

UNIVERSIDADE POLITÉCNICA – A POLITÉCNICA
Instituto Superior de Estudos Universitários de Nampula

ISEUNA

Licenciatura Engenharia Civil

**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO PARA O
FORNECIMENTO DE ÁGUA – CASO DE ESTUDO: BAIRRO DE
NATIKIRI – CIDADE DE NAMPULA**

MUSSA ESSIACA ABUDO

NAMPULA, 2022

Mussa Essiaca Abudo

Dimensionamento de Sistema de Abastecimento para fornecimento de água –
Caso de Estudo: Bairro de Naticiri – Cidade de Nampula

Monografia apresentada à Universidade
Politécnica, Instituto Superior de Estudos
Universitários de Nampula como requisito
parcial a obtenção do Grau de Licenciado em
Engenharia Civil.

Tutor: MSc. Eng. Alfredo Pérez García

Nampula, 2022

DEDICATÓRIA

À minha família, especialmente aos meus pais, Essiaca Abudo e Mariamo Ussene Abudo e ao meu tio, Rafique Ussene.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Allah (Deus) que me concedeu a saúde, por ter me guiado desde o começo, agradeço por me ter dado capacidades suficientes para chegar à esta etapa da minha vida. Agradeço pela presença em todos momentos da minha vida e por ter colocado nela pessoas tão incríveis.

Aos meus pais, meus heróis, Essiaca Abudo e Mariamo Ussene Abudo, pela educação que me concederam, pelo suporte, pela compreensão, por estarem sempre ao meu lado dando-me forças, apoio, confiança e acima do tudo pelo amor. Aos meus irmãos, Diana Essiaca Abudo e Taibo Essiaca Abudo e ao meu tio Rafique Ussene, agradeço por tudo.

Ao meu orientador, Mestre, Eng. Alfredo Perez Garcia, pela disponibilidade e incentivo concedidos ao longo da elaboração deste trabalho. A sua orientação e paciência foram fundamentais para a conclusão do mesmo.

Agradeço imensamente aos meus colegas de Turma que estiveram ao meu lado desde o primeiro dia de aulas do Curso, especialmente aos integrantes do grupo Infinitésimos, Afrodise Dusabe, Ássimo Iovahale, Chadir Ibraimo, Dércio Carrilho, Hussein Calu, Imiran Tajbay, Jeremias Gustavo, Zulficar Ibraimo.

A família ISEUNA, desde o pessoal responsável pela limpeza da Instituição até à Directora da mesma, especialmente aos docentes do Curso de Engenharia Civil.

A todos que, de forma directa e indirecta, contribuíram para minha formação académica, o meu MUITO OBRIGADO!

PARECER DO TUTOR

Eu, Alfredo Pérez Garcia, orientador do estudante Mussa Essiaca Abudo, finalista do Curso de Engenharia Civil, turno laboral, pela importância que o tema do presente trabalho (monografia) apresenta e que foi por mim orientado, sou de parecer que o mesmo está em condições de ser avaliado como Trabalho Final do Curso do Estudante em referência.

Nesta conformidade, vai por mim assinada como garantia de que o trabalho foi da autoria do estudante e obedeceu aos preceitos científicos para elaboração do mesmo.

Nampula, 2022

MSc. Eng^o Alfredo Pérez García

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Mussa Essiaca Abudo, declaro por minha honra que esta monografia é resultado do meu estudo pessoal e das orientações do meu supervisor, o que consta neste trabalho é tudo original e todas as fontes estão devidamente citadas no texto e mencionadas nas referências bibliográficas.

Declaro que esta monografia nunca foi apresentada em nenhuma outra instituição para obtenção de qualquer grau acadêmico.

Nampula, 2022

Mussa Essiaca Abudo

RESUMO

A presente Monografia aborda e tem como objectivo geral o dimensionamento de sistema de abastecimento de água para o bairro de Natikiri na cidade de Nampula e para tal foi feita uma revisão literária em que foram reforçados os conceitos básicos da hidráulica assim como estudos para a concepção de sistemas de abastecimento de água. Realizou-se seguidamente uma pesquisa de campo no sentido de se obter dados tais como o enquadramento territorial do mesmo, o número da população, a mobilidade e o sistema de abastecimento de água existente, posteriormente foi realizado a estimativa da população futura do bairro usando um horizonte de projecto de 20 anos, de seguida fez-se o dimensionamento da adutora de água tratada pela qual será realizada a condução da água desde a estação de bombagem da FIPAG até ao reservatório, seguidamente foi feito o cálculo dos caudais de consumo assim como a capacidade dos reservatórios elevado e semi-enterrado e de depois realizou-se uma análise a cerca da estação elevatória de água tratada e finalmente foi usado o *software* Watergems, desenvolvido pela Bentley no dimensionamento da rede de distribuição destinada a este bairro. Após o dimensionamento realizado neste trabalho, chegou-se a resultados referentes ao diâmetro da adutora, as dimensões dos reservatórios e a rede de abastecimento. Neste sentido concluiu-se que este dimensionamento da rede de distribuição assim como os demais componentes deste sistema de abastecimento de água garantem o atendimento a toda a população do bairro em questão.

Palavras-chave: Dimensionamento; sistema de abastecimento; água; Natikiri; Nampula.

ABSTRACT

This monograph addresses and has as a general objective the dimensioning of the water supply system for the Naticiri neighborhood in the city of Nampula and for that a literary review was carried out in which the basic concepts of hydraulics were reinforced as well as studies for the design of water supply systems. A field research was then carried out in order to obtain data such as the territorial framework of the same, the number of the population, mobility and the existing water supply system, later the estimate of the future population of the neighborhood was carried out using a project horizon of 20 years, then the dimensioning of the treated water main was carried out through which the water will be conducted from the FIPAG pumping station to the reservoir, then the consumption flows were calculated as well as the capacity of the elevated and semi-buried reservoirs and then an analysis was carried out about the treated water pumping station and finally, watergems software, developed by Bentley, was used to design the distribution network destined for this neighborhood. After the sizing carried out in this work, results were obtained regarding the diameter of the water main, the dimensions of the reservoirs and the supply network. In this sense, it was concluded that this dimensioning of the distribution network as well as the other components of this water supply system guarantee the service to the entire population of the neighborhood in question.

Keywords: Dimensioning; supply system; Water; Naticiri; Nampula.

ÍNDICE

Dedicatória	i
Agradecimentos.....	ii
Parecer do tutor	iii
Declaração de honra	iv
Resumo.....	v
Abstract	vi
Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas.....	xi
Lista de Quadros.....	xii
Lista de Abreviaturas	xiii
Lista de Siglas	xv
Lista de Apêndices	xvi
Epígrafe	xvii
Introdução.....	1
Delimitação do Tema	2
Estrutura do trabalho	2
1. PROBLEMATIZAÇÃO	3
1.1. Hipóteses	3
1.1.1. Hipótese 01.....	3
1.1.2. Hipótese 02.....	3
1.2. Objectivos.....	3
1.2.1. Objectivo geral	3
1.2.2. Objectivos específicos	4
1.3. Justificativa.....	4
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1. Recursos Hídricos	5

2.1.1. Distribuição de água na terra.....	5
2.1.2. Importância sanitária e económica.....	6
2.1.3. Ciclo hidrológico.....	7
2.2. Sistemas de Abastecimento de água (SAA).....	7
2.2.1. Manancial.....	9
2.2.2. Captação.....	9
2.2.2.1. Águas subterrâneas.....	11
2.2.3. Estação Elevatória.....	13
2.2.4. Adutoras.....	14
2.2.4.1. Dimensionamento de adutora de água tratada.....	15
2.2.5. Estação de tratamento de água (ETA).....	17
2.2.5.1. Eesinfecção.....	17
2.2.5.2. Medição da qualidade da água.....	18
2.2.6. Reservatórios.....	21
2.2.6.1. Classificação dos reservatórios.....	21
2.2.6.2. Vantagens e desvantagens.....	23
2.2.6.3. Dimensionamento de reservatórios.....	23
2.2.7. Redes de distribuição de água.....	25
2.2.7.1. Classificação das redes de distribuição.....	25
2.2.7.2. Localização e dimensionamento de acessórios.....	26
2.2.7.3. Parâmetros hidráulicos para redes de distribuição.....	30
2.2.7.4. Dimensionamento de rede de abastecimento de água.....	32
2.3. População.....	37
2.4. Necessidade de água.....	37
2.5. Estudo da população e consumo <i>per capita</i>	38
2.5.1 Capitação.....	39
2.6. Horizonte de projecto.....	39

3. METODOLOGIA	40
3.1. Classificação quanto a finalidade da pesquisa	40
3.2. Classificação quanto aos objectivos da pesquisa	40
3.3. Classificação quanto a natureza da pesquisa	41
3.4. Classificação quanto ao método de abordagem	41
3.5. Classificação quanto aos procedimentos de pesquisa	42
4. APRESENTAÇÃO DE DADOS	44
4.1. Caso de estudo: bairro de natikiri, cidade de nampula.....	44
4.1.1. Precipitação na cidade de nampula.....	45
4.1.2. Chuva	46
4.1.3. Historial do Abastecimento de água na cidade de Nampula	47
4.1.4. Enquadramento territorial do bairro Natikiri.....	50
4.1.4.1. População	50
4.1.4.2. Mobilidade	51
4.1.4.3. Abastecimento de água.....	51
5. ANÁLISE DE RESULTADOS	52
5.1. Adutora de água tratada (AAT).....	52
5.2. Reservação	53
5.2.1. Dimensionamento dos reservatórios.....	54
5.3. Estação elevatória de água tratada (EEAT).....	54
5.3.1. Potência da bomba.....	55
5.4. Distribuição	56
CONCLUSÕES	58
Sugestões	59
BIBLIOGRAFIA	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
APÊNDICES	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Esquema mostrando o ciclo da água.....	7
Figura 2: Modelo geral de um sistema de abastecimento de água.....	8
Figura 3: Sistema de abastecimento de água, com captação em curso de água e com reservatório apoiado (perfil).....	9
Figura 4: Sistema de abastecimento de água, com captação em curso de água e com reservatório enterrado e elevado (perfil).....	9
Figura 5: Captação em margens estáveis.....	10
Figura 6: Exemplo de captação com grade e crivo.....	11
Figura 7: Detalhe para construção de galeria filtrante.....	12
Figura 8: Estrutura típica de um poço raso comum.....	13
Figura 9: Estação Elevatória.....	14
Figura 10: Diagrama de abastecimento.....	16
Figura 11: Reservatórios Semi-enterrado e Elevado.....	23
Figura 12: Rede ramificada, Malhada e Mista.....	26
Figura 13: Layout de apresentação do Watergems.....	37
Figura 14: Probabilidade diária de precipitação em Nampula.....	46
Figura 15: Chuva mensal média em Nampula.....	47
Figura 16: Limites do bairro de Naticiri.....	50
Figura 17: Introdução dos dados de entrada no software Watergems.....	56
Figura 18: Análise de dados introduzidos no Watergems.....	57
Figura 19: Apresentação de Resultados no Watergems.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Diâmetros comerciais	30
Tabela 2: Valores do coeficiente C para a equação de Hazen-Williams	32
Tabela 3: Divisão administrativa do Município de Nampula	45
Tabela 4: Dados Populacionais do Bairro de Natikiri.....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação dos reservatórios de distribuição de água	22
Quadro 2: Vantagens e desvantagens da utilização de reservatórios de distribuição de água .	23

LISTA DE ABREVIATURAS

a.C.	Antes de Cristo
%	Porcentagem
apud	Citado Por
mg/l	Miligramas por litro
n°	Número
q	Consumo <i>per capita</i>
<i>Cd</i>	Consumo diário
<i>Pf</i>	População final ou a ser atendida
h	Horas
L/dia	Litros por dia
L/s	Litros por Segundo
K_1	Coefficiente de majoração para dia de maior consumo de água do ano.
K_2	Coefficiente de majoração para hora de maior consumo de água do dia.
mm	Milímetro
m	Metro
Q	Vazão
V	Volume
Δt	Varição de tempo
C	Coefficiente de rugosidade
D	Diâmetro
$Q_{\text{máx}}$	Caudal Máximo
m.km^{-1}	Metro vezes quilómetro inverso
hab.	Habitantes

$m.s^{-1}$	Metro vezes segundo inverso
Km^2	Quilómetro quadrado
Hab/ Km^2 .	Habitantes por quilómetros quadrado
Km	Quilómetro
$^{\circ}C$	Graus celsius
m^3	Metro cubico

LISTA DE SIGLAS

AAT	Adutora de Água Tratada
CDN	Corredor do Desenvolvimento de Nacala
EB	Estação de Bombagem
ETA	Estação de Tratamento de Água
EEAT	Estação Elevatória de Água Tratada
EN	Estrada Nacional
FIPAG	Fundo de Investimento e Património do Abastecimento de Água
HGM	Hospital Geral de Marrere
ISEUNA	Instituto Superior de Estudos Universitários de Nampula
NPSH	Net Positive Suction Head
NBR	Norma Brasileira
NE	Nordeste
OMS	Organização Mundial de Saúde
SAA	Sistemas de Abastecimento de Água
UNICEF	United Nations International Children's Emergency Fund
UC	Unidade Comunal

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1: Rede de abastecimento do bairro de Naticiri.....	64
Apêndice 2: Tabela de tubulação da rede.....	65
Apêndice 3: Tabela de Nós da rede.....	72

EPIGRAFE

“Busquem o conhecimento, do berço ao túmulo”

Muhammad (S.A. W)

INTRODUÇÃO

Ruínas arqueológicas mesopotâmicas demonstram que por volta de 2500 a.C. já se construíam aquedutos e canalizações para a condução da água dos rios e lagos até as cidades. Mais tarde, o sistema foi aperfeiçoado pelos romanos e gregos, tanto no que diz respeito às técnicas de abastecimento quanto à irrigação das áreas cultivadas. Foi, no entanto, a partir da segunda metade do século XIX, com a revolução industrial, que os sistemas de abastecimento de água aos núcleos populacionais sofreu modificações profundas. O crescimento demográfico urbano, consequência dessa revolução, determinou a necessidade de se estabelecer uma infraestrutura que assegurasse o consumo, a distribuição e a salubridade tanto da água potável quanto daquela destinada a usos industriais ou agrícolas.

