Os traçados das redes ramificadas (Figura 2) podem ser ainda classificados, de acordo com a disposição dos tubos principais, como:

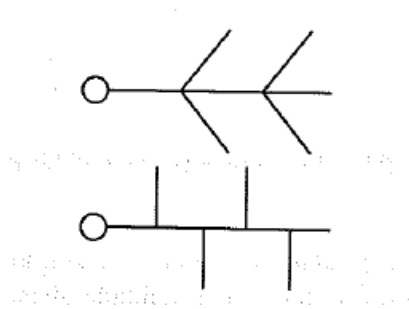
- Redes em espinha de peixe (Figura 3): a partir de um conduto principal central, derivam-se em forma de ramificações os outros condutos principais. É um traçado utilizado para o abastecimento de áreas com desenvolvimento linear (TSUTIYA, 2006).
- Redes em grelha (Figura 4): os condutos principais são sensivelmente paralelos, ligam-se em uma extremidade a um outro conduto principal, que os alimenta (TSUTIYA, 2006).

Figura 2 - Esquema de uma rede ramificada



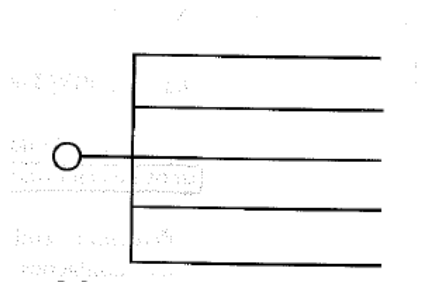
Fonte: TSUTIYA (2006).

Figura 3 - Rede ramificada com traçado em espinha de peixe



Fonte: TSUTIYA (2006).

Figura 4 - Rede ramificada com traçado em grelha



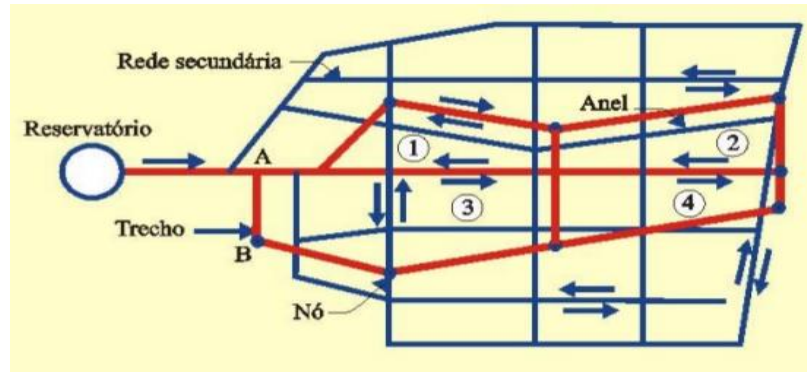
Fonte: TSUTIYA (2006).

As redes malhadas são formadas por condutos principais que formam anéis ou blocos, de modo que qualquer ponto do sistema pode ser abastecido por mais de um caminho, garantindo flexibilidade em satisfazer a demanda e manutenção da rede, com o mínimo de interrupção no fornecimento de água. Pode ser em forma de anéis ou blocos (TSUTIYA, 2006).

- Rede malhada em anéis (Figura 5): é o mais comum na maioria das instalações, apresenta bom funcionamento desde que tenha sido criteriosamente dimensionada, através de uma análise apropriada da circulação da água. Em comparação com a rede malhada em blocos, o número de registros a serem manobrados é sensivelmente maior, o que torna bem mais trabalhosa a medição de vazões (TSUTIYA, 2006).
- Rede malhada em blocos (Figura 6): confere maior facilidade para implementação de controle de perdas, pois as redes internas aos blocos sendo alimentadas apenas por

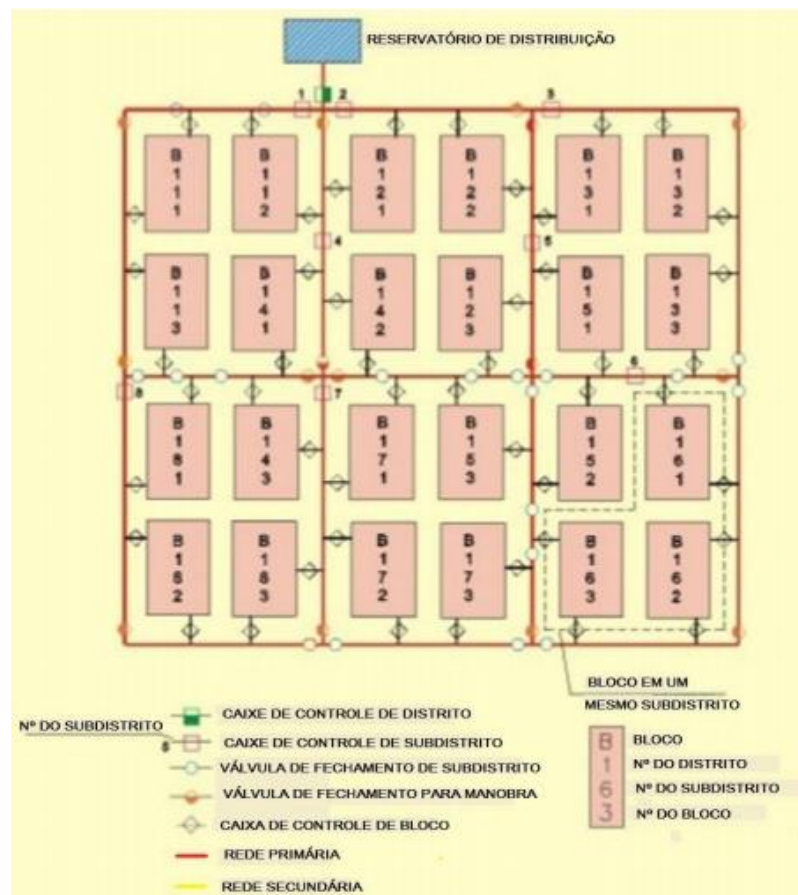
dois pontos, favorecem as medições de vazões e conseqüentemente melhoram o controle de perdas na rede (TSUTIYA, 2006).

Figura 5 - Rede malhada em anéis



Fonte: TSUTIYA (2006).

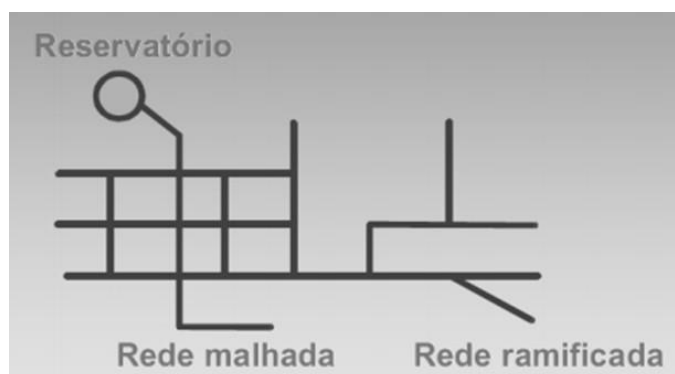
Figura 6 - Rede malhada em blocos



Fonte: TSUTIYA (2006).

As redes mistas são formadas pela junção de redes ramificadas e malhadas. Conforme vê-se na Figura 7 (TSUTIYA, 2006).

Figura 7 - Esquema de uma rede mista



Fonte: TSUTIYA (2006).

3.5 Métodos de Dimensionamento

O abastecimento foi surgindo da necessidade do ser humano levar água para outras localidades. A sociedade foi desenvolvendo-se de forma que a solicitação de água para as mais variadas atividades, além do consumo, foram surgindo. O abastecimento de água em boa qualidade e quantidade vai além do desenvolvimento econômico, a água quando bem tratada e distribuída traz diversos benefícios à saúde pública, uma vez que é indispensável no preparo de alimentos, na hidratação, higienização de ambientes e o próprio consumo humano.

Para que esses objetivos sejam atingidos da melhor forma possível é de extrema importância um bom dimensionamento da rede de abastecimento, de tal forma que haja a possibilidade da água chegar a todos os pontos de solicitação e que o sistema seja operado sem que apareça possíveis vazamentos, gerando desperdícios.

Cabe ao projetista encontrar soluções que possam adequar às necessidades da população abastecida com o custo do processo. Existem alguns métodos que possibilitam esse dimensionamento, entre eles o método do seccionamento fictício, o método iterativo LENHSNET, método Granados, método Pimentel Gomes, método PNL2000, dentre outros.

O custo de um projeto de abastecimento envolve custos referentes às tubulações, gastos energéticos, custos com reservatórios e peças necessárias para as ligações das tubulações, desta forma é necessária uma análise cuidadosa de todo o custo necessário para uma rede de abastecimento.

Portanto, o dimensionamento ótimo das redes de distribuição será aquele cujo custo de implementação e operação, da rede de tubulações e da estação de bombeamento, seja mínimo (GOMES, H.P., 2009).

3.5.1 Método do Seccionamento Fictício

O princípio deste método consiste em seccionar alguns pontos da rede, de forma que esta se torne uma rede ramificada equivalente, simplificando-se assim os cálculos necessários para a determinação dos valores das incógnitas. Para definir os sentidos dos escoamentos nesta última, e procurando-se maximizar o aproveitamento da topografia do terreno, os cortes fictícios são feitos em locais onde minimizem o trajeto da água desde os pontos de abastecimento até os de consumo. Calcula-se a pressão estática nos dois lados de cada corte, segundo diferentes caminhos, e os resultados devem ser aproximadamente iguais (MELO Sampaio, 2005).

É importante notar que os seccionamentos fictícios não devem diminuir a importância dos condutos principais. Este método é bastante limitado porque não pode ser aplicado a todo tipo de rede malhada, já que nem sempre é possível transformá-las em redes simplificadas equivalentes.

O Método de Seccionamento Fictício, ainda muito utilizado pelos projetistas, tem como grande limitação a escolha dos nós que deverão ser seccionados. As várias combinações de trechos seccionados geram custos diferentes e a solução encontrada pelo projetista poderá estar atendendo as normas porém não implicará necessariamente, em uma rede de custo mínimo (FIGUEIREDO JÚNIOR, J. V., 2010).

3.5.2 Método Granados

O método Granados é um algoritmo iterativo de otimização, que proporciona o custo mínimo de uma rede de distribuição ramificada pressurizada, em função de sua cota

piezométrica de alimentação. Esse método considera em seu processo de otimização, a variação do preço das tubulações em função de seus tipos, diâmetros e classes.

O processo de otimização consiste em duas etapas. A primeira é a determinação de uma solução prévia, que é uma solução de contorno, e que fornece o custo ótimo da rede de distribuição à cota piezométrica de alimentação, estritamente necessária para abastecer a rede, composta pelas tubulações de menores diâmetros admissíveis. A segunda etapa, compreende uma sequência de iterações, na qual diminui-se paulatinamente a cota piezométrica de alimentação e obtém-se, para cada decréscimo desta cota, um novo custo da rede de distribuição (GOMES, H.P., 2002)..

Para a obtenção da solução prévia determinam-se primeiramente os diâmetros mínimos admissíveis das tubulações, que comporão os trechos da rede de distribuição. Estes são determinados em função das velocidades máximas admissíveis, de acordo com o critério de restrição de velocidades adotado, e das vazões de projeto a serem transportadas pelos trechos da rede de distribuição. Após a determinação dos diâmetros mínimos das tubulações, calculam-se as perdas de carga correspondentes e a cota piezométrica, estritamente necessária para atender aos requerimentos de pressão nos pontos de consumo e superar as perdas de carga em toda rede (GOMES, H.P., 2002).

Após a determinação da solução prévia, inicia-se a segunda etapa, esta consiste na execução de um processo iterativo de operações que reduz gradualmente a cota piezométrica de alimentação, com o mínimo acréscimo de custo possível a rede. O processo iterativo termina, quando for alcançada a cota piezométrica de alimentação desejada pelo projetista, ou quando se atinge a cota que proporciona o custo mínimo da rede de distribuição mais a energia de bombeamento (GOMES, H.P., 2002).

3.5.3 Método Pimentel Gomes

O método Pimentel Gomes tem por objetivo o dimensionamento de redes de distribuição de água (malhadas e ramificadas) sem levar em consideração a busca da alternativa de projeto que minimize o custo total do sistema (investimento mais operação). Trata-se de um método que equilibra hidraulicamente a rede de abastecimento, em escoamento permanente, proporcionando, como resposta, os diâmetros dos trechos, as pressões disponíveis nos nós e a altura manométrica na alimentação do sistema de distribuição

de água. O método pode ser considerado uma alternativa à metodologia de Hardy Cross (1936), em que a rede pode ser dimensionada a partir do equilíbrio hidráulico do fluxo de água nos diversos anéis do sistema de distribuição (GOMES, H.P., 2009).

O dimensionamento através do método de Pimentel Gomes, é indeterminado e admite inúmeras soluções, que dependerão da altura manométrica de alimentação e das vazões nos trechos da rede devido a que, o problema de fluxo de água em redes de abastecimento é hidráulicamente indeterminado. Portanto, no dimensionamento caberá ao projetista efetuar várias simulações para decidir qual a solução que melhor atende as condições de operação sem comprometer o custo final de implementação e operação do sistema de abastecimento.

A metodologia do método de Pimentel Gomes, que utiliza técnicas de pesquisa operacional na determinação das variáveis hidráulicas do problema de dimensionamento de redes, se divide em duas etapas. Na primeira, faz-se um pré-dimensionamento do sistema, no qual os diâmetros, as vazões nos trechos e a altura manométrica de alimentação são variáveis contínuas a serem determinadas pelo processo de busca de uma solução hidráulicamente viável, ou seja, que confira as leis de conservação de massa nos nós e de conservação de energia nos anéis e que atenda as demais restrições hidráulicas impostas ao dimensionamento. Os resultados das variáveis obtidas nesta etapa atendem as restrições hidráulicas impostas ao dimensionamento, resultando numa alternativa de cálculo que necessita ser ajustada, já que os valores contínuos obtidos para os diâmetros dos trechos não coincidem com os valores nominais disponíveis no mercado (GOMES, H.P., 2009).

Na segunda etapa, os valores dos diâmetros encontrados, inicialmente, para os trechos devem ser aproximados para os valores nominais vizinhos. Sendo assim, os diâmetros não mais serão variáveis na segunda etapa de busca de uma solução para o dimensionamento da rede, que atenda a todas as restrições impostas. As vazões nos trechos da rede continuam como variáveis, enquanto a altura manométrica de alimentação poderá ser fixa ou variável, dependendo das simulações a serem efetuadas pelo projetista (GOMES, H.P., 2009).

A metodologia empregada utiliza um processo de busca, para a determinação das variáveis do problema, através do modelo matemático da programação não linear, atendendo a todas as restrições hidráulicas de fluxo de água em regime permanente nas redes de distribuição. No método Pimentel Gomes, o modelo de programação não linear, a partir do algoritmo do Gradiente Reduzido Generalizado (GRG2), é formulado e processado através da ferramenta *Solver* da planilha eletrônica Excel da Microsoft (GOMES, H.P., 2009).

No cálculo da rede, as vazões, os diâmetros, e a altura manométrica de alimentação são variáveis a serem determinadas pelo processo de busca, submetidas às restrições hidráulicas inerentes ao escoamento permanente em redes malhadas de distribuição. As restrições a serem necessariamente obedecidas dizem respeito ao atendimento hidráulico do sistema de abastecimento e ao atendimento das leis de fluxo em redes malhadas. Além dessas, o modelo pode introduzir outras restrições, não necessariamente obrigatórias, mas que impõem determinadas condições de operação para as redes, tais como: diâmetros mínimos e máximos para os trechos, pressões mínimas e máximas para os nós, velocidades mínimas e máximas de escoamento de água nos trechos, como também a restrição relativa ao valor da altura manométrica da alimentação (GOMES, H.P., 2009).

O dimensionamento será efetuado com a montagem do modelo através da planilha Excel, e com a obtenção da solução a partir da utilização da ferramenta *Solver*.

3.5.4 Método PNL2000

O método PNL2000 tem como objetivo a obtenção da solução que proporcione o custo mínimo, de investimento mais operação, do sistema de distribuição de água. O método, que pode ser aplicado a redes malhadas e ramificadas, está baseado em técnicas de otimização econômica.

A metodologia do PNL2000, que utiliza o modelo matemático da programação não linear, se divide em duas etapas. Na primeira etapa, faz-se um pré-dimensionamento do sistema, no qual os diâmetros e as vazões dos trechos, e a altura manométrica de alimentação, são variáveis a serem determinadas no processo de otimização. Em seguida, com os resultados obtidos no pré-dimensionamento, executa-se uma segunda etapa, na qual se realiza um ajuste da solução inicialmente obtida. Esse ajuste é necessário porque os valores dos diâmetros encontrados na primeira etapa não coincidem com os calibres nominais disponíveis no mercado. O ajuste é feito substituindo, em cada trecho, o diâmetro calculado pelo comercial mais próximo (GOMES, H.P., 2009).

Para realizar a otimização, utiliza o método do Gradiente Reduzido Generalizado (GRG2), o modelo de programação não linear pode ser formulado e processado através da ferramenta *Solver* da planilha eletrônica Excel da Microsoft.

O dimensionamento das tubulações das redes de distribuição pode ser efetuado, considerando duas situações. Na primeira, a altura manométrica é tida como conhecida, sendo um valor fixo do problema. No segundo caso esta altura é desconhecida, sendo considerada uma variável a mais a ser otimizada pelo dimensionamento. Assim, procura-se minimizar a soma dos custos de implantação da rede e se sua operação, que é representada pelo custo de energia de bombeamento (GOMES, H.P., 2009).

Os custos com a implementação da rede, são denominados gastos fixos, enquanto os custos com a operação são variáveis e incidem ao longo do alcance do projeto. Como estes gastos incidem em tempos diferentes, faz-se necessário converter, financeiramente, os gastos fixos em variáveis ou os variáveis em fixos. Esta última alternativa é a adotada no presente método. Para tanto, faz-se necessário utilizar o custo de operação mediante a introdução, na função objeto, do coeficiente de atualização (GOMES, H.P., 2009).

3.5.5 Programa EPANET

O EPANET é um programa computacional que permite simular o comportamento hidráulico de um sistema pressurizado de distribuição de água, ao longo do tempo. O sistema pode ser composto por uma rede de tubulações (malhada ou ramificada), estações de bombeamento, diversos tipos de válvulas e reservatórios de nível fixo ou variável. O EPANET também simula o comportamento de parâmetros da água, ao longo da rede de distribuição, durante um determinado período de tempo (GOMES, H.P., 2009).

O EPANET permite obter os valores da vazão em cada tubulação, da pressão em cada nó, da altura de água em cada reservatório de nível variável e da concentração de espécies químicas através da rede durante o período de simulação, subdividido em múltiplos intervalos de cálculo. Adicionalmente, além de espécies químicas, o modelo simula o cálculo da idade da água e o rastreio da origem de água em qualquer ponto da rede (GOMES, H.P., 2009).

Em ambiente *Windows*, o EPANET fornece uma interface integrada para editar dados de entrada da rede, executar simulações hidráulicas e de qualidade da água e visualizar os resultados em vários formatos. Estes últimos incluem a possibilidade de visualizar mapas da rede com codificações coloridas, tabelas e dados, gráficos de séries temporais e gráficos de isolinhas.

O EPANET contém um conjunto de ferramentas de cálculo para apoio a simulação hidráulica, onde se destacam como principais características:

- a) Dimensão ilimitada do número de componentes da rede analisada;
- b) Cálculo da perda de carga utilizando as fórmulas de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach ou Chezy-Manning;
- c) Consideração das perdas de carga singulares em curvas, alargamentos, estreitamentos;
- d) Modelagem de bombas de velocidade constante ou variável;
- e) Cálculo da energia de bombeamento e do respectivo custo;
- f) Modelagem dos principais tipos de válvulas, incluindo válvulas de seccionamento, de retenção, reguladoras de pressão e de vazão;
- g) Modelagem de reservatórios de armazenamento de nível variável de formas diversas, através de curvas de volume em função da altura de água;
- h) Múltiplas categorias de consumo nos nós, cada uma com um padrão próprio de variação no tempo;
- i) Modelagem da relação entre pressão e vazão efluente de dispositivos emissores;
- j) Possibilidade de basear as condições de operação do sistema em controles simples, dependentes de uma só condição, ou em controles com condições múltiplas.

A modelagem de um sistema de distribuição de água através do EPANET utiliza tipicamente os seguintes passos:

- 1) Desenhar uma representação esquemática do sistema de distribuição. O desenho do traçado da rede pode ser importado de um arquivo do AutoCAD;
- 2) Editar as propriedades dos objetos que constituem o sistema (nós, trechos, reservatórios);
- 3) Descrever as condições de operacionalidade do sistema;
- 4) Selecionar um conjunto de opções de simulação;
- 5) Executar uma simulação hidráulica ou de qualidade da água;

- 6) Visualizar os resultados da simulação.

3.5.6 Método LENHSNET

O método LENHSNET é um algoritmo iterativo de dimensionamento, o processo iterativo parte de uma solução inicial (de contorno), onde a rede de distribuição é composta, inicialmente, pelos diâmetros mínimos admitidos para o projeto em consideração. A partir da solução inicial, o processo de cálculo se desenvolve, de maneira que cada solução subsequente, dependerá da solução anterior.

Para o funcionamento do algoritmo do método proposto, este deve ser associado, em paralelo, a um simulador hidráulico, que fornecerá a cada iteração, o equilíbrio hidráulico do sistema e os valores das variáveis de estado do escoamento do fluxo d'água na rede, segundo as diversas configurações de diâmetros testados nos trechos. O simulador escolhido para trabalhar com o método foi o EPANET (GOMES, H.P., 2009).

Neste método de otimização, os aumentos dos diâmetros da rede, como menor acréscimo de custo possível, dependerão do estado de pressão no sistema de abastecimento, especificamente, no nó mais desfavorável da configuração inicial de diâmetros de cada iteração.

O método trabalha com duas alternativas de dimensionamento, que determinam as condições de convergência ou de parada do processo iterativo de otimização. Na primeira alternativa a rede é abastecida por um reservatório elevado e, portanto, sua cota piezométrica na origem é fixa e conhecida. Neste caso, o custo do sistema corresponderá ao custo de implantação da rede de tubulações. Na segunda alternativa, a água é impulsionada para o sistema através de bombeamento e o custo total do sistema será composto pelo custo da rede de tubulações, mais o custo energético da estação elevatória. Neste último caso a cota na origem será uma variável de decisão a mais no processo de otimização (GOMES, H.P., 2009).

3.6 Normas regulamentadoras

As normas tem o objetivo de fixar as condições exigíveis para a elaboração de um determinado estudo (ABNT, 1992). Desta forma, as normas da ABNT aplicáveis ao projetos de redes de abastecimento de água estão listadas abaixo:

- NBR 12.211: Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água, publicada em Abril de 1992;
- NBR 12.213: Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público, publicada em Abril de 1992;
- NBR 12.214: Projeto de Sistema de Bombeamento de Água para Abastecimento Público, publicada em Abril de 1992;
- NBR 12.215: Projeto de Adutora de Água para Abastecimento Público, publicada em Novembro de 2017;
- NBR 12.216: Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público, publicada em Abril de 1992;
- NBR 12.217: Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público, publicada em Julho de 1994;
- NBR 12.218: Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público - Procedimento, publicada em Maio de 2017.

A NBR 12.218 foi atualizada recentemente e trouxe algumas novidades em relação a norma anterior, uma delas é a quantidade de definições, a nova norma traz em seu escopo uma abrangência bem maior de termos e definições, enquanto na de 1994 haviam 13, na de 2017 são 89. Traz dois tópicos a mais em Requisitos Gerais que são: Elementos a considerar no desenvolvimento do projeto e Elementos que devem compor o projeto, além de mais atividades necessárias ao desenvolvimento do projeto. No item de condições específicas, item 5 da norma, no dimensionamento do conduto a norma de 1994 recomenda uma velocidade mínima de 0,6 m/s já na de 2017 essa velocidade é de 0,4m/s. No que diz respeito ao setor de manobra a norma atual recomenda que o SM abranja uma área que apresente no máximo 500 ligações e tenha uma extensão máxima da rede do SM igual a 3 km, já na norma antiga a extensão de rede varia de 7km a 35km e o número de economias de 600 a 3000.

No geral a norma atualizada é bem mais descritiva que a norma anterior, sendo possível ter um nível de entendimento bem maior que a norma de 1994. Essas são só algumas diferenças apresentadas entre as normas, o que se pode inferir é que houve mudanças significativas e que se atualizar enquanto as normas em vigor é fundamental para elaboração de um projeto de qualidade e com o mínimo de erros.

4. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SALGADINHO-PB

4.1 História

Datam do século passado os primeiros movimentos que deram origem ao município de Salgadinho, que servia de entreposto entre os que iam do cariri do estado para o Sertão e vice-versa.

Sob a denominação de Salgadinho o povoado passou a ser distrito de Patos em 7 de janeiro de 1949, com terras cedidas do distrito de Espinharas.

Mais de 10 anos depois, movimentos emancipacionistas sob as lideranças de Cícero José Maciel, José Bezerra de Maria, Pedro Leite Correia de Melo, Joaquim Marcolino Guimarães, José Morais da Silva e Felizardo Trindade de Figueiredo conseguiram a independência do distrito através da lei estadual nº 2.676 de 22 de Dezembro de 1961, publicada no Diário Oficial do Estado e assinada pelo governador Pedro Gondim. O nome gentílico dos seus habitantes é salgadinhense.

Consolidado oficialmente em 30 de dezembro de 1961, Salgadinho viria ter o seu primeiro gestor em 31 de outubro de 1962, o Sr. Djalma Morais da Silva, tendo como vice José Bezerra de Maria, seu atual prefeito é Marcos Antônio Alves.

O município é conhecido internacionalmente como sendo um dos poucos locais no mundo a se encontrar a raríssima e valiosa Turmalina Paraíba (um dos minerais mais raros e valiosos do planeta), perseguida desde a década de 1980 no distrito de São José da Batalha.

Além de suas riquezas minerais e seu clima plácido, outras atrações são destaque na cidade, tais como sua geografia e sítios históricos, suas construções e a sua culinária.

A Grota é um sítio arqueológico localizado 3km ao norte da sede de município, que mantém sua mata preservada e onde é proibido a caça de animais. Além de inscrições rupestres, a grota possui uma fonte de água de coloração amarelo turvo que provém da concentração de minerais naquela região, principalmente o ferro.

A culinária do município é tipicamente sertaneja baseada principalmente na agricultura familiar bem como na pecuária e na fruticultura. Entre os pratos típicos estão: feijão verde, pamonha e canjica, doces a partir da extração do caju, castanha e goiaba etc.

Na Figura 8, temos uma imagem da cidade de Salgadinho – PB, através do Google Earth.

Figura 8 – Vista aérea do Município de Salgadinho – PB



Fonte: AUTOR (2019).

4.2 Localização e acesso

O município de Salgadinho localiza-se na região central do Estado da Paraíba, Meso-Região Borborema e Micro-Região Seridó Ocidental Paraibano. Limita-se ao norte com o município de Santa Luzia e Junco do Seridó, leste com Assunção e Juazeirinho, sul com Taperoá, e, oeste, com Areia de Baraúna e Passagem. Sua unidade territorial possui uma área de 184,24 km² e insere-se na folha Juazeirinho (SB.24-Z-D-II) editada pelo MINTER/SEDENE no ano de 1970. A sede municipal situa-se à uma altitude de 420 metros e possui coordenadas de 738.025EW e 9.214.308NS. A Figura 9 mostra a localização da cidade em estudo no mapa da Paraíba.

Figura 9 - Localização do Município de Salgadinho na Paraíba

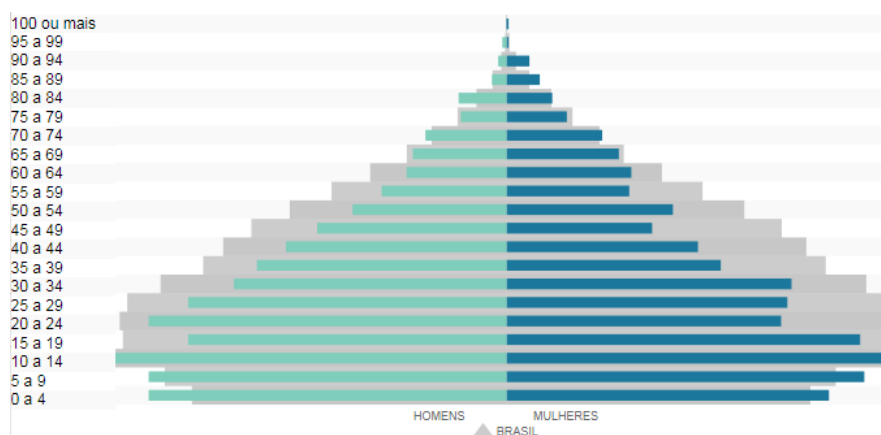


Fonte: AUTOR (2020).

4.3 Aspectos socioeconômicos

4.3.1 População

Segundo o último censo 2010 (IBGE, 2010) o município de Salgadinho possui uma população de 3.508 habitantes, como verificamos na Figura 10, e uma população estimada para o ano de 2019 de 3.885 pessoas. Das 3508 pessoas, 1.203 (34%) residem na zona urbana e, 2.305 na zona rural (66%). Do total da população, 1.782 são homens e 1.726 são mulheres. A densidade demográfica do município é de 19,04 hab/km².

Figura 10 – Gráfico da pirâmide Etária Censo 2010

Fonte: IBGE (2019).

A população de 10 anos ou mais sem instrução e fundamental incompleto é de 1.379 pessoas censo 2010 (IBGE, 2010).

4.3.2 Trabalho e rendimento

Em 2017, o salário médio mensal era de 1,7 salários mínimos, ocupando a 51ª posição de 223 no ranking estadual. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 6,3%, totalizando apenas 250 pessoas ocupadas, fazendo com que ocupasse a 188ª de 223 municípios no estado. Já na comparação com cidades do país todo, Salgadinho ficava na posição 3607ª de 5570 cidades no quesito salário médio mensal, e 4726ª de 5570 no quesito pessoas ocupadas com relação à população total.

Considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, tinha 50,3% da população nessas condições, o que o colocava na posição 123ª de 223 dentre as cidades do estado e na posição 1343ª de 5570 dentre as cidades do Brasil. Apresenta uma renda per capita de até ½ salário mínimo por habitante (2010).