Em todo o mundo 663 milhões de pessoas bebem água de fontes não seguras, sendo que a maioria encontra-se em áreas rurais. A conceituação dos Direitos Humanos à Água começa a ser discutida em 1977 pelas Nações Unidas, evoluindo até 2010, quando ocorre o reconhecimento formal do direito à água em Resolução que convoca nações e organizações para garantir a universalidade do acesso à toda a população

Segundo a (UNICEF, 2016), a nível nacional, embora a proporção de pessoas sem acesso a fontes de água melhoradas tenha reduzido de 65 por cento em 1990 para 49 por cento em 2015, as disparidades entre as pessoas com cobertura nas zonas rurais e nas urbanas são acentuadas, sendo o número estimado em 64 por cento e 17 por cento, respectivamente. Além disso, nas zonas rurais, uma em cada cinco pessoas usa água de superfície como sua fonte primária de água para beber. Apesar do progresso considerável registado ao longo dos anos, apenas metade dos moçambicanos tem acesso ao abastecimento de água melhorado e menos de um quarto (um em cinco) usa saneamento melhorado. De uma maneira geral, persistem desigualdades flagrantes nos serviços de abastecimento de água e saneamento entre as pessoas que vivem nas zonas rurais e as que vivem nas zonas urbanas.

A água é uma parte integrante do bem-estar dos seres vivos. Além de ser indispensável para o sustento da vida, ela é essencial para o desenvolvimento agrícola e industrial. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), são necessários entre 50 a 100 litros de água por pessoa, por dia, para assegurar a satisfação das necessidades mais básicas e a minimização dos problemas de saúde.

Delimitação do Tema

O presente trabalho abrange o bairro de Naticiri que se localiza na Cidade de Nampula, província com o mesmo nome, a norte de Moçambique

Estrutura do Trabalho

A estrutura do presente trabalho está apresentada em cinco (5) capítulos, conclusões e sugestões, permitindo melhor leitura e interpretação da pesquisa.

Capítulo I – Formula-se o problema, as hipóteses da pesquisa, os objectivos que o Autor procura alcançar e a justificativa assim como a caracterização da pesquisa.

Capítulo II – Neste capítulo trata-se da fundamentação teórica e as discussões dos autores das obras consultadas relacionados com o tema em estudo.

Capítulo III – Este capítulo, trata da metodologia utilizada pelo Autor para obtenção de dados e elaboração do presente trabalho.

Capítulo IV – Neste capítulo trata-se de apresentação de dados do caso de estudo o Bairro de Naticiri na Cidade de Nampula

Capítulo V – Este capítulo, trata da análise de resultados obtidos pelo autor referente ao tema proposto para o presente trabalho

Conclusões e Sugestões – Esta parte do trabalho trata de considerações finais e sugestões do autor do trabalho relacionados com o tema em estudo.

1. PROBLEMATIZAÇÃO

Devido o aumento da população nos últimos anos na Cidade de Nampula e o conseqüente surgimento de novas áreas residências causadas pela urbanização como é o caso do bairro de Natikiri, alguns problemas vão surgindo no que se refere a exigência por razões sanitárias e obrigações legais, a dotação de um sistema de abastecimento de água potável que, em termos tradicionais, correspondia primeiro a fonte, depois a rede de fontanários e, finalmente, a rede de distribuição domiciliária. Este problema que se caracteriza pela falta de um sistema de abastecimento de água abrangente, faz com que a população procure meios alternativos para a obtenção deste precioso líquido como é o caso de abertura de poços e colecta de águas superficiais que muita das vezes não apresentam as mínimas condições sanitárias para o consumo humano.

Assim definimos como questão central de pesquisa: como dimensionar um sistema de abastecimento de água para o bairro de Natikiri?

1.1. Hipóteses

1.1.1. Hipótese 01

Mesmo com o dimensionamento e implantação de um novo sistema de abastecimento de água usando os princípios e técnicas adequadas para o bairro de Natikiri os problemas de abastecimento de água não serão eliminados.

1.1.2. Hipótese 02

Caso haja o dimensionamento e implantação de um novo sistema de abastecimento de água usando os princípios e técnicas adequadas para o bairro de Natikiri os problemas de abastecimento de água serão eliminados.

1.2. Objectivos

1.2.1. Objectivo Geral

O objectivo geral deste trabalho passa por realizar o dimensionamento de um sistema de abastecimento de água para o fornecimento de água ao bairro de Natikiri na Cidade de Nampula.

1.2.2. Objectivos específicos

- Estimar a população futura para o bairro de Natikiri;
- Determinar a demanda (caudais) para o abastecimento de água para o bairro;
- Projectar uma rede de abastecimento para o bairro de Natikiri

1.3. Justificativa

Sendo a água um bem essencial a vida, a escolha deste tema baseou-se na dificuldade que os moradores apresentam no acesso a este precioso líquido devido a fraca abrangência do sistema de abastecimento que o bairro possui, neste sentido este trabalho visa garantir o correcto dimensionamento de um sistema capaz de fornecer água canalizada em quantidade e condições perfeitas para utilização e consumo evitando deste modo a disseminação de doenças, proporcionando a melhoria da saúde e das condições de vida desta comunidade e diminuição da mortalidade em geral uma vez que a água é apontada como sendo o principal veiculo de potencial transmissão de elevado número de parasitas ou elementos minerais em quantidades excessivas prejudiciais a saúde. O estudo também traz como benefício os conhecimentos desenvolvidos durante o processo de pesquisa, aliando a prática às teorias adquiridas durante a graduação, contribuindo assim para uma excelente formação profissional e servindo de fonte de pesquisa para futuros trabalhos académicos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Recursos Hídricos

Os recursos hídricos são todas aquelas águas que existem em nosso planeta e que estão disponíveis para que os seres humanos possam usar em algum sentido, como oceanos, rios, lagos, riachos. (Martins T. J., 2014)

As águas subterrâneas são os principais reservatórios de água doce disponíveis para os seres humanos (aproximadamente 60% da população mundial tem como principal fonte de água os lençóis freáticos ou subterrâneos). (Brasil escola, 2021)

À partida, sendo a água um recurso renovável estaria sempre disponível para o homem utilizar. No entanto, como o consumo tem excedido a renovação da mesma, actualmente verifica-se um stress hídrico, ou seja, falta de água doce principalmente junto aos grandes centros urbanos e também a diminuição da qualidade da água, sobretudo devido à poluição hídrica por esgotos domésticos e industriais.

Antes, a água era considerada um recurso inesgotável. Hoje, já se sabe que devido a diversos factores como o desperdício, a poluição, o crescimento populacional, as mudanças climáticas, a urbanização e a industrialização, os recursos hídricos estão ficando cada vez mais escassos, gerando conflitos em diversas regiões do mundo.

2.1.1. Distribuição de água na Terra

Do total da água na Terra, de acordo com as estimativas, aproximadamente 97,5% está nos mares e oceanos, sendo água salgada cujo tratamento é muito caro. A água doce disponível é, portanto, de apenas 2,5% e de 2,5% apenas 0,4% é encontrado em águas superficiais e na atmosfera.

Podemos obter água através de:

- ❖ Água de chuva.
- ❖ Água de nascentes naturais, onde as águas subterrâneas tocam a superfície;
- ❖ Água subterrânea, capturada através de poços ou galerias de filtragem;
- ❖ Água de superfície (toma um tratamento prévio), provenientes de rios, córregos, reservatórios ou lagos naturais;
- ❖ Água de mar (isso deve ser necessariamente dessalinizado).

Dependendo da origem da água, deve ser submetido a tratamentos para transformá-la em água potável. (Brasil escola, 2021)

2.1.2. Importância sanitária e económica.

A maioria dos seres humanos não se importam muito com a questão da água potável, geralmente deixam este tipo de responsabilidades para as empresas de tratamento de água em cada vila ou cidade. No entanto, todos devem estar cientes das características da água potável, a fim de uma melhor contribuição para a saúde de si e suas famílias.

“Água potável, segundo o Ministério da Saúde, é a “água que atenda ao padrão de potabilidade e que não ofereça risco à saúde”, ou seja, é aquela que pode ser consumida por atender requisitos físicos, químicos e biológicos que estabeleçam sua qualidade e garanta segurança ao bem-estar do consumidor”. (Mascaró, 2005)

Importância Sanitária e social

- ❖ Melhoria da saúde e das condições de vida de uma comunidade.
- ❖ Diminuição da mortalidade em geral.
- ❖ Aumento da esperança de vida da população.
- ❖ Diminuição da incidência de doenças relacionadas a água.
- ❖ Implantação de hábitos de higiene na população.
- ❖ Facilidade na implantação e melhoria da limpeza pública.
- ❖ Possibilidade de proporcionar conforto e bem-estar.

Importância Económica

- ❖ Aumento da vida produtiva dos indivíduos economicamente activos.
- ❖ Diminuição dos gastos particulares e públicos com consultas e internações hospitalares.
- ❖ Facilidade para instalações de indústrias, onde a água é utilizada como matéria-prima ou meio e operação.

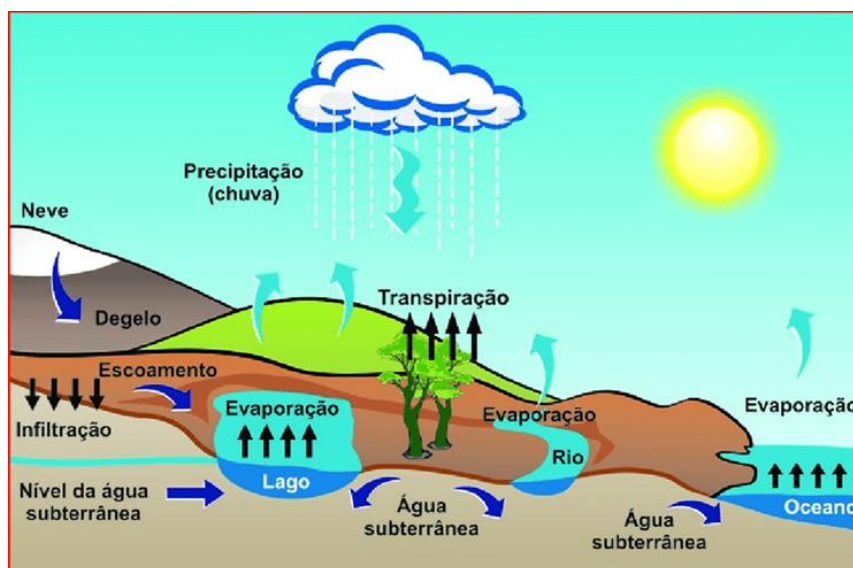
2.1.3. Ciclo hidrológico

Ciclo hidrológico conhecido também como ciclo da água – consiste na troca constante da água presente na hidrosfera, entre a atmosfera, as águas das superfícies, das plantas, do subterrâneo e do solo. É um processo que faz-se necessário a energia solar e a força da gravidade, proporcionando mudanças no estado da água (líquido, sólido e gasoso). (Mayk Alves, 2019)

Este ciclo pode ser dividido em dois tipos:

- ❖ Ciclo menor da água: é a etapa de evaporação da água dos rios, lagoas, lagos e oceanos. Ocorre transformando-se do estado líquido para o gasoso, por causa dos raios solares que aumentam a temperatura da água.
- ❖ Ciclo maior da água: utilizando o solo, o processo ocorre por meio da absorção da água infiltrada pelas raízes das plantas.

Figura 1 Esquema mostrando o ciclo da água



(Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-114-Ciclo-hidrologico_fig3_43652632)

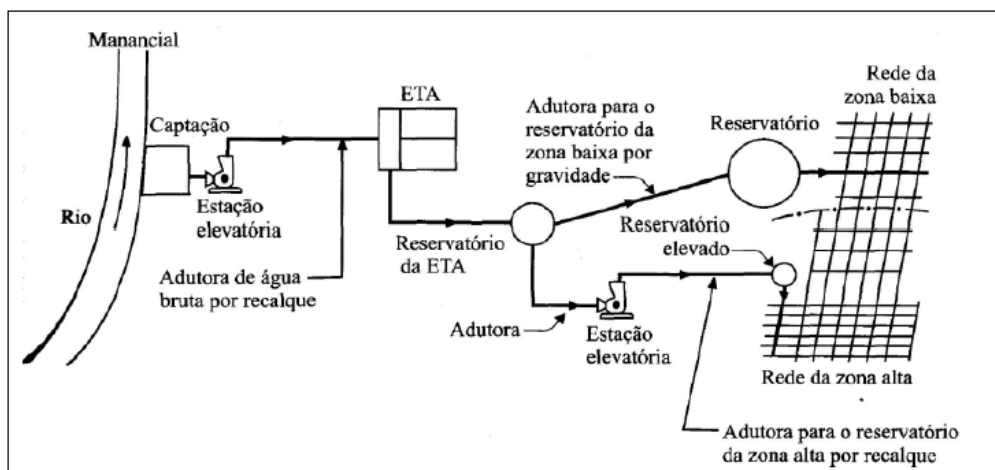
2.2. Sistemas de Abastecimento de Água (SAA)

De acordo com Netto (1998), o sistema de água consiste em um conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos. Essa água fornecida pelo sistema deverá ser em quantidade suficiente e da melhor qualidade, do ponto de vista físico, químico e bacteriológico.

Conforme Tsutiya (2008), a concepção dos sistemas de abastecimento de água é variável, em função do porte da cidade, topografia, sua posição em relação aos mananciais e etc. De um modo geral, os sistemas convencionais de abastecimento de água são constituídos das seguintes partes:

- ❖ Manancial;
- ❖ Captação;
- ❖ Estação elevatória;
- ❖ Adutora;
- ❖ Estação de tratamento de água;
- ❖ Reservatório;
- ❖ Rede de distribuição.

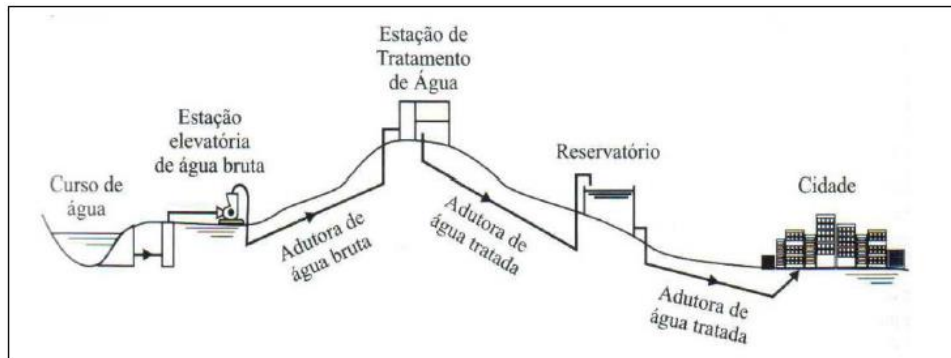
Figura 2: Modelo geral de um sistema de abastecimento de água



(Fonte: Orsini, 1996)

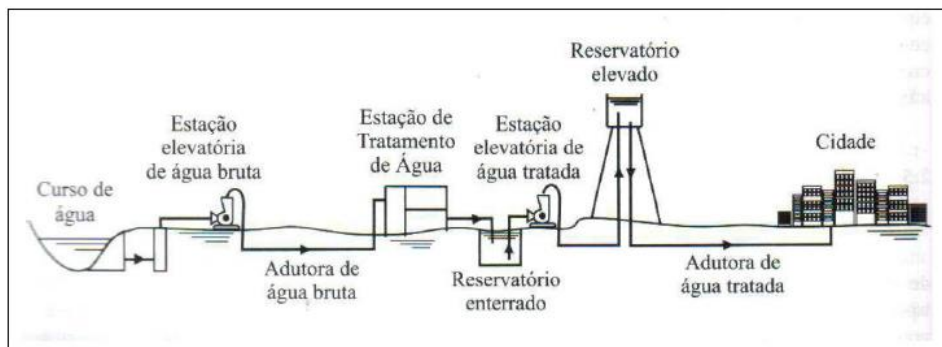
A seguir apresentam-se os perfis longitudinais de sistemas de abastecimento de água, com reservatório apoiado, com reservatório enterrado e elevado respectivamente.