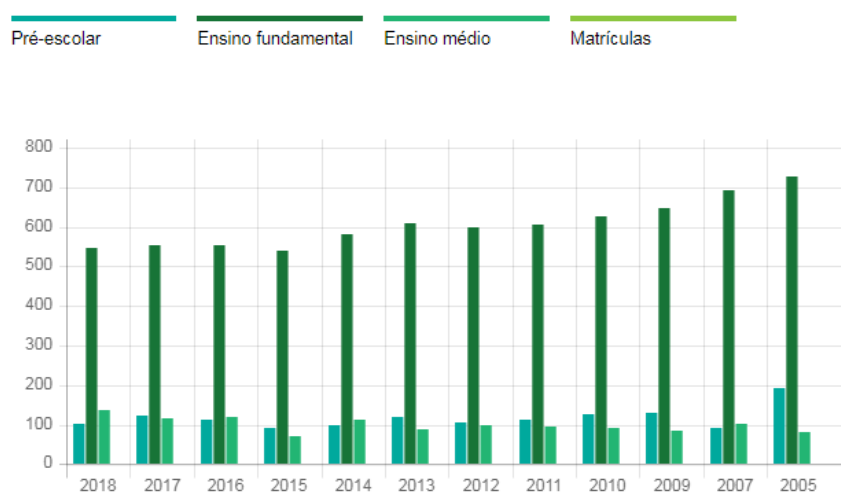
4.3.3 Educação

No município de Salgadinho segundo o censo de 2010, a taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade era de 97,6%, colocando na 96^o de 223 no ranking do estado e 2733^o de 5570 no ranking do país, ocupando um lugar mediano no cenário estadual e nacional. Em 2017, apresentou um Índice de Desenvolvimento da Educação Básica – IDEB de 4,4 para os anos iniciais do ensino fundamental na rede pública, e um IDEB de 3,6 para os anos finais do ensino fundamental na rede pública, esse índice avalia a qualidade do ensino fundamental e médio em escolas públicas e privadas, a "nota" do ensino básico varia numa escala de 0 a 10.

Em 2018, totalizou 546 matrículas no ensino fundamental, 137 matrículas no ensino médio e 101 matrículas na pré-escola, como são apresentadas na Figura 11, como é possível observar houve uma diminuição no número geral de matrículas de 2015 a 2018, apenas um pequeno aumento nas matrículas do ensino médio.

Foram contabilizados 38 docentes no ensino fundamental e 11 docentes no ensino médio. Número de estabelecimentos de ensino fundamental foi de 6 escolas, e o número de estabelecimentos de ensino médio foi de 1 escola.

Figura 11 – Gráfico das matrículas registradas de 2005 a 2018 no município de Salgadinho - PB



Fonte: IBGE (2019).

4.3.4 Economia

O Produto Interno Bruto – PIB per capita de Salgadinho no ano de 2016 foi de R\$ 6.408,49, fazendo com que o município ocupasse o 221º de 223 no estado e a posição 5260º de 5570 a nível nacional, mostrando ser um dos municípios com menor PIB registrado.

Em 2015, o percentual das receitas oriundas de fontes externas foi de 97,2 %. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM, segundo o censo de 2010, foi de 0,563, sendo considerado baixo. Esse índice é uma medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda, varia de 0 a 1, quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano.

No ano de 2017, o total de receitas realizadas foi de R\$ 13.609,12 (×1000), e o total de despesas empenhadas de R\$ 10.977,30 (×1000).

As empresas atuantes com CNPJ totalizam 34. O município tem como principal atividade econômica a agricultura. A economia do município concentra-se predominantemente no setor primário, cuja participação está na faixa de 50,1 a 75 %, seguindo-se o setor terciário com 5,1 a 25 % e com participação modesta o setor secundário com 0 a 10 %. Na agricultura, destacam-se as culturas de algodão, feijão, milho, arroz e sisal. Na pecuária, ocorre a criação de bovinos e caprinos e na avicultura a criação de galináceos com produção de ovos (Diagnóstico do Município de Salgadinho, 2005).

4.3.5 Saúde

A taxa de mortalidade infantil média na cidade de Salgadinho é de 23,81 para cada 1.000 nascidos vivos, comparado com todos os municípios do estado, fica na 1º posição de 223, e quando comparado as cidades do Brasil todo, também ocupa a 1º de 5570, o que demonstra um quadro bem negativo para o município.

As internações devido a diarreias são de 3,1 para cada 1.000 habitantes. O município possui 4 estabelecimentos de saúde atendidos pelo Sistema Único de Saúde – SUS, e possui 2 unidades ambulatoriais.

4.3.6 Território e ambiente

O município apresenta 15,9 % de domicílios com esgotamento sanitário adequado, quando comparado a nível estadual, fica na posição 159º de 223, já quando comparado a nível nacional, sua posição é 3929º de 5570, mostrando que a cidade não tem um bom nível de esgotamento sanitário. Os domicílios particulares permanentes são 651, e, destes, apenas 229 (35,17 %) possuem esgotamento sanitário, 305 (46,85 %) são atendidos pelo abastecimento geral de água e 35 (5,37 %) efetuam coleta de lixo.

Com relação aos domicílios urbanos em vias públicas com arborização apresenta um percentual de 92,3 %, demonstrando assim ser uma cidade bem arborizada, já em relação aos domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio) apresenta um percentual de 3,3 %, mostrando que o município não apresenta uma urbanização adequada.

A cidade de Salgadinho está inserida no Bioma da Caatinga.

4.4 Aspectos fisiográficos

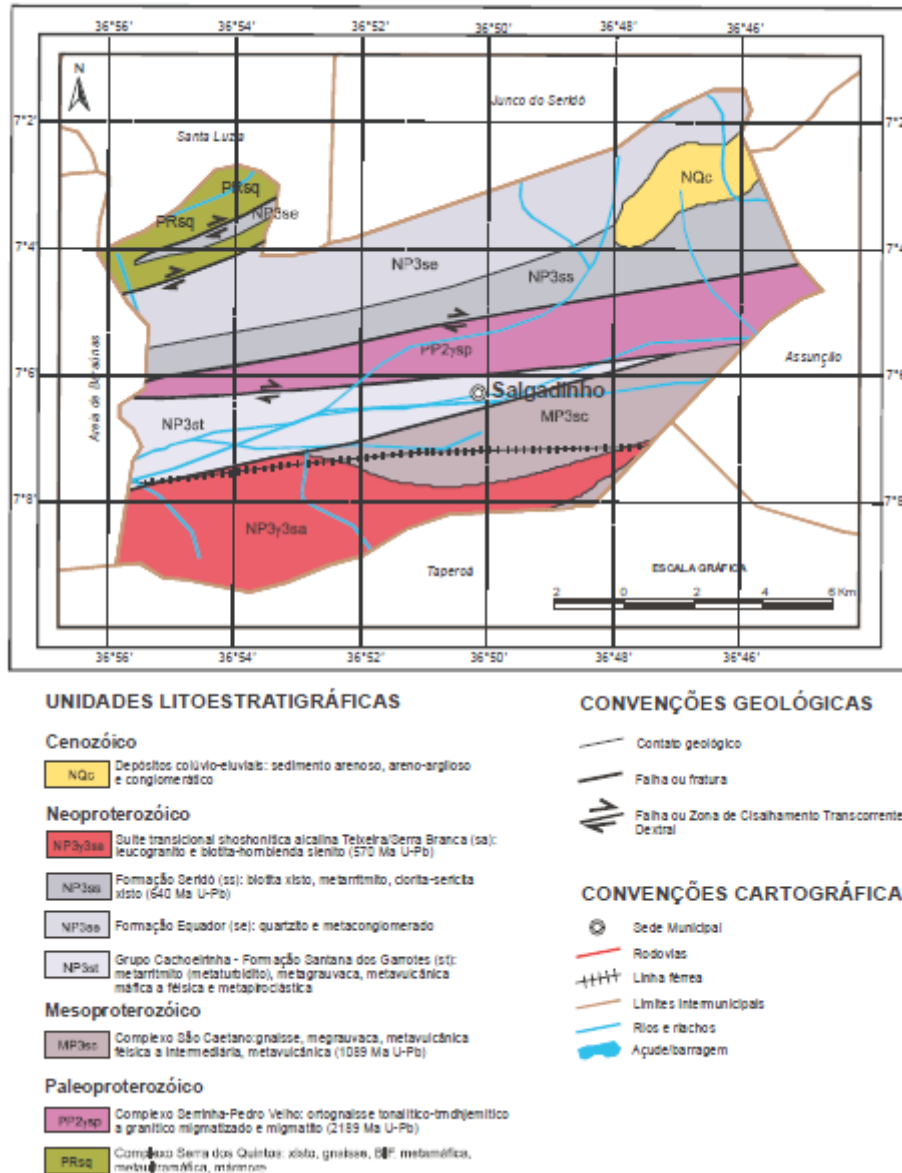
O município está incluído na área geográfica de abrangência dosemiáridobrasileiro, definida pelo Ministério da Integração Nacional em 2005. Esta delimitação tem como critérios o índice pluviométrico, o índice de aridez e o risco de seca. Está inserido no Polígono da Secas, possui clima Bsh-Tropical, quente seco, semiárido com chuvas de verão. Segundo a divisão do Estado da Paraíba em regiões bioclimáticas o município enquadra-se no bioclima 2b-Sub-desértico de tendência tropical, com 9 a 11 meses secos.

A pluviometria média mensal é de 437,8 mm (Período 1934-85), distribuição irregular, com 76% de seu total concentrando-se em 04 meses (FMAM) (Diagnóstico do município de salgadinho, 2005). A vegetação é do tipo Caatinga Hiperxerófila do Seridó. A temperatura média anual é de 25 à 26°C.

A Figura 12 apresenta o mapa Geológico da cidade de Salgadinho, as unidades litoestratigráficas encontradas no solo são:

- Cenozóico:
 - Depósitos colúvio-eluviais: sedimento arenoso, areno-argiloso e conglomerático (NQc).
- Neoproterozóico:
 - Suíte transicional shoshonítica alcalina Teixeira/Serra Branca (sa): leucogranito e biotita-hornblendasienito (570 Ma U-Pb) (NP33 sa);
 - Formação Seridó (ss): biotita xisto, metarritmito, clorita-sericita xisto (640 Ma U-Pb) (NP3ss);
 - Formação Equador (se): quartzito e metaconglomerado (NP3se);
 - Grupo Cachoeirinha - Formação Santana dos Garrotes (st): metarritmito (metaturbidito), metagrauvaca, metavulcânica máfica a félsica e metapiroclástica (NP3st).
- Mesoproterozóico:
 - Complexo São Caetano: gnaiss, megrauvaca, metavulcânica félsica a intermediária, metavulcânica (1089 Ma U-Pb) (MP3 sc).
- Paleoproterozóico:
 - Complexo Serrinha-Pedro Velho: ortognaiss e tonalítico-trondhjemítico a granítico migmatizado e emigmatito (2189 Ma U-Pb) (PP2 ysp);
 - Complexo Serra dos Quintos: xisto, gnaiss, BIF, matamáfica, mataultramáfica, mármore (PRsq).

Figura 12 – Mapa Geológico do Município de Salgadinho – PB



Fonte: Diagnóstico do município de salgadinho (2005).

4.5 Águas superficiais

O município de Salgadinho encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Piranhas, sub-bacia do Rio Espinharas. Seus principais tributários são: o Rio da Farinha e os riachos: Muquém, Olho d' Água, do Pinga, Carabeira, dos oitis, do Brejinho, Catolé, João Bento, do Rodeador, da Macambira, dos Ferros, Cercado do Fogo, do Saco

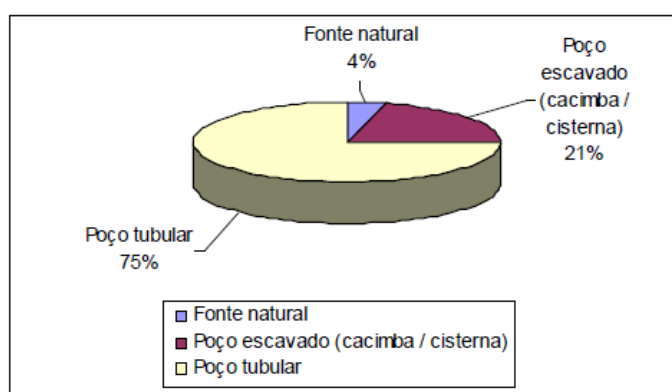
Uruçu, Cosme Pinto e do Mocó. Os principais corpos de acumulação são: o açude dos Tanques e as lagoas da Viração, da Caraibeira e da Onça.

Todos os cursos d' água têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico.

4.6 Águas subterrâneas

O levantamento realizado no município registrou a existência de 24 pontos d' água, sendo 1 fonte natural, 5 poços escavados e 18 poços tubulares, conforme mostra a Figura 13.

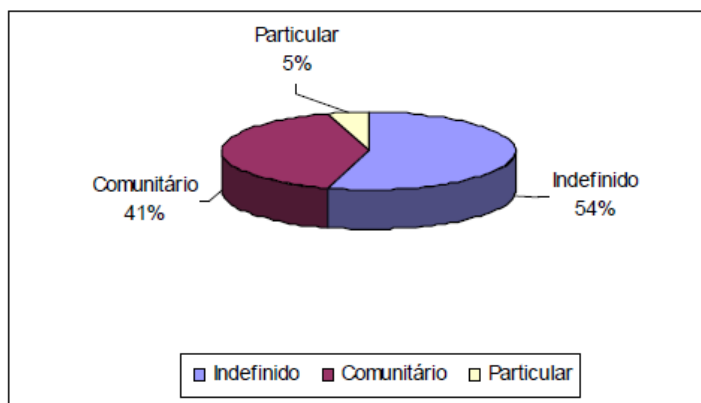
Figura 13 - Tipos de pontos d' água cadastrados no município



Fonte: Diagnóstico do município de salgadinho (OUT/2005).

Quanto ao tipo de abastecimento a que se destina a água, os pontos cadastrados foram classificados em: comunitários, quando atendem a várias famílias e, particulares, quando atendem apenas ao seu proprietário. A Figura 14 mostra que 9 pontos d' água destinam-se ao atendimento comunitário, 1 ao atendimento particular e 12 pontos não tiveram a finalidade do abastecimento definida.

Figura 14 - Finalidade do abastecimento dos poços



Fonte: Diagnóstico do município de salgadinho (OUT/2005).

5. METODOLOGIA

5.1 Diagnóstico do sistema de abastecimento de água do Município de Salgadinho-PB

O diagnóstico do sistema de abastecimento de água da cidade de Salgadinho, foi realizado com base na análise dos dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, foram coletadas informações dos 5 últimos anos de referência que constam dados na plataforma, de 2013 a 2017. Foram realizadas análises comparativas ao longo dos anos para verificar se houve crescimento ou decréscimo dos indicadores estudados, como também será comparado como está a situação do município a nível estadual (Paraíba), regional (Nordeste) e nacional (Brasil).

Foram escolhidos quinze indicadores que dão um panorama geral da situação do sistema de abastecimento de água do município, todos estão dispostos na Tabela 2, com suas respectivas descrições.

Tabela 2 - Indicadores utilizados no diagnóstico do sistema de abastecimento de Salgadinho

Indicadores	Descrição
Índice de atendimento total de água (%);	O índice de atendimento total de água (IN055) é calculado fazendo a população total atendida com abastecimento de água (AG001) dividida pela população total residente do(s) município(s) com abastecimento de água, segundo o IBGE (G12A), multiplicado por 100, é expresso em porcentagem.
Índice de atendimento urbano de água (%);	O índice de atendimento urbano de água (IN023) é calculado fazendo a população urbana atendida com abastecimento de água (AG026) dividida pela população urbana residente do(s) município(s) com abastecimento de água (G06A), multiplicado por 100, é expresso em porcentagem.
Densidade de economias de água por ligação (econ./lig.);	A densidade de economias de água por ligação (IN001) é calculada fazendo a quantidade de ligações ativas de água (AG002) dividida pela quantidade de economias ativas de água (AG003), para obter AG003 e AG002 utiliza-se a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo, é expressa em econ./lig..
Participação das economias residenciais de água no total das economias de água (%);	A participação das economias residenciais de água no total das economias de água (IN043) é calculada dividindo a quantidade de economias ativas de água (AG003) pela quantidade de economias residenciais ativas de água percentual (AG013), multiplicado por 100, para obter AG013 e AG003 utiliza-se a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo, é expressa em percentual.
Índice de consumo de água (%);	O índice de consumo de água (IN052) é calculado dividindo o volume de água consumido (AG010), pelo volume de água produzido (AG006) somado ao volume de água tratada importado (AG018) subtraindo o volume de serviço (AG024), multiplicado por 100, é expresso em percentual.
Volume de água disponibilizado por economia (m ³ /mês/econ.);	O volume de água disponibilizado por economia (IN025) é obtido pelo volume de água produzido (AG006) somado ao volume de água tratada importado (AG018) subtraindo o volume de água tratada exportado (AG019), dividido pela quantidade de economias ativas de água (AG003), multiplicado por 1.000 dividido por 12, para obter AG003 utiliza-se a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo, é expresso em m ³ /mês/econ..
Consumo médio de água por economia (m ³ /mês/econ.);	O consumo médio de água por economia (IN053) é calculado fazendo o volume de água consumido (AG010) subtraindo o volume de água tratada exportado (AG019), dividido pela quantidade de economias ativas de água (AG003), multiplicado por 1.000 dividido por 12, para obter AG003 utiliza-se a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo, é expresso em m ³ /mês/econ..
Consumo de água faturado por economia (m ³ /mês/econ.);	O consumo de água faturado por economia (IN017) é calculado fazendo o volume de água faturado (AG011) subtraindo o volume de água tratada exportado (AG019), dividido pela quantidade de economias ativas de água (AG003), multiplicado por 1.000 dividido por 12, para obter AG003 utiliza-se a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo, é expresso em m ³ /mês/econ..

Consumo médio per Capita de água (l/hab.dia);	O consumo médio per capita de água (IN022) é definido, no SNIS, como o volume de água consumido (AG010), excluído o volume de água exportado (AG019), dividido pela média aritmética, dos dois últimos ano de coleta, da população atendida com abastecimento de água (AG001), multiplicado por 1.000.000 dividido por 365, é expresso em l/hab./dia.
Extensão da rede de água por ligação (m/lig.);	A extensão da rede de água por ligação (IN020) é definida, pela média aritmética, dos dois últimos ano de coleta, da extensão da rede de água (AG005), dividido pela média aritmética, dos dois últimos anos de coleta, da quantidade de ligações totais de água (AG021), multiplicado por 1.000, é expressa em m/lig.
Índice de faturamento de água (%);	O índice de faturamento de água (IN028) é obtido dividindo o volume de água faturado (AG011), pelo volume de água produzido (AG006) somado ao volume de água tratada importado (AG018) subtraindo o volume de serviço (AG024), multiplicado por 100, é expresso em porcentagem.
Índice de perdas faturamento (%);	O índice de perdas faturamento (IN013) é calculado pela diferença entre o volume de água produzido (AG006) e o volume de água faturado (AG011), dividido pelo volume de água produzido (AG006). Nessa equação deve ser descontado de AG006 o volume de serviço (AG024) e somado o volume de água tratada importado (AG018), tanto no numerador quanto no denominador, multiplicado por 100, é expresso em porcentagem.
Índice de perdas na distribuição (%);	O índice de perdas na distribuição (IN049) é calculado pela diferença entre o volume de água produzido (AG006) e o volume de água consumido (AG010), dividido pelo volume de água produzido (AG006). Nessa equação deve ser descontado de AG006 o volume de serviço (AG024) e somado o volume de água tratada importado (AG018), tanto no numerador quanto no denominador, multiplicado por 100, é expresso em porcentagem.
Índice bruto de perdas lineares (m ³ /dia/km);	O índice bruto de perdas lineares (IN050) é calculado pela diferença entre o volume de água produzido (AG006) e o volume de água consumido (AG010), dividido pela média aritmética, dos dois últimos ano de coleta, da extensão da rede de água (AG005). Nessa equação deve ser descontado de AG006 o volume de serviço (AG024) e somado o volume de água tratada importado (AG018), apenas no numerador, multiplicado por 1.000 dividido por 365, é expresso em m ³ /dia/Km.
Índice de perdas por ligação (l/dia/lig.).	O índice de perdas por ligação (IN051) é calculado pela diferença entre o volume de água produzido (AG006) e o volume de água consumido (AG010), dividido pela média aritmética, dos dois últimos ano de coleta, da quantidade de ligações ativas de água (AG002). Nessa equação deve ser descontado de AG006 o volume de serviço (AG024) e somado o volume de água tratada importado (AG018), apenas no numerador, multiplicado por 1.000.000 dividido por 365, é expresso em l/dia/lig.

Fonte: SNIS (2019)

Os dados coletados e tratados a nível municipal, estadual, regional e nacional, para cada indicador apresentado, estão apresentados nas Tabelas 41, 42, 43 e 44, em anexo.

Com relação às análises comparativas ao longo dos anos estudados, foram gerados gráficos para analisar como cada indicador se comportou ao longo do tempo, e com relação à situação do município a nível estadual (Paraíba), regional (Nordeste) e nacional (Brasil), foi calculada a média aritmética desses cinco anos, e feitas algumas comparações com a cidade de Salgadinho.

5.2 Estimativa da população futura

A projeção populacional pode ser entendida como sendo uma estimativa da população de um determinado território para certo momento futuro e é de extrema importância uma vez que se trata de um instrumento valioso para a gestão em todos os campos do planejamento, tanto na pública quanto na privada. Ela serve de base para qualquer projeto na área de políticas públicas, bem como na prospecção de novos padrões de consumo ou novas demandas do setor privado.

Dessa forma, para o projeto em questão, para que o mesmo seja elaborado e executado com qualidade, possuindo uma vida útil satisfatória é necessário que se faça a projeção populacional de forma a possibilitar uma perspectiva futura das necessidades de abastecimento d'água para uma determinada população em um certo período de tempo. Ou seja, a estimativa da população futura surge como uma das condições para que se obtenha um sistema de abastecimento eficiente de forma que a água distribuída seja capaz de atender à demanda.

O cálculo das projeções populacionais pode ser feito, por exemplo, pelos seguintes métodos:

- i) Método dos Componentes Demográficos;
- ii) Métodos Matemáticos, tais como: Método Aritmético, Método Geométrico; Método da Curva Logística e Taxa de crescimento linear anual;
- iii) Método da Extrapolação Gráfica;
- iv) Método dos Mínimos Quadrados.

Os métodos utilizados para a estimativa da população futura estão descritos nos itens que se seguem.

5.2.1 Método dos Componentes Demográficos

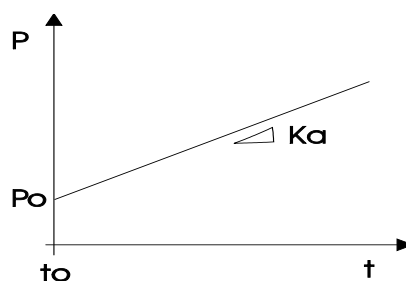
Pelo fato desse método exigir bons sistemas de informações que cobrem nascimentos, mortes, imigração e emigração e, devido à falta desses dados para a cidade de Salgadinho, o mesmo não foi utilizado. É interessante ressaltar que devido à falta recorrente desses dados a nível estadual, esse método é mais frequentemente aplicado à nível nacional.

5.2.2 Métodos matemáticos

a) Método Aritmético

Nesse caso, parte-se do princípio de que o crescimento populacional se efetua através de uma taxa constante, referente à população na data inicial do período de previsão e sem acúmulo periódico, evoluindo em progressão aritmética. É indicado para estimativas de menor prazo, uma vez que para períodos longos torna-se acentuada a discrepância com o histórico de dados, pois o crescimento pressuposto é ilimitado. A Figura 15 indica a forma da curva e seu ajuste de curva pode ser feito por análise da regressão.

Figura 15 - Representação do Método Aritmético



Fonte: Adaptado Tsutiya (2006).

Tal método é aplicado aos dados fornecidos pelos dois últimos censos demográficos e a taxa de crescimento constante é dada pela Equação 1:

$$K_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Equação 1})$$

E, a população vai ser projetada a partir da Equação 2:

$$P_t = P_2 + K_a(t - t_2) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

P_1 e P_2 = População referente ao penúltimo e ao último censo respectivamente;

P_t = População de projeto;

t_1 e t_2 = Ano referente ao penúltimo e ao último censo respectivamente;

t = Ano de final de projeto.

b) Método Geométrico

Nesse método o tempo é considerado como um exponencial para o incremento anual sobre a taxa e o crescimento populacional é função da população existente a cada instante. É indicado para estimativas de menor prazo, visto que o crescimento pressuposto é ilimitado. A taxa de crescimento geométrico é dada pela Equação 3:

$$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Equação 3})$$

Com isso, a população a ser projetada (P_t) é o que se tem na Equação 4:

$$P_t = P_2 * e^{K_g(t - t_2)} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

P_1 e P_2 = População referente ao penúltimo e ao último censo;

t_1 e t_2 = Ano do penúltimo e do último censo;

K_g = Taxa de crescimento geométrico;

t = Ano final do projeto.

c) Método da Curva Logística

Esse método é geralmente aplicado em grandes cidades, onde a população tem uma tendência a estabilização, portanto não se enquadra na situação do município em estudo, sendo assim preferiu-se não utilizá-lo.

d) Taxa de crescimento linear anual

Roteiro de cálculo:

$$\text{Taxa de crescimento linear anual} = \frac{\text{população do último censo} - \text{população do penúltimo censo}}{\text{população do último censo} \times 10}$$

(Equação 5)

5.2.3 Método da Extrapolação Gráfica

Embora esse método possibilitasse a projeção para longos períodos, o fato da necessidade de dados de outras comunidades similares e de coincidência da população de referência optou-se por não utilizar o método uma vez que Salgadinho é uma cidade que apresenta uma população muito pequena e com muita dificuldade de obtenção de dados, assim como os demais municípios similares que poderiam ser usados para aplicação do método.

5.2.4 Método dos mínimos quadrados

Consiste na aplicação de modelos matemáticos (mínimos quadrados) aos dados censitários do IBGE e a curva representativa de crescimento futuro será aquela que melhor se ajustar aos dados. Esse ajuste é feito através da minimização da soma dos quadrados da diferença entre o valor estimado e os dados observados. Esse método é indicado pela Norma Brasileira 587/89 e utiliza, principalmente, as curvas do tipo: Linear, Potência, Exponencial e Logarítmica. Para estimativas populacionais evita-se utilizar as funções polinomiais a fim de se evitar que haja tendência ao decréscimo.

Para o presente estudo, foram utilizadas as funções mencionadas acima com a aplicação das fórmulas abaixo:

- Função Linear

$$y = ax + b \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (\text{Equação 7})$$

$$b = \frac{\sum y_i \sum x_i^2 - \sum x_i \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde, n é o número de dados censitários utilizados menos um, x_i refere-se ao número de anos acumulados e y_i a população censitária.

- Função Potência

$$y = a \cdot x^b, a > 0 \quad (\text{Equação 9})$$

Onde:

$$a = \exp\left(\frac{\sum \ln y_i}{n} - b \cdot \frac{\sum \ln x_i}{n}\right) \quad (\text{Equação 10})$$

$$b = \frac{n \sum \ln x_i \cdot \ln y_i - \sum \ln y_i}{n \sum \ln x_i^2 - (\sum \ln x_i)^2} \quad (\text{Equação 11})$$

Observação: $x_i, y_i > 0$.

- Função Exponencial

$$y = a \cdot e^{bx}, y_i > 0 \text{ e } a > 0 \quad (\text{Equação 12})$$

Onde:

$$a = \exp\left(\frac{\sum \ln y_i}{n} - b \cdot \frac{\sum \ln x_i}{n}\right) \quad (\text{Equação 13})$$

$$b = \frac{n \sum x_i \ln y_i - \sum x_i \sum \ln y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (\text{Equação 14})$$

- Função Logarítmica

$$y = a + b \cdot \ln x \quad (\text{Equação 15})$$

Onde:

$$a = \frac{1}{n} (\sum y_i - b \cdot \sum \ln x_i) \quad (\text{Equação 16})$$

$$b = \frac{n \sum y_i \ln x_i - \sum y_i \sum \ln x_i}{n \sum (\ln x_i)^2 - (\sum \ln x_i)^2} \quad (\text{Equação 17})$$

E, com relação ao coeficiente de correlação (r^2) que indica o quanto a curva se ajusta aos dados, em que quanto mais próximo de um melhor é essa correlação e, portanto, mais adequada é a representação. O cálculo foi feito da seguinte forma (Equação 18):

$$r^2(x, y) = \left(\frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} \cdot S_{yy}}} \right)^2 \quad (\text{Equação 18})$$

Onde, S_{xx} e S_{yy} é o desvio padrão de x e y respectivamente e S_{xy} é a covariância de x , y .

Para a função linear, por exemplo, esses valores são dados por:

$$S_{xx} = \sum xi^2 - \frac{1}{n} (\sum xi)^2 \quad (\text{Equação 19})$$

$$S_{yy} = \sum yi^2 - \frac{1}{n} (\sum yi)^2 \quad (\text{Equação 20})$$

$$S_{xy} = \sum xi \cdot yi - \frac{1}{n} \sum xi \cdot \sum yi \quad (\text{Equação 21})$$

Para adaptar essas equações às outras funções utilizou-se a tabela representada na Figura 16 abaixo substituindo os respectivos valores de X e Y para cada função nas equações acima:

Figura 16 – Exemplos de Linearização de Algumas Funções Não-Lineares

Função não-linear ($y=f(x)$)	Função linearizada ($Y=AX+B$)
$y = a / x$	$Y=y, X=1/x, A=a, B=0$
$y = a \ln x$	$Y=y, X=\ln x, A=a, B=0$
$y = ae^{bx}$	$Y=\ln y, X=x, A=a, B=\ln b$
$y = ax^b$	$Y=\ln y, X=\ln x, A=\ln a, B=b$
$y = \frac{x}{a+bx}$	$Y=1/y, X=1/x, A=a, B=b$
$y = ab^{\frac{x}{c}}$	$Y=\ln y, X=1/x, A=\ln a, B=\ln b$

Fonte: CUSTODIO R.; ANDRADE J. C.; AUGUSTO F. (1996).

5.3 Estimativa do consumo per capita

A estimativa do consumo de água per capita da população de Salgadinho – PB foi calculada com base nos dados do SNIS – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento, que por sua vez utiliza os dados disponibilizados pela CAGEPA – Companhia de Água e Esgoto da Paraíba, de três formas diferentes, e por dados do IBGE – Instituto

Brasileiro de Geografia e Estatística, pela análise do mapa de volume de água consumido do ano 2000.

Primeiramente pelo SNIS, o cálculo foi realizado utilizando os parâmetros de volume de água consumido (volume anual de água consumido por todos os usuários, compreendendo o volume micromedido, o volume de consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro parado, acrescido do volume de água tratada exportado para outro prestador de serviços. Para prestadores de serviços de abrangência regional e microrregional, nos formulários de dados municipais, o volume de água tratada exportado deve corresponder ao envio de água para outro prestador de serviços ou para outro município do próprio prestador) e população total atendida com abastecimento de água (valor da população total atendida com abastecimento de água pelo prestador de serviços, no último dia do ano de referência. Corresponde à população urbana que é efetivamente atendida com os serviços acrescida de outras populações atendidas localizadas em áreas não consideradas urbanas. Essas populações podem ser rurais ou mesmo com características urbanas, apesar de estarem localizadas em áreas consideradas rurais pelo IBGE. Caso o prestador de serviços não disponha de procedimentos próprios para definir, de maneira precisa, essa população, o mesmo poderá estimá-la utilizando o produto da quantidade de economias residenciais ativas de água, multiplicada pela taxa média de habitantes por domicílio do respectivo município, obtida no último censo ou contagem de população do IBGE), o valor foi obtido pela Equação 22 abaixo:

$$\text{consumodeáguapercapita} = \frac{\text{volumedeáguaconsumidoporano}}{\text{populaçãoatendidacomabastecimentodeágu}*365}$$

(Equação 22)

Onde:

Consumo de água per capita é dado em $L/hab/dia$;

Volume de água consumido em litros (L);

População atendida com abastecimento de água em número de habitantes (hab).

O segundo consumo per capita obtido pelo SNIS foi feito realizando a média aritmética do consumo médio per capita de água ($L/hab/dia$) fornecido pelo instituto.

A terceira forma de calcular o consumo de água per capita em L/hab/dia pelo SNIS, foi através do consumo médio efetivo. Utilizou-se o consumo médio efetivo para calcular o consumo per capita a partir da Equação 23:

$$q = \frac{q_e}{1-I} \quad (\text{Equação 23})$$

Onde:

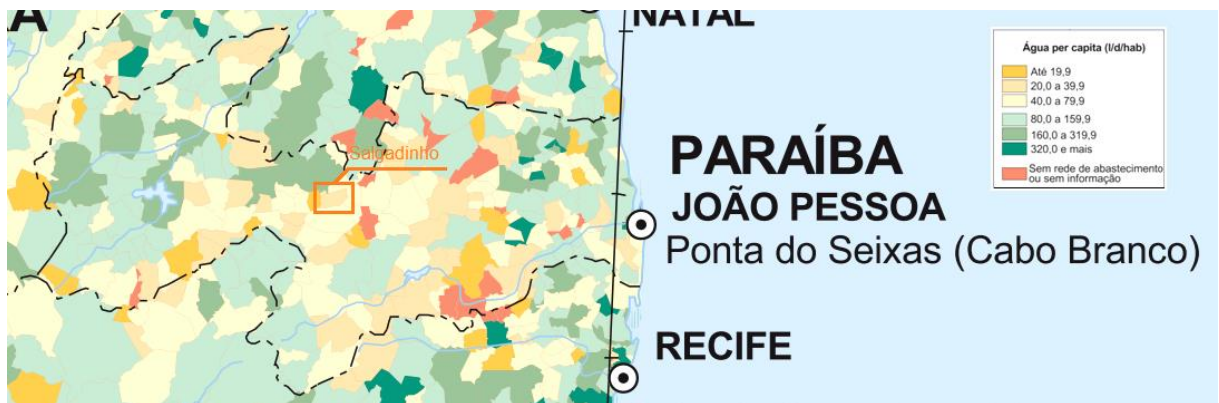
q = é o consumo per capita de água em litros/habitante/dia;

q_e = é o consumo médio efetivo em litros/habitante/dia;

I = é o índice de perdas adotado em 20% por questões de projeto.

O consumo per capita também foi analisado por meio de dados do IBGE, á partir do mapa representado na Figura 17:

Figura 17 – Mapa de água per capita do ano 2000



Fonte: IBGE com interferências do autor (2019).

5.4 Determinação da demanda

A demanda é o volume necessário de água que deve ingressar no sistema produtivo e distributivo para satisfazer as necessidades dos consumidores considerando, inclusive, as perdas de água e os desperdícios ao longo do trajeto entre a captação e a distribuição. Todos os itens anteriores presentes no relatório foram calculados a fim de proporcionar que o cálculo

da demanda se mostre o mais próximo da realidade e que, dessa forma, o sistema de abastecimento de água proposto pelo projeto venha a ser eficaz.

É importante ressaltar que na própria operação do sistema há consumos os quais também devem estar previstos na produção de água como, por exemplo, o consumo nas unidades de tratamento para a lavagem de filtros, principalmente, e de outras unidades. No presente estudo considerou-se esse consumo do sistema através do coeficiente da estação de tratamento da água (C_{ETA}) que é indicado considerar de 4-5% e, por isso, foi adotado um valor de 1,05 para o C_{ETA} , pois considerou uma parcela de 5% referente aos usos de água na estação de tratamento. Além disso, em qualquer sistema de abastecimento ocorrem variações no consumo significativas as quais podem ser anuais, mensais, diárias, horárias e instantâneas e para projetos de sistema de abastecimento de água são consideradas as variações diárias (aplicadas a todas as unidades do sistema) e horárias (aplicadas apenas no cálculo da rede de distribuição).

Quanto às variações diárias, utiliza-se o coeficiente do dia de maior consumo (K_1) o qual é obtido pela relação entre a vazão média do dia de maior consumo e a vazão média diária anual, seu valor varia entre 1,2 e 2,0 dependendo, dessa forma, das condições locais. E, com relação às variações horárias, sabe-se que haverá uma determinada hora ao longo do dia em que o consumo de água será máximo e, nesse contexto, o coeficiente da hora de maior consumo (K_2) relaciona o máximo consumo horário verificado no dia de maior consumo e o consumo médio horário do dia de maior consumo, seu valor varia de 1,5 a 3,0. Como não foi obtido valores através de medições adotou-se, de acordo com a NBR 9649/1986 os valores de K_1 e K_2 , respectivamente, 1,2 e 1,5.

E, antes de determinar a demanda de água para o projeto em questão, verificou-se para a cidade de Salgadinho as demandas específicas. A cidade de Salgadinho é um dos menores municípios da Paraíba, sua economia é baseada praticamente na produção agrícola e na exploração mineral, para a determinação da vazão específica, as demandas com seus respectivos quantitativos, foram feitos baseados em pesquisas em sites locais como o site da prefeitura e, por pesquisas feitas pelo IBGE. O consumo para cada caso foi obtido por bibliografias sobre o assunto (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 – Consumo de água em prédios

Prédio	Unidade	Consumo (L/dia)
Apartamento	pessoa	200
Residência	pessoa	150
Escola internato	pessoa	150
Escola externato	pessoa	50
Casa popular	pessoa	120
Alojamento provisório	pessoa	80

Fonte: NBR 7229 (1982) Dacach (1979).

Tabela 4 – Consumo de água em estabelecimentos comerciais

Estabelecimentos	Consumo
Escritórios	50 L/pessoa.dia
Restaurantes	25 L/refeição.dia
Hotéis	120 L/hóspede.dia
Hospitais	250 L/leito.dia
Garagens	50 L/automóveis.dia
Postos de serviços para veículos	150 L/veículo.dia
Lavanderias	30 L/kg de roupa
Cinema, teatro e templo	2 L/dia.lugar
Mercado	5 L/dia.m ²

Fonte: Adaptado TSUTIYA (2006).

Para encontrar a vazão necessária à captação da água, estação elevatória e adutora até a ETA (Qa), a vazão da ETA até o reservatório (Qb) e a vazão do reservatório até a rede (Qc), foram utilizadas as Equações 24, 25 e 26:

$$Qa = \left(\frac{K1 \cdot P \cdot q}{86400} + Qesp \right) * Ceta \quad (\text{Equação 24})$$

$$Qb = \left(\frac{K1 \cdot P \cdot q}{86400} + Qesp \right) \quad (\text{Equação 25})$$

$$Qc = \left(\frac{k1 \cdot k2 \cdot P \cdot q}{86400} + Qesp \right) \quad (\text{Equação 26})$$

5.5 Dimensionamento da rede de abastecimento

5.5.1 Informações do projeto

O traçado da rede foi feito a partir de uma imagem georreferenciada capturada no Google Earth, importando a mesma para o Software Autocad para ser feito o traçado das tubulações.

Os pontos cotados também foram obtidos através do Google Earth e inseridos no Autocad.

Para o dimensionamento da rede de abastecimento de água, foram feitas algumas considerações:

- Foi utilizado um coeficiente de máximo diário K_1 de 1,2 e um coeficiente de máximo horário K_2 de 1,5;
- Foi considerado 20% de perdas no abastecimento de água;
- Para as vazões específicas foi adotado, como já mostrado:
 - 11 restaurantes/bares/lanchonetes cada um com 100 refeições por dia (consumo de 25 L/refeição) = 27.500 L/dia;
 - 4 unidades básicas de saúde cada uma com 5 leitos (consumo de 250 L/leito) = 5.000 L/dia;
 - 12 institutos de ensino (5 escolas de ensino infantil; 6 escolas de ensino fundamental e 1 escola de ensino médio) cada uma com 100 alunos (consumo de 50 L/aluno) = 60.000 L/dia;
 - 3 indústrias de pequeno porte cada uma com 50 funcionários (consumo de 70 L/funcionário) = 10.500 L/dia.

Desse modo, a vazão máxima requerida pelo sistema de abastecimento de água foi calculada utilizando-se a Equação 27:

$$Q_{total} = \frac{(k_1 \times k_2 \times população \times \frac{Consumo\ per\ capita}{1-e} + Q_{específica})}{86400s} \quad \text{(Equação 27)}$$

5.5.2 Dimensionamento pelo método do seccionamento fictício

Em posse do trecho traçado e com todos os dados referentes prosseguiu-se com o método do seccionamento fictício para realização do dimensionamento da rede.

O traçado da rede na planta da cidade foi feito de uma forma que coincidissem com os eixos das ruas como forma de facilitar o traçado, embora sabendo-se que a sua instalação ocorre a 1/3 delas.

Cada trecho é limitado por um ponto de cruzamento (nó) e pelas extremidades livres da tubulação, quando estes encontram-se com um comprimento muito extenso ou com cotas topográficas intermediárias bem superiores ou inferiores as das extremidades é necessário a colocação de nós ao longo do trecho para verificação da pressão.

Com base nas cotas topográficas dos cruzamentos e das extremidades livres obtém-se o esboço da rede, com os respectivos comprimentos e pontos cotados.

É feito um seccionamento criterioso para transformar a rede malhada em ramificada, em que se supõe seccionados os circuitos fechados de forma que são fixados os trajetos que a água deverá seguir para atingir os diferentes pontos das redes. A partir do reservatório, faz-se com que todos os pontos de cruzamento e extremidades livres sejam atingidos pelo menor curso d'água, ou seja, a água para atingir cada ponto da rede deve percorrer o trajeto mais curto possível.

O sentido de escoamento é indicado com uma seta e a extremidade de jusante deve ser seccionada para indicar que essa extremidade funciona como se fosse livre. No entanto, deve-se confrontar os valores obtidos no local em que foi feito o seccionamento de forma que a seguinte condição seja satisfeita: as pressões resultantes nos pontos de seccionamento pelos trajetos possíveis de água da rede ramificada fictícia devem ser aproximadamente iguais de forma que são toleráveis diferenças que não excedam 5% do valor médio desses próprios valores calculados.

Assim prossegue-se com a determinação em cada trecho, a partir do consumo linear, pela Equação 28:

$$q_m = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{L} \quad (\text{Equa\c{c}\~{a}o 28})$$

Onde:

q_m = é a taxa de consumo linear (L/s/m);

$Q_{m\acute{a}x}$ = é a vazão total da rede (L/s);

L = é o comprimento total da rede (m).

O cálculo da vazão total da rede (vazão máxima) para o abastecimento dos habitantes é obtida pela equação 29:

$$Q_{m\acute{a}x} = \frac{(k_1 \times k_2 \times \text{popula\c{c}\~{a}o} \times \frac{\text{Consumo per capita}}{1-e})}{86400s} \quad (\text{Equa\c{c}\~{a}o 29})$$

Com o comprimento total, a taxa de consumo linear é calculada.

Em posse da taxa de consumo linear e o comprimento de cada trecho, determina-se a vazão referente a cada trecho, considerando, para as pontas secas, a vazão a jusante zero e que a vazão a montante de um trecho é a vazão a jusante anterior. Assim, tem-se uma vazão fictícia de cada trecho, que será utilizada como parâmetro para cálculo das velocidades e perdas de cargas nos trechos e pressões disponíveis nos nós. A vazão fictícia é calculada de acordo com a equação 30:

$$Q_{fic} = \frac{Q_{mon} + Q_{jus}}{2} \quad (\text{Equa\c{c}\~{a}o 30})$$

Onde:

Q_{fic} = é a vazão fictícia do trecho (L/s);

Q_{mon} = é a vazão montante do trecho (L/s);

Q_{jus} = é a vazão jusante do trecho (L/s).

Com o traçado do esboço da rede obtém-se os respectivos comprimentos e cotas altimétricas de cada trecho, assim como a locação devida do reservatório e a partir deste arbitrou-se o sentido de caminhamento da água e os seccionamentos de modo que todos os pontos fossem abastecidos.

Para a determinação do caminhamento de água, escolheu-se a orientação, sempre que possível, de acordo com as cotas topográficas do terreno, com a água fluindo das cotas mais elevadas para as mais baixas desde que isso estivesse em concordância com o caminhamento mais racional da água, buscando sempre o seccionamento para evitar trechos com extensão muito longa.

Não é possível admitir a mesma taxa de consumo linear ao longo de toda rede, pois há a presença de trechos em que existem solicitação de vazão específica, como os trechos que abastecem os restaurantes, as unidades de saúde, os institutos de ensino e as indústrias de pequeno porte. Deste modo, utilizou-se uma taxa de consumo linear utilizando apenas o consumo pelos habitantes, depois prosseguiu-se com a adição das vazões específicas nos seus respectivos trechos, o que reflete nos demais trechos.

Para os demais trechos, foi considerada uma taxa de consumo linear igual, levando em conta a vazão diária total necessária para abastecer os habitantes pelo comprimento total de rede.

A taxa de consumo em cada trecho (vazão em marcha) é dada pela multiplicação da taxa de consumo pelo comprimento do trecho, de acordo com a Equação 31:

$$Q_m = q_m \times L \quad (\text{Equação 31})$$

Onde:

Q_m = é a vazão em marcha (L/s);

q_m = é a taxa de consumo linear (L/s/m);

L = é o comprimento do trecho (m).

Com todas as informações referentes aos trechos da rede como cota, comprimento e vazões, foi realizado todo dimensionamento, levando em conta uma pressão dinâmica mínima de 10 m.c.a. e a pressão estática máxima de 50 m.c.a, para achar o diâmetro de tubulação

referente a cada trecho, considerou-se as vazões máximas admitidas para cada diâmetro de tubulação e verificou-se qual atendia a vazão fictícia, os valores foram definidos de acordo com a Tabela 5:

Tabela 5 - Vazão máxima admitida para cada diâmetro de tubulação

D (mm)	Q_{máx} (L/s)
50	1,00
75	2,20
100	4,70
150	14,10
200	28,30
250	53,90
300	84,80
350	125,00
400	176,00
450	238,00
500	314,00
550	403,00
600	509,00

Fonte: AUTOR (2019).

O cálculo das velocidades em cada trecho foi calculado de acordo com a vazão fictícia de cada trecho e com o diâmetro arbitrado, através da Equação 32:

$$v = \frac{4 \cdot Q_{fic}}{\pi \cdot D^2} \quad (\text{Equação 32})$$

Onde:

v = é a velocidade do trecho (m/s);

Q_{fic} = é a vazão fictícia do trecho (L/s);

D = é o diâmetro do trecho.

Calculadas as velocidades para cada trecho, comparou-se se as mesmas obedeciam à velocidade máxima em função do diâmetro do trecho, conforme é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Velocidade máxima admitida para cada diâmetro de tubulação

D (mm)	V_{máx} (m/s)
50	0,50
75	0,50
100	0,60
150	0,80
200	0,90
250	1,10
300	1,20
350	1,30
400	1,40
450	1,50
500	1,60
550	1,70
600	1,80

Fonte: AUTOR (2019).

Em seguida, prossegue-se com o cálculo da perda de carga linear, considerando-se um coeficiente de rugosidade de 130 ($C=130$), através da fórmula de Hazen-Williams, Equação 33:

$$J = 10,65 * \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}} \quad (\text{Equação 33})$$

Onde:

Q = é a vazão do trecho (m^3/s);

C = é equivalente ao coeficiente de Hazen Williams;

D = é o diâmetro interno do trecho (m).

Com a perda de carga linear em cada trecho, obteve-se a perda de carga total em cada trecho, multiplicando-se a perda de carga linear com o respectivo comprimento, além disso, considerou-se uma majoração de 10 % nessa perda de carga, parcela que seria referente as perdas de carga singulares.

Conhecendo-se as perdas e as cotas referentes a cada trecho calculou-se a cota piezométrica a montante e a jusante em cada trecho e com isso verificou-se a pressão disponível também a jusante e a montante. O cálculo partiu do reservatório, atribuiu-se a ele valores de altura de forma tal que as pressões disponíveis em cada trecho fossem superiores a 10 m.c.a. Partindo da cota piezométrica do reservatório, que é a soma de sua cota com o valor de altura atribuído a ele, calculou-se a dos demais trechos, considerando que a cota piezométrica a montante de um trecho é igual a cota piezométrica a jusante do trecho anterior e a cota piezométrica a jusante seria sua cota piezométrica a montante subtraída a perda de carga.

A pressão disponível em cada trecho, a montante e a jusante, é dado pela cota piezométrica subtraída à cota do terreno, de acordo com a Equação 34:

$$P = Z - C \quad (\text{Equação 34})$$

Onde:

P = é pressão disponível a montante ou a jusante (m.c.a);

Z = é cota piezométrica a montante ou a jusante (m);

C = é cota altimétrica (terreno) a montante ou a jusante (m).

Por fim é verificada a pressão estática máxima através da Equação 35 abaixo, que deve se encontrar abaixo do valor máximo estabelecido (50 m.c.a).

$$P_{ESTÁTICA} = C_{RESERVATÓRIO} + H - C_{MENOR} \quad (\text{Equação 35})$$

Onde:

$C_{RESERVATÓRIO}$ = é a cota do terreno do reservatório (m).

H = é a altura do nível de água no reservatório (m).

C_{MENOR} = é a menor de todas as cotas do terreno presentes na rede (m).

5.5.3 Dimensionamento pelo LENHSNET

Com o objetivo de se obter uma comparação e visando, principalmente, o manuseio do software a respeito do dimensionamento que seria mais econômico e eficaz, optou-se por realizar o dimensionamento e lançamento da rede pelo LENHSNET.

O método LENHSNET é um algoritmo iterativo de dimensionamento otimizado de um sistema pressurizado de distribuição de água, composto pela rede de abastecimento com seu dispositivo de impulsão. O método proporciona como resposta ao dimensionamento, os diâmetros de todos os trechos da rede e a cota piezométrica da impulsão, de forma a alcançar o custo mínimo total do sistema, composto pela rede de tubulações e a energia de bombeamento (GOMES, H. P., 2009).

Além disso, o algoritmo prevê a possibilidade de se especificar as pressões máximas e mínimas para o dimensionamento, como também as velocidades máximas e mínimas da água no interior da tubulação e assim durante todo o processo realiza-se o balanceamento hídrico, garantindo a continuidade de perdas e de vazão em cada anel.

Para o dimensionamento do LENHSNET é necessário introduzir os comprimentos e cotas de cada trecho, assim como os valores de rugosidade e de consumo-base. Desta forma, foram arbitradas áreas de influência para cada nó, determinando-se assim a vazão necessária de cada nó. A área de influência de cada nó foi determinada de acordo com as quadras que esse nó abrangia, sendo a área de cada quadra dividida igualmente pela quantidade de nós que se encontravam nela e assim a área de influência de um nó seria a somas das contribuições de cada quadra que se encontrava ao seu redor.

A vazão para cada nó foi determinada com base em uma proporção, onde relacionou-se a área total da rede com a vazão total e a área de influência de cada nó com a respectiva vazão, de acordo com a Equação 36:

$$\frac{Q_{total}}{A_{totaldarede}} = \frac{Q_{ponderada}}{A_{influencia}} \text{ (Equação 36)}$$

Para utilização do dimensionamento econômico do LENSNET foram atribuídos custos de implantação de acordo com o diâmetro da tubulação, os valores foram retirados das

tabelas SINAPI para a cidade de João Pessoa ano 2019, esses custos encontram-se na Tabela 7:

Tabela 7 - Custo por metro linear de tubulação para cada diâmetro

Diâmetro (mm)	λ (R\$/m)
54,60	R\$ 13,87
77,20	R\$ 27,97
100,00	R\$ 44,89
156,40	R\$ 99,1
204,20	R\$ 168,89
252,00	R\$ 255,36
299,80	R\$ 360,89
366,2	R\$ 317,86
416,4	R\$ 375
466,6	R\$ 436,23
518	R\$ 515,6
619,6	R\$ 640,3

Fonte: Adaptada SINAPI(2019).

Com a realização dos cálculos dos consumos base necessários para alimentação de cada nó, a rede é lançada no software considerando-se além dos consumos base, as cotas, os coeficientes de rugosidade e os comprimentos de cada trecho. Para as tubulações de PVC foi adotado um coeficiente de rugosidade de $C = 145$ e a para as tubulações de MPVC DEFoFo um $C=130$. A velocidade máxima adotada foi de 3,5 m/s. A pressão mínima estabelecida foi 10 m.c.a.

Com todas as informações devidamente lançadas, o dimensionamento é realizado.

5.5.4 Comparação dos métodos

Após obtenção do dimensionamento foi feita uma comparação entre os métodos considerando se o sentido do escoamento, os diâmetros obtidos, e o custo da rede eram compatíveis entre si, além dos valores de velocidades e pressões máximas e mínimas. Vale ressaltar que o custo da rede foi feito apenas considerando as tubulações, ou seja, não foi

considerado custos com ligações, caixas de inspeção, escavação do local, entre outros materiais e atividades. Os valores utilizados para a composição dos custos foram os mesmos utilizados no EPANET, os que constam na Tabela 7, para o orçamento dos dois métodos empregados.

5.5.5 Dimensionamento do reservatório

O material escolhido para ser utilizado na construção do reservatório foi o concreto armado, foi escolhido um sistema de reservação com um reservatório superior e inferior pois a cota necessária para atender as pressões mínimas exige um reservatório elevado. Como não é viável a elevação de todo o volume, determinou-se que 90% do volume seria contido no reservatório inferior e 10% no reservatório superior.

De acordo com a NBR 12218 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público recomenda, para casos em que não há dados suficientes que permitam o traçado da curva de variação de consumo, a utilização de 1/3 do volume de consumo máximo diário segundo Orsini (1996) já engloba o volume útil, volume para emergência e volume para combate de incêndios.

O volume utilizado para o dimensionamento dos reservatórios é o volume do dia de maior consumo, que engloba o consumo dos habitantes multiplicado pelo dia de maior consumo somado ao consumo específico, a vazão gerada por esse consumo é calculada como indicada na Equação 37.

$$Q_{total} = Q_{m\acute{a}x} + Q_{esp} \quad (\text{Equa\c{c}\~{a}o 37})$$

Onde:

Q_{total} é a vazão total em l/s;

$Q_{m\acute{a}x}$ é a vazão máxima em l/s;

Q_{esp} é a vazão específica em l/s.

Para o cálculo do volume útil do reservatório é utilizada a vazão para o dia de maior consumo dividida por 3, sendo este volume obtido em metros cúbicos pela Equação 38:

$$R = \frac{Q_{\text{máxdiária}} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{dia}} \times 0,001 \frac{\text{m}^3}{\text{l}}}{3} \quad (\text{Equação 38})$$

Onde:

R é volume útil do reservatório em m³;

$Q_{\text{máxdiária}}$ é vazão média do dia de maior consumo em l/s;

Foram considerados reservatórios retangulares com apenas um compartimento.

Após todas as considerações feitas com relação aos reservatórios, determinou suas dimensões finais, bem como os níveis máximos e mínimos de água.

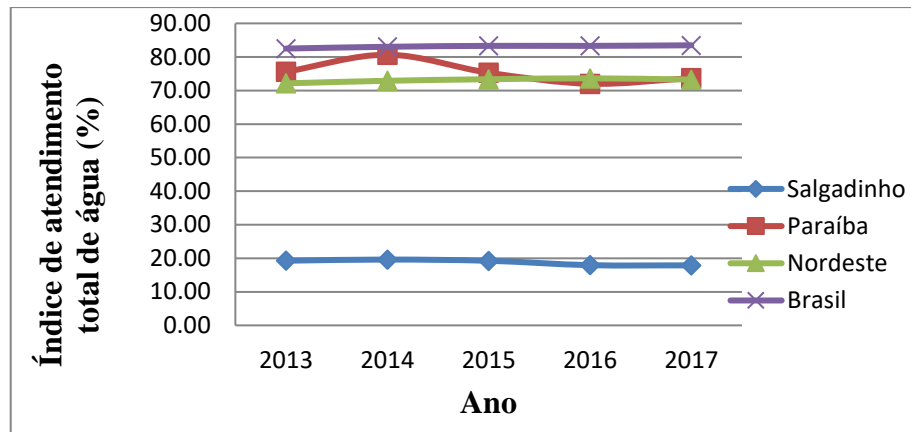
5.5.6 Peças da rede

Foram determinadas as quantidade de peças e acessórios, bem como suas combinações, para as conexões entre os trechos da rede de abastecimento. As peças foram retiradas do catálogo técnico da empresa Tigre denominado: Orientações Técnicas sobre Instalações de Água Fria “Infraestrutura Água”, e se referem a cada nó da rede de acordo com o fluxo que a água deve percorrer.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

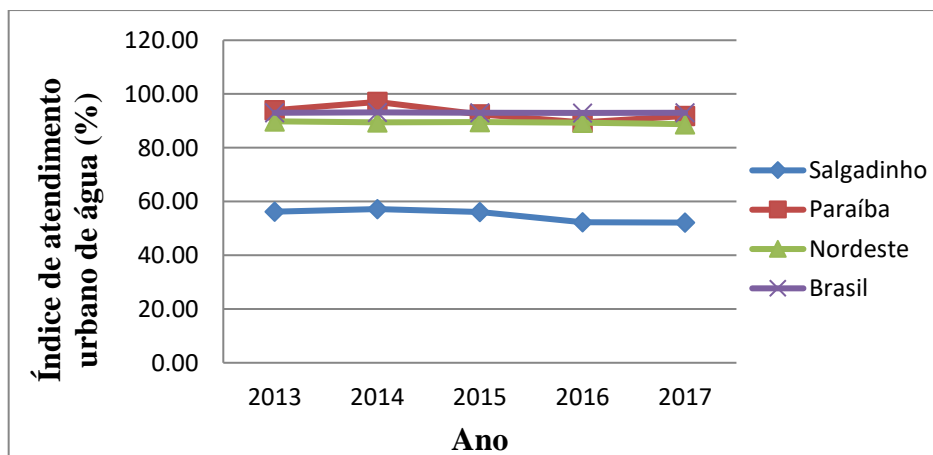
6.1 Diagnóstico do sistema de abastecimento de água do Município de Salgadinho-PB

Com base na metodologia descrita para a realização do Diagnóstico do sistema de abastecimento de água da cidade em estudo, a seguir são apresentados gráficos caracterizando os principais indicadores utilizados, e as análises para cada um deles.

Gráfico 1 - Índice de atendimento total de água (%) de 2013 - 2017

Fonte: AUTOR (2019).

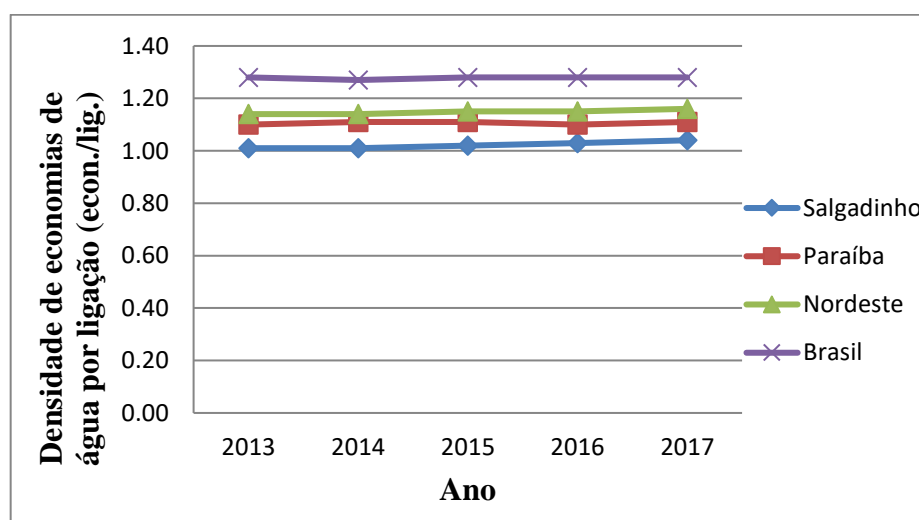
O índice de atendimento total de água mede a quantidade da população que é beneficiada com abastecimento de água, a média desse índice nos cinco anos analisados foi de 18,80 % para o município de Salgadinho, um valor bem abaixo das médias calculadas para o Estado da Paraíba que foi de 75,45 %, para a região Nordeste de 73,05 % e para o Brasil de 83,12 %, uma diferença de mais ou menos 60 % em relação aos demais. Como pode ser observado no Gráfico 1 a cidade de Salgadinho não teve uma variação significativa ao longo dos cinco anos para esse indicador, o ano com maior atendimento foi 2014 com 19,62 %, o que é um valor bastante inferior se comparado com a maioria dos municípios brasileiros, constatando que a cidade se encontra em uma situação bem precária no abastecimento de água local.

Gráfico 2 - Índice de atendimento urbano de água (%) de 2013 - 2017

Fonte: AUTOR (2019).

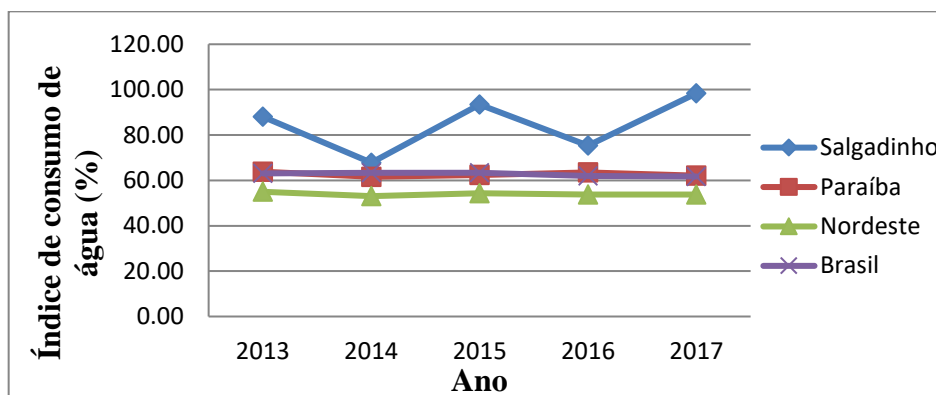
O índice de atendimento urbano de água prevê a quantidade da população urbana que é beneficiada com abastecimento de água, a média desse índice nos cinco anos estudados foi de 54,81 % para a cidade de Salgadinho, sendo um valor razoavelmente abaixo das médias calculadas para o Estado da Paraíba que foi de 92,94 %, para a região Nordeste de 89,40 % e para o Brasil de 93,03 %, uma diferença de cerca de 25,00 % em relação aos demais, como pode ser observado no Gráfico 2 o município em estudo não teve uma variação significativa ao longo dos cinco anos para esse indicador, o ano com maior atendimento foi 2014 com 57,19 %, se comparado com o índice de atendimento total de água esse se apresenta em um nível bem acima, e podemos concluir que a população rural praticamente não possui abastecimento de água.