Figura 3: Sistema de abastecimento de água, com captação em curso de água e com reservatório apoiado (perfil)



(Fonte: Tsutiya, 2004)

Figura 4: Sistema de abastecimento de água, com captação em curso de água e com reservatório enterrado e elevado (perfil)



(Fonte: Tsutiya, 2004)

2.2.1. Manancial

São locais que fornecem água para o abastecimento público, estes locais podem ser de uma fonte subterrânea ou superficial, essa fonte deve ser suficiente para atender uma determinada demanda de projecto (Tsutiya 2005, apud Girol, 2008).

2.2.2. Captação

A captação tem por finalidade criar condições para que a água seja retirada do manancial abastecedor em quantidade capaz de atender o consumo e em qualidade tal que dispense tratamentos ou os reduza ao mínimo possível. É, portanto, a unidade de extremidade de montante do sistema.

É necessário um conjunto de obras para retirar a água do local. Para captação de água em mananciais de superfície, as obras são nas proporções de acordo com o porte do mesmo, levando em conta a topografia e geologia do local qualidade e variação do nível da água (Dacach, 1979, apud Girol, 2008). O esquema das obras que compõe a captação deve fornecer condições de fácil entrada da água e assegurar a melhor qualidade possível.

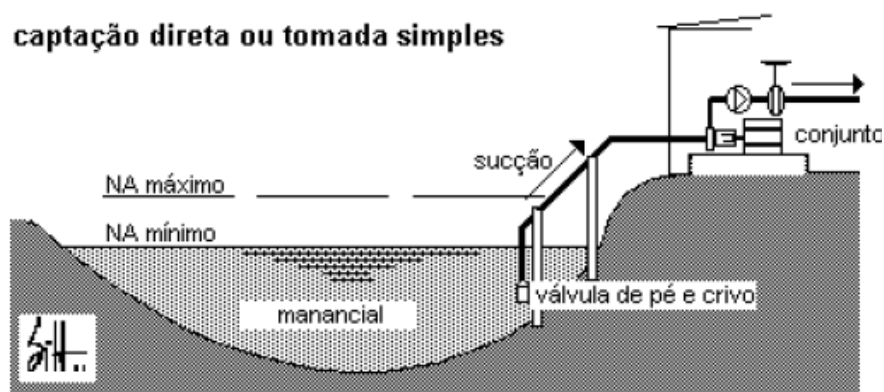
Após a sua captação, a água é aduzida até as estações de tratamento. Tal adução pode ser feita por tubulações sob pressão ou em canais de escoamento livre. Nas estações de tratamento, serão realizados alguns procedimentos na água com o objectivo de torná-la potável (Tarso e Pimentel, 2009).

A captação de água de superfície pode ser de cinco tipos principais:

- ❖ Captação directa ou a fio de água;
- ❖ Captação com barragem de regularização de nível de água;
- ❖ Captação com reservatório de regularização de vazão destinado prioritariamente para o abastecimento público de água;
- ❖ Captação em reservatórios ou lagos de usos múltiplos;
- ❖ Captações não convencionais.

A barragem de regularização de nível ou, simplesmente, barragem de nível é um muro de pequena altura (1 a 2 metros) construído perpendicularmente a um curso de água superficial, com a finalidade de dotá-lo de altura de água que seja suficiente para a derivação ou captação de suas águas.

Figura 5: Captação em margens estáveis



(Fonte: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/image173.gif>) acesso em fevereiro de 2021

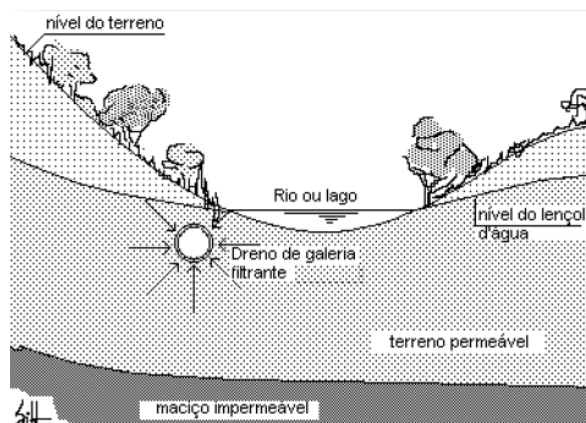
2.2.2.1. Águas Subterrâneas

Os reservatórios de águas subterrâneas são chamados de lençóis. Essas águas podem estar acumuladas em dois tipos de lençóis: o freático ou o cativo. O lençol freático caracteriza-se por estar assentado sobre uma camada impermeável de sub-solo, rocha por exemplo, e submetido a pressão atmosférica local.

❖ Captações em lençol freático

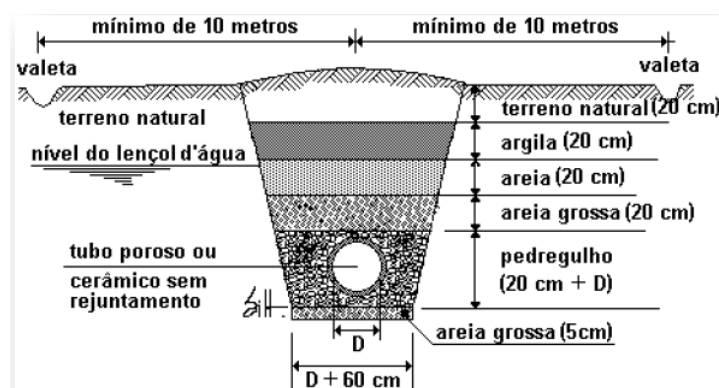
A captação do lençol freático pode ser executada por galerias filtrantes, drenos, fontes ou poços freáticos. O emprego de galerias filtrantes é característico de terrenos permeáveis (Figura 5), mas de pequena espessura (aproximadamente de um a dois metros) onde há necessidade de se aumentar a área vertical de captação para colecta de maior vazão (Figura 6). Estas galerias em geral são tubos furados, que convergem para um poço de reunião, de onde a água é retirada em geral por bombeamento, não sendo incomum outros métodos mais rudimentares.

Figura 6: Exemplo de captação com grade e crivo



(Fonte: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/image186.gif>) acesso em fevereiro de 2021

Figura 7: Detalhe para construção de galeria filtrante



(Fonte: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/image187.gif>) acesso em fevereiro de 2021

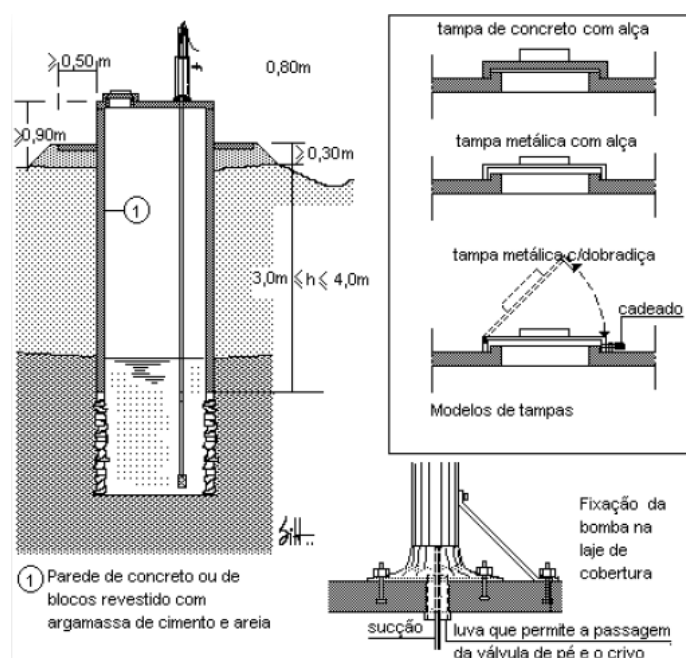
Quando o lençol freático é muito superficial, as canalizações colectoras ficam na superfície ou a pequenas profundidades de aterramento, então temos os chamados drenos. Podem ser construídos com tubos furados ou simplesmente com manilhas cerâmicas não rejuntadas.

Os poços são mais frequentes porque normalmente o lençol freático tem grande variação de nível entre os períodos de chuvas, ou seja, durante os períodos de estiagem, necessitando de maiores profundidades de escavações para garantia da permanência da vazão de captação. Logicamente as camadas permeáveis também são de espessuras consideráveis, podendo em algumas situações ser necessário o emprego de captadores radiais partindo da parte mais profunda do poço para que este tenha rendimento mais efectivo.

Os tipos de poços empregados na captação de água do lençol freático são o raso comum e o tubular. O poço raso é um poço construído escavando-se o terreno, em geral na forma cilíndrica, com revestimento de alvenaria ou com peças pré-moldadas (tubulões), com diâmetro da ordem de um a quatro metros por cinco a vinte de profundidade em média, a depender da posição do lençol freático.

A parte inferior, em contacto com o lençol deve ser de pedra arrumada, de alvenaria furada ou de peças cilíndricas pré-moldadas furadas quando for o caso. Dependendo da estabilidade do terreno o fundo do poço pode exigir o não revestimento (Figura 7).

Figura 8: Estrutura típica de um poço raso comum



(Fonte: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/image188.gif>) acesso em fevereiro de 2021

2.2.3. Estação elevatória

Um sistema elevatório é formado pelo conjunto de bombas, tubulações e acessórios, montado com a finalidade de aplicar energia a um líquido (como a água, por exemplo) e assim transportá-lo de uma cota inferior para uma cota superior (Porto, 2006).

Um sistema elevatório, ou recalque, é composto basicamente por três partes, a sucção, que é formada pela tubulação e pelos acessórios que ligam a bomba ao líquido que será recalcado; o próprio conjunto elevatório, composto pelas bombas e seus respectivos motores, que normalmente são movidos à electricidade; e a tubulação de recalque, destinada a conduzir o líquido até o ponto a que se destina (Porto, 2006).

Quanto ao conjunto motor bomba, quando o nível da lâmina de água a ser recalcada estiver acima do eixo da bomba, diz-se que a instalação é com rotor afogado, quando o nível da lâmina d'água está abaixo, nesse caso é rotor não afogado. Nas instalações com rotor não afogado, muito cuidado deve-se ter para evitar o efeito da cavitação, que consiste no aumento excessivo da pressão no sistema, atingindo a pressão de vapor do líquido, cujo efeito provoca bolhas de ar que estouram no conjunto, comprometendo seriamente o funcionamento e até mesmo a integridade do equipamento. “A cavitação, uma vez estabelecida em uma instalação de recalque, acarreta queda de rendimento da bomba, ruídos, vibrações e erosão, o que pode levar até ao colapso do equipamento.” (Porto, 2006, p. 154).

Figura 9: Estação Elevatória



(Fonte: <http://www.eb1-albergaria-velha-n1.rcts.pt/Alb3/Aguagota/TA4.JPG>.) acesso em Março de 2021

❖ *NPSH (Net Positive Suction Head)*

É a energia (carga) medida em pressão absoluta disponível na entrada de sucção de uma bomba hidráulica. Em qualquer secção transversal de um circuito hidráulico, o parâmetro NPSH mostra a diferença entre a pressão actual de um líquido em uma tubagem e a pressão (ou tensão) de vapor do líquido a uma dada temperatura.

❖ **Potência da bomba**

$$P = \frac{\gamma * Q * Hm}{75n}$$

Onde: P = Potência (CV); γ = Peso específico da água (kgf/m^3); Q = Vazão (m^3/s); Hm = Altura manométrica (m); n = Rendimento global (%).

2.2.4. Adutoras

De acordo com Tsutiya (2006) citado por Girol (2008), adutoras são tubulações dos sistemas de abastecimento de água, e são responsáveis pelo transporte de água para as unidades que antecedem a rede de distribuição do sistema. As adutoras, em um todo, não são responsáveis pela distribuição de água aos consumidores, mas sim pela interligação da captação, estação de tratamento e reservatórios.

As adutoras e sub-adutoras se classificam de duas formas: quanto à natureza da água transportada, que pode ser denominada de água bruta e água tratada, ou em função da energia utilizada para realizar o transporte da água, denominada de adutora por gravidade, recalque ou mista (Netto e Fernández, 2017).

O dimensionamento das adutoras depende da vazão de projecto, que varia em função de factores como a população, o consumo *per capita*, mas, sobretudo, varia principalmente em relação à sua posição no sistema de abastecimento de água (Tsutiya, 2006).

2.2.4.1. Dimensionamento de adutora de água tratada

O dimensionamento do sistema de adução deve-se observar em geral três aspectos o horizonte de projecto, a vazão de adução e o período de funcionamento da adução. Cada aspecto avaliado de forma a se obter o menor custo e a maior eficiência do sistema (Silva, Vieira e Haie, 2003).

De acordo com Tsutiya (2006) o primeiro aspecto a ser verificado é o de horizonte de projecto a ser considerado, normalmente esse horizonte de projecto varia entre 20 e 30 anos. Para considerar esse período são levados em conta os seguintes factores a vida útil da obra, a evolução da demanda de água, o custo da obra, a flexibilidade na ampliação do sistema e custo da energia eléctrica.

Aduzindo o seu pensamento Lima (2009) diz que conhecer a vazão a ser aduzida também é importante pois com ela é que se obtêm as demandas e os diâmetros necessários. Para estabelecer essa vazão é necessário considerar a quantidade de água demandada baseada no consumo per capta da população, na variação da vazão e nas horas de funcionamento do sistema.

Quanto ao período de funcionamento da adução alguns aspectos devem ser levados em conta como o dimensionamento hidráulico, o tipo de sistema e os custos do período de funcionamento. As aduções por gravidade podem chegar a um período de funcionamento diário de 24 horas, já as aduções por recalque normalmente se utilizam o período de bombeamento diário de 16 a 20 horas, pois nos momentos que antecedem as horas de menor consumo faz-se a parada das bombas o que leva a uma economia de energia eléctrica (NBR 12215, 1991).