Gráfico 3 - Densidade de economias de água por ligação (econ./lig.) de 2013 - 2017



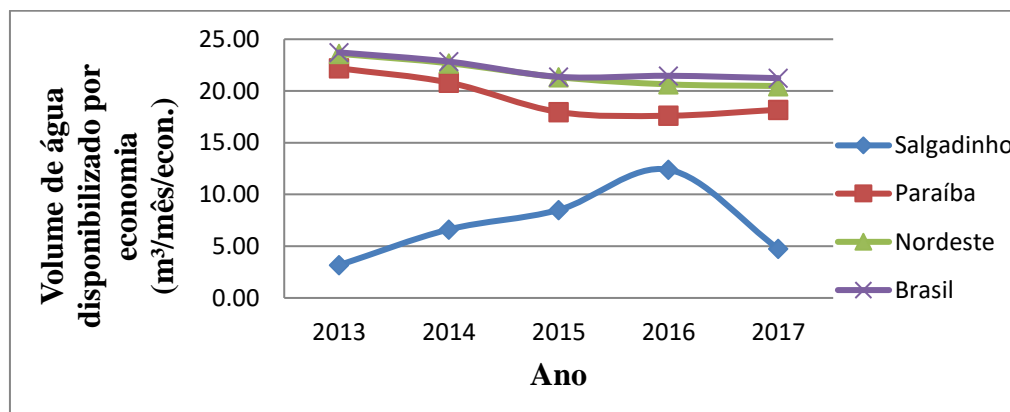
Fonte: AUTOR (2019)

A densidade de economias de água por ligação, expressa a quantidade de ligações ativas pela quantidade de economias ativas, no que se refere à média desse indicador, Salgadinho apresenta um valor de 1,02 econ./lig., bem parecido com a média estadual de 1,11 econ./lig., regional de 1,15 econ./lig. e nacional de 1,28 econ./lig.. Como se vê no Gráfico 3 Salgadinho manteve sua densidade constante ao longo dos anos analisados, com maior valor em 2017 alcançando 1,04 econ./lig., colocando o município em uma condição satisfatória.

Gráfico 4 - Índice de consumo de água (%) de 2013 - 2017

Fonte: AUTOR (2019).

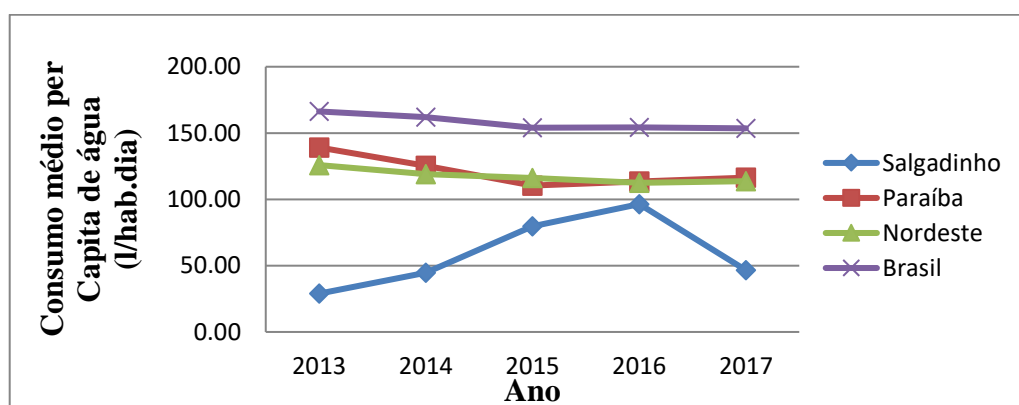
O índice de consumo de água, demonstra a quantidade de água que foi realmente consumida em relação à água produzida, a média desse índice nos cinco anos analisados foi de 84,62 % para a cidade de Salgadinho, apresentando um desempenho bastante significativo se comparado com os desempenhos a nível estadual que foi de 62,68 %, a nível regional de 53,96 % e a nível nacional de 62,67 %. Pode-se inferir pelo Gráfico 4 que ao longo dos anos, mesmo havendo uma pequena variação de 88,11 % em 2013 para 98,36 % em 2017, Salgadinho apresenta um bom crescimento nesse indicador, concluindo que o município consome bem a água produzida, um bom indicador para avaliar o sistema de abastecimento como eficiente.

Gráfico 5 - Volume de água disponibilizado por economia (m³/mês/econ.) de 2013 - 2017

Fonte: AUTOR (2019).

O volume de água disponibilizado por economia, representa o volume de água produzido que pode ser utilizado por cada economia ativa de água, com relação à média desse indicador, Salgadinho apresenta um volume de 7,09 m³/mês/econ., ficando bem abaixo dos volumes médios apresentados pela Paraíba (19,35 m³/mês/econ.), pelo Nordeste (21,74 m³/mês/econ.) e pelo Brasil (22,13 m³/mês/econ.), cerca de 1/3, se comparado com os demais. De acordo com o Gráfico 5 se pode inferir que houve um crescimento do volume ao longo dos quatro primeiros anos analisados, de 3,17 m³/mês/econ. em 2013 para 12,39 m³/mês/econ. em 2016, porém caiu para 4,75 em 2017, esses resultados são esperados por se tratar de uma cidade no semiárido brasileiro cuja disponibilidade hídrica é baixa, mas não é uma justificativa plausível para se ter índices tão baixos.

Gráfico 6 - Consumo médio per Capita de água (L/hab.dia) de 2013 – 2017

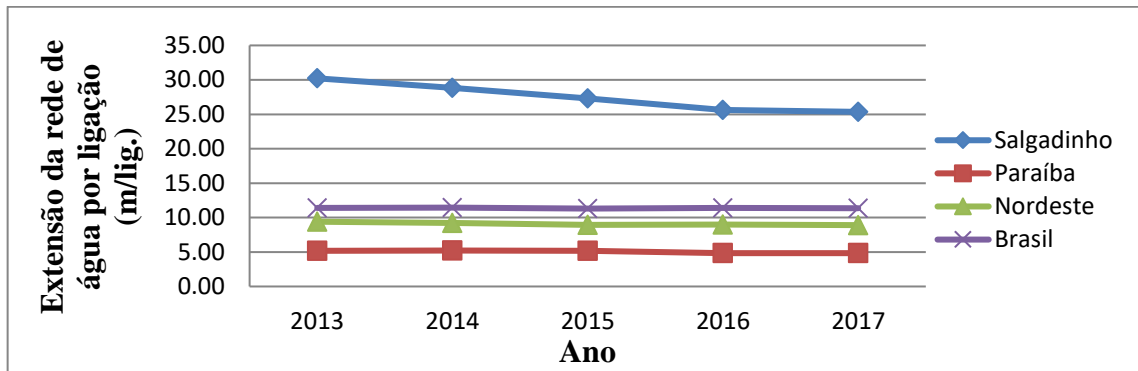


Fonte: AUTOR (2019).

O consumo médio per capita de água, é a média diária, por indivíduo, dos volumes utilizados para satisfazer os consumos domésticos, comercial, público e industrial. É uma informação importante para as projeções de demanda, para o dimensionamento de sistemas de água e de esgotos e para o controle operacional. A média desse indicador nos cinco anos analisados foi de 59,22 L/hab.dia, um valor bem inferior se comparado com o estado da Paraíba de 120,93 L/hab.dia, com o da região Nordeste de 117,38 L/hab.dia e com o do Brasil de 157,99 L/hab.dia. Como pode ser observado no Gráfico 6, houve um crescimento desse indicador de 2013 a 2016, foi de 28,91 L/hab.dia para 96,40 L/hab.dia, porém houve uma queda em 2017 para 49,52 L/hab.dia, os resultados mostram que o município tem um baixo

consumo de água, porém como já foi dito, esperado por se tratar de uma cidade com baixa disponibilidade hídrica.

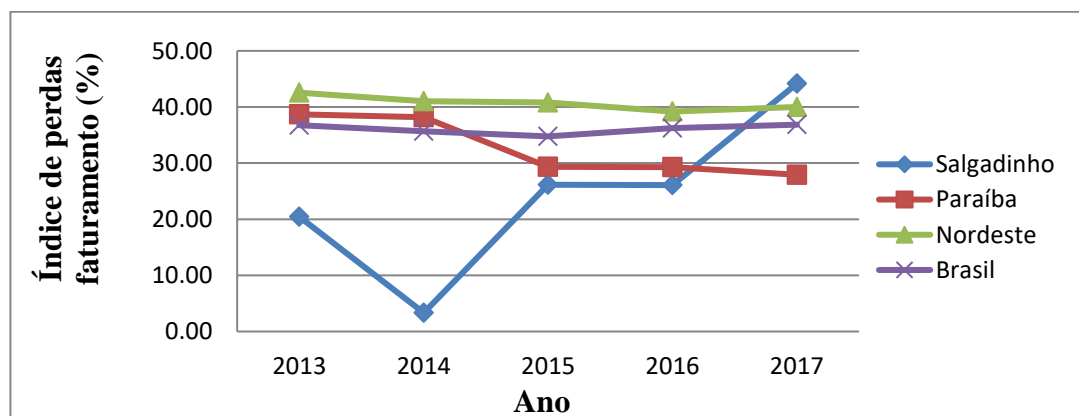
Gráfico 7 - Extensão da rede de água por ligação (m/lig.) de 2013 - 2017



Fonte: AUTOR (2019).

A extensão da rede de água por ligação diminuiu de acordo com o Gráfico 7 ao longo dos anos analisados, foi de 30,22 m/lig. em 2013 para 25,35 m/lig. em 2017. Um valor bem acima da maioria das cidades. A média desse indicador nos cinco anos foi de 27,47 m/lig., um valor bem superior se comparado com o da Paraíba de 5,05m/lig. com o do Nordeste de 9,08 m/lig. e com o do Brasil de 11,38 m/lig., indicando que o município tem uma extensão elevada de rede por ligação, o que pode caracterizar que as edificações não são próximas e é necessária uma rede extensa para atender as demandas.

Gráfico 8 - Índice de perdas faturamento (%) de 2013 – 2017



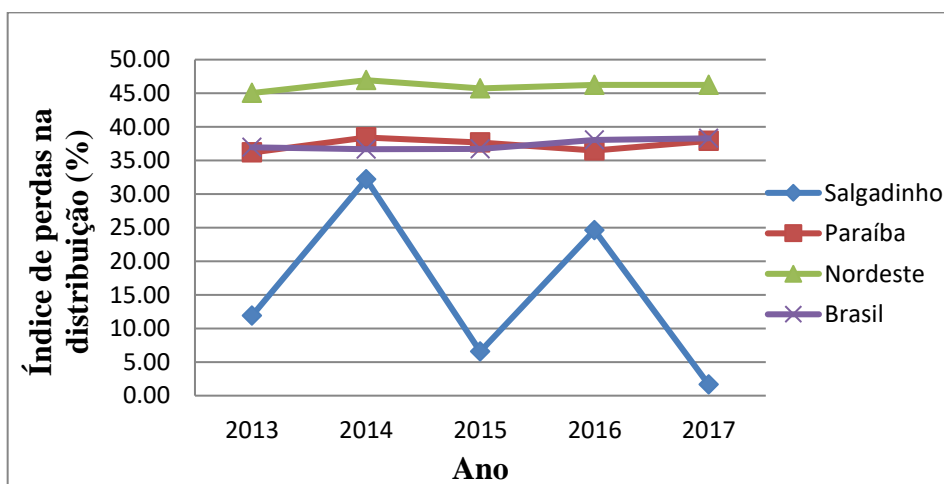
Fonte: AUTOR (2019).

O Índice de perdas no faturamento trata-se de um indicador volumétrico do nível de perdas de água no faturamento e tem papel orientativo quanto à proporção do volume que é deixado de ser faturado, em relação ao volume de água produzido pelos prestadores de serviços de abastecimento de água.

A média desse índice é 24,03 % para os anos analisados, bem abaixo do que se consta no estado que está inserido que é de 32,69 %, na região onde se localiza que é 40,72 % e no Brasil de 36,06%, deixando o município com um bom desempenho nesse indicador.

Pelo Gráfico 8 podemos observar que houve uma diminuição no ano de 2013 (20,44 %) para o ano de 2014 (3,33 %), porém nos demais anos houve um aumento significativo para 44,15 % em 2017, com esses dados podemos concluir que ocorreu uma piora na qualidade do abastecimento. Possíveis causas para tal comportamento podem ter origem tanto na qualidade dos dados informados para o cálculo do indicador, quanto no efetivo aumento do volume de perdas por alguma ineficiência por parte do sistema.

Gráfico 9 - Índice de perdas na distribuição (%) de 2013 – 2017



Fonte: AUTOR (2019).

O índice de perdas na distribuição trata-se de um indicador volumétrico do nível de perdas de água na distribuição e tem papel orientativo quanto à proporção do volume que é perdido, seja como perdas reais ou aparentes, em relação ao volume de água produzido pelos prestadores de serviços de abastecimento de água.

A média do índice de perdas na distribuição, para Salgadinho é 15,38 %, bem abaixo se comparado a nível estadual que é de 37,32 %, a nível regional que é 46,04 % e a nível nacional de 37,33 %, ou seja, 15,38 % do volume de água disponibilizado não foi contabilizado como volume utilizado pelos consumidores, seja por vazamentos, falhas nos sistemas de medição ou ligações clandestinas.

Pelo Gráfico 9 podemos observar que houve uma variação brusca entre os anos estudados, como um aumento de 6,55 % em 2014 para 24,62 % em 2016, e posterior diminuição para 1,67 % em 2017, esse indicador dá uma boa estimativa da qualidade do abastecimento de água local, e como é um valor bem abaixo da média, podemos inferir que se trata de dados inconsistentes, já que tem uma mudança de cerca de 20 % de um ano para outro apenas, ou o município realmente apresenta um sistema bem eficiente no quesito perdas.

6.2 Estimativa da população futura

Para o cálculo da população futura para a cidade de Salgadinho adotou-se 30 anos (em relação a 2019) para horizonte de projeto, visto que para obras desse porte consideram-se horizontes de projetos acima de 20 anos. Quanto aos dados de população fornecidos pelos censos demográficos foram obtidos dados de 1970 até 2010 conforme representados na Tabela 8 tabela abaixo:

Tabela 8 – Dados censitários para o município de Salgadinho

Ano	População Total
1970	3012
1980	2887
1991	2710
2000	2823
2010	3508

Fonte: IBGE (2019).

Conforme pode ser observado na Tabela 5 acima houve um decréscimo da população de 1970 até 1991. Para que os métodos utilizados não fossem influenciados por esse decaimento o dado referente ao ano de 1970 foi desconsiderado para análise.

6.2.1 Métodos Matemáticos

a) Método Aritmético

Aplicando a metodologia descrita, obtém-se o seguinte resultado (Tabela 9):

Tabela 9 – Incógnitas para o Método Aritmético

P_1	P_2	t_1	t_2	Taxa de crescimento constante (K_a)
2823	3508	2000	2010	68,5

Fonte: AUTOR (2019).

Dessa forma, a Equação 24 representa a estimativa da população futura:

$$P_t = 3508 + 68,5(t - 2010) \quad (\text{Equação 24})$$

b) Método Geométrico

Conforme a metodologia descrita, obtiveram-se os seguintes resultados (Tabela 10):

Tabela 10 – Incógnitas para o Método Geométrico

P_1	P_2	t_1	t_2	Taxa de crescimento geométrico (K_g)
2823	3508	2000	2010	0,02172459252

Fonte: AUTOR (2019).

E, a estimativa futura é representada na Equação 25:

$$P_t = 3508 * e^{0,02172459252(t-2010)} \text{ (Equação 25)}$$

E, para os dois métodos em questão, para o horizonte de projeto estabelecido, tem-se o seguinte resultado mostrado na Tabela 11:

Tabela 11 – População projetada pelos métodos aritmético e geométrico

Ano	População projetada		Ano	População projetada	
	Método aritmético	Método geométrico		Método aritmético	Método geométrico
2011	3577	3585	2031	4947	5536
2012	3645	3664	2032	5015	5658
2013	3714	3744	2033	5084	5782
2014	3782	3826	2034	5152	5909
2015	3851	3911	2035	5221	6039
2016	3919	3996	2036	5289	6171
2017	3988	4084	2037	5358	6307
2018	4056	4174	2038	5426	6445
2019	4125	4266	2039	5495	6587
2020	4193	4359	2040	5563	6731
2021	4262	4455	2041	5632	6879
2022	4330	4553	2042	5700	7030
2023	4399	4653	2043	5769	7185
2024	4467	4755	2044	5837	7343
2025	4536	4859	2045	5906	7504
2026	4604	4966	2046	5974	7669
2027	4673	5075	2047	6043	7837
2028	4741	5187	2048	6111	8009
2029	4810	5301	2049	6180	8185
2030	4878	5417			

Fonte: AUTOR (2019).

c) Taxa de crescimento linear anual

Roteiro de cálculo:

$$\text{Taxa de crescimento linear anual} = \frac{\text{população do último censo} - \text{população do primeiro censo}}{\text{população do último censo} \times 10} \quad (\text{Equação 5})$$

$$\text{Taxa de crescimento linear} = \frac{3508 - 2823}{3508 \times 10}$$

$$\text{Taxa de crescimento linear} = 0,0195267959$$

Com a taxa calculada, aplicamo-la a partir da população estimada de 2019, que é de 3885 habitantes, ao longo de todos os anos até 2049, obtendo (Tabela 12):

Tabela 12 – População projetada através da taxa de crescimento linear anual

Ano	População	Ano	População	Ano	População
2020	3961	2030	4806	2040	5831
2021	4038	2031	4900	2041	5945
2022	4117	2032	4995	2042	6061
2023	4197	2033	5093	2043	6180
2024	4279	2034	5192	2044	6300
2025	4363	2035	5294	2045	6423
2026	4448	2036	5397	2046	6549
2027	4535	2037	5503	2047	6677
2028	4624	2038	5610	2048	6807
2029	4714	2039	5720	2049	6940

Fonte: AUTOR (2019).

6.2.2 Método dos Mínimos Quadrados

Para cada função descrita na metodologia, além do cálculo dos parâmetros necessários para a equação de projeção e o coeficiente de correlação, como forma de comparação foram plotados os dados censitários de 1980 a 2010 e à linha de tendência do mesmo tipo das quais foram calculadas como forma de comparação e verificação dos cálculos. Na Tabela 13 estão todos os valores necessários para a aplicação das fórmulas e a seguir estão explicitados, para cada função, os valores calculados.

Tabela 13 – Expressões calculadas para a aplicação nas fórmulas dos Mínimos Quadrados

DADOS IBGE		Método dos Mínimos Quadrados												
ANO	POPUL AÇÃO	n	x _i	x _i ²	y _i	y _i ²	x _i y _i	ln(x _i)	$\frac{(\ln(x_i))^2}{2}$	ln(y _i)	$\frac{(\ln(y_i))^2}{2}$	ln(x _i)* ln(y _i)	x _i *ln(y _i)	y _i *ln(x)
1980	2887	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	2710	1	11	121	2710	7344100	29810	2,39	5,75	7,905	62,48	18,96	86,95	6498,29
2000	2823	2	20	400	2823	7969329	56460	2,99	8,97	7,946	63,13	23,80	158,91	8456,95
2010	3508	3	30	900	3508	12306064	105240	3,40	11,57	8,163	66,63	27,76	244,88	11931,40
SOMATÓRIO	-	-	61	1421	9041	27619493	191510	8,79	26,29	24,013	192,25	70,52	490,75	26886,65

Fonte: AUTOR (2019).

i) Função Linear

Com as equações explicitadas na descrição dos métodos foi possível obter os seguintes valores da Tabela 14:

Tabela 14 – Expressões calculadas para aplicação na Função Linear

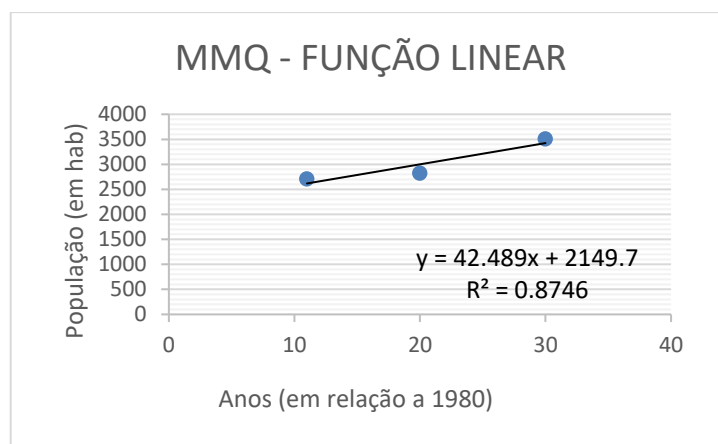
a	42,49
b	2149,73
Sxy	7676,33
Sxx	180,67
Syy	372932,67
R	0,94
R²	0,87

Fonte: AUTOR (2019).

Com a Equação 26 se obtém a projeção da população:

$$P = 42,5x + 2149,7 \text{ (Equação 26)}$$

E, como forma de verificação, tem-se o Gráfico 10 gerado pelo Excel:

Gráfico 10 – Verificação da Função Linear

Fonte: AUTOR (2019).

ii) Função Potência

Com as equações explicitadas na descrição do método foi possível obter os seguintes valores da Tabela 15:

Tabela 15 – Expressões calculadas para aplicação na Função Potência

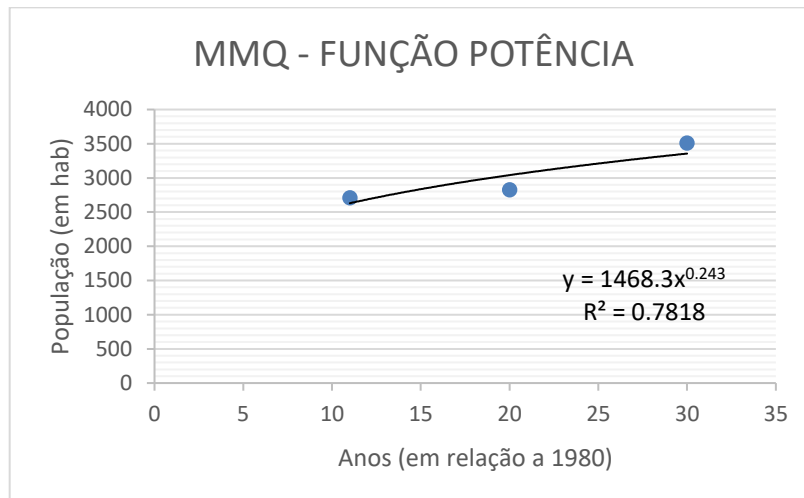
a	1468
b	0,24
Sxy	0,12
Sxx	0,51
Syy	0,04
R	0,88
R²	0,78

Fonte: AUTOR (2019).

Com os dados acima, obtém-se a Equação 27:

$$P = 1468 \cdot (x^{0,24}) \quad (\text{Equação 27})$$

E, como forma de verificação, tem o Gráfico 11 gerado pelo Excel:

Gráfico 11 – Verificação da Função Potência

Fonte: AUTOR (2019).

iii) Função Exponencial

Com as equações explicitadas na descrição do método foi possível obter os seguintes valores da Tabela 16:

Tabela 16 – Expressões calculadas para aplicação na Função Exponencial

a	2875,81
b	0,01
Sxy	2,48
Sxx	180,67
Syy	0,04
R	0,94
R²	0,89

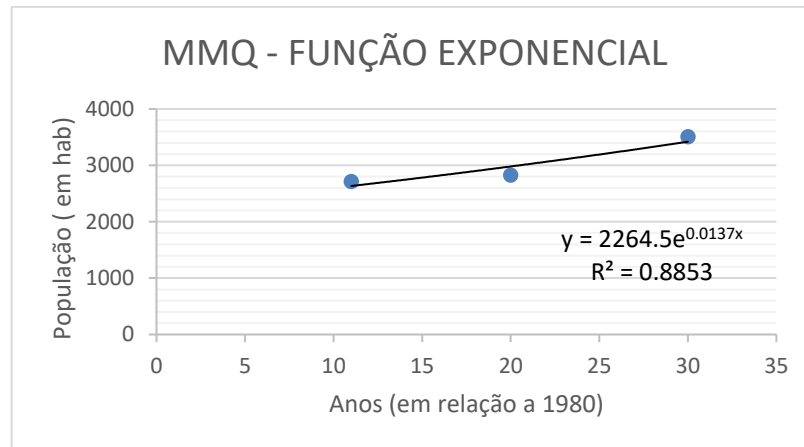
Fonte: AUTOR (2019).

A Equação 28 refere-se à essa função:

$$P = 2875,81(e^{0,013x}) \quad (\text{Equação 28})$$

E, como forma de verificação, tem o Gráfico 12 gerado pelo Excel:

Gráfico 12 – Verificação da Função Exponencial



Fonte: AUTOR (2019).

iv) Função Logarítmica

Com as equações explicitadas na descrição dos métodos foi possível obter os seguintes valores da Tabela 17:

Tabela 17 – Expressões calculadas para aplicação na Função Logarítmica

a	815,70
b	749,75
S_{xy}	381,98
S_{xx}	0,51
S_{yy}	372932,67
R	0,88
R²	0,77

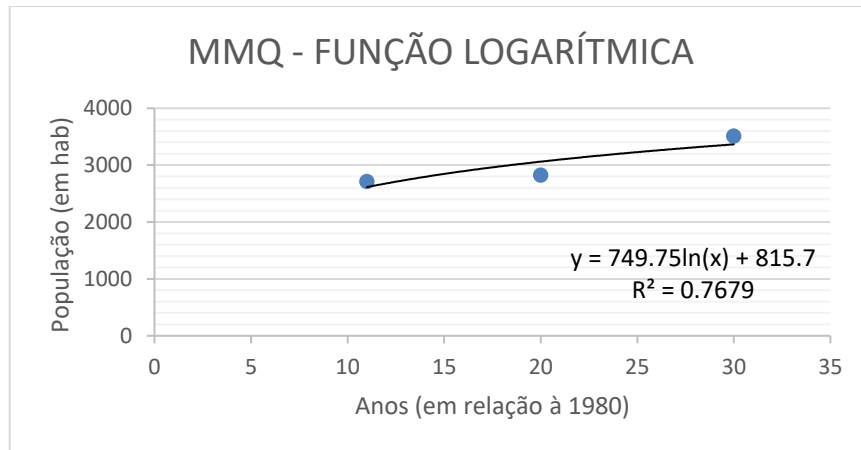
Fonte: AUTOR (2019).

A Equação 29 refere-se à função em questão:

$$P = 815,7 + 749,75(\ln x) \quad (\text{Equação 29})$$

E, como forma de verificação, tem-se o Gráfico 13 gerado pelo Excel:

Gráfico 13 – Verificação da Função Logarítmica



Fonte: AUTOR (2019).

Portanto, para as quatro funções acima referentes ao método dos mínimos quadrados temos na Tabela 18 as seguintes projeções para o horizonte de projeto do estudo.

Tabela 18 – População projetada através do método dos mínimos quadrados

Ano	População projetada			
	Linear	Potência	Exponencial	Logarítmica
2011	3466,88	3381,64	4402,17	3390,32
2012	3509,37	3407,83	4463,05	3414,13
2013	3551,86	3433,40	4524,77	3437,20
2014	3594,35	3458,40	4587,34	3459,58
2015	3636,84	3482,85	4650,78	3481,31
2016	3679,33	3506,77	4715,09	3502,44
2017	3721,82	3530,20	4780,30	3522,98
2018	3764,30	3553,15	4846,40	3542,97
2019	3806,79	3575,65	4913,43	3562,45
2020	3849,28	3597,71	4981,37	3581,43
2021	3891,77	3619,37	5050,26	3599,94

Ano	População projetada			
	Linear	Potência	Exponencial	Logarítmica
2022	3934,26	3640,62	5120,10	3618,01
2023	3976,75	3661,50	5190,91	3635,65
2024	4019,24	3682,01	5262,69	3652,89
2025	4061,73	3702,17	5335,47	3669,74
2026	4104,22	3722,00	5409,25	3686,22
2027	4146,70	3741,50	5484,06	3702,34
2028	4189,19	3760,69	5559,90	3718,12
2029	4231,68	3779,58	5636,79	3733,58
2030	4274,17	3798,18	5714,74	3748,73
2031	4316,66	3816,50	5793,77	3763,58
2032	4359,15	3834,55	5873,89	3778,14
2033	4401,64	3852,34	5955,12	3792,42
2034	4444,13	3869,88	6037,47	3806,43
2035	4486,62	3887,18	6120,96	3820,19
2036	4529,11	3904,23	6205,61	3833,70
2037	4571,59	3921,06	6291,43	3846,97
2038	4614,08	3937,67	6378,43	3860,01
2039	4656,57	3954,06	6466,64	3872,82
2040	4699,06	3970,24	6556,07	3885,43
2041	4741,55	3986,22	6646,73	3897,82
2042	4784,04	4002,00	6738,65	3910,01
2043	4826,53	4017,59	6831,84	3922,01
2044	4869,02	4033,00	6926,32	3933,81
2045	4911,51	4048,22	7022,10	3945,44
2046	4953,99	4063,27	7119,21	3956,88
2047	4996,48	4078,14	7217,66	3968,16
2048	5038,97	4092,85	7317,47	3979,27
2049	5081,46	4107,39	7418,67	3990,21

Fonte: AUTOR (2019).

6.2.3 Escolha do método

De acordo com os resultados obtidos, o método escolhido para o cálculo da projeção futura da população foi o dos Mínimos Quadrados, pois ele não possui limitação temporal (ou seja, melhor aplicada para curtos períodos de tempo) como os métodos matemáticos, dentre todas as funções aplicadas no método dos mínimos quadrados devemos escolher aquela com maior coeficiente de correlação (R^2 - que varia de 0 a 1), que indica o grau de associação linear

entre duas variáveis e quanto mais próximo de 1 for o seu valor maior será a correlação positiva entre elas. Sendo assim optou-se por escolher a função exponencial, já que apresentou um $R^2 = 0,89$, mostrando ter um resultado da projeção da população mais satisfatório se comparado com os demais.

Dessa forma, a população de Salgadinho é estimada em 7419 habitantes para o ano 2049.

6.3 Estimativa do consumo per capita

Utilizando a primeira forma de se calcular o consumo de água per capita pelo SNIS e empregando a Equação 22 apresentada na metodologia, obtemos a Tabela 19 que mostra o consumo de água per capita dos anos de referência contidos na série histórica.

Tabela 19 – Consumo per capita de água no Município de Salgadinho-PB

Ano de Referência	Volume de água consumida(L)	População atendida com abastecimento (hab)	Consumo de água per capita (L/hab/dia)
2017	12030000	712	46,291
2016	25510000	705	99,135
2015	21680000	745	79,728
2014	12000000	748	43,953
2013	7630000	723	28,913

Fonte: SNIS (2019).

Fazendo a média aritmética do consumo de água per capita ao longo dos anos de referência, obtemos o consumo de água per capita médio de 59,61 L/hab/dia.

Pela segunda maneira de calcular o consumo, temos abaixo a Tabela 20 com o consumo médio per capita de água (L/hab/dia) para cada ano de referência.

Tabela 20 – Consumo de água per capita (L/hab/dia) em cada ano de referência da cidade de Salgadinho-PB

Ano de Referência	Consumo de água per capita (L/hab/dia)
2017	46,52
2016	96,4
2015	79,57
2014	44,7
2013	28,91

Fonte: SNIS (2019).

Fazendo a Média Aritmética, obtemos 59,22 L/hab/dia.

Aplicando terceira forma de calcular o consumo de água per capita pelo SNIS, temos a Tabela 21 com o consumo médio efetivo para cada ano de referência.

Tabela 21 – Consumo de água médio efetivo (L/hab/dia) em cada ano de referência da cidade de Salgadinho-PB

Ano de referência	Volume de água consumido (L)	Quantidade de economias ativas de água	Número de dias de medição	Número de habitantes por ligação	Consumo médio efetivo (L/hab/dia)
2017	12030000	226	365	3,281106	44,447
2016	25510000	226	365	3,219178	96,065
2015	21680000	239	365	3,197425	77,726
2014	12000000	235	365	3,224138	43,392
2013	7630000	230	365	3,185022	28,536

Fonte: SNIS (2019).

A partir dos dados calculados, obteve-se um valor médio de 58,03 L/hab/dia. Aplicando a Equação 23 mostrada na metodologia, o valor do consumo per capita obtido foi de 72,54 L/hab/dia.

De acordo com o mapa fornecido pelo IBGE (Figura 18) podemos identificar que a cidade de Salgadinho-PB está compreendida no intervalo de 20,0 a 39,9 L/hab/dia de acordo com a legenda mostrada na Figura 19, sendo assim com base nos consumos já calculados, foi mais coerente adotarmos um consumo de água per capita de 39,9 L/hab/dia pelos dados fornecidos do IBGE.

Foi observado que os dados calculados do consumo de água per capita por todas as metodologias apresentaram um valor bem abaixo do mínimo recomendado pela ONU e pela CAGEPA, por exemplo, que são 110 L/hab/dia e 150 L/hab/dia, respectivamente, então diante disso se julgou mais coerente adotar o valor recomendado pela CAGEPA, por se tratar do principal órgão de abastecimento de água do estado no qual o município está inserido e está mais próximo da realidade da cidade. Portanto o valor escolhido do consumo de água per capita para fins de dimensionamento foi de 150 L/hab/dia.

6.4 Determinação da demanda

Com base no exposto no item 5.4, As demandas específicas adotadas foram às seguintes:

- 11 restaurantes/bares/lanchonetes cada um com 100 refeições por dia (consumo de 25 L/refeição) = 27.500 L/dia;
- 4 unidades básicas de saúde cada uma com 5 leitos (consumo de 250 L/leito) = 5.000 L/dia;
- 12 institutos de ensino (5 escolas de ensino infantil; 6 escolas de ensino fundamental e 1 escola de ensino médio) cada uma com 100 alunos (consumo de 50 L/aluno) = 60.000 L/dia;
- 3 indústrias de pequeno porte cada uma com 50 funcionários (consumo de 70 L/funcionário) = 10.500 L/dia.

Seguem na Tabela 22 as demandas específicas adotadas em L/s:

Tabela 22 – Vazões específicas para o município de Salgadinho-PB

Estabelecimentos	Demandas específicas (L/s)
11 restaurantes/bares/lanchonetes	0,32
4 unidades básicas de saúde	0,06
12 institutos de ensino	0,69
3 indústrias de pequeno porte	0,12

Fonte: AUTOR (2019).

Logo, fazendo o somatório, temos uma demanda específica de 1,19 L/s.

E, portanto, considerando os dados apresentados na Tabela 23 e as equações mostradas na metodologia foi possível encontrar as vazões Q_a , Q_b e Q_c , representadas na Figura 18.

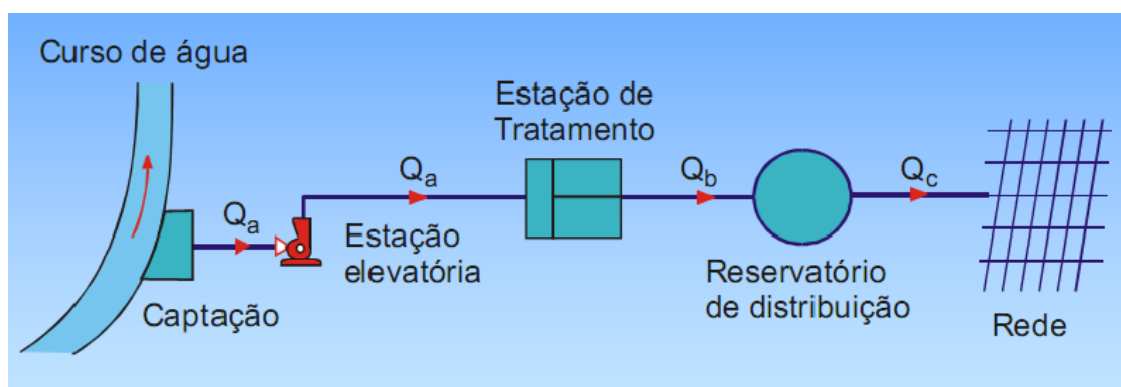
Tabela 23 – Dados para o cálculo das vazões de dimensionamento

População estimada - P (habitantes)	7419
Consumo per capita - q (L/hab/dia)	150
Coefficiente do dia de maior consumo (K1)	1,2
Coefficiente da hora de maior consumo (K2)	1,5
Coefficiente da ETA – C_{ETA}	1,05 (5 %)
Vazão específica – Q_{esp} (L/s)	1,19

Fonte: AUTOR (2019).

A vazão da captação a ETA (Q_a) foi de 17,48 L/s, da ETA até o reservatório (Q_b) foi 16,65 L/s e do reservatório até a rede (Q_c) foi 24,37 L/s.

Figura 18 – Ilustração das vazões de dimensionamento de um Sistema de Abastecimento de Água



Fonte: Adaptado TSUTIYA (2006).

6.5 Dimensionamento da rede de abastecimento

6.5.1 Informações do projeto

Figura 19 - Imagem georreferenciada com o traçado da rede e pontos cotados da cidade de Salgadinho – PB



Fonte: AUTOR (2019).

Na Figura 19 é possível observar a imagem georreferenciada retirada do Google Earth, assim como o traçado da rede (linhas verdes) juntamente com os pontos cotados (pontos rosas).

Após todas as considerações feitas na metodologia e utilizando a Equação 27, obtemos o valor de 30,17 L/s para a vazão total.

O reservatório foi fixado no ponto mais alto, com uma cota do terreno de 443 metros e a partir dele obteve-se os trechos e suas respectivas cotas e comprimentos.

6.5.2 Dimensionamento pelo método do seccionamento fictício

Em posse do trecho traçado e com todos os dados referentes, foi iniciado o dimensionamento da rede pelo método do seccionamento.

Utilizando a Equação 29 para o cálculo da vazão total da rede (vazão máxima), e a Equação 28 para o cálculo da taxa de consumo linear. Obtivemos para a vazão total da rede o valor de 28,98 l/s. Como o comprimento total é 4881,32 m, a taxa de consumo linear calculada é 0,005937 l/s/m.

Os comprimentos e cotas altimétricas de cada trecho da rede, estão apresentados na Tabela 24.

Tabela 24 – Comprimentos e cotas de cada trecho da rede

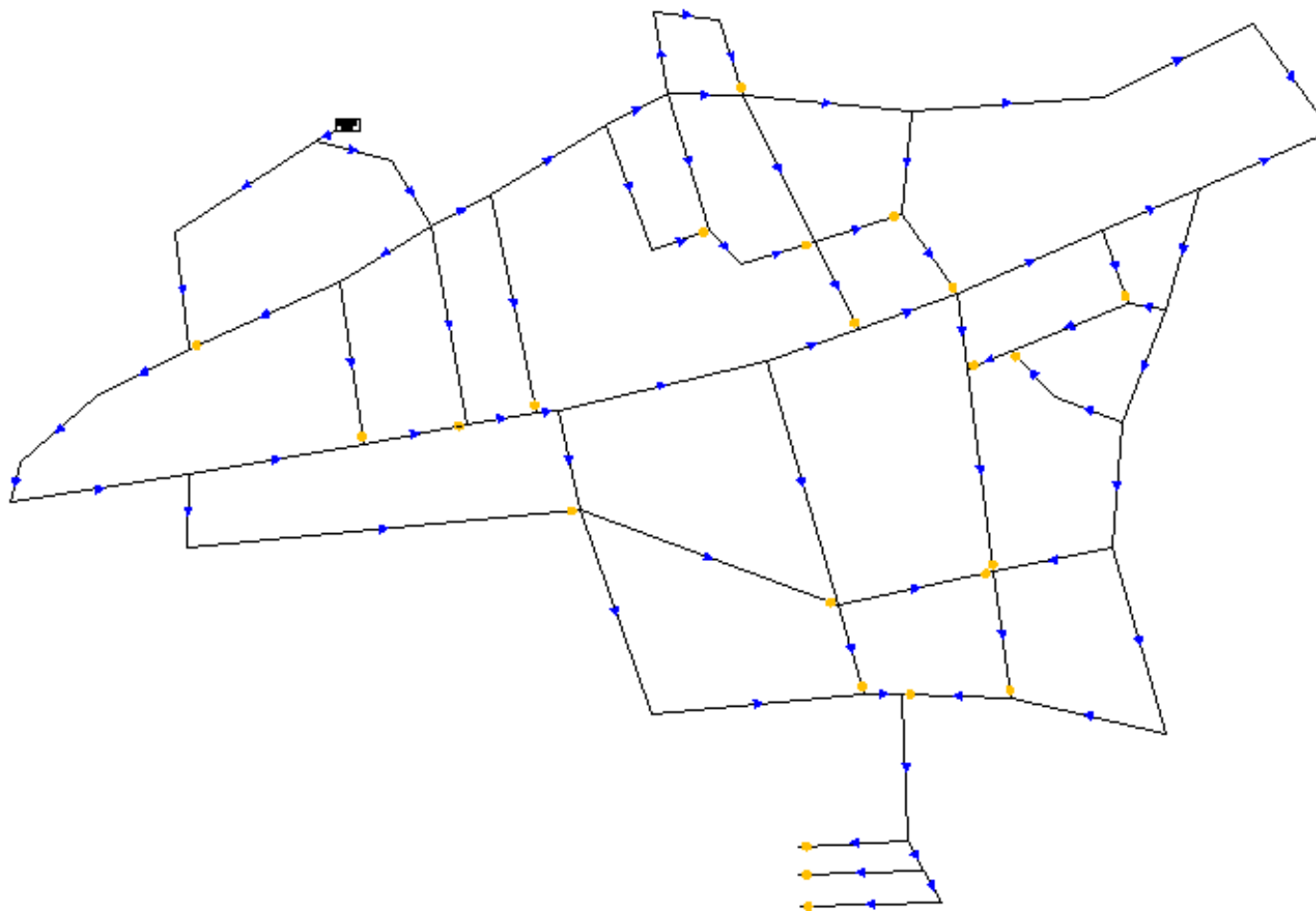
Trechos	Extensão (m)	Cota de terreno (m)		Trechos	Extensão (m)	Cota de terreno (m)	
		A montante	A jusante			A montante	A jusante
Trecho 1	87,27	436	441	Trecho 39	36,79	427	427
Trecho 2	99,59	431	436	Trecho 40	105,37	436	427
Trecho 3	87,98	433	431	Trecho 41	54,61	427	427
Trecho 4	39,32	434	433	Trecho 42	85,34	435	427
Trecho 5	43,42	434	438	Trecho 43	92,19	433	427
Trecho 6	34,27	438	436	Trecho 44	94,07	436	433
Trecho 7	41,57	436	433	Trecho 45	65,82	434	431
Trecho 8	35,93	435	434	Trecho 46	20,5	431	428
Trecho 9	69,46	436	435	Trecho 47	40,26	429	428
Trecho 10	35,43	436	436	Trecho 48	63,14	431	428
Trecho 11	40,11	440	436	Trecho 49	66,11	428	426
Trecho 12	40,3	443	440	Trecho 50	36,99	428	426

Trechos	Extensão (m)	Cota de terreno (m)		Trechos	Extensão (m)	Cota de terreno (m)	
		A montante	A jusante			A montante	A jusante
Trecho 13	56,35	436	435	Trecho 51	33,46	426	426
Trecho 14	85,32	435	435	Trecho 52	24,41	426	425
Trecho 15	86,85	443	441	Trecho 53	39,19	426	425
Trecho 16	61,32	441	435	Trecho 54	65,54	428	427
Trecho 17	54,34	435	436	Trecho 55	62,96	427	422
Trecho 18	52,3	436	434	Trecho 56	107,11	425	422
Trecho 19	21,43	434	436	Trecho 57	82,89	422	422
Trecho 20	68,63	441	441	Trecho 58	132,87	426	422
Trecho 21	73,98	434	441	Trecho 59	143,22	427	422
Trecho 22	54,74	429	434	Trecho 60	53,33	427	427
Trecho 23	83,03	426	429	Trecho 61	205,08	437	427
Trecho 24	54,71	426	426	Trecho 62	37,82	433	437
Trecho 25	50,54	428	426	Trecho 63	100,16	427	422
Trecho 26	54,47	431	428	Trecho 64	82,46	422	420
Trecho 27	48,03	428	428	Trecho 65	65,88	422	420
Trecho 28	50,62	428	426	Trecho 66	56,4	420	420
Trecho 29	85,22	433	428	Trecho 67	20,04	421	420
Trecho 30	39,8	428	428	Trecho 68	48,29	422	421
Trecho 31	23,75	429	428	Trecho 69	111,1	427	421
Trecho 32	74,42	434	429	Trecho 70	112,32	427	427
Trecho 33	32,24	430	429	Trecho 71	76,39	420	421
Trecho 34	70,24	435	430	Trecho 72	17,84	421	421
Trecho 35	50,57	426	426	Trecho 73	57,3	421	425
Trecho 36	111,58	427	426	Trecho 74	64,92	421	425
Trecho 37	11,24	427	427	Trecho 75	18,71	421	421
Trecho 38	116,42	436	427	Trecho 76	73,65	421	426

Fonte: AUTOR (2020).

A representação do seccionamento e do caminhamento da água na rede são apresentados na Figura 20.

Figura 20 – Seccionamento e sentido do escoamento da água na rede de abastecimento para aplicação do método do seccionamento fictício.



Fonte: AUTOR (2020)

A adição das vazões específicas nos seus respectivos trechos é apresentado na Tabela 25.

Tabela 25 - Localização e vazão específica para cada estabelecimento da rede

Estabelecimentos	Trechos da rede	Vazão adicionada (l/s)
Indústrias	44 / 43	0,159
Unidades de Saúde	40 / 58	0,029
Institutos de Ensino	24 / 53 / 56 / 57 / 43 / 22	0,116
Restaurantes	36 / 35 / 24 / 23 / 22	0,024

Fonte: AUTOR (2019).

Os dados referentes a cada trecho, contabilizando a vazão a montante, a jusante, a taxa de consumo em cada trecho (vazão em marcha), e a vazão fictícia são apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 – Valores obtidos para as vazões a jusante, em marcha, a montante e fictícia, para cada trecho da rede de abastecimento

Trechos	Extensão (m)	Vazão (l/s)			
		A jusante	Em marcha	A montante	Fictícia
Trecho 1	87,27	0,0000	0,5181	0,5181	0,2591
Trecho 2	99,59	0,5181	0,5913	1,1094	0,8138
Trecho 3	87,98	1,4094	0,5223	1,9318	1,6706
Trecho 4	39,32	3,0234	0,2334	3,2569	3,1401
Trecho 5	43,42	0,4503	0,2578	0,7080	0,5792
Trecho 6	34,27	0,2468	0,2035	0,4503	0,3485
Trecho 7	41,57	0,0000	0,2468	0,2468	0,1234
Trecho 8	35,93	4,7840	0,2133	4,9974	4,8907
Trecho 9	69,46	5,6058	0,4124	6,0182	5,8120
Trecho 10	35,43	6,7094	0,2103	6,9197	6,8145
Trecho 11	40,11	24,4256	0,2381	24,6637	24,5447
Trecho 12	40,3	24,6637	0,2393	24,9030	24,7834
Trecho 13	56,35	1,0132	0,3346	1,3478	1,1805
Trecho 14	85,32	0,0000	0,5065	0,5065	0,2533
Trecho 15	86,85	4,4306	0,5156	4,9462	4,6884
Trecho 16	61,32	4,0665	0,3641	4,4306	4,2486

Trechos	Extensão (m)	Vazão (l/s)			
		A jusante	Em marcha	A montante	Fictícia
Trecho 17	54,34	3,7439	0,3226	4,0665	3,9052
Trecho 18	52,3	3,4334	0,3105	3,7439	3,5887
Trecho 19	21,43	3,3062	0,1272	3,4334	3,3698
Trecho 20	68,63	0,0000	0,4075	0,4075	0,2037
Trecho 21	73,98	0,4075	0,4392	0,8467	0,6271
Trecho 22	54,74	5,2628	0,4650	5,7278	5,4953
Trecho 23	83,03	5,9669	0,5173	6,4841	6,2255
Trecho 24	54,71	7,5842	0,4649	8,0491	7,8166
Trecho 25	50,54	0,0000	0,3001	0,3001	0,1500
Trecho 26	54,47	0,3001	0,3234	0,6234	0,4618
Trecho 27	48,03	0,0000	0,2852	0,2852	0,1426
Trecho 28	50,62	0,0000	0,3005	0,3005	0,1503
Trecho 29	85,22	0,5857	0,5060	1,0916	0,8387
Trecho 30	39,8	0,0000	0,2363	0,2363	0,1181
Trecho 31	23,75	0,2363	0,1410	0,3773	0,3068
Trecho 32	74,42	0,3773	0,4418	0,8191	0,5982
Trecho 33	32,24	0,0000	0,1914	0,1914	0,0957
Trecho 34	70,24	0,1914	0,4170	0,6084	0,3999
Trecho 35	50,57	8,0491	0,3245	8,3736	8,2113
Trecho 36	111,58	10,0859	0,6868	10,7727	10,4293
Trecho 37	11,24	15,2185	0,0667	15,2852	15,2518
Trecho 38	116,42	0,0000	0,6912	0,6912	0,3456
Trecho 39	36,79	15,2852	0,2184	15,5036	15,3944
Trecho 40	105,37	15,5036	0,6545	16,1581	15,8309
Trecho 41	54,61	0,0000	0,3242	0,3242	0,1621
Trecho 42	85,34	0,0000	0,5067	0,5067	0,2533
Trecho 43	92,19	0,3242	0,8222	1,1464	0,7353
Trecho 44	94,07	2,5885	0,7176	3,3062	2,9474
Trecho 45	65,82	4,0254	0,3908	4,4161	4,2207
Trecho 46	20,5	0,5374	0,1217	0,6591	0,5983
Trecho 47	40,26	0,0000	0,2390	0,2390	0,1195
Trecho 48	63,14	2,9914	0,3749	3,3662	3,1788
Trecho 49	66,11	0,1449	0,3925	0,5374	0,3412
Trecho 50	36,99	0,1987	0,2196	0,4183	0,3085
Trecho 51	33,46	0,0000	0,1987	0,1987	0,0993
Trecho 52	24,41	0,0000	0,1449	0,1449	0,0725
Trecho 53	39,19	0,7517	0,3484	1,1001	0,9259
Trecho 54	65,54	2,1840	0,3891	2,5731	2,3785
Trecho 55	62,96	0,3911	0,3738	0,7649	0,5780
Trecho 56	107,11	0,0000	0,7517	0,7517	0,3758
Trecho 57	82,89	0,0000	0,6079	0,6079	0,3039
Trecho 58	132,87	0,8946	0,8178	1,7123	1,3035

Trechos	Extensão (m)	Vazão (l/s)			
		A jusante	Em marcha	A montante	Fictícia
Trecho 59	143,22	0,0000	0,8503	0,8503	0,4251
Trecho 60	53,33	4,1291	0,3166	4,4458	4,2874
Trecho 61	205,08	0,0000	1,2176	1,2176	0,6088
Trecho 62	37,82	1,2176	0,2245	1,4421	1,3298
Trecho 63	100,16	0,8244	0,5947	1,4191	1,1217
Trecho 64	82,46	0,3348	0,4896	0,8244	0,5796
Trecho 65	65,88	0,0000	0,3911	0,3911	0,1956
Trecho 66	56,4	0,0000	0,3348	0,3348	0,1674
Trecho 67	20,04	1,8334	0,1190	1,9524	1,8929
Trecho 68	48,29	0,0000	0,2867	0,2867	0,1433
Trecho 69	111,1	1,9524	0,6596	2,6120	2,2822
Trecho 70	112,32	2,6120	0,6668	3,2788	2,9454
Trecho 71	76,39	1,3799	0,4535	1,8334	1,6066
Trecho 72	17,84	0,9338	0,1059	1,0397	0,9867
Trecho 73	57,3	0,0000	0,3402	0,3402	0,1701
Trecho 74	64,92	0,0000	0,3854	0,3854	0,1927
Trecho 75	18,71	0,4373	0,1111	0,5483	0,4928
Trecho 76	73,65	0,0000	0,4373	0,4373	0,2186

Fonte: AUTOR (2020).

Os diâmetros escolhidos para cada trecho são apresentados na Tabela 27:

Tabela 27 – Determinação dos diâmetros de cada trecho

Trecho	D (mm)	Trecho	D (mm)	Trecho	D (mm)	Trecho	D (mm)
Trecho 1	50	Trecho 20	50	Trecho 39	200	Trecho 58	75
Trecho 2	50	Trecho 21	50	Trecho 40	200	Trecho 59	50
Trecho 3	75	Trecho 22	150	Trecho 41	50	Trecho 60	100
Trecho 4	100	Trecho 23	150	Trecho 42	50	Trecho 61	50
Trecho 5	50	Trecho 24	150	Trecho 43	50	Trecho 62	75
Trecho 6	50	Trecho 25	50	Trecho 44	100	Trecho 63	75
Trecho 7	50	Trecho 26	50	Trecho 45	100	Trecho 64	50
Trecho 8	150	Trecho 27	50	Trecho 46	50	Trecho 65	50
Trecho 9	150	Trecho 28	50	Trecho 47	50	Trecho 66	50
Trecho 10	150	Trecho 29	50	Trecho 48	100	Trecho 67	75
Trecho 11	200	Trecho 30	50	Trecho 49	50	Trecho 68	50
Trecho 12	200	Trecho 31	50	Trecho 50	50	Trecho 69	100

Trecho	D (mm)	Trecho	D (mm)	Trecho	D (mm)	Trecho	D (mm)
Trecho 13	75	Trecho 32	50	Trecho 51	50	Trecho 70	100
Trecho 14	50	Trecho 33	50	Trecho 52	50	Trecho 71	75
Trecho 15	100	Trecho 34	50	Trecho 53	50	Trecho 72	50
Trecho 16	100	Trecho 35	150	Trecho 54	100	Trecho 73	50
Trecho 17	100	Trecho 36	150	Trecho 55	50	Trecho 74	50
Trecho 18	100	Trecho 37	200	Trecho 56	50	Trecho 75	50
Trecho 19	100	Trecho 38	50	Trecho 57	50	Trecho 76	50

Fonte: AUTOR (2020).

As velocidades encontradas para cada trecho seguem apresentadas na Tabela 28.

Tabela 28 – Velocidades calculadas para cada trecho da rede

Trecho	V (m/s)	Trecho	V (m/s)	Trecho	V (m/s)	Trecho	V (m/s)
Trecho 1	0,1319	Trecho 20	0,1038	Trecho 39	0,4900	Trecho 58	0,2950
Trecho 2	0,4144	Trecho 21	0,3194	Trecho 40	0,5039	Trecho 59	0,2165
Trecho 3	0,3782	Trecho 22	0,3110	Trecho 41	0,0826	Trecho 60	0,5459
Trecho 4	0,3998	Trecho 23	0,3523	Trecho 42	0,1290	Trecho 61	0,3100
Trecho 5	0,2950	Trecho 24	0,4423	Trecho 43	0,3745	Trecho 62	0,3010
Trecho 6	0,1775	Trecho 25	0,0764	Trecho 44	0,3753	Trecho 63	0,2539
Trecho 7	0,0628	Trecho 26	0,2352	Trecho 45	0,5374	Trecho 64	0,2952
Trecho 8	0,2768	Trecho 27	0,0726	Trecho 46	0,3047	Trecho 65	0,0996
Trecho 9	0,3289	Trecho 28	0,0765	Trecho 47	0,0609	Trecho 66	0,0853
Trecho 10	0,3856	Trecho 29	0,4271	Trecho 48	0,4047	Trecho 67	0,4285
Trecho 11	0,7813	Trecho 30	0,0602	Trecho 49	0,1738	Trecho 68	0,0730
Trecho 12	0,7889	Trecho 31	0,1562	Trecho 50	0,1571	Trecho 69	0,2906
Trecho 13	0,2672	Trecho 32	0,3047	Trecho 51	0,0506	Trecho 70	0,3750
Trecho 14	0,1290	Trecho 33	0,0487	Trecho 52	0,0369	Trecho 71	0,3637
Trecho 15	0,5969	Trecho 34	0,2037	Trecho 53	0,4715	Trecho 72	0,5025
Trecho 16	0,5409	Trecho 35	0,4647	Trecho 54	0,3028	Trecho 73	0,0866
Trecho 17	0,4972	Trecho 36	0,5902	Trecho 55	0,2944	Trecho 74	0,0981
Trecho 18	0,4569	Trecho 37	0,4855	Trecho 56	0,1914	Trecho 75	0,2510
Trecho 19	0,4291	Trecho 38	0,1760	Trecho 57	0,1548	Trecho 76	0,1113

Fonte: AUTOR (2020).

As perdas de carga de cada trecho encontram-se na Tabela 29:

Tabela 29 – Perda de carga linear e perda de carga total de cada trecho da rede

Trecho	J(m/m)	Perda de carga (mca)	Trecho	J(m/m)	Perda de carga (mca)	Trecho	J(m/m)	Perda de carga (mca)
Trecho 1	0,000656699	0,0630	Trecho 27	0,000217553	0,0115	Trecho 52	6,21966E-05	0,0017
Trecho 2	0,005457399	0,5979	Trecho 28	0,000239752	0,0133	Trecho 53	0,006929148	0,2987
Trecho 3	0,002866343	0,2774	Trecho 29	0,005770415	0,5409	Trecho 54	0,001357472	0,0979
Trecho 4	0,002269404	0,0982	Trecho 30	0,000153656	0,0067	Trecho 55	0,002898515	0,2007
Trecho 5	0,002908988	0,1389	Trecho 31	0,000897926	0,0235	Trecho 56	0,001307069	0,1540
Trecho 6	0,001136895	0,0429	Trecho 32	0,00308855	0,2528	Trecho 57	0,000882473	0,0805
Trecho 7	0,000166536	0,0076	Trecho 33	0,000104063	0,0037	Trecho 58	0,001811055	0,2647
Trecho 8	0,000715035	0,0283	Trecho 34	0,001466275	0,1133	Trecho 59	0,001641999	0,2587
Trecho 9	0,000983988	0,0752	Trecho 35	0,001864895	0,1037	Trecho 60	0,004037585	0,2369
Trecho 10	0,00132083	0,0515	Trecho 36	0,00290244	0,3562	Trecho 61	0,003190246	0,7197
Trecho 11	0,003483043	0,1537	Trecho 37	0,001444386	0,0179	Trecho 62	0,001879447	0,0782
Trecho 12	0,003545967	0,1572	Trecho 38	0,001119224	0,1433	Trecho 63	0,001371849	0,1511
Trecho 13	0,001507714	0,0935	Trecho 39	0,001469465	0,0595	Trecho 64	0,002913403	0,2643
Trecho 14	0,000629811	0,0591	Trecho 40	0,001547469	0,1794	Trecho 65	0,000390355	0,0283
Trecho 15	0,004763768	0,4551	Trecho 41	0,00027588	0,0166	Trecho 66	0,000292841	0,0182
Trecho 16	0,003970101	0,2678	Trecho 42	0,000630084	0,0591	Trecho 67	0,003611533	0,0796
Trecho 17	0,003397027	0,2031	Trecho 43	0,004524409	0,4588	Trecho 68	0,000219736	0,0117
Trecho 18	0,002905222	0,1671	Trecho 44	0,002018391	0,2089	Trecho 69	0,00125749	0,1537
Trecho 19	0,002585951	0,0610	Trecho 45	0,003922146	0,2840	Trecho 70	0,002015927	0,2491
Trecho 20	0,000421034	0,0318	Trecho 46	0,003089117	0,0697	Trecho 71	0,002666601	0,2241
Trecho 21	0,003369783	0,2742	Trecho 47	0,000156958	0,0070	Trecho 72	0,007795409	0,1530
Trecho 22	0,000887111	0,0534	Trecho 48	0,002321349	0,1612	Trecho 73	0,000301545	0,0190
Trecho 23	0,001117409	0,1021	Trecho 49	0,001092868	0,0795	Trecho 74	0,000379897	0,0271
Trecho 24	0,001702454	0,1025	Trecho 50	0,000906947	0,0369	Trecho 75	0,002157816	0,0444
Trecho 25	0,000239051	0,0133	Trecho 51	0,000111465	0,0041	Trecho 76	0,000479773	0,0389
Trecho 26	0,001913047	0,1146						

Fonte: AUTOR (2020).

O cálculo da cota piezométrica a montante e a jusante em cada trecho partiu do reservatório considerando-o em uma cota de 443 metros.

Os valores encontrados para as cotas piezométricas e para as pressões disponíveis em cada trecho estão dispostos na Tabela 30. Ao atribuir uma altura de nível de água de 10,0 metros para o reservatório verifica-se que se atende os 10 m.c.a para todos os trechos, logo pelo método do seccionamento a altura do nível de água do reservatório deve ser de 10,0 metros. Para essa altura do nível do reservatório e verificando por fim a pressão estática máxima, obteve-se um valor de 33 m.c.a que se mostra adequada uma vez que se encontra abaixo do valor máximo estabelecido (50 m.c.a).