FÓRMULA DE BRESSE - A fórmula mais utilizada para chegar-se aos diâmetros de tubos, expressa por:

$$D = K\sqrt{Q_{AAT}} \quad (1)$$

Onde:

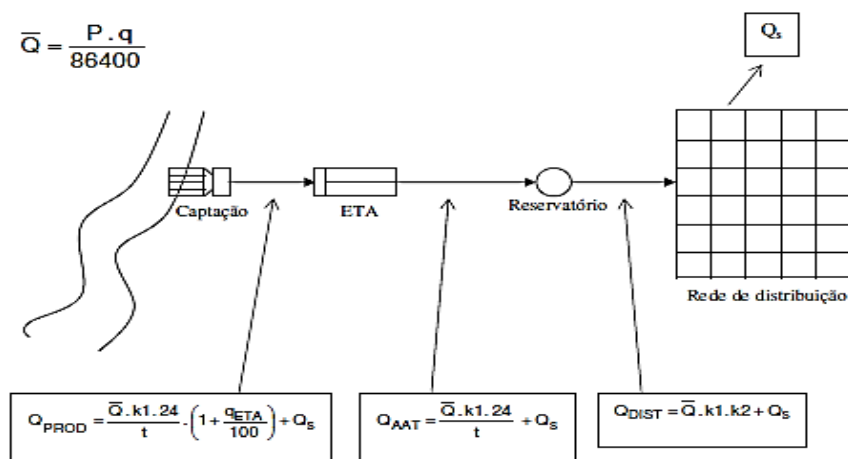
D = Diâmetro do tubo, em metros;

K= Coeficiente de custo de investimento x custo operacional (de 0,9 a 1,2)

Q_{AAT} = Vazão, em m³/ s.

A Fórmula de Bresse calcula o diâmetro da tubulação de recalque, sendo que, na prática, para a tubulação de sucção adota-se um diâmetro comercial imediatamente superior. Ela deve ser aplicada a sistemas de funcionamento contínuo, durante 24 horas diárias.

Figura 10: Diagrama de abastecimento



(Fonte: Guimarães; Carvalho e Silva, 2007)

Onde:

\bar{Q} = vazão média, em L.s⁻¹;

P = população da área abastecida; em hab;

q = consumo médio diário *per capita*, em L.hab⁻¹.d⁻¹;

Q_{PROD} = vazão de captação e da ETA, em L.s⁻¹;

Q_{AAT} = vazão da adutora de água tratada, em L.s⁻¹;

Q_{DIST} = vazão total de distribuição, em L.s⁻¹;

t = período de funcionamento da produção, em h;

q_{ETA} = consumo de água na ETA, em %;

k_1 = coeficiente do dia de maior consumo;

k_2 = coeficiente da hora de maior consumo; e

Q_s = vazão singular de grande consumidor, em L.s⁻¹.

2.2.5. Estação de Tratamento de Água (ETA)

Nos sistemas de abastecimento de água, o objectivo final é disponibilizar água potável aos usuários, de forma contínua e em quantidade e pressão adequada. E as ETAs tem a finalidade de fazer o tratamento da água bruta antes de sua distribuição, para que a água não ofereça riscos a saúde da população.

2.2.5.1. Desinfecção

A desinfecção da água tem como objectivo a eliminação dos microrganismos patogénicos responsáveis pela transmissão de doenças e infecções. A cloragem da água levou a diminuição ou quase erradicação das doenças transmissíveis pela mesma, com um custo mínimo em equipamentos, materiais e pessoal. A desinfecção da água é efetuada quando a água possui contaminações bacteriológicas, no entanto, é boa prática proceder à desinfecção da água como medida preventiva, mesmo na ausência de contaminações bacteriológicas (Rego, 2004).

A desinfecção consiste na destruição selectiva de todos os microrganismos patogénicos e distingue-se da esterilização, que consiste na destruição total dos microrganismos. A desinfecção pode ser efetuada através de mecanismos químicos utilizado dadores de cloro tais como: cloro gasoso, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio e dióxido de cloro ou dadores de oxigénio tais como: permanganato de potássio, água oxigenada e ozono.

Existe ainda uma outra forma de desinfecção que utiliza um mecanismo físico. Trata-se da desinfecção por radiação ultravioleta que atinge principalmente os ácidos nucleicos dos microrganismos promovendo reacções fotoquímicas que os inactivam (Rego, 2004).

Reforçando este pensamento, o mesmo autor afirma que uma estação de tratamento de águas emprega normalmente dois processos de desinfecção, a desinfecção primária e a secundária.

A desinfecção primária atinge um nível desejável de eliminação ou inactivação dos microrganismos ao passo que a desinfecção secundária assegura a manutenção de um teor de residual de desinfectante na água tratada, de modo a prevenir o desenvolvimento de microrganismos no sistema de distribuição.

❖ Procedimento de Limpeza e Desinfecção de Reservatórios de Água

A limpeza e desinfecção dos reservatórios de água devem ser executadas, rotineiramente, uma vez a cada seis meses, e sempre que for detectada qualquer contaminação.

O serviço de limpeza deve ser iniciado pelos reservatórios inferiores e após, ser estendido aos reservatórios superiores, procurando evitar ao máximo a interrupção do abastecimento, tratando cada unidade isoladamente. Assim, havendo mais de um conjunto reservatório inferior - reservatório superior, tratar cada conjunto separadamente, ou seja, enquanto um conjunto é isolado para execução dos serviços, o outro mantém o abastecimento normalmente. Casos complexos existem, como os hospitais e hotéis, em que a necessidade de consumo pode levar a alguma modificação nos métodos descritos adiante.

Após a limpeza de cada reservatório deve ser realizada sua desinfecção. Terminado o procedimento de desinfecção e restabelecido o abastecimento dos reservatórios, deve ser medido o residual de cloro de cada um deles, não devendo ser excedido o valor de 3,0 mg/l.

Os produtos químicos permitidos para desinfecção são:

- ✚ Hipoclorito de sódio (10%)
- ✚ Hipocloreto de sódio (2,5%)
- ✚ Cal clorada (25%)
- ✚ Hipoclorito de cálcio (70%)

2.2.5.2. Medição da Qualidade da água

❖ Parâmetros de qualidade da Água

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi desenvolvido em 1970 pela National Sanitation Foundation nos Estados Unidos com o objetivo de estabelecer padrões de consumo da água.

Há diversos parâmetros a serem seguidos para garantir a qualidade da água para o consumo humano. Os principais indicadores são:

Parâmetros físicos:

- ✚ Temperatura: é um parâmetro importante, pois, influencia em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido). Uma água com temperaturas elevadas, pode ocasionar efeitos laxativos.
- ✚ Sabor e odor: O ideal é que a água seja inodora e não possua sabor, resultantes de fatores naturais (algas, vegetação em decomposição, bactérias, etc.) ou artificiais (esgotos domésticos e industriais).

- ✚ Cor: Intensidade de cor inferior a cinco unidades, pois a cor na água pode ser causada por metais, decomposição de matéria orgânica, algas ou ainda pela presença de esgotos. O padrão é a intensidade de cor inferior a cinco unidades.
- ✚ Turbidez: Inferior a uma unidade, visto que mede a presença de matéria suspensa na água.
- ✚ Sólidos: são resíduos que permanecem na água após a filtragem da amostra. O Ministério da Saúde estabelece como padrão de potabilidade 1.000 mg/L de sólidos totais dissolvidos. No caso da Resolução CONAMA n.º 20, o valor máximo é de 500 mg/L. Há duas categorias de sólidos:
 - Sólidos sedimentáveis: sedimentam após um período de repouso;
 - Sólidos não sedimentáveis: podem ser removidos somente por processos de tratamento como coagulação, floculação e decantação;
 - Sólidos dissolvidos: matéria em solução ou em estado coloidal presente na água.
- ✚ Condutividade elétrica: capacidade da água de conduzir eletricidade. Quanto maior a quantidade de íons dissolvidos na água, maior será sua condutividade. A condutividade não oferece riscos à saúde humana e seu padrão ainda não foi definido pela portaria.

Parâmetros químicos:

- ✚ pH: O valor para consumo humano é 7, isso porque o pH da água depende de sua origem e pode ser influenciado pela presença de resíduos. O pH baixo (< 7) torna a água corrosiva, já o pH alto (> 7) torna a água alcalina.
- ✚ Alcalinidade: mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos. Quando apresentados em grande quantidade, tornam a água com sabor desagradável, além disso, a alcalinidade exerce influência nos processos do tratamento da água.
- ✚ Dureza da água: resultante da presença de sais alcalinos terrosos ou de metais bivalentes que, em grande quantidade, pode provocar sabor desagradável e efeitos laxativos. Valor máximo permitido: 500 mg/L.
- ✚ Cloretos: são provenientes da dissolução de minerais, da introdução de águas do mar, ou ainda de esgotos. Em alta concentração, traz um sabor salgado à água e/ou efeitos laxativos. O valor máximo é de 250 mg/l.
- ✚ Ferro e manganês: conferem cor avermelhada (ferro) ou marrom (manganês) e um sabor metálico à água. Concentração de ferro de 1,0 mg/l e de manganês 0,05mg/l.

- ✚ Nitrogênio: O padrão de nitrogênio é de 10mg/L, pois em excesso pode causar danos à saúde como intoxicação.
- ✚ Fósforo: Para o Conama, o nível crítico é de 0,020 a 0,025mg/L, visto que em grandes quantidades, pode se tornar um poluente.
- ✚ Fluoreto: importante agente no combate à cárie dental, mas se usado em quantidade acima de 1,0mg/l, pode causar manchas e alteração da estrutura óssea nos dentes.
- ✚ Oxigênio (dissolvido): em águas naturais a presença desse elemento é um sinal de qualidade da água, pois é indispensável para plantas e animais aquáticos.

Orgânicos e inorgânicos

Antes de prosseguir, há que explicar o que são compostos orgânicos e inorgânicos. Os compostos orgânicos são o conjunto de moléculas formadas por átomos de carbono. Já os inorgânicos, são substâncias que não contêm carbono em sua composição, como os ácidos.

Abaixo são os parâmetros para esses compostos:

Matéria orgânica: a matéria orgânica da água é necessária aos seres heterótrofos, na sua nutrição. Em grandes quantidades, podem causar problemas, como: cor, odor, turbidez e consumo do oxigênio dissolvido.

- ✚ Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica por ação de bactérias aeróbias.
- ✚ Demanda Química de Oxigênio (DQO): é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, através de um agente químico. Para o mesmo líquido, a DQO é sempre maior que a DBO.
- ✚ Componentes Inorgânicos: há componentes inorgânicos na água, entre eles estão os metais pesados tóxicos ao homem.
- ✚ Componentes orgânicos: alguns componentes orgânicos da água são resistentes à degradação biológica. Ex: agrotóxicos.

Parâmetros biológicos

- ✚ Coliformes: O padrão indicado é de 4.000 coliformes fecais por 100 ml, o que indica a presença de microrganismos patogênicos na água. Quando encontrados, indicam contato com esgoto doméstico.

- ✚ Algas: as algas são responsáveis pela produção de grande parte do oxigênio no ambiente aquático, porém, em grandes quantidades trazem consigo sabor, odor, turbidez e toxicidade.

Esses parâmetros são extremamente importantes, pois é através de seus resultados que teremos água de qualidade e sem riscos à saúde. É preciso seguir à risca a legislação e os padrões de qualidade para cada uso da água.

2.2.6. Reservatórios

Reservatório é o elemento do sistema de abastecimento de água destinado a regularizar as variações entre as vazões de adução e distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição (NBR 12217, 1994).

Após sair da ETA a água tratada é aduzida para um reservatório principal, este, por sua vez, faz a redistribuição através de adutoras para os reservatórios sectoriais, para só então ser feita a distribuição da água através da rede de distribuição.

Os reservatórios são posicionados de modo a abastecer durante as horas de maior consumo e tendo também a função de contribuir para a diminuição dos custos com a rede de distribuição. São eles que permitem a continuidade do abastecimento quando é necessária a interrupção do abastecimento para manutenção em unidades como captação, adução e estações de tratamento de água. E também podem ser dimensionados para permitir o combate a incêndios, em situações especiais, em locais onde o património e segurança da população estejam ameaçados (Barros, 1995).

2.2.6.1. Classificação dos Reservatórios

Os principais critérios de classificação dos reservatórios são quanto: à localização no sistema; à localização no terreno; à forma; e aos materiais utilizados para sua construção (Tsutiya, 2006), conforme apresentado no Quadro a seguir.

Quadro 1: Classificação dos reservatórios de distribuição de água

CLASSIFICAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS DE DISTRIBUIÇÃO			
Localização	Posição no terreno	Forma	Materiais
<ul style="list-style-type: none">• Montante• Jusante• Intermediário	<ul style="list-style-type: none">• Enterrado• Semi-enterrado (Semi-apoiado)• Apoiado• Elevado	<ul style="list-style-type: none">• Retangular• Circular• Hexagonal• Octagonal• Outras	<ul style="list-style-type: none">• Concreto armado• Aço• Poliéster armado com fibra de vidro• Outros matérias (madeira, borracha, alvenaria, etc.)

(Fonte: Tsutiya, 2006)

❖ Reservatório Semi-Enterrado

Os reservatórios semi-enterrados, são aqueles em que uma parte da construção se encontra abaixo do nível do terreno e a restante acima do mesmo. A construção deste tipo de reservatório está definido por razões de topografia, paisagísticas, quando o custo de escavação é muito elevado e não se justifica devido à sua localização desvantajosa ou por razões geotécnicas. Permitem uma maior facilidade de acesso às instalações do que os reservatórios totalmente enterrados.

❖ Reservatório Elevado

Os reservatórios elevados, são projectados quando há necessidade de garantia de uma pressão mínima na rede e as cotas do terreno disponíveis não oferecem condições para que o mesmo seja do tipo térreo (apoiado, enterrado, semi-enterrado). Apresentam como desvantagens, o facto de não possibilitarem o armazenamento de grandes volumes de água, o seu impacto visual e a maior dificuldade de construção.

Figura 11: Reservatórios Semi-enterrado e Elevado



(Fonte: www.fipag.co.mz) acesso em Março de 2021

2.2.6.2. Vantagens e Desvantagens

No quadro a seguir, são identificadas algumas das vantagens e desvantagens da utilização de reservatórios de distribuição de água.

Quadro 2: Vantagens e desvantagens da utilização de reservatórios de distribuição de água

VANTAGEM	DESvantAGEM
<p>Bombeamento de água fora do horário de pico elétrico: com uso de reservatório, é possível fazer bombeamento de água fora dos horários de pico elétrico, permitindo assim economia de energia elétrica.</p> <p>Aumento no rendimento nos conjuntos elevatóri- os: é possível operar com conjunto motor-bomba próximo ao seu rendimento máximo. Para tanto, faz-se necessário trabalhar com valores de altura manométrica e vazão aproximadamente constantes.</p>	<p>Custo elevado de implantação;</p> <p>Ocupação de espaço;</p> <p>Impactos ambientais, dependendo do local de im- plantação;</p> <p>Possível deterioração da qualidade da água, princi- palmente, em grandes reservatórios com baixa cir- culação de água, com perda do agente desinfetante e reaparecimento de microrganismos e formação de trihalometanos.</p>

(Fonte: Tsutiya, 2006)

2.2.6.3. Dimensionamento de Reservatórios

Segundo o artigo 69 do decreto nº30/2003, o dimensionamento hidráulico dos reservatórios consiste na determinação da sua capacidade de armazenagem que deve ser o somatório das necessidades para a regularização, reserva de emergência e equilíbrio de pressões.

Netto e Fernández (2017), afirmam que, para o correto dimensionamento de um reservatório, a demanda de consumo diário é o principal factor, considerando o horizonte de projecto no dia de maior consumo, levando-se em consideração também outros factores, tais como: a reserva de incêndio, situações emergenciais como reparos nas etapas anteriores a reservação, horários de maior consumo, etc.

No caso de reservatórios elevados (torres), por medida económica, é comum usar o dimensionamento na base de 1/10 (10%) a 1/8 (12,5%) até 1/5 (20%) do volume distribuído em 24 horas no sector de influência (Netto e Fernández, 2017, p. 430).

Tsutiya (2006), também afirma que, para reservatórios elevados, é comum adoptar-se valores entre 10% e 20% do volume total diário, devido aos custos para a construção desses reservatórios.

E também para o correto dimensionamento de todas as etapas que irão compor um sistema de abastecimento de água, o primeiro passo é estimar a vazão de projecto, pois esta é uma das principais grandezas dentro de um sistema de abastecimento, haja vista que grande parte de seus componentes são dimensionados de acordo com a sua determinação. A vazão de projecto pode ser compreendida como o volume de água por unidade de tempo, suficiente para atender a determinada localidade e é estimada levando-se em conta vários factores que o projectista precisa estar atento durante a concepção do projecto (Tsutiya, 2006).

A análise desses factores é necessária para evitar problemas com a ineficiência do sistema devido ao subdimensionamento desses componentes ou à elevação demasiada dos custos do projecto, com o superdimensionamento, acarretando também a ociosidade desses componentes.

Tsutiya (2006) apresenta vários factores que podem influenciar o consumo médio *per capita* (q), como, por exemplo, os hábitos da população, a temperatura local, o padrão social dos moradores, assim como o desenvolvimento da cidade e a perspectiva de crescimento futuro.

Também influenciam no consumo as características do sistema como pressão, vazão e a própria qualidade da água. Comunidades que não dispõem de rede de colecta de esgoto tendem a inibir o consumo por parte dos moradores, assim como a existência de medidores de água e o valor da taxa cobrada.

Dessa forma, o consumo diário total (Cd) de uma região pode ser obtido, basicamente, multiplicando o consumo médio *per capita* (q) pela população (Pf) a ser atendida, em litros por dia, conforme mostra a equação 3:

$$Cd = q \times Pf \quad (2)$$

Segundo Porto (2006), a vazão de projecto de uma rede de distribuição deve ser dimensionada pela equação 3:

$$Q = \frac{Cd \times K_1 \times K_2}{3600 \times h} \quad (3)$$

Ainda de acordo com Porto (2006), o valor de 3600 corresponde à quantidade de segundos que contém em uma hora e (h) é o número de horas que o sistema estará em funcionamento, tal aplicação faz-se necessária para transformar a unidade de medida de litros por dia (L/dia) para litros por segundo (L/s), que é mais usual em medidas de vazão.

Por seu lado Tsutiya (2006), afirma que os coeficientes de majoração (K_1 e K_2) são utilizados para compensar o dia e a hora de maior consumo respectivamente, devido à impossibilidade de se determinar com exactidão a vazão de projecto, já que se trata de uma estimativa, haja vista os vários factores que podem influenciar o consumo, como mencionados mais acima. Os valores de K_1 e K_2 podem variar de acordo com o porte do projecto e as características do local a ser atendido, mas normalmente atribui-se o valor de 1,2 para K_1 , já o coeficiente K_2 adopta-se um valor de 1,5.

2.2.7. Redes de Distribuição de Água

As redes de distribuição são compostas por todas as tubulações e dispositivos anexos interligados entre si e localizados nas vias e com função de encaminhar a água aos seus usuários finais em regime contínuo, com pressão adequada e atendendo todos os padrões de consumo necessários (Heller e Pádua, 2006).

2.2.7.1. Classificação das Redes de distribuição

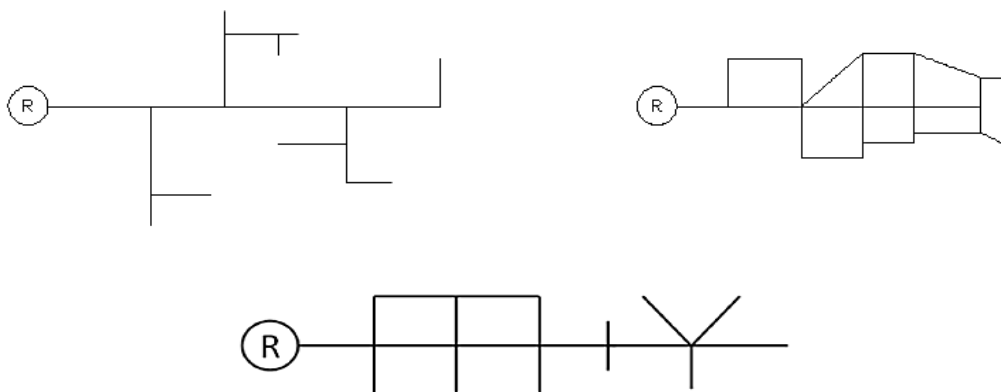
De acordo com ocupação da área a sanear e as características dos arruamentos, os traçados podem resultar na seguinte classificação:

Rede ramificada: Esta configuração é característica de áreas que possuem um desenvolvimento linear em que as ruas não conectam entre si devido a problemas na topografia local ou de traçados urbanos. Estas redes podem ter traçados do tipo “espinha de peixe” ou “em grelha”

Rede malhada: Esta configuração de rede é típica de áreas com ruas formando malhas viárias. As tubulações principais formam blocos ou anéis permitindo o abastecimento do sistema por mais de um caminho, favorecendo a manutenção na rede com o mínimo possível de interrupção no abastecimento de água.

Rede mista: é a do que a combinação da rede ramificada com a rede malhada.

Figura 12: Rede ramificada, Malhada e Mista



(Fonte: Modificado de Gomes, 2004)

2.2.7.2. Localização e dimensionamento de acessórios

De acordo com Guimarães, Carvalho e Silva (2007), a malha de distribuição da rede não é composta somente de tubos e conexões. Dela também fazem parte peças especiais que permitem a sua funcionalidade e operação satisfatória do sistema, tais como válvulas de manobra, ventosas, descargas e hidrantes.

Os circuitos fechados possuem válvulas de fechamento (em geral válvulas de gaveta com cabeçote e sem volante) em locais estratégicos, de modo a permitir possíveis reparos ou manobras nos trechos a jusante. Nos condutos secundários estas válvulas situam-se nos pontos de derivação do principal.

Nos pontos deverão ser indicadas válvulas de descarga (válvulas de gaveta com cabeçote) para possibilitarem o esgotamento dos trechos a montante, no caso de eventuais reparos. Estas válvulas poderão ser substituídas por hidrantes. Nestes casos deve-se ter o máximo de esmero na localização e drenagem do local para que não haja perigo de contaminação da rede por retorno de água esgotada. Nos pontos mais altos deverão ser instaladas ventosas para expurgo de possíveis acúmulos de ar no interior da tubulação.

No caso de existir ligações de consumidores nestes pontos a ventosa poderá ser economizada em função dos custos de aquisição, instalação e manutenção e de maior garantia contra eventuais infiltrações de água contaminada nos condutos, embora, em sistemas de distribuição medidos e intermitentes possa haver um pequeno prejuízo financeiro para o usuário.

De um modo geral deve-se observar que:

- ❖ Em um nó com três ou mais trechos deve haver válvula de fechamento;
- ❖ As válvulas de descarga deverão ser no diâmetro do trecho e no máximo
- ❖ De 100 mm; e
- ❖ Habitualmente a distância máxima entre hidrantes é de 600 m.

2.2.7.2.1. Acessórios da Rede

Os acessórios da rede consistem em obras ou instalações complementares dos sistemas de condutas que permitem realizar certos tipos de operações como: interrupção de fornecimento de água, libertação de bolsas gasosas, descargas de fundo, reduções de pressão, ou permitir certos tipos de utilização de carácter público, como acontece com as bocas de rega, de lavagem ou de incêndio, os fontanários e os bebedouros ou lavadouros. São exemplos de acessórios da rede:

❖ Válvulas de Seccionamento

As redes de distribuição deverão possuir válvulas de seccionamento, com uma localização devidamente estudada, de forma a permitir o fácil isolamento de qualquer sector da rede.

Esta funcionalidade poderá ser vital, em situações de necessidade de reparação de avarias da rede ou para possibilitar a concentração de caudais em zonas críticas relativamente à ocorrência de incêndios. A localização das válvulas de seccionamento deve atender aos seguintes critérios:

- Na intersecção de dois ramos importantes de uma rede, deverá colocar-se uma válvula de seccionamento em cada ramo;
- Em todas as derivações de condutas principais de uma rede, deve ser prevista a colocação de uma válvula de seccionamento;
- Em condutas principais de uma rede, o afastamento entre válvulas não deverá exceder cerca de 500 m;
- Em núcleos populacionais de densidade demográfica não muito elevada, as válvulas deverão permitir isolar sectores com extensão total inferior a 1000 m e com respectiva população inferior a 500 habitantes.

❖ **Descargas de Fundo**

As descargas de fundo têm como objectivo fundamental o esvaziamento de trechos de condutas entre válvulas de seccionamento. De referir também a sua utilidade na eliminação de partículas que tendem a depositar-se nas secções de menor cota.

❖ **Ventosas**

Ao contrário do que sucede nas adutoras, as ventosas são raramente utilizadas nas redes de distribuição de água (ainda assim poderão ser aplicadas nos pontos altos do perfil da conduta). Com efeito, as bocas de rega e de lavagem e mesmo as instalações domésticas desempenham funções idênticas às das ventosas (evacuação automática de ar durante o enchimento da conduta, evacuação automática de ar durante a exploração e admissão de ar durante o esvaziamento da conduta de modo a evitar depressões).

❖ **Dispositivos de Redução de Pressão**

Consoante a situação e objectivo poderão instalar-se: válvulas reductoras de pressão (quando se pretende uma pressão máxima na secção de jusante da conduta) ou câmaras de perda de carga (quando se pretende ou é possível a redução da pressão até o valor da pressão atmosférica).

❖ **Hidrantes de combate a incêndio**

Consideram-se como hidrantes as bocas-de-incêndio e os marcos de água, dispositivos estes que devem ser concebidos de forma a garantir a utilização exclusiva pelas corporações de bombeiros e serviços municipais. A determinação da localização destes componentes é da responsabilidade da entidade gestora da rede de distribuição, após aconselhamento pelas corporações de bombeiros. As situações mais habituais para essa localização serão: nas condutas principais da rede (de forma a garantir caudais importantes) e em locais de fácil acesso das mangueiras a diferentes áreas (cruzamento das ruas e pontos altos).

❖ **Outros Acessórios**

De referir os fontanários (zonas em que constituem a única fonte de abastecimento), os lavadouros (zonas ocupadas por populações com menores recursos) e os bebedouros para animais (zonas de actividades agrícola/pecuárias).

2.2.7.2.2. Tubulações

De acordo com Netto et al. (1998), tubulações é nome dado ao conjunto de tubos e conexões assentados com a finalidade de transportar um fluido ou uma mistura deles de um ponto a outro. Tubos são condutos fechados, geralmente de seção circular semelhantes a cilindros ocos. Podem funcionar como condutos forçados, isto é, o líquido neles escoar sob pressão diferente da pressão atmosférica; são fechados e funcionam sempre totalmente cheios de água; ou como condutos livres, que quase sempre apresentam superfície livre do nível de água com pressão interna igual à pressão atmosférica.

Os principais tipos de materiais de que são fabricados os tubos e conexões utilizados em sistemas de distribuição de água são: ferro fundido dúctil, policloreto de vinila (PVC) e polietileno (PE). Além desses materiais, também são utilizadas tubulações de aço com junta soldada ou elástica, ferro fundido cinzento, PVC reforçado com fibra de vidro e poliéster reforçado com fibra de vidro e fibrocimento.

❖ **PVC**

Os tubos de PVC são altamente resistentes a corrosão e são bastante utilizados nas redes de abastecimento devido à ampla quantidade de benefícios, como versatilidade, leveza, estética, economia em escala, durabilidade e sustentabilidade.

❖ Diâmetros comerciais

Não são todos os diâmetros de tubulações que podem ser encontrados no mercado. Existe um número limitado de diâmetros comerciais. Os diâmetros calculados em projectos devem ser aproximados para um diâmetro comercial existente. Esta aproximação para um diâmetro inferior ou superior deve levar em consideração as especificidades do projecto.

Os diâmetros comerciais são padronizados por normas técnicas e sempre se deve considerar o diâmetro interno para o cálculo da perda de carga e escolha da tubulação.

Tabela 1: Diâmetros comerciais

Diâmetro			Diâmetro		
m	mm	'' (polegadas)	m	mm	'' (polegadas)
0,0063	6,3	1/4	0,150	150	6
0,0095	9,5	3/8	0,2	200	8
0,0125	12,5	1/2	0,25	250	10
0,016	16	5/8	0,3	300	12
0,019	19	3/4	0,35	350	14
0,025	25	1	0,4	400	16
0,031	31	1 ¼	0,45	450	18
0,038	38	1 ½	0,5	500	20
0,050	50	2	0,55	550	22
0,062	62	2 ½	0,6	600	24
0,075	75	3	0,65	650	26
0,1	100	4	0,7	700	28
0,125	125	5	0,75	750	30

(Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php>) acesso em Abril de 2021

2.2.7.3. Parâmetros Hidráulicos para Redes de distribuição

Para o correto dimensionamento de uma rede de abastecimento de água, é necessário conhecer conceitos básicos da hidráulica e suas respectivas equações. Para que se possa dar continuidade a este estudo, tais conhecimentos são indispensáveis.