Tabela 30 – Valores obtidos para as cotas piezométricas a montante e a jusante, e para as pressões disponíveis a montante e a jusante

Trechos	Cota Piezométrica		Pressão disponível (m)	
	A montante	A jusante	A montante	A jusante
Trecho 1	451,4695	451,4065	15,4695	10,4065
Trecho 2	452,0674	451,4695	21,0674	15,4695
Trecho 3	452,3448	452,0674	19,3448	21,0674
Trecho 4	452,5342	452,4361	18,5342	19,4361
Trecho 5	452,5342	452,3953	18,5342	14,3953
Trecho 6	452,3953	452,3524	14,3953	16,3524
Trecho 7	452,3524	452,3448	16,3524	19,3448
Trecho 8	452,5625	452,5342	17,5625	18,5342
Trecho 9	452,6377	452,5625	16,6377	17,5625
Trecho 10	452,6891	452,6377	16,6891	16,6377
Trecho 11	452,8428	452,6891	12,8428	16,6891
Trecho 12	453,0000	452,8428	10,0000	12,8428
Trecho 13	452,6891	452,5957	16,6891	17,5957
Trecho 14	452,5957	452,5366	17,5957	17,5366
Trecho 15	453,0000	452,5449	10,0000	11,5449
Trecho 16	452,5449	452,2771	11,5449	17,2771
Trecho 17	452,2771	452,0740	17,2771	16,0740
Trecho 18	452,0740	451,9069	16,0740	17,9069
Trecho 19	451,9069	451,8460	17,9069	15,8460
Trecho 20	451,9608	451,9290	10,9608	10,9290
Trecho 21	452,2350	451,9608	18,2350	10,9608
Trecho 22	452,2885	452,2350	23,2885	18,2350
Trecho 23	452,3905	452,2885	26,3905	23,2885
Trecho 24	452,4020	452,2995	26,4020	26,2995
Trecho 25	452,4038	452,3905	24,4038	26,3905
Trecho 26	452,0674	451,9528	21,0674	23,9528
Trecho 27	452,4153	452,4038	24,4153	24,4038
Trecho 28	452,4153	452,4020	24,4153	26,4020

Trechos	Cota Piezométrica		Pressão disponível (m)	
	A montante	A jusante	A montante	A jusante
Trecho 29	452,3448	451,8039	19,3448	23,8039
Trecho 30	452,4220	452,4153	24,4220	24,4153
Trecho 31	452,4455	452,4220	23,4455	24,4220
Trecho 32	452,5342	452,2814	18,5342	23,2814
Trecho 33	452,4492	452,4455	22,4492	23,4455
Trecho 34	452,5625	452,4492	17,5625	22,4492
Trecho 35	452,1202	452,0165	26,1202	26,0165
Trecho 36	452,4765	452,1202	25,4765	26,1202
Trecho 37	452,4943	452,4765	25,4943	25,4765
Trecho 38	452,6377	452,4943	16,6377	25,4943
Trecho 39	452,5200	452,4605	25,5200	25,4605
Trecho 40	452,6891	452,5098	16,6891	25,5098
Trecho 41	452,5365	452,5200	25,5365	25,5200
Trecho 42	452,5957	452,5365	17,5957	25,5365
Trecho 43	451,6371	451,1783	18,6371	24,1783
Trecho 44	451,8460	451,6371	15,8460	18,6371
Trecho 45	452,2350	451,9511	18,2350	20,9511
Trecho 46	451,9511	451,8814	20,9511	23,8814
Trecho 47	452,2885	452,2815	23,2885	24,2815
Trecho 48	451,9511	451,7899	20,9511	23,7899
Trecho 49	452,2815	452,2020	24,2815	26,2020
Trecho 50	451,7899	451,7529	23,7899	25,7529
Trecho 51	451,7529	451,7488	25,7529	25,7488
Trecho 52	452,2020	452,2004	26,2020	27,2004
Trecho 53	452,3905	452,0918	26,3905	27,0918
Trecho 54	451,7899	451,6920	23,7899	24,6920
Trecho 55	451,6920	451,4912	24,6920	29,4912
Trecho 56	452,0918	451,9378	27,0918	29,9378
Trecho 57	451,9809	451,9005	29,9809	29,9005
Trecho 58	452,1202	451,8555	26,1202	29,8555
Trecho 59	452,2396	451,9809	25,2396	29,9809
Trecho 60	452,4765	452,2396	25,4765	25,2396
Trecho 61	451,5589	450,8392	14,5589	23,8392
Trecho 62	451,6371	451,5589	18,6371	14,5589
Trecho 63	451,6920	451,5408	24,6920	29,5408
Trecho 64	451,5408	451,2766	29,5408	31,2766
Trecho 65	451,9005	451,8722	29,9005	31,8722
Trecho 66	451,8722	451,8540	31,8722	31,8540
Trecho 67	451,9693	451,8896	30,9693	31,8896
Trecho 68	451,9809	451,9693	29,9809	30,9693
Trecho 69	451,9905	451,8369	24,9905	30,8369
Trecho 70	452,2396	451,9905	25,2396	24,9905

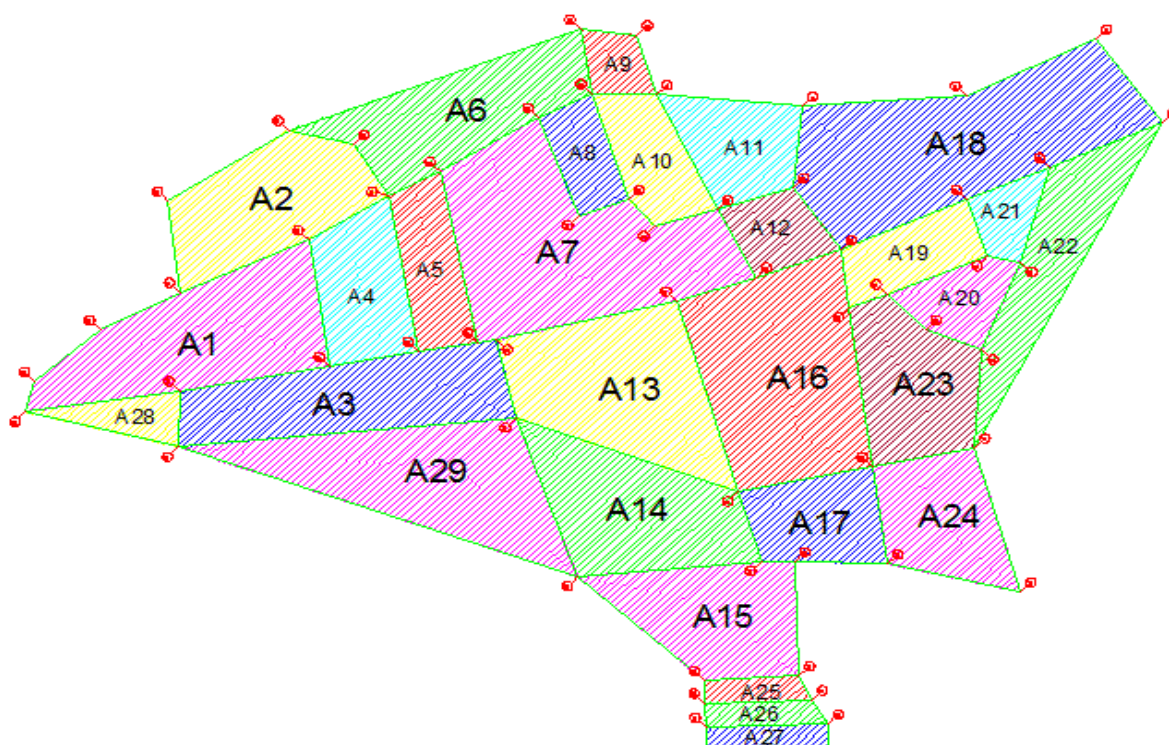
Trechos	Cota Piezométrica		Pressão disponível (m)	
	A montante	A jusante	A montante	A jusante
Trecho 71	451,8896	451,6656	31,8896	30,6656
Trecho 72	451,6656	451,5126	30,6656	30,5126
Trecho 73	451,6656	451,6466	30,6656	26,6466
Trecho 74	451,5126	451,4855	30,5126	26,4855
Trecho 75	451,5126	451,4682	30,5126	30,4682
Trecho 76	451,4682	451,4293	30,4682	25,4293

Fonte: AUTOR (2020).

6.5.3 Dimensionamento pelo LENHSNET

A Figura 21 mostra como foi feita a divisão das áreas e a influência em cada nó.

Figura 21 – Ilustração da divisão de áreas e visualização da influência nos nós da rede



Fonte: AUTOR (2020).

As áreas de influência e os valores das vazões referentes a cada nó encontram-se calculadas na Tabela 31:

Tabela 31 – Áreas de influência e consumo base para cada nó da rede de abastecimento

Área de influência	Área (m ²)	Vazão de influência	Vazão (l/s)	Número de nós por área	Vazão (l/s)	Nós da rede	Consumo base (l/s)	Cotas (m)
A1	10.616,3283	Q1	1,8141	7	0,2592	1	0,3300	441
A2	7.957,6011	Q2	1,3598	6	0,2266	2	0,3300	436
A3	9.109,3590	Q3	1,5566	7	0,2224	3	0,5190	431
A4	5.089,8444	Q4	0,8698	4	0,2174	4	0,3813	433
A5	3.921,1630	Q5	0,6701	4	0,1675	5	0,4969	434
A6	8.181,5425	Q6	1,3981	7	0,1997	6	0,2635	438
A7	14.844,2771	Q7	2,5366	10	0,2537	7	0,0638	436
A8	2.455,0465	Q8	0,4195	4	0,1049	8	0,5583	435
A9	1.493,3550	Q9	0,2552	4	0,0638	9	0,6209	436
A10	3.759,7460	Q10	0,6425	5	0,1285	10	0,8113	436
A11	4.424,9782	Q11	0,7562	4	0,1890	11	0,4264	440
A12	2.534,7127	Q12	0,4331	4	0,1083	12	0,4264	443
A13	10.623,3546	Q13	1,8153	4	0,4538	13	0,7032	435
A14	8.811,7520	Q14	1,5058	4	0,3764	14	0,4858	435
A15	7.225,9047	Q15	1,2348	5	0,2470	15	0,2592	436
A16	12.995,1831	Q16	2,2206	6	0,3701	16	0,2592	434
A17	4.465,5293	Q17	0,7631	5	0,1526	17	0,3589	436
A18	15.449,5395	Q18	2,6401	8	0,3300	18	0,2266	441
A19	3.382,4369	Q19	0,5780	5	0,1156	19	0,5512	441
A20	2.753,8747	Q20	0,4706	5	0,0941	20	0,6268	434
A21	1.771,0199	Q21	0,3026	4	0,0757	21	0,5213	429
A22	6.470,7840	Q22	1,1057	5	0,2211	22	0,9240	426
A23	6.508,0421	Q23	1,1121	6	0,1854	23	0,6273	428
A24	5.679,0548	Q24	0,9704	4	0,2426	24	0,7321	426
A25	957,0212	Q25	0,1635	4	0,0409	25	0,6795	428
A26	1.130,3049	Q26	0,1931	4	0,0483	26	0,3822	428
A27	1.025,3481	Q27	0,1752	2	0,0876	27	0,4870	429
A28	1.751,2429	Q28	0,2993	3	0,0998	28	0,3585	430
A29	11.168,8577	Q29	1,9086	3	0,6362	29	1,0776	426
Área TOTAL	176.557,2042	Vazão TOTAL	30,1705	-	-	30	0,9299	427
-	-	-	-	-	-	31	0,6436	427
-	-	-	-	-	-	32	0,6073	427
-	-	-	-	-	-	33	0,6990	427
-	-	-	-	-	-	34	0,5813	433
-	-	-	-	-	-	35	0,3909	431
-	-	-	-	-	-	36	0,2854	428
-	-	-	-	-	-	37	0,5006	428

Área de influência	Área (m ²)	Vazão de influência	Vazão (l/s)	Número de nós por área	Vazão (l/s)	Nós da rede	Consumo base (l/s)	Cotas (m)
-	-	-	-	-	-	38	0,3951	426
-	-	-	-	-	-	39	0,2795	426
-	-	-	-	-	-	40	0,6711	425
-	-	-	-	-	-	41	0,6491	427
-	-	-	-	-	-	42	0,9507	422
-	-	-	-	-	-	43	1,3530	422
-	-	-	-	-	-	44	1,6888	427
-	-	-	-	-	-	45	0,9583	437
-	-	-	-	-	-	46	0,2426	422
-	-	-	-	-	-	47	0,3952	420
-	-	-	-	-	-	48	0,3996	420
-	-	-	-	-	-	49	0,7760	421
-	-	-	-	-	-	50	1,2596	427
-	-	-	-	-	-	51	0,2878	421
-	-	-	-	-	-	52	0,0892	421
-	-	-	-	-	-	53	0,2878	425
-	-	-	-	-	-	54	0,1359	421
-	-	-	-	-	-	55	0,0892	425
-	-	-	-	-	-	56	0,1359	426

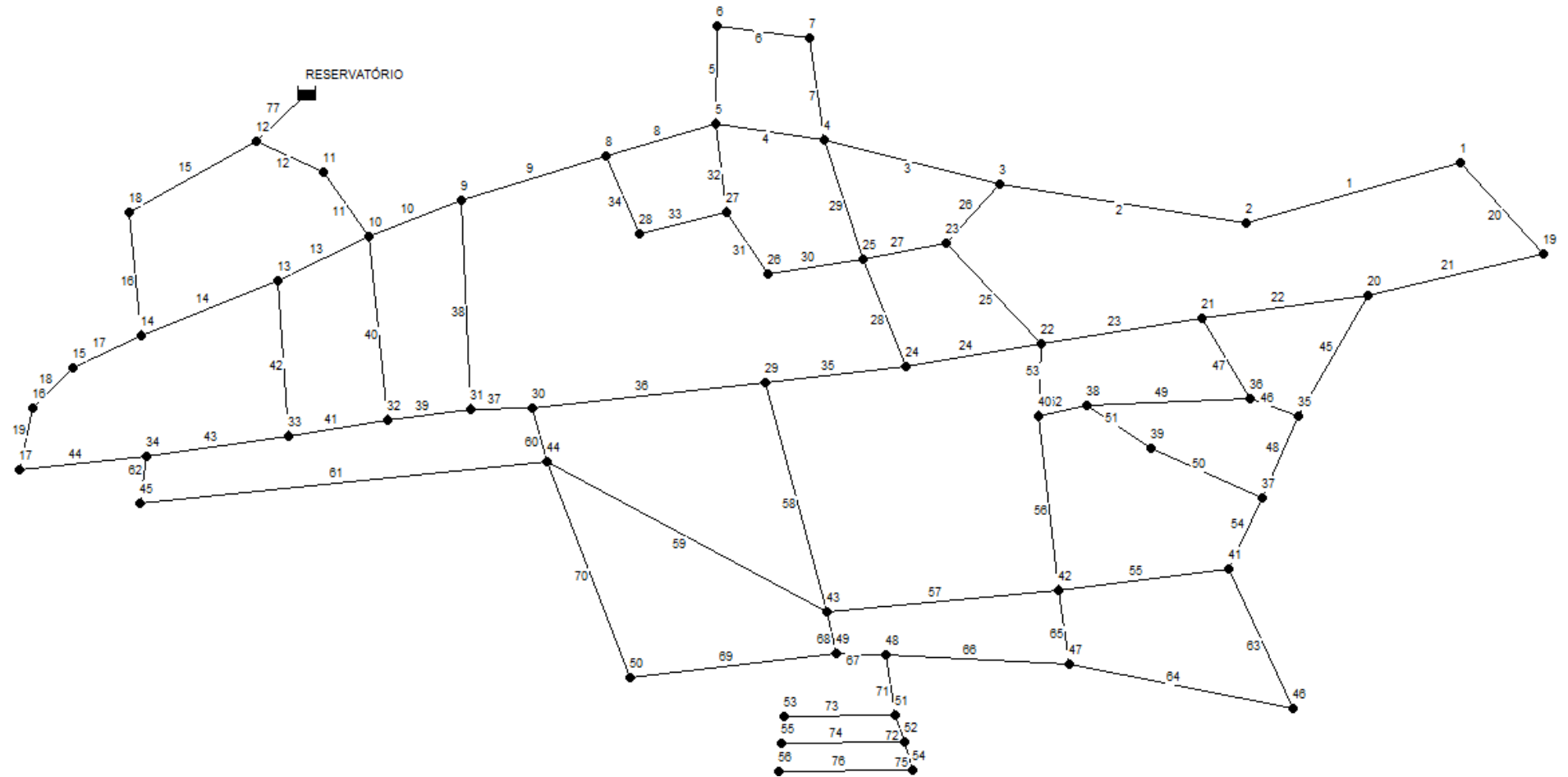
Fonte: AUTOR (2020).

A Figura 22 mostra a representação da rede quando foi lançada no EPANET.

Com todas as informações devidamente lançadas, os resultados mostraram que uma altura de reservatório de 11 metros seria suficiente para que as pressões disponíveis em todos os pontos da rede fossem maiores que 10 m.c.a.

Os resultados referentes às vazões, velocidades, diâmetros, perdas de carga e comprimento de cada trecho encontram-se dispostos na Tabela 32.

Figura 22 - Rede de abastecimento com seus trechos e nós lançada no EPANET



Fonte: AUTOR (2020).

Tabela 32 – Resultados obtidos para as vazões, diâmetros, velocidades e perdas de carga para cada trecho da rede pelo EPANET

Trecho	Início: Nó	Fim: Nó	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
1	2	1	87,27	54,6	0,91	0,39	3,51
2	3	2	99,59	54,6	1,24	0,53	6,22
3	4	3	87,98	77,2	2,98	0,64	5,82
4	5	4	39,32	100	8,95	1,14	12,68
5	5	6	43,42	54,6	1,18	0,5	5,69
6	6	7	34,27	54,6	0,92	0,39	3,56
7	7	4	41,57	54,6	0,85	0,37	3,12
8	8	5	35,93	156,4	11,93	0,62	2,99
9	9	8	69,46	156,4	13,8	0,72	3,92
10	10	9	35,43	156,4	16,14	0,84	5,23
11	11	10	40,11	204,2	27,66	0,84	3,87
12	12	11	40,3	204,2	28,09	0,86	3,98
13	10	13	56,35	54,6	2,21	0,94	18,08
14	13	14	85,32	54,6	0,46	0,2	0,98
15	12	18	86,85	54,6	1,66	0,71	10,62
16	18	14	61,32	54,6	1,43	0,61	8,09
17	14	15	54,34	54,6	1,4	0,6	7,79
18	15	16	52,3	54,6	1,14	0,49	5,34
19	16	17	21,43	54,6	0,88	0,38	3,31
20	1	19	68,63	54,6	0,58	0,25	1,53
21	20	19	73,98	54,6	-0,03	0,01	0,01
22	21	20	54,74	77,2	1,16	0,25	1,01
23	22	21	83,03	77,2	2,44	0,52	4,02
24	24	22	54,71	77,2	1,04	0,22	0,83
25	23	22	50,54	100	6,11	0,78	6,26
26	3	23	54,47	54,6	1,22	0,52	5,99
27	25	23	48,03	100	5,53	0,7	5,19
30	26	25	39,8	54,6	1,38	0,59	7,59
31	27	26	23,75	54,6	1,76	0,75	11,94
32	5	27	74,42	54,6	1,3	0,55	6,74
34	8	28	70,24	54,6	1,31	0,56	6,91
28	25	24	50,62	54,6	1,63	0,69	10,27
29	4	25	85,22	100	6,45	0,82	6,91
33	28	27	32,24	54,6	0,96	0,41	3,83
35	29	24	50,57	54,6	0,14	0,06	0,12
36	30	29	111,58	77,2	2,69	0,58	4,83
37	31	30	11,24	100	8,06	1,03	10,44
38	9	31	116,42	54,6	1,72	0,73	11,38

Trecho	Início: Nó	Fim: Nó	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
39	32	31	36,79	100	6,99	0,89	8,01
40	10	32	105,37	100	8,5	1,08	11,53
41	33	32	54,61	54,6	-0,91	0,39	3,5
42	13	33	85,34	54,6	1,05	0,45	4,54
43	34	33	92,19	54,6	-1,26	0,54	6,38
44	17	34	94,07	54,6	0,52	0,22	1,26
45	20	35	65,82	54,6	0,56	0,24	1,43
46	35	36	20,5	54,6	-0,73	0,31	2,36
47	21	36	40,26	54,6	0,76	0,32	2,51
48	35	37	63,14	54,6	0,9	0,39	3,46
50	37	39	36,99	54,6	-0,85	0,36	3,09
51	39	38	33,46	54,6	-1,13	0,48	5,23
52	38	40	24,41	77,2	-1,79	0,38	2,26
53	22	40	39,19	77,2	3,79	0,81	9,11
54	37	41	65,54	54,6	1,25	0,54	6,34
55	41	42	62,96	54,6	0,07	0,03	0,03
56	40	42	107,11	54,6	1,33	0,57	7,12
57	43	42	82,89	54,6	0,31	0,13	0,46
58	29	43	132,87	54,6	1,47	0,63	8,52
59	44	43	143,22	54,6	1,34	0,57	7,12
60	30	44	53,33	77,2	4,44	0,95	12,2
61	45	44	205,08	54,6	0,24	0,1	0,3
62	34	45	37,82	54,6	1,2	0,51	5,85
63	41	46	100,15	54,6	0,54	0,23	1,31
64	46	47	82,46	54,6	0,29	0,12	0,43
65	42	47	65,88	54,6	0,76	0,32	2,5
66	47	48	56,4	54,6	0,66	0,28	1,91
67	49	48	20,04	54,6	0,77	0,33	2,57
68	43	49	48,29	54,6	1,15	0,49	5,38
69	50	49	111,1	54,6	0,4	0,17	0,76
70	44	50	112,32	54,6	1,66	0,71	10,64
71	48	51	79,39	54,6	1,03	0,44	4,37
72	51	52	17,84	54,6	0,45	0,19	0,95
73	51	53	57,3	54,6	0,29	0,12	0,42
74	52	55	64,92	54,6	0,09	0,04	0,05
75	52	54	18,71	54,6	0,27	0,12	0,37
76	54	56	73,65	54,6	0,14	0,06	0,1
77	RESERVATÓRIO	12	10	204,2	30,17	0,92	4,55
49	36	38	66,11	54,6	-0,26	0,11	0,34

Fonte: AUTOR (2020).

As pressões disponíveis em cada nó assim como suas cargas hidráulicas, suas respectivas cotas e seus consumos encontram-se na Tabela 33:

Tabela 33 – Resultados encontrados para as pressões e cargas hidráulicas em cada nó da rede pelo EPANET

Nó	Consumo (l/s)	Carga Hidráulica (m)	Pressão (m)	Cota (m)
1	0,33	451,14	10,14	441
2	0,33	451,44	15,44	436
3	0,52	452,06	21,06	431
4	0,38	452,58	19,58	433
5	0,5	453,07	19,07	434
6	0,26	452,83	14,83	438
7	0,06	452,7	16,7	436
8	0,56	453,18	18,18	435
9	0,62	453,45	17,45	436
10	0,81	453,64	17,64	436
11	0,43	453,79	13,79	440
12	0,43	453,95	10,95	443
13	0,7	452,62	17,62	435
14	0,49	452,54	17,54	435
15	0,26	452,11	16,11	436
16	0,26	451,83	17,83	434
17	0,36	451,76	15,76	436
18	0,23	453,03	12,03	441
19	0,55	451,03	10,03	441
20	0,63	451,03	17,03	434
21	0,52	451,09	22,09	429
22	0,92	451,42	25,42	426
23	0,63	451,74	23,74	428
24	0,73	451,47	25,47	426
25	0,68	451,99	23,99	428
26	0,38	452,29	24,29	428
27	0,49	452,57	23,57	429
28	0,36	452,7	22,7	430
29	1,08	451,47	25,47	426
30	0,93	452,01	25,01	427
31	0,64	452,13	25,13	427
32	0,61	452,42	25,42	427
33	0,7	452,23	25,23	427
34	0,58	451,64	18,64	433

Nó	Consumo (l/s)	Carga Hidráulica (m)	Pressão (m)	Cota (m)
35	0,39	450,94	19,94	431
36	0,29	450,99	22,99	428
37	0,5	450,72	22,72	428
38	0,4	451,01	25,01	426
39	0,28	450,83	24,83	426
40	0,67	451,06	26,06	425
41	0,65	450,3	23,3	427
42	0,95	450,3	28,3	422
43	1,35	450,34	28,34	422
44	1,69	451,36	24,36	427
45	0,96	451,42	14,42	437
46	0,24	450,17	28,17	422
47	0,4	450,14	30,14	420
48	0,4	450,03	30,03	420
49	0,78	450,08	29,08	421
50	1,26	450,17	23,17	427
51	0,29	449,68	28,68	421
52	0,09	449,67	28,67	421
53	0,29	449,66	24,66	425
54	0,14	449,66	28,66	421
55	0,09	449,66	24,66	425
56	0,14	449,65	23,65	426
RESERVATÓRIO	-30,17	454	0	454

Fonte: AUTOR (2020).

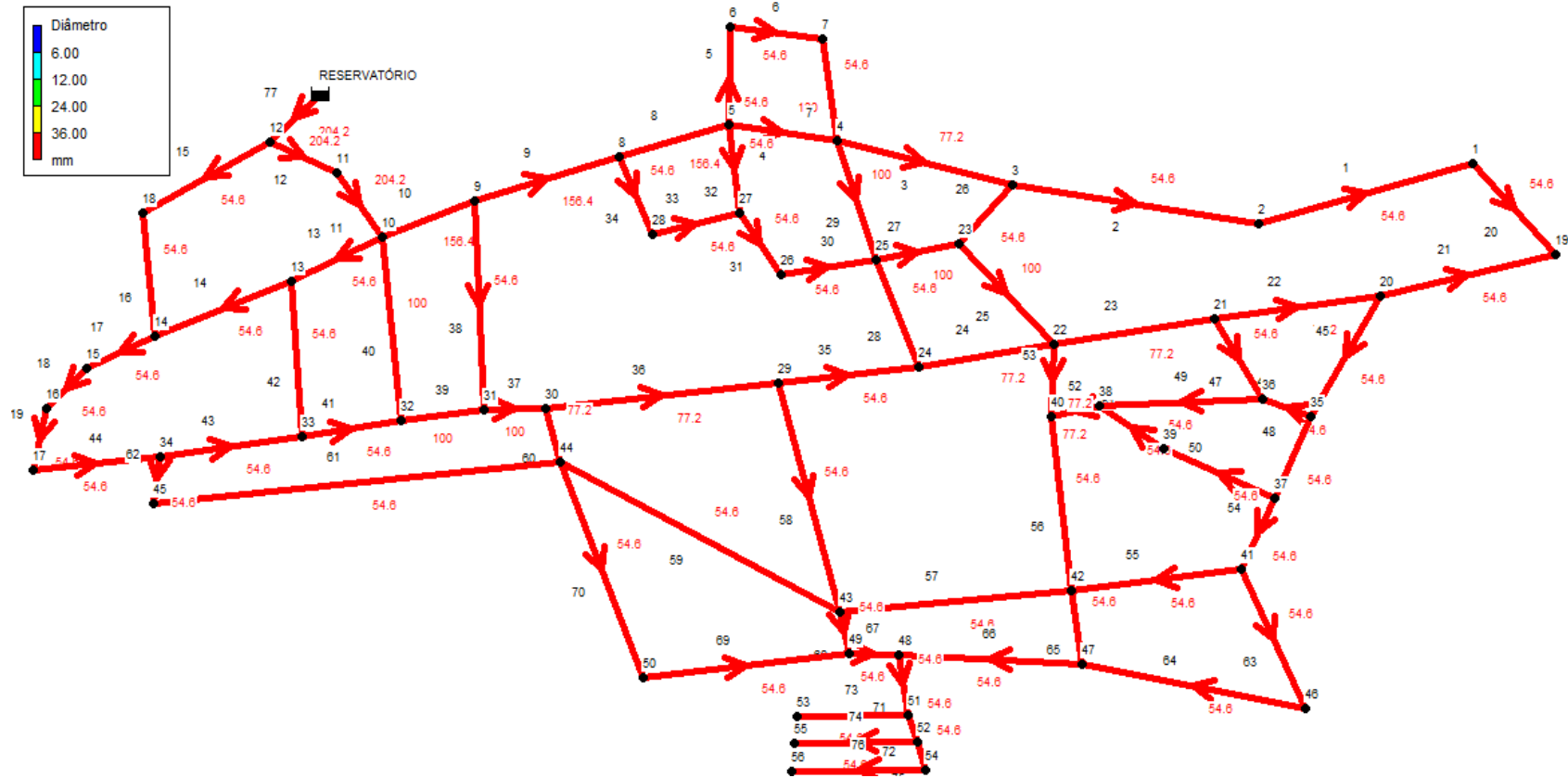
Desta forma, seguem algumas características obtidas após o dimensionamento da rede, Tabela 34:

Tabela 34 - Diâmetros, velocidade máxima e pressões máximas e mínimas encontradas através do EPANET

Diâmetros utilizados	Velocidade máxima da rede	Pressão mínima na rede	Pressão máxima na rede
DN50, DN75, DN100, DN150, DN200	1,14	10,03	30,14

Fonte: AUTOR (2020).

Figura 24 – Diâmetros dos trechos obtidos pela simulação do EPANET



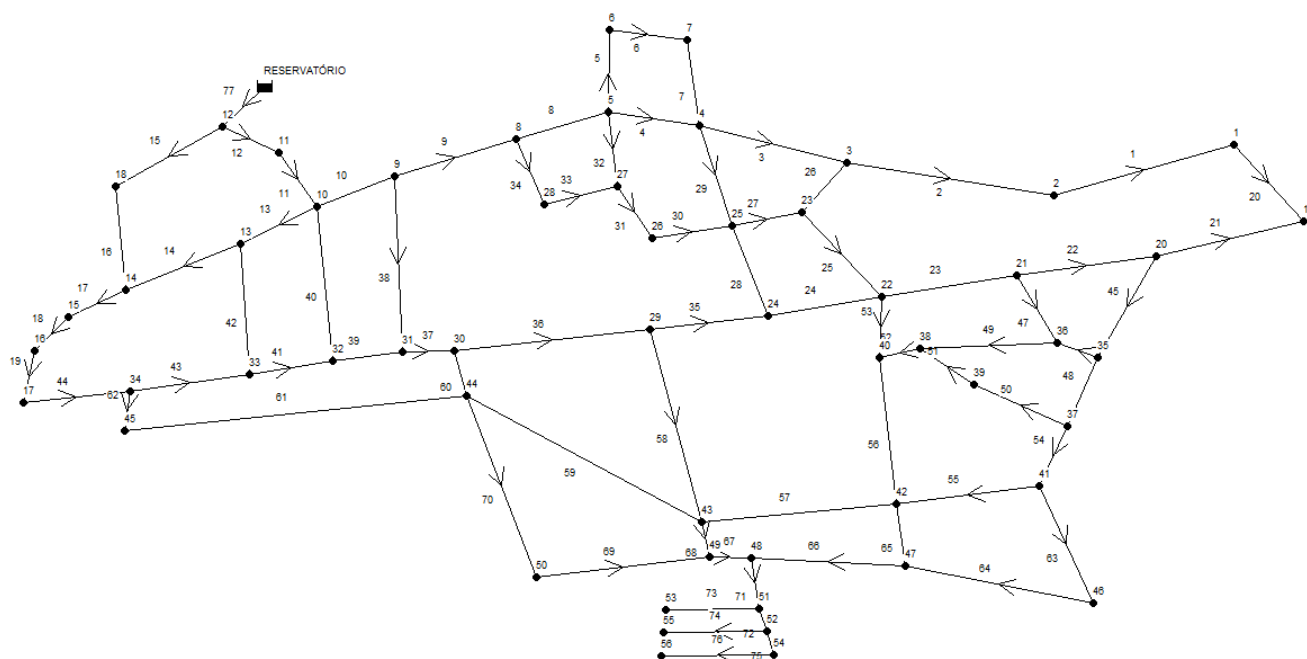
Fonte: AUTOR (2020).

6.5.4 Comparação dos métodos

Com a rede dimensionada pelos dois métodos, método do seccionamento e pelo método do software LENHS, possibilitou-se uma comparação com os resultados, a fim de se averiguar se há uma proximidade entre os resultados das duas metodologias.

Os caminhamentos da água nos dois métodos se assemelharam em vários trechos, o que reflete a proximidade de caminhamento inicial com método que considera em sua metodologia as equações de continuidade, vazão e de perdas. A Figura 25 mostra o sentido do caminhamento de água obtido pelo EPANET, que pode ser comparado com o caminhamento utilizado no método do seccionamento, representado na Figura 20.

Figura 25 - Caminhamento da água na rede obtido no EPANET



Fonte: AUTOR (2020).