❖ Cálculo de vazão

A vazão (Q) pode ser compreendida como a quantidade de massa, de determinado fluido, que passa por um ponto em um dado tempo, em outras palavras vazão é o volume (V), dividido pela variação de tempo (Δt) a ser considerado, conforme mostra a equação 4:

$$Q = \frac{V}{\Delta t} \quad (4)$$

❖ Equação da continuidade

Segundo Baptista e Coelho (2014), a equação da continuidade é uma consequência do princípio de conservação da massa, pois a mesma não pode ser destruída ou mesmo criada, apenas transformada, ou seja, a vazão que entra em um lado do tubo, obrigatoriamente, será a mesma vazão que irá sair do outro lado deste tubo. Em outras palavras, pode-se dizer que a massa do líquido não se perde dentro do tubo, ela será sempre a mesma durante o escoamento, como demonstra a equação 5:

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 & (5) \\ V_1 \times A_1 &= V_2 \times A_2 \end{aligned}$$

❖ Equação de Hazen-Williams

Segundo Porto (2006), das equações empíricas desenvolvidas ao longo da história, a de Hazen-Williams é a que mais tem aceitação entre os profissionais, devido ao sucesso dos resultados obtidos. De acordo com Baptista e Coelho (2014), a equação de Hazen-Williams é bastante empregada para a determinação da perda de carga em condutos destinados somente ao transporte de água, e com diâmetro mínimo de 50mm. O coeficiente de perda de carga (C) depende do material que foi empregado na fabricação do conduto, pois leva em consideração a sua rugosidade, que entrará em atrito com a água durante o escoamento.

A tabela 1 apresenta o coeficiente de perda de carga em função do material do conduto. A equação 6 apresenta a fórmula de Hazen-Williams:

$$J = \frac{10,65 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \quad (6)$$

Da equação 6, tem-se o (Q) como a vazão que passa pelo tubo e (D) corresponde ao diâmetro. Já o coeficiente (C) diz respeito às características do material empregado na fabricação do tubo, levando-se em conta sua rugosidade e o tempo de uso. De acordo com Porto (2006), a tabela 1 apresenta os valores dos coeficientes de rugosidade (C) para os materiais mais empregados.

Tabela 2: Valores do coeficiente C para a equação de Hazen-Williams

Aço corrugado (chapa ondulada)	C=60	Aço com juntas lock-bar, tubos novos	130
Aço com juntas lock-bar, sem serviço	90	Aço galvanizado	125
Aço rebitado, tubos novos	110	Aço rebitado, em uso	85
Aço soldado, tubos novos	130	Aço soldado, em uso	90
Aço soldado, com revestimento especial	130	Cobre	130
Concreto, bom acabamento	130	Concreto, acabamento comum	120
Ferro fundido, novos	130	Ferro fundido, após 15-20 anos de uso	100
Ferro fundido, usados	90	Ferro fundido, Revestido de cimento	130
Madeiras em Aduelas	120	Tubos extrudados, P.V.C.	150

(Fonte: Porto, 2006)

❖ Pressões na rede de distribuição de Água

Durante o dimensionamento de um SAA, é de extrema importância a análise nas pressões mínimas e máximas na rede. As pressões mínimas são necessárias para que a água alcance os reservatórios das residências, sendo definida pela NBR 12218/2017 como 10 m.c.a. Já as pressões máximas na rede são definidas para o controle das perdas, o ideal para um SAA, é que as pressões máximas na rede sejam as menores possíveis (Tsutiya, 2006). Para facilitar o controle de pressão, a rede de distribuição deve ser dividida em zonas de pressão, sendo cada zona abastecida por um reservatório ou estação elevatória. Normalmente, para abastecer uma zona alta, é utilizado um reservatório elevado ou um booster, e para atender uma zona baixa utiliza-se, geralmente, um reservatório e caso necessário uma válvula redutora de pressão.

Segundo Tsutiya (2006), ainda há um entendimento incorreto sobre as pressões na rede de distribuição de que as pressões elevadas sejam um reflexo de um bom padrão de atendimento. As pressões elevadas na rede podem acarretar problemas para o cliente, como: aumento no número de vazamentos e o mau funcionamento dos dispositivos que controlam o nível de água no reservatório residencial, ocasionando um extravasamento

2.2.7.4. Dimensionamento de rede de abastecimento de água

Segundo Guimarães, Carvalho e Silva. (2007), no dimensionamento hidráulico das redes de distribuição devem ser obedecidas determinadas recomendações que em muito influenciarão no resultado final pretendido, como as que seguem:

- ❖ Nas condutas principais o $Q_{\text{máx}}$ deve ser limitado por uma perda limite igual a 8m.km^{-1} ;
- ❖ O diâmetro mínimo nas condutas principais deverão ser de 100 mm e nas secundárias 50 mm (2"), permitindo-se particularmente para comunidades com população de projecto de até 5000 hab. e *per capita* máximo de 100 hab., o emprego de 25 mm (1") para servir até 10 economias, 30 mm (1.1/4") até 20 e 40 mm (1.1/2") para até 50 economias;
- ❖ Ao longo dos trechos com diâmetros superiores a 400mm deverão ser projectados trechos secundários com diâmetro mínimo de 50 mm, para ligação dos ramais prediais;
- ❖ Condutas com diâmetros superiores a 400 mm não deverão trabalhar com velocidades superiores a $2,0 \text{ m.s}^{-1}$; e
- ❖ Deve-se adoptar, no mínimo, uma rugosidade equivalente de 1 mm para trechos novos e 3 mm para os existentes.

2.2.7.4.1. Métodos de dimensionamento de redes

Neste ponto são apresentados os métodos de dimensionamento de redes de distribuição de água potável. Há quatro tipos que são considerados os mais clássicos: o Método dos Seccionamentos Fictícios, o Método de Hardy-Cross de Iteração de Vazões, o Método Nodal com Convergência por Iteração de Pressões e o Método Nodal com Convergência pela Técnica de Newton-Raphson.

Com o tempo, as empresas responsáveis pela produção e distribuição de água potável foram submetidas a uma regulação cada vez mais forte. Este fato tem exigido cada vez mais investimentos em pesquisa de novos métodos e processos que melhorem a operação e gestão da água, em aspectos como o controle da água não contabilizada, cobertura e qualidade da água. Neste contexto, têm surgido novos métodos utilizados no modelamento e dimensionamento de redes de distribuição, métodos estes que se utilizam de artifícios tão em voga ultimamente, como a inteligência artificial.

❖ **Método dos Seccionamentos Fictícios**

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 trajecto 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. 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.

❖ **Método de Hardy-Cross**

Este é um método iterativo. Toma-se uma rede como um conjunto de circuitos fechados, com ramos comuns, e assumem-se vazões para todas as tubulações. A rede então deve satisfazer às duas hipóteses seguintes:

I – A equação da continuidade é satisfeita em todas as junções.

II – A circulação da pressão é nula em todos os circuitos.

A hipótese I diz que há conservação de massa e energia em um nó.

A hipótese II diz que partindo-se de qualquer ponto de um circuito e calculando-se ou conhecendo-se pressões e perdas de carga sobre um circuito fechado, a circulação da pressão sobre o mesmo é nula. Isso significa que a partir do ponto escolhido, percorre-se o circuito determinando-se pressões em pontos desse caminho e, ao voltar ao ponto de partida, a pressão é a inicialmente conhecida. Em essência, a hipótese II quer dizer que a circulação da pressão, que é propriedade intensiva (ou seja, de ponto) é nula, pois o modelo de rede é conservativo.

Inicia-se a resolução da rede assumindo-se vazões para todos os tubos da rede, de forma a satisfazer a equação da continuidade em todos os nós da rede, e calculam-se correções de vazão para todos os circuitos. Após corrigirem-se as vazões dos tubos em toda a rede, calculam-se novas correções de vazão para todos os circuitos, corrigem-se as vazões e assim sucessivamente até que o valor das correções de vazão seja pequeno o suficiente para ser desprezado.

❖ **Método Nodal com Convergência por Iteração de Pressões**

Este método é uma variação do método explicitado anteriormente (que realiza iterações de vazão) e baseia-se na satisfação da equação da continuidade de massa em todos os nós da rede.

Inicia-se com a estimativa ou arbitração de pressões nos nós da rede, que vão sendo corrigidas a cada iteração, até que as correções sejam desprezíveis.

❖ **Método Nodal com Convergência pela Técnica de Newton-Raphson**

Este método consiste em se determinar as incógnitas das redes cujos valores satisfaçam à equação da continuidade de massa em todos os N nós da rede e às leis do escoamento assumidas entre os pares de nós ligados entre si.

Para escoamentos forçados entre dois nós, sem bombas, assume-se a equação de Hazen-Williams como lei de escoamento (podia ser outra equação), e, para os escoamentos com bombas, devem ser tomadas equações paramétricas do escoamento determinado por estas.

2.2.7.4.2. Análise do *software* Watergems

O Watergems é um modelo de gestão e distribuição de água, que possibilita a modelagem hidráulica, da operação e da qualidade da água. Desenvolvido pela Bentley, toda a descrição do modelo apresenta uma série de vantagens, em relação às outras ofertas disponíveis, com maior destaque para sua grande capacidade de integração com outros *softwares*, reconhecendo arquivos como do AutoCAD, da plataforma GIS e até planilhas. Sendo possível também exportar a rede traçada nele para arquivos do AutoCAD e do Epanet.

O Watergems realiza simulações hidráulicas estáticas e dinâmicas e por meio de iterações, através do uso do método do Gradiente o modelo calcula as cotas piezométricas em cada nó e as velocidades nos trechos. Tendo, a simulação hidráulica, como dados de entrada: o traçado da rede, a posição dos nós, o consumo base e cota de cada nó, o diâmetro das tubulações e os dados referentes ao reservatório.

O Watergems possibilita também importar a rede traçada em arquivos *dwg* ou *shapefile*, através da opção Modelbuilder. Enquanto a opção Trex torna possível a importação de arquivos de modelos digitais de terreno para obtenção de cotas, ou das curvas de nível da topografia em um arquivo de AutoCAD. Outra ferramenta é a importação da vazão, ao fornecer os dados de vazão o modelo a distribui nos nós de acordo com o comprimento dos trechos ou à área dos nós.

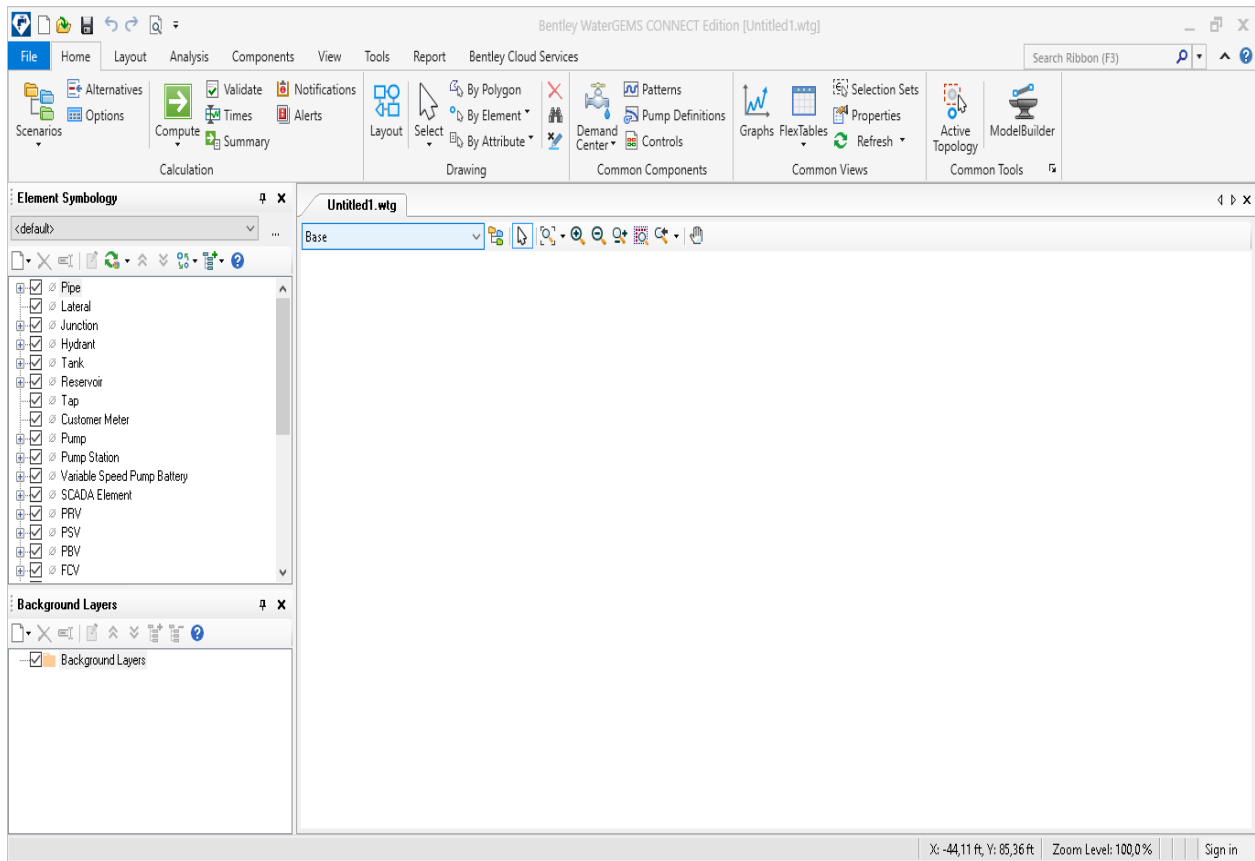
É facultada ao usuário a opção de realizar os cálculos de vazões que passam pelos tubos através da Fórmula Universal ou pela Fórmula de Hazen-Williams. Escolhidos os diâmetros dos tubos é realizado o cálculo das vazões. Caso o usuário não deseje escolher o diâmetro de alguns tubos, o programa fornece um valor de diâmetro que satisfaça às condições de bom funcionamento da rede.

Os resultados dos cálculos realizados pelo programa são apresentados tanto na forma gráfica como em planilhas. São indicados os nós e tubos que não apresentam as condições aceitáveis de funcionamento. Isto facilita a decisão a ser tomada pelo usuário para adequar a rede.

A qualquer momento é permitido ao usuário modificar o desenho da rede, criando, removendo ou deslocando elementos de nós e de tubos. Um dos destaques deste programa é a facilidade e a praticidade com que são realizadas alterações gráficas.

O *software* Watergems foi utilizado no dimensionamento da rede de abastecimento de água apresentada no capítulo V.

Figura 13: Layout de apresentação do Watergems



Fonte: Autor (2021)

2.3. População

É o conjunto de todos os elementos ou resultados sob investigação. No âmbito deste trabalho, população refere-se aos residentes do bairro.

2.4. Necessidade de Água

É a quantidade de água que se precisaria dispor para que os habitantes de um determinado aglomerado usufríssem dela sem quaisquer restrições de ordem quantitativa (Matsinhe e Rietveld, 1992).

2.5. Estudo da População e Consumo *Per Capita*

Quanto ao cálculo da população, segundo Tsutiya (2006), são diversos os métodos existentes para estimar o crescimento populacional, dentre todos se destacam: o método dos componentes demográficos, considerando variáveis demográficas como fecundidade, mortalidade, imigração, sempre tomando como base tendências passadas naquela região; há também o método da extrapolação gráfica, que é ideal para estimar populações em longos períodos, este método consiste em uma curva arbitrária que vai se ajustando através de dados levantados em comunidades semelhantes à estudada; e, por fim, os métodos matemáticos, que estimam a população através de cálculos matemáticos, tendo como base parâmetros e dados já conhecidos como a população dos anos anteriores. Dentre os métodos matemáticos, destacam-se o aritmético e o geométrico, conforme as equações 7 e 8.

Aritmético:

$$Pf = P_0 + K_a \times (T - T_2) \quad (7)$$

Geométrico:

$$Pf = P_0 \times (1 + K)^{(T_2 - T_1)} \quad (8)$$

Onde:

$$K_a = \frac{P_1 - P_0}{T_2 - T_1}$$

K = taxa de crescimento geométrico

Pf = População a ser estimada para o ano futuro

P_0 = População inicial

P_1 = População actual

T = Tempo final

T_1 = tempo inicial

T_2 = Tempo actual

2.5.1 Capitação

É o volume de água que é atribuído a um indivíduo ou actividade, por dia. O artigo 14 do Capítulo III do Decreto nº30/2003, fornece os valores de capitações a serem usados para um projecto de abastecimento de água.

- ❖ 30 l/hab/dia em áreas abastecidas por fontanários;
- ❖ 50 l/hab/dia em áreas com torneiras no quintal;
- ❖ 80 l/hab/dia em áreas até 2000 habitantes, e com abastecimento domiciliário;
- ❖ 125 l/hab/dia em áreas com mais de 2000 habitantes, e com abastecimento domiciliário.

2.6. Horizonte de Projecto

Período utilizado no dimensionamento dos sistemas tendo em atenção factores técnico-económicos, financeiros e sociais tais como o período de vida útil das instalações e equipamentos, o ritmo de crescimento urbano e a facilidade de ampliação dos sistemas.

Para Tsutiya (2006), tanto em obras de abastecimento de água quanto nas de esgotamento, deve-se atentar durante a concepção do projecto para que o sistema venha atender a uma população sempre maior que a actual, geralmente adopta-se um horizonte de projecto que varia entre 20 e 30 anos, porém, o mais comum é adoptar 20 anos.

Essa medida é necessária para acompanhar o crescimento demográfico da região, pois, com o tempo, é natural que a população se modifique, tanto no crescimento populacional, quanto nos hábitos locais, devido ao aumento de renda dos moradores ou ao crescimento do comércio e da indústria local, tudo isso gera um aumento na demanda do consumo de água.

3. METODOLOGIA

A investigação científica depende de um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos para que os seus objectivos sejam alcançados. Com relação às escolhas metodológicas, podem ser utilizadas as seguintes categorias: classificação quanto ao objectivo da pesquisa, classificação quanto à natureza da pesquisa e já no que se refere às técnicas de pesquisa, pode ser utilizada a categoria a seguir: classificação quanto à técnica de colecta de dados.

3.1. Classificação quanto a finalidade da pesquisa

Toda pesquisa académica se destina a contribuir de alguma forma com o meio científico. E essa contribuição pode ser definida de duas formas em termos de finalidade: pesquisa básica e pesquisa aplicada.

No que se refere a finalidade da pesquisa, este trabalho enquadra-se na Pesquisa Aplicada, pois tem o intuito de produzir conhecimentos que possam ser aplicados efectivamente. Este tipo de pesquisa pode ser um complemento ou aprofundamento sobre um assunto já pesquisado por alguém, com ênfase em apresentar alternativas que contribuam em algum aspecto do seu objecto de estudo.

3.2. Classificação quanto aos objectivos da pesquisa

Quanto aos objectivos, uma pesquisa pode ser exploratória, descritiva ou explicativa. Neste contexto, a presente monografia enquadra-se na pesquisa exploratória, porque segundo Gil (2002, p. 41) Estas pesquisas têm como objectivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses.

A pesquisa exploratória é considerada uma pesquisa preliminar, mais superficial, que se caracteriza pela existência de poucos dados disponíveis. “Muitas vezes, por não ter clareza sobre um determinado problema, o pesquisador vale-se inicialmente desse tipo de pesquisa [...] Alguns autores a vêem como um estudo inicial para a realização de outro tipo de pesquisa” (Rodrigues, 2006, p. 90).

3.3. Classificação quanto a natureza da pesquisa

As pesquisas científicas podem ser classificadas, quanto à natureza, em três tipos básicos: qualitativa, quantitativa e um misto que resulta na combinação dos dois tipos.

Quanto a natureza da pesquisa, este trabalho enquadra-se na de pesquisa qualitativa pois segundo Triviños (1987), a abordagem de cunho qualitativo trabalha os dados buscando seu significado, tendo como base a percepção do fenômeno dentro do seu contexto. O uso da descrição qualitativa procura captar não só a aparência do fenômeno como também suas essências, procurando explicar sua origem, relações e mudanças, e tentando intuir as consequências.

3.4. Classificação quanto ao método de abordagem

Os métodos de abordagem referem-se ao plano geral do trabalho, a seus fundamentos lógicos e aos processos de raciocínio adotados.

Os métodos de abordagem proporcionam as bases lógicas da investigação vinculados a uma das correntes filosóficas que se propõem a explicar como se processa o conhecimento da realidade. São eles: método dedutivo, indutivo, hipotético-dedutivo e dialético.

Para o caso concreto deste trabalho foi usado o **método hipotético-dedutivo** - É aquele método considerado lógico, por excelência. Está historicamente relacionado com a experimentação, motivo pelo qual é bastante usado no campo das pesquisas das ciências naturais.

Não é fácil estabelecer a distinção entre o método hipotético-dedutivo e o indutivo, uma vez que ambos se fundamentam na observação.

A diferença é que o método hipotético-dedutivo não se limita à generalização empírica das observações realizadas, podendo-se, através dele, chegar à construção de teorias e leis. Assim, conforme Bunge (1974) citado por Lakatos e Marconi, (2006, p.99), tal método pressupõe a realização das seguintes etapas:

- ❖ 1ª etapa: colocação do problema (reconhecimento dos fatos; descoberta do problema; formulação do problema);
- ❖ 2ª etapa: construção de um modelo teórico - conjecturas (selecção dos factores pertinentes; invenção das hipóteses centrais e das suposições auxiliares);

- ❖ 3ª etapa: dedução de consequências observadas (procura de suportes racionais; procura de suportes empíricos);
- ❖ 4ª etapa: teste de hipóteses – tentativa de falseamento (esboço da prova; execução da prova; elaboração dos dados; inferência da conclusão); e
- ❖ 5ª etapa: adição ou introdução das conclusões na teoria – (quando não se consegue demonstrar qualquer caso concreto capaz de falsear a hipótese, tem-se a sua corroboração, que não excede o nível do provisório (comparação dos resultados da prova com as consequências deduzidas do modelo teórico; reajuste do modelo; e sugestão para trabalhos posteriores).

O modelo hipotético-dedutivo começou com a identificação de uma lacuna de conhecimento, a partir da qual o pesquisador formula hipóteses e, por meio do processo de inferência dedutiva, testa a predição da ocorrência de fenómenos abrangidos pela hipótese (Lakatos e Marconi, 1995, P. 106).

3.5. Classificação quanto aos procedimentos de pesquisa

Quanto aos procedimentos, técnicas ou tipos de pesquisa, as mais conhecidas são:

Estudo de caso; Pesquisa Documental; Pesquisa Bibliográfica; Levantamento; Ex-post facto; Pesquisa Participante; Pesquisa-acção; Pesquisa Etnográfica; Pesquisa Fenomenológica; Pesquisa experimental.

As técnicas de colecta de dados são um conjunto de regras ou processos utilizados por uma ciência, ou seja, corresponde à parte prática da colecta de dados (Lakatos e Marconi, 2001).

Durante a colecta de dados, diferentes técnicas podem ser empregadas, sendo mais utilizados: a entrevista, o questionário, a observação e a pesquisa documental.

No caso da presente monografia foi usada a Pesquisa bibliográfica. Em princípio, toda pesquisa tem um carácter bibliográfico em algum momento de sua concepção, mas existem trabalhos em que os dados provêm apenas ou prioritariamente das referências teóricas.

Muitas vezes a bibliografia da área temática apresenta divergências ou análises realizadas em diferentes perspectivas. Nestes casos, justifica-se recorrer à literatura e apontar os consensos e as divergências sobre um determinado fenómeno.

No dizer de Gil (1991), a pesquisa bibliográfica é um trabalho de natureza exploratória, que propicia bases teóricas ao pesquisador para auxiliar no exercício reflexivo e crítico sobre o tema em estudo. Em primeiro momento é bastante útil para aguçar a curiosidade do pesquisador e despertar inquietações sobre o tema a ser estudado.

Serve para ambientar o pesquisador com o conjunto de conhecimento sobre o tema. É a base teórica para o estudo, devendo, por isso, constituir leitura selectiva, analítica e interpretativa de livros, artigos, reportagens, textos da Internet, filmes, imagens e sons. O pesquisador deve buscar ideias relevantes ao estudo, com registro fidedigno das fontes.

Essas ideias relevantes devem ser registradas em forma de fichamento, ou seja, mediante catalogação do conteúdo importante para o trabalho. Deve conter cabeçalho, identificação do autor, título, editora e ano.

4. APRESENTAÇÃO DE DADOS

4.1. Caso de Estudo: Bairro de Natikiri, Cidade de Nampula.

O Município de Nampula, localiza-se na zona central da Província de Nampula e ocupa uma área de cerca de 404Km². O mesmo alberga uma população de 588.669 Habitantes, dos quais 297.197 Homens e 291.473 Mulheres, correspondendo a uma densidade populacional de 1.457.1 Hab/Km².

Ela situa-se aproximadamente no centro do espaço geográfico do distrito que leva o mesmo nome (Distrito de Nampula), um pouco deslocado para NE. De Este para Oeste tem uma extensão de 24.5km, entre os meridianos de 39°23'28' e 39°10'00'Este. No sentido Norte-Sul estende-se por 20.25km, desde a barragem do rio Monapo a uma latitude de 15°01'35'Sul até o riacho Muepelume, no paralelo 15°13'15'Sul.

Localizada no entroncamento da via-férrea de Nacala com os eixos rodoviários que da província da Zambézia e do litoral demandam o norte e o interior, o município de Nampula é atravessado pelo “Corredor do Desenvolvimento de Nacala (CDN)”, constituído pelos eixos ferro-rodoviários que ligam o litoral (porto de Nacala) e o interior do País com a República do Malawi.

Também é cruzado pelo eixo rodoviário centro-nordeste, vital para o desenvolvimento a norte do Rio Zambeze e que, a partir daqui se ramifica para norte (província de Cabo Delgado), para Ocidente (Província do Niassa) e para Oriente (Litoral). É esta localização que lhe confere o papel de centro económico e de ligação de todo o território a norte do rio Zambeze e, pelo que se lhe ajusta o título “capital do Norte”.

Administrativamente, o Município de Nampula está dividido em 18 bairros em 6 postos administrativos:

Tabela 3: Divisão administrativa do Município de Nampula

Posto Administrativo Municipal	Bairro
1. Central	1. Bombeiros
	2. Limoeiros
	3. 25 de Setembro
	4. Liberdade
	5. 1 de Maio
	6. Militar
2. Muatala	7. Muatala
	8. Mutauanha
3. Muhala	9. Muhala
	10. Muahivire
	11. Namutequeliua
4. Namicopo	12. Namicopo
	13. Mutava Rex
5. Napipine	14. Napipine
	15. Carrupeia
6. Naticiri	16. Naticiri
	17. Murrapaniua
	18. Marrere

(Fonte: Relatório da Análise Situacional, 2015)

4.1.1. Precipitação na cidade de Nampula

É considerado dia com precipitação aquele com precipitação mínima líquida ou equivalente a líquida de 1 milímetro. A probabilidade de dias com precipitação em Nampula varia acentuadamente ao longo do ano.

A estação de maior precipitação dura 4,2 meses, de 1 de dezembro a 7 de abril, com probabilidade acima de 41% de que um determinado dia tenha precipitação. O mês com maior número de dias com precipitação em Nampula é janeiro, com média de 23,9 dias com pelo menos 1 milímetro de precipitação.

A estação seca dura 7,8 meses, de 7 de abril a 1 de dezembro. O mês com menor número de dias com precipitação em Nampula é setembro, com média de 1,1 dia com pelo menos 1 milímetro de precipitação.

Dentre os dias com precipitação, distinguimos entre os que apresentam somente chuva, somente neve ou uma mistura de ambas. O mês com mais dias só de chuva em Nampula é janeiro, com média de 23,9 dias. Com base nessa classificação, a forma de precipitação mais comum ao longo do ano é de chuva somente, com probabilidade máxima de 79% em 21 de janeiro.

Figura 14: Probabilidade diária de precipitação em Nampula



(Fonte: <https://pt.weatherspark.com/y/101091/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Nampula-Mo%C3%A7ambique-durante-o-ano#Figures-PrecipitationProbability>)

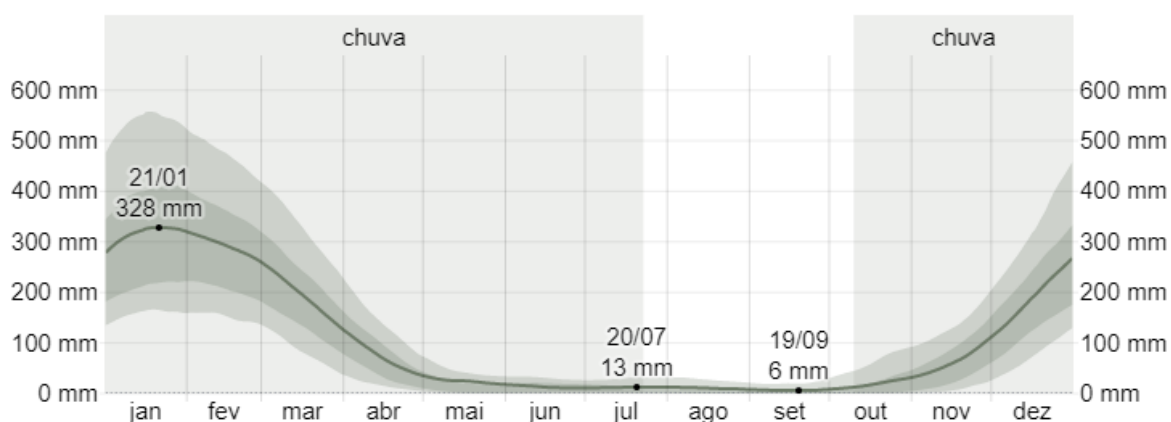
4.1.2. Chuva

Para demonstrar a variação entre os meses e não apenas os totais mensais, mostramos a precipitação de chuva acumulada durante um período contínuo de 31 dias ao redor de cada dia do ano. Nampula tem variação sazonal extrema na precipitação mensal de chuva.