Em relação às pressões, pode-se fazer uma comparação com as pressões dinâmicas mínimas e máximas alcançadas em cada método como mostra a Tabela 35:

Tabela 35 - Comparação entre as pressões máxima e mínima do método do seccionamento e do método do LENHS

Pressão	Limites	Seccionamento	LENHS
Pressão mínima (m.c.a)	10	10,00	10,03
Pressão máxima (m.c.a)	50	31,89	30,14

Fonte: AUTOR (2020).

Observa-se uma proximidade nas pressões alcançadas pelos dois métodos, tanto a mínima como a máxima, revelando mais uma vez a proximidade de resultados entre os dois métodos.

Para a velocidade, os resultados para máxima e mínima foram os seguintes, Tabela 36:

Tabela 36 - Comparação entre as velocidades máxima e mínima do método do seccionamento e do método do LENHS

Velocidades	Seccionamento	LENHS
Máxima (m/s)	0,79	1,14
Mínima (m/s)	0,037	0,01

Fonte: AUTOR (2020).

Observa-se uma diferença significativa entre as velocidades máximas e mínimas entre os dois métodos, levando em consideração que para o método de seccionamento fictício foram estipulados valores de vazão máxima para cada diâmetro de tubo, enquanto no LENHS foi estipulado apenas o limite de velocidade máxima que foi de 3,5 m/s.

Em relação à parte econômica do dimensionamento, pode-se fazer a comparação do custo com tubulação de cada método de acordo com a Tabela 37:

Tabela 37 - Comparação entre os custos com tubulação do método do seccionamento e do método do LENHS

Material utilizado de acordo com o Diâmetro (mm)	λ (R\$/m)	Comprimento Seccionamento fictício (m)	Custo Seccionamento fictício (R\$)	Comprimento LENHSNET (m)	Custo LENHS (R\$)
TUBO PVC PBA JEI, CLASSE 12, DN 50 MM + ASSENTAMENTO	R\$ 13,87	2.759,57	R\$ 38.275,24	3777,6	R\$ 52.395,31
TUBO PVC PBA JEI, CLASSE 12, DN 75 MM + ASSENTAMENTO	R\$ 27,97	511,61	R\$ 14.309,73	508,97	R\$ 14.235,89
TUBO PVC PBA JEI, CLASSE 12, DN 100 MM + ASSENTAMENTO	R\$ 44,89	880,88	R\$ 39.542,70	376,51	R\$ 16.901,53
TUBO PVC DEFOFO, JEI, 1 MPA, DN 150 MM + ASSENTAMENTO	R\$ 99,10	495,45	R\$ 49.099,10	140,82	R\$ 13.955,26
TUBO PVC DEFOFO, JEI, 1 MPA, DN 200 MM + ASSENTAMENTO	R\$ 168,89	233,81	R\$ 39.488,17	80,41	R\$ 13.580,44
TOTAL		4.881,32	R\$ 180.714,94	4.881,32	R\$ 111.068,44

Fonte: AUTOR (2020).

Observa-se realmente que o valor obtido pelo software é mais econômico, havendo uma diferença de R\$ 69.646,5 do método do seccionamento com relação ao método iterativo, cerca de 38,5 % mais econômico, vale lembrar que esse valor se refere apenas às tubulações, ou seja, não foi considerado custos com ligações, caixas de inspeção, escavação do local, entre outros materiais e atividades.

6.5.5 Dimensionamento do reservatório

Utilizando a Equação 37 apresentada na metodologia, a vazão total gerada por este consumo é 30,17 l/s. E pela Equação 38, o valor obtido para o volume útil foi 590,76 m³.

Os valores obtidos para os volumes que irão para o reservatório inferior/enterrado foi 531,68 m³, e para o reservatório superior/elevado foi 59,08 m³.

Considerando os volumes calculados e que foi feito o dimensionamento dos reservatórios baseando-se nos mesmos, assim obteve-se as seguintes dimensões, considerando reservatórios retangulares e com apenas um compartimento:

Reservatório superior com volume total de 60 m³:

- Largura: 5 metros;
- Comprimento: 6 metros;
- Altura interna: 2 metros;
- Espessura da laje: 0,15 metros.

Reservatório inferior com volume total de 540 m³:

- Largura: 10 metros;
- Comprimento: 12 metros;
- Altura interna: 4,5 metros;
- Espessura da laje: 0,15 metros.

Materiais e componentes:

- I. Reservatórios executados em concreto armado;
- II. Caixas de inspeção com dimensões 0,6 m x 0,6 m serão de ferro fundido, é necessária para permitir o acesso ao interior do reservatório para possíveis manutenções, no caso do reservatório superior há a necessidade de uma escada que possibilite o acesso até a mesma;
- III. O tubo de ventilação é de PVC com curva, com sua abertura voltada para baixo e com uma proteção de tela fina, essa saída é de extrema importância para evitar os esforços devido ao aumento da pressão interna;
- IV. Para raio com dois metros de altura e duas polegadas de diâmetro, é destinado para a proteção do reservatório, atraindo as cargas elétricas atmosféricas;
- V. O tubo que alimenta o reservatório superior é de 150 mm, através do valor da divisão da vazão do horário de maior consumo por 3, ou seja, na vazão entre o reservatório inferior para o superior utiliza-se tanto o coeficiente k1 referente

ao dia de maior consumo como o k2 referente ao horário de maior consumo, o diâmetro foi obtido pela tabela de vazões máximas para cada diâmetro. Essa tubulação é a de saída do reservatório inferior e de entrada do reservatório superior;

- VI. O tubo de saída do reservatório superior foi obtido em função da velocidade máxima que não deve exceder uma vez e meia a velocidade na tubulação da rede a jusante, e pela tabela das velocidades máximas de acordo com o diâmetro determinou-se o diâmetro de 250 mm para tubulação de saída. Esta foi colocada penetrando uma altura de 30 cm por baixo do reservatório para evitar o vórtice;
- VII. A válvula de flutuador (bóia) foi colocada para interromper a entrada de água no reservatório quando for atingido seu nível máximo;
- VIII. A canalização de limpeza permite o esgotamento total e a limpeza do interior do reservatório, deve ter um diâmetro mínimo de 0,15 metros e deve ter a capacidade de esgotar todo o volume abaixo do nível mínimo em 30 minutos, foi considerado uma tubulação de 200 mm para limpeza, além disso a inclinação considerada foi de 1%;
- IX. O extravasor foi dimensionado em 150 mm respeitando a possibilidade que se deve dar a descarga da vazão máxima que alimenta o reservatório que é de 10,06 L/s, ou seja, um terço da vazão total. Além disso o extravasor deve ser colocado a uma distância mínima de 30 cm da borda superior.

Dessa forma, após todas as considerações feitas com relação ao reservatório, pode-se concluir que suas dimensões finais, bem como os níveis máximos e mínimos de água nos reservatórios foram os seguintes:
















O reservatório superior possui nível de água máximo de 12 metros e mínimo de 10 metros, uma altura total de 2,6 metros incluindo as lajes de base e de fundo e com relação ao nível do terreno possui uma altura máxima de 12,6 metros, comprimento de 6,30 metros e largura de 5,80 metros.

O reservatório inferior foi considerado semi-enterrado possuindo uma altura total de 5,10 metros, largura de 10,30 e comprimento de 12,30 metros.

6.5.6 Peças da rede

Na Tabela 38 temos a descrição, o esquema, e a quantidade de peças e acessórios. Em seguida as Tabelas 39 e 40 apresentam as combinações desses utensílios utilizados em cada nó da rede para conexões entre os trechos.

Tabela 38 - Tabela com as peças e acessórios utilizados na rede de abastecimento

TABELA DE PEÇAS E ACESSÓRIOS			
ITEM	DESCRIÇÃO	ESQUEMA	QTDE
1	Cap PVC JE PBA		3
2	Curva 90° PVC JE PB PBA		7
3	Tê PVC JE BBB PBA		10
4	Tê BBBB FoFo		1
5	Tê de Redução JE BBB PBA		8
6	Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo		17
7	Tê Redução BBB JE FoFo x PBA		8
8	Cruzeta Redução JE BBBB FoFo		3
9	Redução PB JE FoFo PBA		6
10	Curva 45° BB JE FoFo		2
11	Redução PVC JE BB PBA		12
12	Cruzeta de Redução PVC JE BBBB PBA		3
13	Cruzeta PVC JE BBB PBA		2
14	Curva 45° PVC JE PB PBA		5
15	Curva 22° PVC JE PB PBA		4

Fonte: AUTOR (2020).

Tabela 39 - Combinação de peças e acessórios utilizados nos nós ao longo da rede para as conexões entre os trechos

Peças	Descrição	Quantidade
P1	Cap PVC JE PBA Ø50	3
P2	Curva 45° PVC JE PB PBA Ø50	2
P3	Curva 90° PVC JE PB PBA Ø50	5
P4	Curva 22° PVC JE PB PBA Ø50	2
P5	Tê PVC JE BBB PBA Ø50	8
P6	Cruzeta PVC JE BBB PBA Ø50	2

Peças	Descrição	Quantidade
P7	Curva 90° PVC JE PB PBA Ø75 + Redução PVC JE BB PBA Ø75xØ50	1
P8	Tê de Redução JE BBB PBA Ø100xØ50	2
P9	Curva 22° PVC JE PB PBA Ø100	2
P10	Curva 45° PVC JE PB PBA Ø100	2
P11	Tê PVC JE BBB PBA Ø75 + Redução PVC JE BB PBA Ø75xØ50	1
P12	Tê PVC JE BBB PBA Ø100 + Redução PVC JE BB PBA Ø100xØ50	1
P13	Cruzeta Redução JE BBBB FoFo Ø150xØ50 + 2 Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø50xØ50	1
P14	Cruzeta de Redução PVC JE BBBB PBA Ø100xØ50	1
P15	Cruzeta de Redução PVC JE BBBB PBA Ø75xØ50 + Redução PVC JE BB PBA Ø75xØ50	1
P16	Tê de Redução JE BBB PBA Ø100xØ50 + Redução PVC JE BB PBA Ø100xØ75	2
P17	Tê Redução BBB JE FoFo x PBA Ø150xØ100 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø100xØ100 + Redução PB JE FoFo PBA Ø150xØ50 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø50xØ50	1
P18	Tê BBBB FoFo Ø200 + Redução PB JE FoFo PBA Ø200xØ50 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø50xØ50	1
P19	Tê Redução BBB JE FoFo x PBA Ø200xØ50 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø50xØ50	1
P20	Tê Redução BBB JE FoFo x PBA Ø200xØ100 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø100xØ100 + Redução PB JE FoFo Ø200xØ150	1
P21	Cruzeta Redução JE BBBB FoFo Ø200xØ150 + Redução PB JE FoFo PBA Ø150xØ75 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø75xØ75	1
P22	Curva 45° BB JE FoFo Ø200	1
P23	Curva 45° BB JE FoFo Ø200 + Redução PB JE FoFo PBA Ø200xØ100 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø100xØ100	1
P24	Cruzeta de Redução PVC JE BBBB PBA Ø100xØ50 + Redução PVC JE BB PBA Ø100xØ75	1
P25	Cruzeta Redução JE BBBB FoFo Ø150xØ50 + 2 Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø50xØ50 + Redução PB JE FoFo PBA Ø150xØ100 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø100xØ100	1
P26	Tê Redução BBB JE FoFo x PBA Ø150xØ50 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø50xØ50	4
P27	Tê de Redução JE BBB PBA Ø75xØ50 + Redução PVC JE BB PBA Ø75xØ50	3
P28	Tê Redução BBB JE FoFo x PBA Ø150xØ75 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø75xØ75	1
P29	Tê de Redução JE BBB PBA Ø100xØ75 + Redução PVC JE BB PBA Ø100xØ50	1
P30	Curva 45° PVC JE PB PBA Ø75 + Redução PVC JE BB PBA Ø75xØ50	1
P31	Curva 90° PVC JE PB PBA Ø100	1

Fonte: AUTOR(2020).

Tabela 40 - Indicação da combinação de peças e acessórios utilizados em cada nó ao longo da rede para as conexões entre os trechos

Nó	Descrição	Peças
1	Curva 90° PVC JE PB PBA Ø50	P3
2	Curva 22° PVC JE PB PBA Ø50	P4
3	Tê de Redução JE BBB PBA Ø75xØ50 + Redução PVC JE BB PBA Ø75xØ50	P27
4	Cruzeta de Redução PVC JE BBBB PBA Ø100xØ50 + Redução PVC JE BB PBA Ø100xØ75	P24
5	Cruzeta Redução JE BBBB FoFo Ø150xØ50 + 2 Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø50xØ50 + Redução PB JE FoFo PBA Ø150xØ100 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø100xØ100	P25
6	Curva 90° PVC JE PB PBA Ø50	P3
7	Curva 90° PVC JE PB PBA Ø50	P3
8	Tê Redução BBB JE FoFo x PBA Ø150xØ50 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø50xØ50	P26
9	Tê Redução BBB JE FoFo x PBA Ø150xØ50 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø50xØ50	P26
10	Cruzeta Redução JE BBBB FoFo Ø200xØ150 + Redução PB JE FoFo PBA Ø150xØ75 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø75xØ75	P21
11	Curva 45° BB JE FoFo Ø200	P22
12	Curva 45° BB JE FoFo Ø200 + Redução PB JE FoFo PBA Ø200xØ100 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø100xØ100	P23
13	Tê de Redução JE BBB PBA Ø75xØ50 + Redução PVC JE BB PBA Ø75xØ50	P27
14	Tê PVC JE BBB PBA Ø100 + Redução PVC JE BB PBA Ø100xØ50	P12
15	Curva 22° PVC JE PB PBA Ø100	P9
16	Curva 22° PVC JE PB PBA Ø100	P9
17	Curva 45° PVC JE PB PBA Ø100	P10
18	Curva 45° PVC JE PB PBA Ø100	P10
19	Curva 90° PVC JE PB PBA Ø50	P3
20	Tê Redução BBB JE FoFo x PBA Ø150xØ100 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø100xØ100 + Redução PB JE FoFo PBA Ø150xØ50 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø50xØ50	P17
21	Tê Redução BBB JE FoFo x PBA Ø150xØ50 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø50xØ50	P26
22	Cruzeta Redução JE BBBB FoFo Ø150xØ50 + 2 Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø50xØ50	P13
23	Tê PVC JE BBB PBA Ø50	P5
24	Tê Redução BBB JE FoFo x PBA Ø150xØ50 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø50xØ50	P26
25	Cruzeta PVC JE BBB PBA Ø50	P6
26	Curva 45° PVC JE PB PBA Ø50	P2
27	Tê PVC JE BBB PBA Ø50	P5
28	Curva 90° PVC JE PB PBA Ø50	P3
29	Tê Redução BBB JE FoFo x PBA Ø150xØ75 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA	P28

Nó	Descrição	Peças
	FoFo Ø75xØ75	
30	Tê Redução BBB JE FoFo x PBA Ø200xØ100 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø100xØ100 + Redução PB JE FoFo Ø200xØ150	P20
31	Tê Redução BBB JE FoFo x PBA Ø200xØ50 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø50xØ50	P19
32	Tê BBBB FoFo Ø200 + Redução PB JE FoFo PBA Ø200xØ50 + Adaptador PVC BSA PBA x PTA FoFo Ø50xØ50	P18
33	Tê PVC JE BBB PBA Ø50	P5
34	Tê de Redução JE BBB PBA Ø100xØ75 + Redução PVC JE BB PBA Ø100xØ50	P29
35	Tê de Redução JE BBB PBA Ø100xØ50	P8
36	Tê PVC JE BBB PBA Ø50	P5
37	Tê de Redução JE BBB PBA Ø100xØ50	P8
38	Tê PVC JE BBB PBA Ø50	P5
39	Curva 22° PVC JE PB PBA Ø50	P4
40	Tê PVC JE BBB PBA Ø50	P5
41	Tê de Redução JE BBB PBA Ø100xØ50 + Redução PVC JE BB PBA Ø100xØ75	P16
42	Cruzeta PVC JE BBB PBA Ø50	P6
43	Cruzeta de Redução PVC JE BBBB PBA Ø75xØ50 + Redução PVC JE BB PBA Ø75xØ50	P15
44	Cruzeta de Redução PVC JE BBBB PBA Ø100xØ50	P14
45	Curva 90° PVC JE PB PBA Ø75 + Redução PVC JE BB PBA Ø75xØ50	P7
46	Curva 45° PVC JE PB PBA Ø75 + Redução PVC JE BB PBA Ø75xØ50	P30
47	Tê PVC JE BBB PBA Ø50	P5
48	Tê PVC JE BBB PBA Ø75 + Redução PVC JE BB PBA Ø75xØ50	P11
49	Tê de Redução JE BBB PBA Ø100xØ50 + Redução PVC JE BB PBA Ø100xØ75	P16
50	Curva 90° PVC JE PB PBA Ø100	P31
51	Tê de Redução JE BBB PBA Ø75xØ50 + Redução PVC JE BB PBA Ø75xØ50	P27
52	Tê PVC JE BBB PBA Ø50	P5
53	Cap PVC JE PBA Ø50	P1
54	Curva 45° PVC JE PB PBA Ø50	P2
55	Cap PVC JE PBA Ø50	P1
56	Cap PVC JE PBA Ø50	P1

Fonte: AUTOR (2020)

7. CONCLUSÕES

Com base no exposto, podemos inferir que o município de Salgadinho localizado no interior da Paraíba, apresenta um baixo índice tanto no atendimento urbano de água, uma média de 54,81 % nos cinco anos analisados, como no atendimento total de água, cerca de 18,8 % nos anos estudados, o que configura que a cidade precisa de uma rede de abastecimento eficaz e de boa qualidade, para atender a demanda por esse serviço básico e tão imprescindível como é o fornecimento de água.

Diante desse quadro o trabalho se propôs a fazer o dimensionamento de uma rede de distribuição de água para a cidade em estudo. Foram utilizadas duas metodologias de cálculo, uma baseada no seccionamento fictício da rede e posterior dimensionamento em planilhas de cálculo, e outra através de um procedimento iterativo realizado pelo Software EPANET, com os resultados obtidos podemos fazer algumas comparações entre as mesmas.

Se compararmos os caminhamentos da água os dois métodos se assemelharam em boa parte dos trechos, o que reflete a proximidade de caminhamento inicial com método que considera em sua metodologia as equações de continuidade, vazão e de perdas.

Observa-se uma proximidade nas pressões alcançadas pelos dois métodos, tanto a mínima, pelo método do seccionamento de 10 m.c.a e pelo EPANET de 10,03 m.c.a, como a máxima, pelo seccionamento fictício 31,89 m.c.a e pelo método iterativo 30,14 m.c.a, revelando a proximidade de resultados entre os dois métodos.

Já no que se refere às velocidades máximas e mínimas notou-se uma diferença significativa entre os dois métodos, pelo do seccionamento tivemos 0,79 m/s e pelo EPANET 1,14 m/s, como as máximas, pelo seccionamento fictício 0,037 m/s e pelo método iterativo 0,01 m/s, como as mínimas, porém essa diferença pode ser explicada levando em consideração que para o método de seccionamento fictício foram estipulados valores de vazão máxima para cada diâmetro de tubo, enquanto no LENHS foi estipulado apenas o limite de velocidade máxima que foi de 3,5 m/s.

No que tange a parte econômica do dimensionamento, o valor obtido pelo software EPANET é mais econômico, havendo uma diferença de R\$ 69.646,5 do método do seccionamento com relação ao método iterativo, cerca de 38,5 % mais econômico. Como o orçamento foi feito apenas considerando às tubulações, ou seja, não foi considerando custos com ligações, caixas de inspeção, escavação do local, entre outros materiais e atividades, não

podemos afirmar que esse total calculado será o valor gasto para execução da rede, já que o intuito era apenas fazer uma comparação simples entre os métodos.

Por fim, conclui-se que o dimensionamento da rede de distribuição de água, obtido pelos duas metodologias utilizadas, ambas apresentaram um cálculo satisfatório, configurando assim que o dimensionamento feito por quaisquer uma das duas poderia ser utilizado para execução da rede.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12218. Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público — Procedimento. Maio de 2017.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12218. Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Julho de 1994.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12211. Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Abril de 1992.

AESA. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba. (2019). Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/>>. Acesso em: 15 de jul. 2019.

AESABESP. Análise dos sistemas de abastecimento de água da região metropolitana de Belém – PA. 27º Encontro Técnico.

AESABESP. Encontro Técnico. (2018). Proposta de projeto de sistema de abastecimento de água para o bairro do Pantanal da cidade do Acará – Pará. 29º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente.

ANA. Agência Nacional de Águas. (2019). Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/>>. Acesso em: 13 de ago. 2019.

ANA - Agência Nacional de águas. Atlas Nordeste. Abastecimento Urbano de Água. Alternativas de oferta de água para as sedes municipais da Região Nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais. 2006. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/RegioesAdministrativas.aspx>> Acesso em 15 de out. 2019.

ANA - Agência Nacional de águas. Atlas Brasil. Abastecimento Urbano de Água: Resultados por Estado. Volume 2. 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo%20Executivo/Atlas%20Brasil%20-%20Volume%202%20-%20Resultados%20por%20Estado.pdf>> Acesso em 17 de out. 2019.

ANA - Agência Nacional de águas. Atlas Brasil. Abastecimento Urbano de Água: Panorama Nacional. Volume 1. 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo%20Executivo/Atlas%20Brasil%20-%20Volume%201%20-%20Panorama%20Nacional.pdf>> Acesso em 17 de out. 2019.

CAGEPA — Companhia de Água e Esgoto da Paraíba. Disponível em: <<http://www.cagepa.pb.gov.br/dicas-da-cagepa/>>. Acesso em: 21 de nov. 2019.

Catálogo Técnico da empresa Tigre Infraestrutura Água. Disponível em: <[file:///C:/Users/Windows7/Downloads/ct-infraestrutura-agua%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Windows7/Downloads/ct-infraestrutura-agua%20(1).pdf)>, acesso em 19 de out. 2019.

COSTA, A. N.; ALVES, M. G. Monitoramento da expansão urbana no município de Campos dos Goytacazes — RJ, utilizando geoprocessamento. Anais. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto — INPE: Goiânia, Brasília, 2005. p. 3731-3738.

CUSTODIO R., ANDRADE J. C.; AUGUSTO F. (1996). O ajuste de funções matemáticas a dados experimentais. Instituto de Química - Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas – SP. Novembro de 1996.

Declaração Universal dos Direitos Humanos. Disponível em: <<http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/declaracao-universal-dos-direitos-da-agua.html>> Acesso em 25 de nov. 2019.

DRUSZCZ M. T.; AGOSTINHO M. DE SOUZA P.; SCUISSIATO C. I-180 - BIM e o Saneamento: Estudo de caso desenvolvendo modelagem BIM em um sistema de abastecimento de água na região metropolitana de Curitiba. 7 p. Congresso ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. FENASAN. Universidade Federal do Paraná – UFPR. 2017.

EOS Organização e Sistemas. (2020). Disponível em: <<https://www.eosconsultores.com.br/plano-municipal-de-saneamento-basico/>> acesso em 15 de jan. 2020.

FAVRETTO. C. R.; SCHUMANN C.; DALL'AGNOL A. L. B.; NAZARI M. T.; ARAUJO M. M. F.; QUADRO M. S. Planejamento, Ordenamento e Gestão Integrada Análise do Sistema de abastecimento de água do Município de Arroio do Padre/RS. XIV ENEEAmb, II Fórum Latino e I SBEA – Centro-Oeste. Universidade Federal de Pelotas. Brasília, 2016.

FIGUEIREDO J. V. J.; FILHO M. L. Algoritmo para o dimensionamento ótimo de uma rede malhada de distribuição de água a partir do seccionamento fictício. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Natal – RN. 18 p.

FUNASA. Fundação Nacional da Saúde. Manual de Saneamento. Ministério da Saúde. Brasília, 2015. 648 p.

FUNASA (2011). Guia para a elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico. 2ª Edição. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília. 2011. 180 p.

GABRIEL, D. K. DE SOUZA. Dimensionamento de uma rede de abastecimento de água de uma área delimitada do Município de Japi-RN com a utilização do sistema UFC. 2018. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

GOMES, H.P. Sistemas de abastecimento de água: dimensionamento econômico. 1ª edição. Editora Universitária – UFPB. p. 67 a 76. João Pessoa – PB, 2002.

GOMES, H.P. Sistemas de abastecimento de água: dimensionamento econômico e operações de redes e elevatórias. 3ª edição. Editora Universitária – UFPB. João Pessoa – PB, 2009.

GOMES H. P.; SALVINO M.M. 2009. EPANET 2.0 Brasil Manual do Usuário. Tradução e Adaptação Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento - LHENS. Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa, ago. 2009. 201 p.

HÉLLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. 2ª edição. Editora UFMG. Belo Horizonte, 2010.

IBGE Cidades. Salgadinho. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/salgadinho/panorama>>. 12 ago. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Paraíba. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9662-censo-demografico-2010.html?t=destaques>>. Acesso em: 30 de set. 2019.

ITB. Instituto Trata Brasil. (2020). Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/o-que-e-saneamento10>> Acesso em 10 de jan. 2020.

LEI Nº 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

LIMA, F. A. Dimensionamento de rede de distribuição de água utilizando o programa de computador EPANET: estudo de caso em Ji-Paraná - RO. 2015. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2015.

L&L Engenharia Ambiental. Disponível em: <<http://lengenhariaambiental.com.br/2018/02/06/qual-a-importancia-de-um-sistema-de-abastecimento-de-agua/>> Acesso em 18 de jan. 2020.

MELO, P. V. S. Métodos para o dimensionamento de redes de abastecimento de água. 2005. 83 f. Trabalho de Graduação - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2005.

Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Diagnóstico do município de Salgadinho. Recife, Outubro de 2005. 19 p.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Governo Federal. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em 08 de nov. 2019.

PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html> Acesso em 05 de dez. 2019.

RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005, Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63, Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em 10 de set. 2019.

SALVINO, M. M.. Método de Dimensionamento e Controle Operacional Otimizado para Redes de Distribuição de Água, Ano de Obtenção: 2009. Dissertação. Universidade Federal da Paraíba.

SILVA, F. DE BRITO. O sistema de abastecimento d'água da cidade de Santa Rita - PB. 2016. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Séries Históricas. (2019). Disponível em: <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em 01 de out. 2019.

SOUZA, R. M. Dimensionamento econômico de rede de abastecimento de água. Universidade Veiga de Almeida – UVA. Rio de Janeiro. 7 p.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. ABASTECIMENTO DE ÁGUA, 3º ed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2016.

ANEXOS

Tabela 41 – Dados dos serviços de abastecimento de água para a cidade de Salgadinho de 2013 - 2017

Município	Nome do prestador de serviços	Ano de referência	Índice de atendimento total de água (%)	Índice de atendimento urbano de água (%)	Densidade de economias de água por ligação (econ./lig.)	Participação das economias residenciais de água no total das economias de água (%)		Índice de consumo de água (%)	Volume de água disponibilizado por economia (m³/mês/econ.)	Consumo médio de água por economia (m³/mês/econ.)
Salgadinho	CAGEPA	2013	19,27	56,20	1,01	87,83		88,11	3,17	2,76
		2014	19,62	57,19	1,01	88,39		67,80	6,62	4,30
		2015	19,25	56,14	1,02	87,97		93,45	8,51	7,62
		2016	17,95	52,34	1,03	87,10		75,38	12,39	9,14
		2017	17,89	52,16	1,04	87,61		98,36	4,75	4,44
		MÉDIA	18,80	54,81	1,02	87,78		84,62	7,09	5,65
		Ano de referência	Consumo de água faturado por economia (m³/mês/econ.)	Consumo médio per Capita de água (l/hab.dia)	Extensão da rede de água por ligação (m/lig.)	Índice de faturamento de água (%)	Índice de perdas faturamento (%)	Índice de perdas na distribuição (%)	Índice bruto de perdas lineares (m³/dia/km)	Índice de perdas por ligação (l/dia/lig.)
		2013	2,50	28,91	30,22	79,56	20,44	11,89	0,41	12,43
		2014	6,13	44,70	28,83	96,67	3,33	32,20	2,26	68,05
		2015	10,29	79,57	27,30	126,16	26,16	6,55	0,60	17,91
		2016	8,96	96,40	25,63	73,91	26,09	24,62	3,30	100,98
		2017	6,50	46,52	25,35	144,15	44,15	1,64	0,08	2,51
		MÉDIA	6,88	59,22	27,47	104,09	24,03	15,38	1,33	40,38

Fonte: SNIS (2019).

Tabela 42 - Dados dos serviços de abastecimento de água para o estado da Paraíba de 2013 - 2017

Estado	Nome do prestador de serviços	Ano de referência	Índice de atendimento total de água (%)	Índice de atendimento urbano de água (%)	Densidade de economias de água por ligação (econ./lig.)	Participação das economias residenciais de água no total das economias de água (%)		Índice de consumo de água (%)	Volume de água disponibilizado por economia (m ³ /mês/econ.)	Consumo médio de água por economia (m ³ /mês/econ.)
Paraíba	Variados	2013	75,60	93,95	1,10	94,94		63,82	22,19	13,28
		2014	80,66	97,05	1,11	94,56		61,59	20,81	12,06
		2015	75,29	92,47	1,11	94,48		62,34	17,97	10,52
		2016	72,01	89,44	1,10	93,39		63,54	17,61	10,51
		2017	73,69	91,78	1,11	93,50		62,11	18,19	10,74
		MÉDIA	75,45	92,94	1,11	94,13		62,68	19,35	11,42
		Ano de referência	Consumo de água faturado por economia (m ³ /mês/econ.)	Consumo médio per Capita de água (l/hab.dia)	Extensão da rede de água por ligação (m/lig.)	Índice de faturamento de água (%)	Índice de perdas faturamento (%)	Índice de perdas na distribuição (%)	Índice bruto de perdas lineares (m ³ /dia/km)	Índice de perdas por ligação (l/dia/lig.)
		2013	12,73	139,13	5,16	61,31	38,69	36,18	45,87	283,66
		2014	12,10	125,24	5,22	61,80	38,20	38,41	44,78	283,47
		2015	11,96	110,40	5,20	70,66	29,34	37,66	37,32	239,65
		2016	11,74	113,57	4,84	70,73	29,27	36,46	36,24	224,58
		2017	12,46	116,29	4,84	72,07	27,93	37,89	37,54	238,70
		MÉDIA	12,20	120,93	5,05	67,31	32,69	37,32	40,35	254,01

Fonte: SNIS (2019).