O período chuvoso do ano dura 9,4 meses, de 10 de outubro a 22 de julho, com precipitação de chuva de 31 dias contínuos mínima de 13 milímetros. O mês mais chuvoso em Nampula é janeiro, com média de 326 milímetros de precipitação de chuva.

O período sem chuva do ano dura 2,6 meses, de 22 de julho a 10 de outubro. O mês menos chuvoso em Nampula é setembro, com média de 6 milímetros de precipitação de chuva.

Figura 15: Chuva mensal média em Nampula



(Fonte: <https://pt.weatherspark.com/y/101091/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Nampula-Mo%C3%A7ambique-durante-o-ano#Figures-Rainfall>)

4.1.3. Historial do Abastecimento de água na cidade de Nampula

A barragem de Nampula localiza-se no rio Monapo, a cerca de 10 km a norte de Nampula, e foi construída entre 1958 e 1959, para assegurar o abastecimento de água à cidade de Nampula.

Em Junho de 2007, existiam 7118 ligações domésticas na cidade. Utilizando a média de pessoas por agregado familiar e uma população de 478.000 (INE - III RGPH 2007, resultados preliminares), calcula-se que, 37.725 pessoas (7.90% da população) têm acesso a água canalizada em casa ou no quintal. (Ambiental, 2009)

O sistema de abastecimento de água não funciona 24 horas ao dia e em certos bairros ficam semanas sem o precioso líquido. Há uma grande procura para ligações domiciliária de água. Contudo, de acordo com os líderes comunitários entrevistados, o processo de obtenção de uma ligação é muito burocrático e moroso. Outro problema enfrentado pelos consumidores é o roubo de contadores de água.

Em Junho de 2007, 144 fontanários estavam em funcionamento na cidade, principalmente nos bairros a norte e oeste da zona de cimento e tendo como base que cada fontanário deve servir 500 pessoas, calcula-se que 72.000 pessoas (15.07% da população) tem acesso a água canalizada através dos fontanários.

Em resumo, cerca de 23% da população tem acesso a água potável canalizada (7.9% com ligações domésticas e 15.1% nos fontanários). (Ambiental, 2009)

A maior parte da população, que não tem acesso a água canalizada, usa água de poço, ou mesmo água dos rios e riachos, que são altamente poluídos com efluentes e resíduos sólidos.

Os poços tradicionais são descritos como:

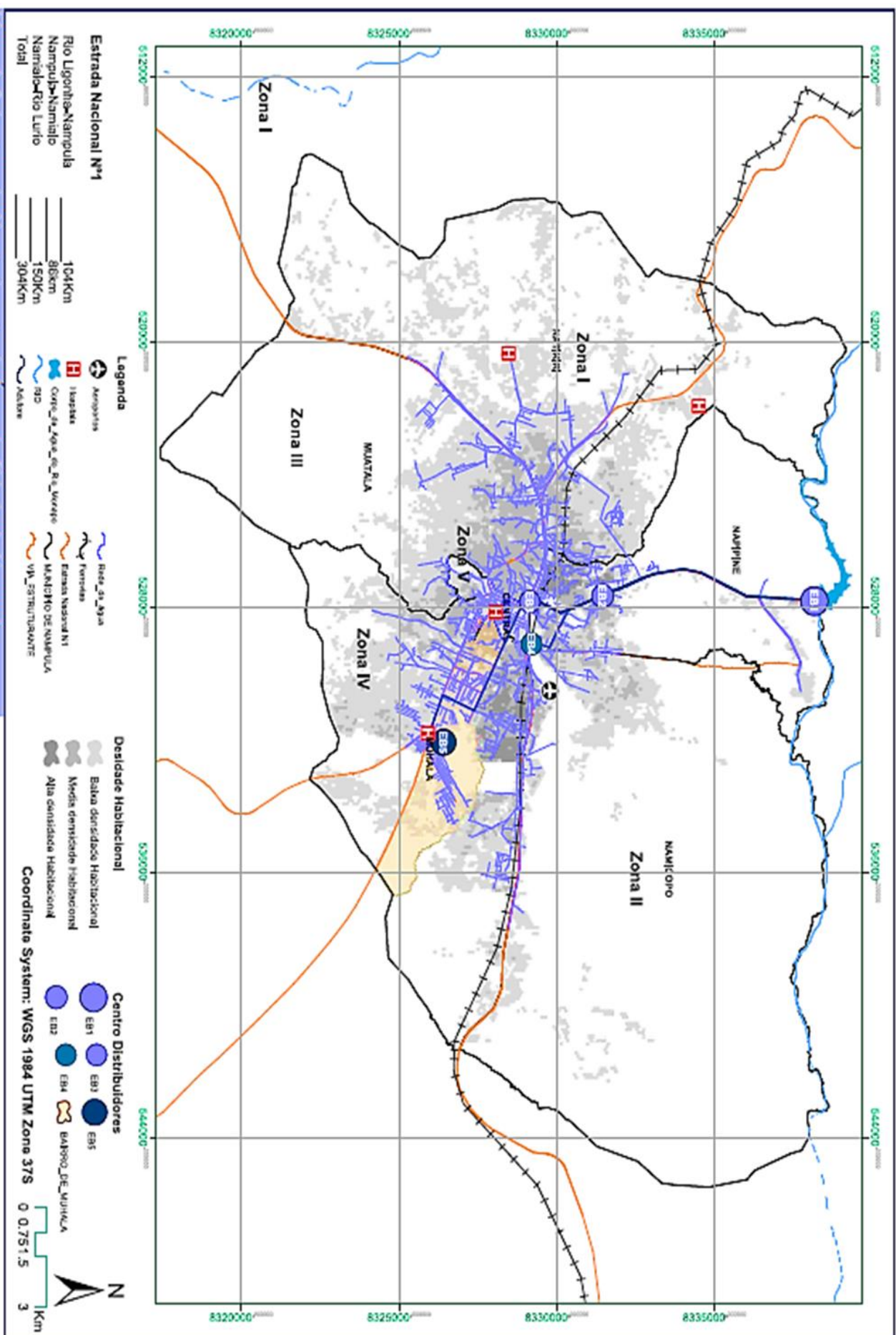
1) “Simples buracos de profundidade sempre inferior a 1 metro, de bordos irregulares e sem tampa ou qualquer tipo de protecção, cavados na margem dos rios e, na época seca, no próprio leito dos rios”. Dada a sua superficialidade e configuração estão expostos a:

- Incorporação de água dos riachos sem um mínimo de filtração para a redução do teor de bactérias o que implica uma qualidade muito baixa e um grande risco para a saúde do consumidor;
- Contaminação directa caracterizada pela entrada de detritos, poeiras e mesmo animais ou pessoas.”

2). “Poços que podem ser encontrados no interior dos bairros, mais afastados dos riachos, apresentam em alguns casos uma elevação de cerca de 25 centímetros em relação ao nível do solo, garantida pela instalação de um pneu de camião ou automóvel. Tais poços são em alguns casos cobertos com uma tampa metálica que é removida e colocada sobre o solo quando a população pretende ter acesso à água da fonte.

Os problemas de abastecimento de água não se limitam às habitações mas também fazem-se sentir nos edifícios dos equipamentos sociais, como escolas e unidades sanitárias A situação de água é especialmente crítica nas escolas primárias, e apenas 2 das 17 Escolas Primárias (12%) e 12 das 31 Escolas Primárias Completas (39%) têm água canalizada.

Nos mercados, onde muita comida é confeccionada e vendida, a situação é semelhante e apenas 8 dos 33 mercados (24%) têm água canalizada. (Ambiental, 2009)



Mapa 1: Cobertura de Abastecimento de Água da Cidade de Nampula

4.1.4.2. Mobilidade

O bairro é atravessado perifericamente por três vias estruturantes do município, a Estrada Nampula-Cuamba, no sentido Este-Norte, a EN8, e a via que parte da EN8 ao Hospital de Marrere (Rua 232). Por estes circulam todos tipos de veículos. Os transportes públicos e semi-colectivos de passageiros, circulam ao longo da Estrada Nampula-Cuamba e a Rua 232. Já os transportes de cargas até de altas toneladas circulam ao longo das Estrada Nampula-Cuamba e a EN8.

Dentro do bairro, devido a falta de vias de acesso e as construções não ordenadas, há circulação de pedestres apenas, com excepção nas unidades de Teacane A, Teacane B, onde é possível a circulação pessoas e veículos automóveis.

4.1.4.3. Abastecimento de água

É garantido pela rede pública (passa apenas uma linha ao longo de uma das vias que atravessa a UC de Pedreira) e por 18 fontenários operacionais distribuídos ao longo das unidades comunais, sendo 1 fontenário na UC de Pedreira e 3 fontenários na UC de Muepelume. Os outros não foram identificados a sua distribuição.

É ainda suprido a partir de furos feitos pela população em alguns pontos onde convém - em grande parte nas proximidades dos riachos. Os furos chegam a ter no máximo 2 metros de profundidades e um raio de 1.5 metros, devido a natureza do solo que é arenoso.

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

O dimensionamento do sistema de abastecimento de água proposto para o bairro de Natikiri é constituído por adutora de água tratada, reservação, sistema elevatório de água tratada e a rede de distribuição.

5.1. Adutora de Água Tratada (AAT)

1. População

Dados	Habitantes	
$T_1 - 2007$	$P_1 = P_0 \times (1 + K)^{T_2 - T_1}$	$P_1 = 25.525 \text{ hab.}$
$T_2 - 2021$	$P_2 = P_1 \times (1 + K)^{T_3 - T_2}$	$P_2 = 32.356 \text{ hab.}$
$T_3 - 2031$	$P_f = P_2 \times (1 + K)^{T - T_3}$	$P_f = 41.016 \text{ hab.}$
$T - 2041$ (ano horizonte)		
$P_0 - 18.314 \text{ hab.}$		
Taxa de Crescimento - 2,4% (Banze, 2015)		

Vazão da adutora de água tratada

$$\bar{Q} = \frac{P \cdot q}{86400} \quad Q_{AAT} = \frac{\bar{Q} \cdot K_1 \cdot 24}{t} + Q_s$$
$$\bar{Q} = \frac{41016 \times 125}{86400} \quad Q_{AAT} = \frac{59,34 \times 1,2 \times 24}{86400} + 0$$
$$\bar{Q} = 59,34 \text{ l/s} \quad Q_{AAT} = 0,0197 \text{ l/s}$$

Diâmetro da adutora de Água Tratada

$$D = K \sqrt{Q_{AAT}} \quad D = 1,2 \sqrt{0,0197} \quad D = 168 \text{ mm} \sim 200 \text{ mm}$$

\bar{Q} = vazão média, em l/s;

P = população da área abastecida; em hab;

q = consumo médio diário *per capita*, em L/hab/dia;

Q_{AAT} = vazão da adutora de água tratada, em l/s;

K = Coeficiente de custo de investimento x custo operacional (de 0,9 a 1,2)

Para realizar a adução (condução) de água tratada retirada da EB3 (Estação de Bombeamento) da FIPAG localizado na Sipla (Cidade de Nampula) foi adoptada uma tubulação com diâmetro comercial de 200 mm do material PVC para conduzir a água até ao reservatório.

5.2. Reservação

2. Caudais de consumo e Capacidade dos Reservatórios

Dados	Consumo Diário	Vazão de projecto
$q = 125 \text{ l/hab/dia}$	$Cd = q \times P_f$	$Q = \frac{Cd \times K_1 \times K_2}{3600 \times h}$
$P_f = 41\ 016 \text{ hab.}$	$Cd = 125 \times 41\ 016$	$Q = \frac{5127 \times 1,2 \times 1,5}{3600 \times 24}$
$K_1 = 1,2$	$Cd = 5127 \text{ m}^3/\text{dia}$	$Q = 0,107 \text{ m}^3/\text{s}$
$K_2 = 1,5$		

Para reservação do volume de água tratada na EB3 que será posteriormente distribuído para a população do bairro de Natitiki serão utilizados reservatórios de jusante, tendo suas normas de concepção e operação orientadas na NBR 12217/94 (Projecto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público).

Para determinar o volume armazenado foram utilizadas recomendações de Azevedo Netto e Fernández (2017), o qual prevê o volume armazenado, em metros cúbicos, como sendo 1/10 da vazão de captação. Desse modo, foi determinado o volume total de armazenamento, para 2041, igual a 5127 m^3 .

Vale ressaltar que não será incorporado neste volume a reservação de incêndio visto que durante o processo de dimensionamento deste reservatório já fora utilizado o coeficiente k_2 (1,5) para corrigir o volume reservado que estará apto a suportar eventual ocorrência de incêndio.

5.2.1. Dimensionamento dos reservatórios

Reservatório Elevado

$$RE = Cd \times 10\%$$

$$RE = 5127 \times 0,10$$

$$RE = 513 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Reservatório Semi-Enterrado

$$RSE = Cd - RE$$

$$RSE = 5127 - 513$$

$$RSE = 4614 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Fica determinado a utilização de dois reservatórios dentro dos limites da estação de tratamento de água, estando um elevado e o outro semi-enterrado. Por motivos estéticos e económicos o reservatório superior deverá apresentar um volume de armazenamento de 513 m³, estando o restante do volume no reservatório inferior, ou seja, 4614 m³. Vale ressaltar que esses valores ultrapassam os valores calculados para que se facilitasse o dimensionamento dos mesmos (diâmetro).

Objectivando seguir os critérios de dimensões económicas de construção dos reservatórios, fora utilizada a forma cilíndrica de concreto armado para o superior, o qual teve sua altura igual a 7 metros e diâmetro de 10 metros. Desta forma, deverá comportar aproximadamente 513 m³. Após a realização do dimensionamento com base no software, chegou-se à conclusão de que o reservatório elevado deve possuir cerca de 24 metros de altura em relação ao nível do solo podendo variar com base na topografia do terreno.

Para o reservatório semi-enterrado, fora definido a forma rectangular também de concreto armado, no qual determinou-se que as dimensões da base terão 25 m x 17 m de comprimento e 5 metros de altura para baixo nível do terreno e 6 metros acima do nível do terreno, necessários para comportar 4614 m³ de água.

5.3. Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT)

Após a chegada no reservatório semi-enterrado, é desenvolvido uma nova linha de recalque na chamada estação elevatória de água tratada recalçando esta água do reservatório semi-enterrado de 4614 m³ para o reservatório elevado de 513 m³ existente na área do tratamento. Deve ser utilizado um sistema conjunto de duas bombas (uma reserva) operando na forma de 1 + 1 (reserva).

5.3.1. Potência da bomba

Dados

Tipo de bomba - NK

$$\gamma = 1000 \text{ kgf/m}^3$$

$$Q = 0,107 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_m = 24 \text{ m}$$

$$n = 75\%$$

Cálculo da Potência da Bomba

$$P = \frac{\gamma * Q * H_m}{75n}$$