Tabela 43 - Dados dos serviços de abastecimento de água para a região do Nordeste de 2013 - 2017

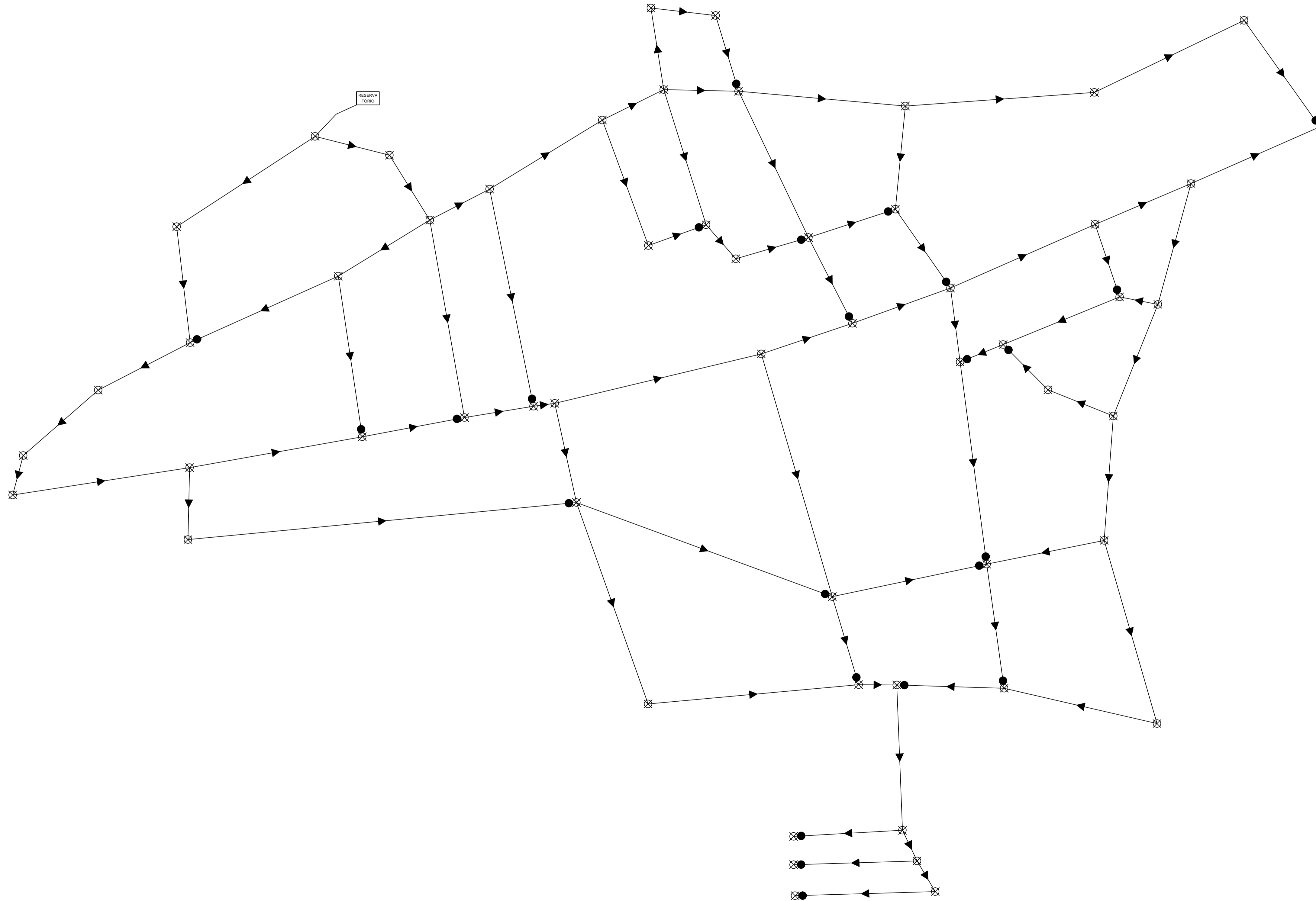
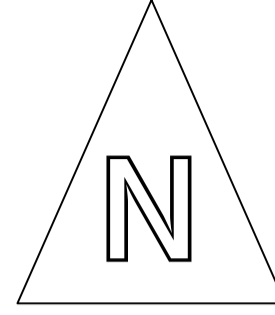
Região	Nome do prestador de serviços	Ano de referência	Índice de atendimento total de água (%)	Índice de atendimento urbano de água (%)	Densidade de economias de água por ligação (econ./lig.)	Participação das economias residenciais de água no total das economias de água (%)		Índice de consumo de água (%)	Volume de água disponibilizado por economia (m³/mês/econ.)	Consumo médio de água por economia (m³/mês/econ.)
Nordeste	Variados	2013	72,13	89,84	1,14	93,72		54,97	23,59	12,17
		2014	72,90	89,48	1,14	93,75		53,06	22,68	11,30
		2015	73,35	89,62	1,15	93,66		54,27	21,33	10,84
		2016	73,63	89,28	1,15	93,33		53,74	20,64	10,38
		2017	73,25	88,78	1,16	93,39		53,75	20,48	10,42
		MÉDIA	73,05	89,40	1,15	93,57		53,96	21,74	11,02
		Ano de referência	Consumo de água faturado por economia (m³/mês/econ.)	Consumo médio per Capita de água (l/hab.dia)	Extensão da rede de água por ligação (m/lig.)	Índice de faturamento de água (%)	Índice de perdas faturamento (%)	Índice de perdas na distribuição (%)	Índice bruto de perdas lineares (m³/dia/km)	Índice de perdas por ligação (l/dia/lig.)
		2013	12,74	125,83	9,40	57,45	42,55	45,03	35,73	389,74
		2014	12,62	118,90	9,20	58,97	41,03	46,94	36,65	394,04
		2015	11,87	116,08	8,93	59,17	40,83	45,73	34,60	362,69
		2016	11,83	112,45	8,97	60,81	39,19	46,26	33,77	359,95
		2017	11,68	113,63	8,91	59,99	40,01	46,25	32,68	354,60
		MÉDIA	12,15	117,38	9,08	59,28	40,72	46,04	34,69	372,20

Fonte: SNIS (2019).

Tabela 44 – Dados dos serviços de abastecimento de água para o país Brasil de 2013 - 2017

País	Nome do prestador de serviços	Ano de referência	Índice de atendimento total de água (%)	Índice de atendimento urbano de água (%)	Densidade de economias de água por ligação (econ./lig.)	Participação das economias residenciais de água no total das economias de água (%)		Índice de consumo de água (%)	Volume de água disponibilizado por economia (m³/mês/econ.)	Consumo médio de água por economia (m³/mês/econ.)	
Brasil	Variados	2013	82,50	92,98	1,28	91,30		63,05	23,73	14,07	
		2014	83,03	93,16	1,27	91,26		63,33	22,84	13,62	
		2015	83,30	93,08	1,28	91,32		63,30	21,37	12,73	
		2016	83,30	92,96	1,28	91,18		61,95	21,47	12,52	
		2017	83,47	92,98	1,28	91,20		61,71	21,24	12,35	
		MÉDIA	83,12	93,03	1,28	91,25		62,67	22,13	13,06	
			Ano de referência	Consumo de água faturado por economia (m³/mês/econ.)	Consumo médio per Capita de água (l/hab.dia)	Extensão da rede de água por ligação (m/lig.)	Índice de faturamento de água (%)	Índice de perdas faturamento (%)	Índice de perdas na distribuição (%)	Índice bruto de perdas lineares (m³/dia/km)	Índice de perdas por ligação (l/dia/lig.)
		2013	14,12	166,29	11,40	63,26	36,74	36,95	29,23	366,86	
		2014	13,84	161,96	11,45	64,30	35,70	36,67	27,66	349,40	
		2015	13,14	154,02	11,31	65,23	34,77	36,70	26,03	327,02	
		2016	12,91	154,14	11,40	63,76	36,24	38,05	26,88	343,09	
		2017	12,65	153,56	11,36	63,15	36,85	38,29	26,63	340,94	
		MÉDIA	13,33	157,99	11,38	63,94	36,06	37,33	27,29	345,46	

Fonte: SNIS (2019).




PROPRIETÁRIO :
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA / CENTRO DE TECNOLOGIAS / DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
TURMA: 2019.1

PROJETO :
SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE SALGADINHO - PB
Responsável (s) Técnico (s):

YAGO DE ANDRADE ALVES - 11408959

RESP. P/ EXECUÇÃO :

REV. Nº	DATA	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
0	03/02/2020	EMISSÃO INICIAL

 UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

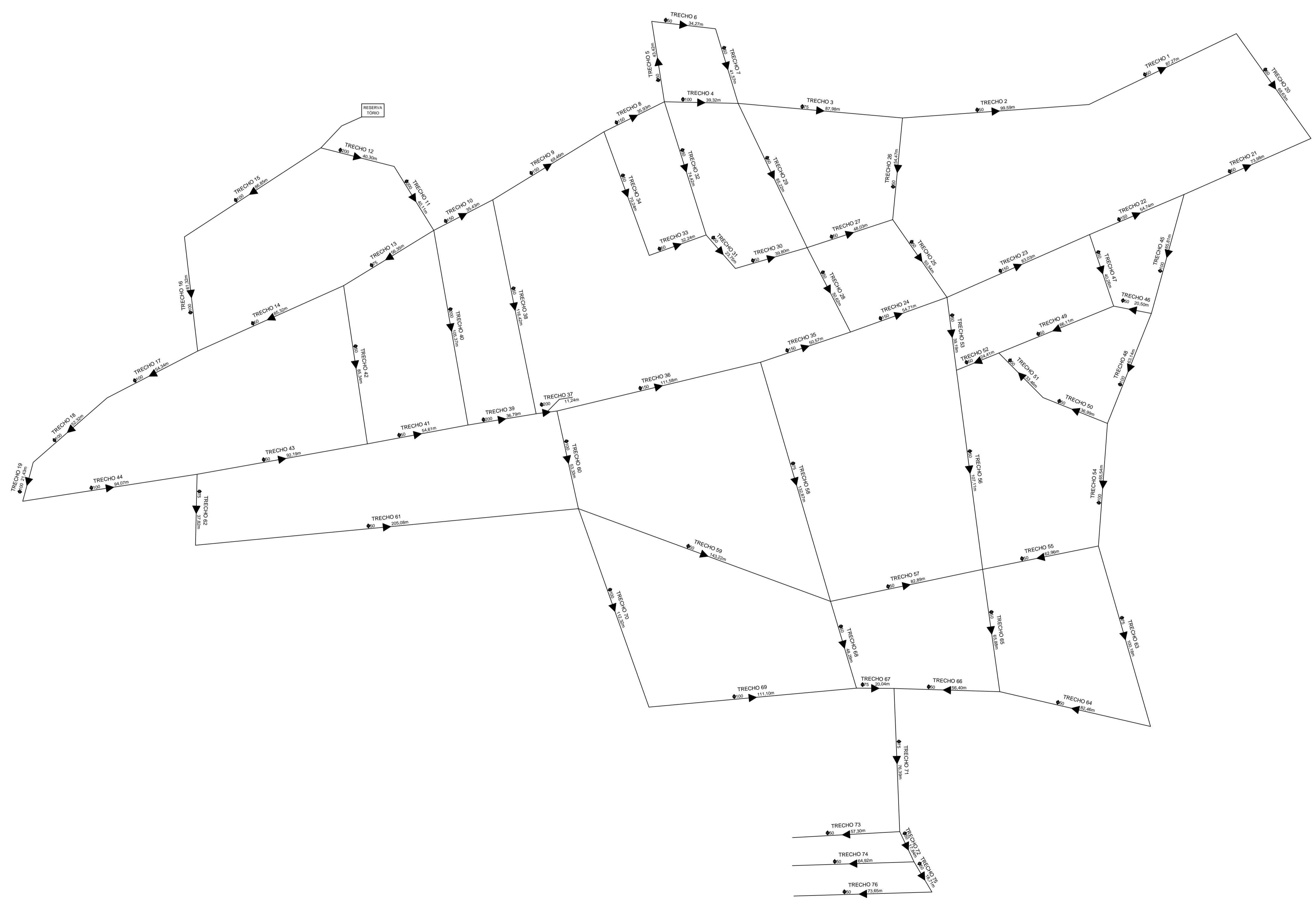
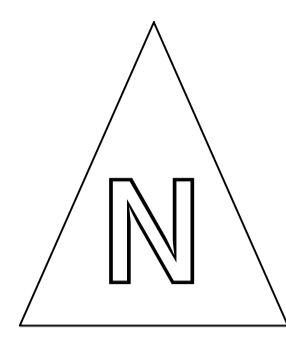
CONTRATANTE SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS

EMPREENDIMENTO REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE UM MUNICÍPIO DA PARAÍBA
SALGADINHO - PB

TÍTULO PLANTA DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA - 1/1200

DES. Nº	01/06	ARQUITETO		ESCALAS:	1/1200
ARQUIVO Nº	01/06	CREA		RESP. TÉCNICO	0

CONTRATADA APROVADO POR:
ENG. CREA: DATA:



PROPRIETÁRIO :
 UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA / CENTRO DE TECNOLOGIAS / DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
 DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
 TURMA: 2019.1

PROJETO :
 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE SALGADINHO - PB
 Responsável (s): Técnico (s):

YAGO DE ANDRADE ALVES - 11408959

RESP. P/ EXECUÇÃO :

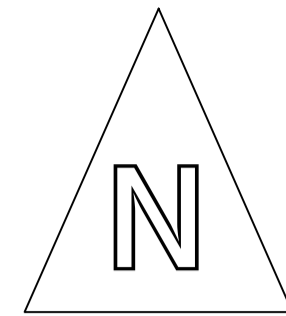
REV. Nº	DATA	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
0	03/02/2020	EMISSÃO INICIAL

CONTRATANTE: SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS

EMPREENDIMENTO: REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE UM MUNICÍPIO DA PARAÍBA
 SALGADINHO - PB

TÍTULO: PLANTA DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA - 1/1200

DES. Nº	02/06	ARQUITETO		ESCALAS:	1/1200
ARQUIVO Nº	02/06	CREA		REVISÃO	0
CONTRATADA		RESP. TÉCNICO		APROVADO POR:	
				ENG. CREA:	
				DATA:	



PROPRIETÁRIO :
 UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA / CENTRO DE TECNOLOGIAS / DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
 DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
 TURMA: 2019.1

PROJETO :
 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE SALGADINHO - PB
 Responsável (s) Técnico (s):

YAGO DE ANDRADE ALVES - 11408959

RESP. P/ EXECUÇÃO :

REV. Nº	DATA	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
0	03/02/2020	EMISSÃO INICIAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
 CENTRO DE TECNOLOGIA
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

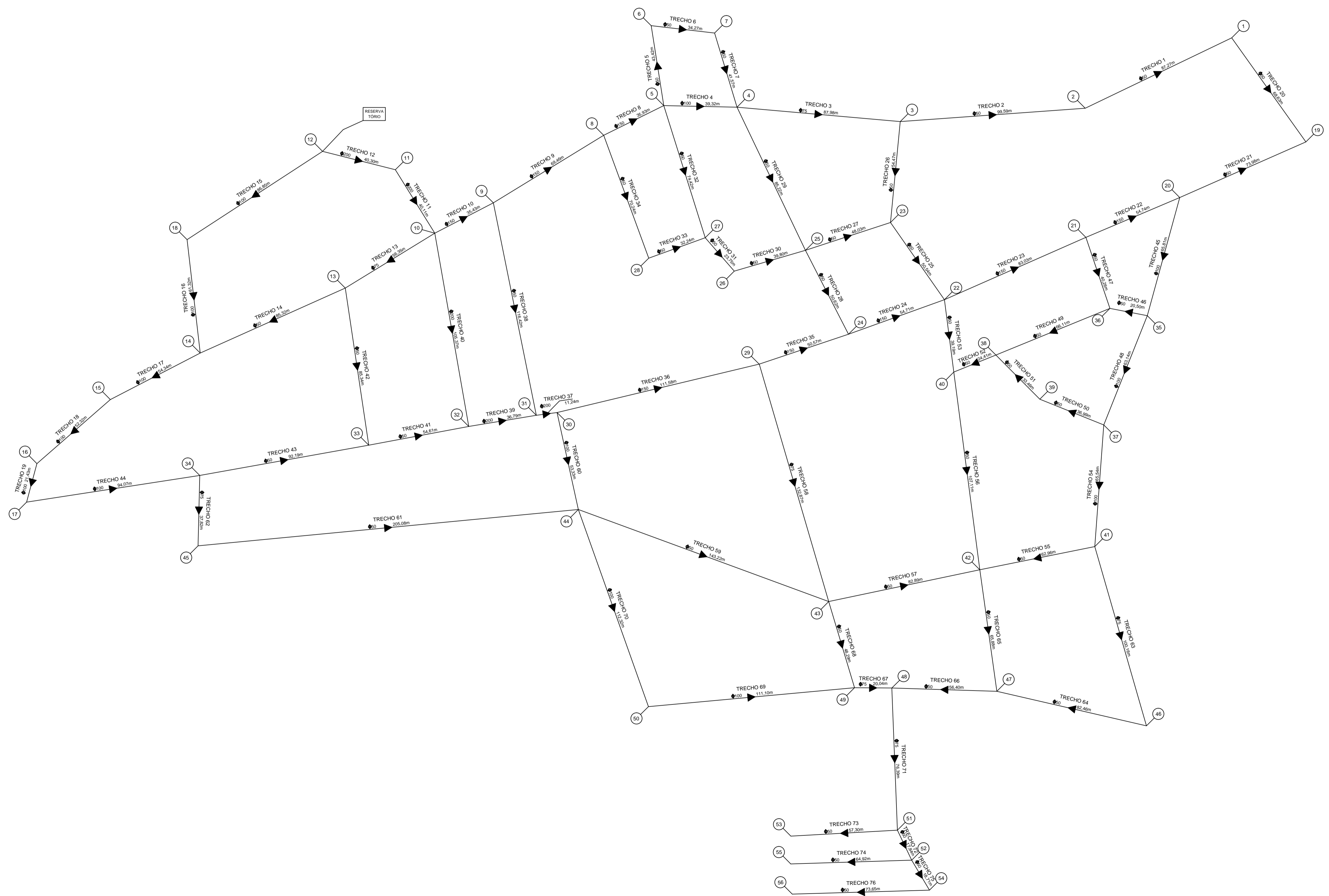
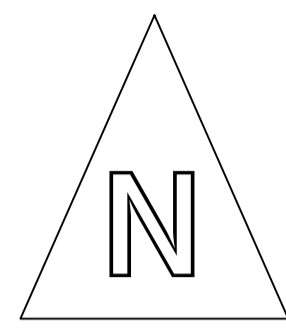
CONTRATANTE: SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS

EMPREENDIMENTO: REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE UM MUNICÍPIO DA PARAÍBA
 SALGADINHO - PB

TÍTULO: PLANTA DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA - 1/1200

DES. Nº	03/06	ARQUITETO		ESCALAS:	1/1200
ARQUIVO Nº	03/06	CREA		REVISÃO:	0

CONTRATADA: _____
 APROVADO POR:
 ENG. _____
 CREA: _____
 DATA: _____



PROPRIETÁRIO :
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA / CENTRO DE TECNOLOGIAS / DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
TURMA: 2019.1

PROJETO :
SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE SALGADINHO - PB
Responsável (s) Técnico (s):

YAGO DE ANDRADE ALVES - 11408959

RESP. P/ EXECUÇÃO :

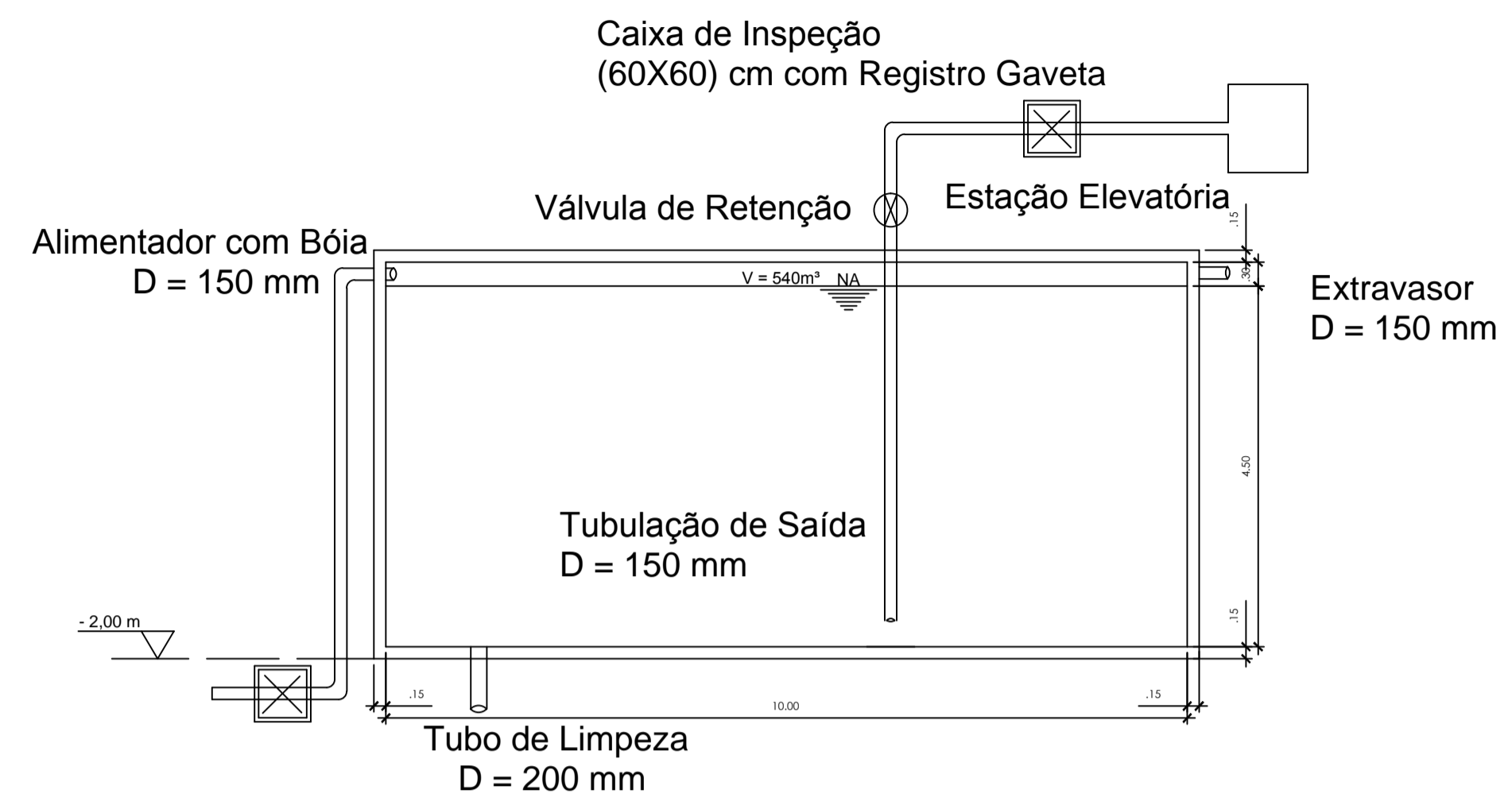
REV. Nº	DATA	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
0	03/02/2020	EMISSÃO INICIAL

CONTRATANTE: SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS

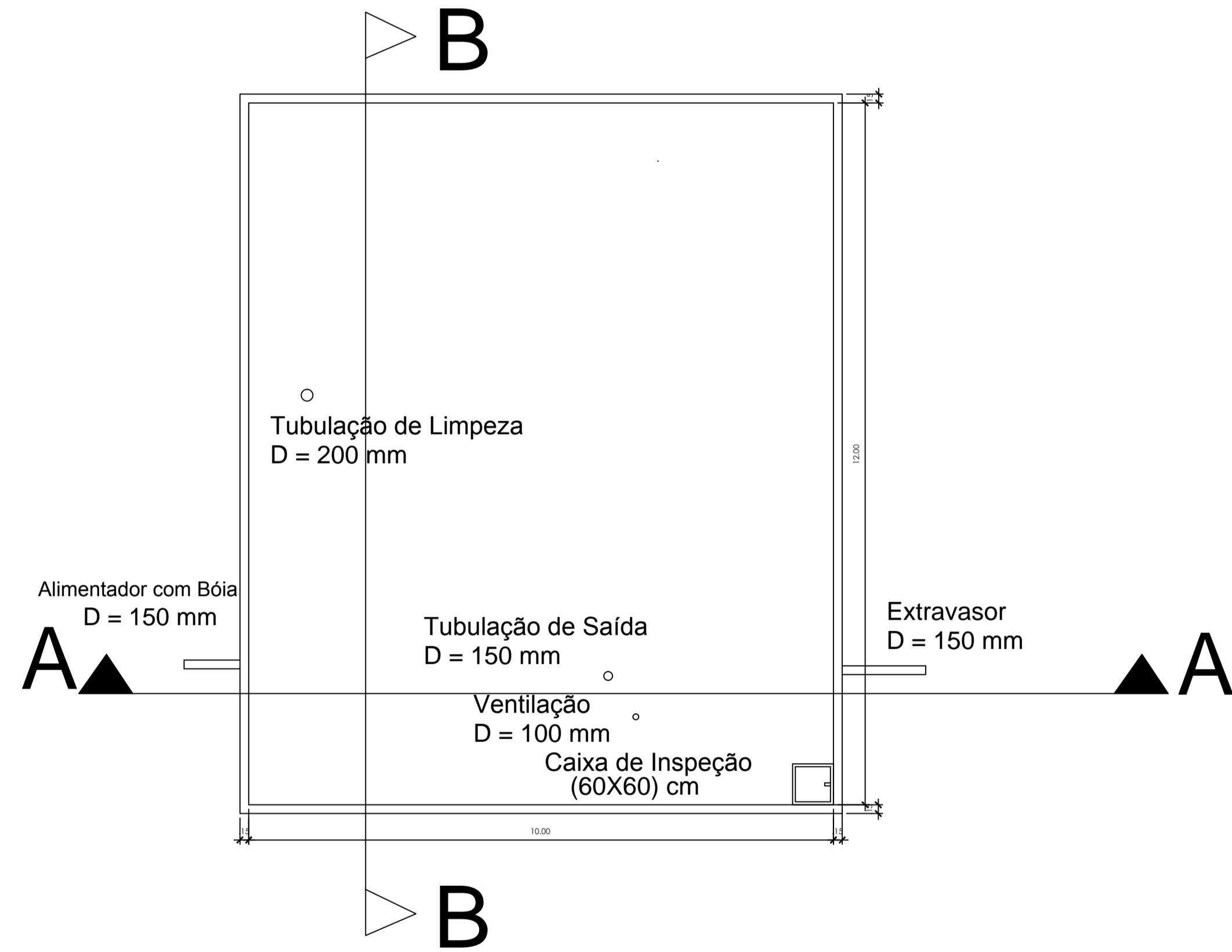
EMPREENDIMENTO: REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE UM MUNICÍPIO DA PARAÍBA SALGADINHO - PB

TÍTULO: PLANTA DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA - 1/1200

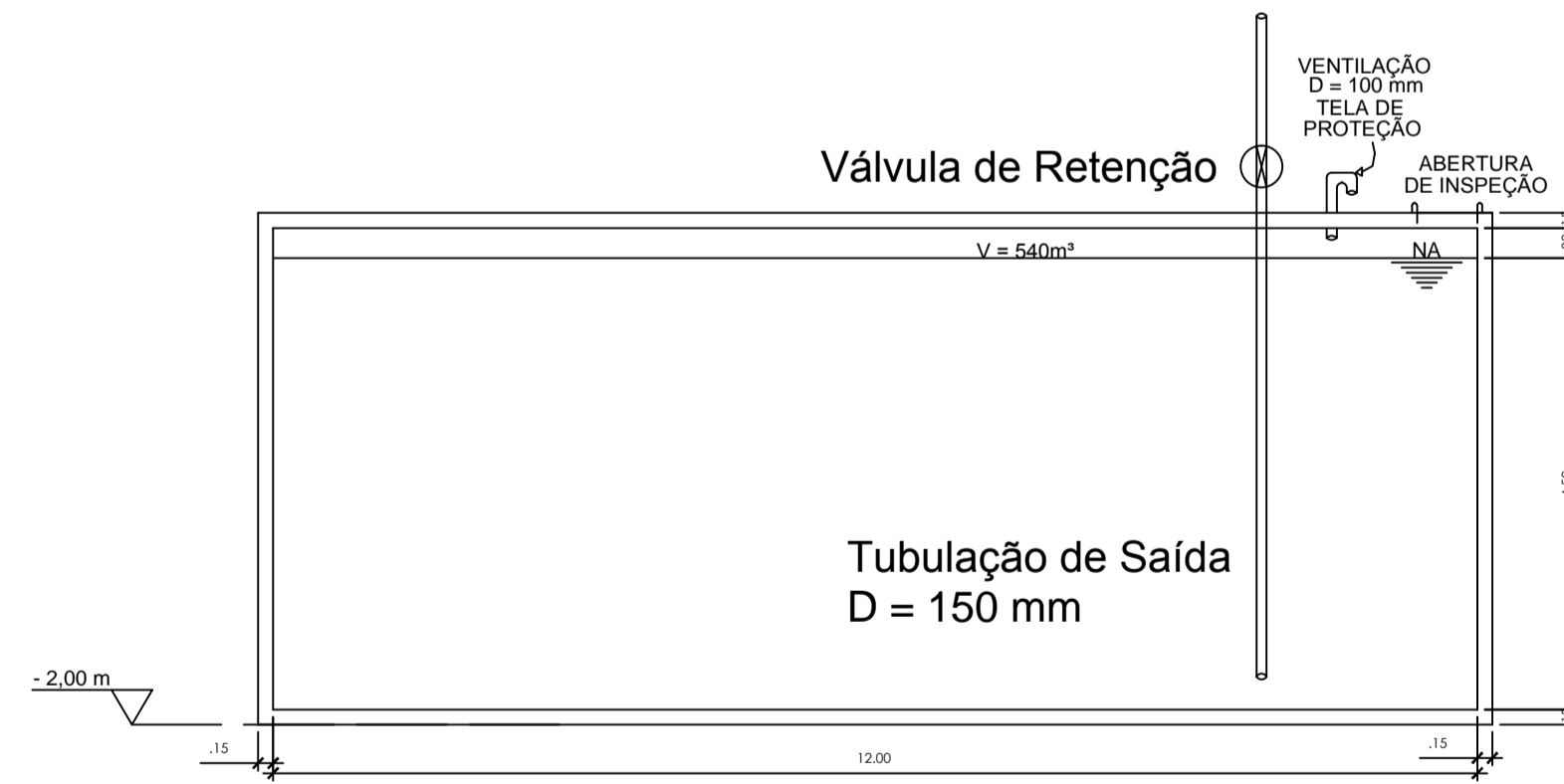
DES Nº	04/06	ARQUITETO		ESCALAS:	1/1200
ARQUIVO Nº	04/06	CREA		REVISÃO	0
CONTRATADA		APROVADO POR:		ENG. CREA:	
				DATA:	



Corte AA do Reservatório Inferior
Escala 1/75



Planta do Reservatório Inferior
Escala 1/75



Corte BB do Reservatório Inferior
Escala 1/75

PROPRIETÁRIO :
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA / CENTRO DE TECNOLOGIAS / DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
TURMA: 2019.1

PROJETO :
SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE SALGADINHO - PB
Responsável (s) Técnico (s):

YAGO DE ANDRADE ALVES - 11408959

RESP. P/ EXECUÇÃO :

REV. Nº	DATA	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
0	03/02/2020	EMISSÃO INICIAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CONTRATANTE: SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS

EMPREENDIMENTO: REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE UM MUNICÍPIO DA PARAÍBA
SALGADINHO - PB

TÍTULO: PLANTA BAIXA DO RESERVATÓRIO INFERIOR - 1/75
CORTE AA E CORTE BB DO RESERVATÓRIO INFERIOR - 1/75

DES. Nº	ARQUITETO	ESCALAS:
05/06		1/75
ARQUIVO Nº	RESP. TÉCNICO	REVISÃO
05/06		0

CONTRATADA: APROVADO POR:
ENG. CREA: DATA:

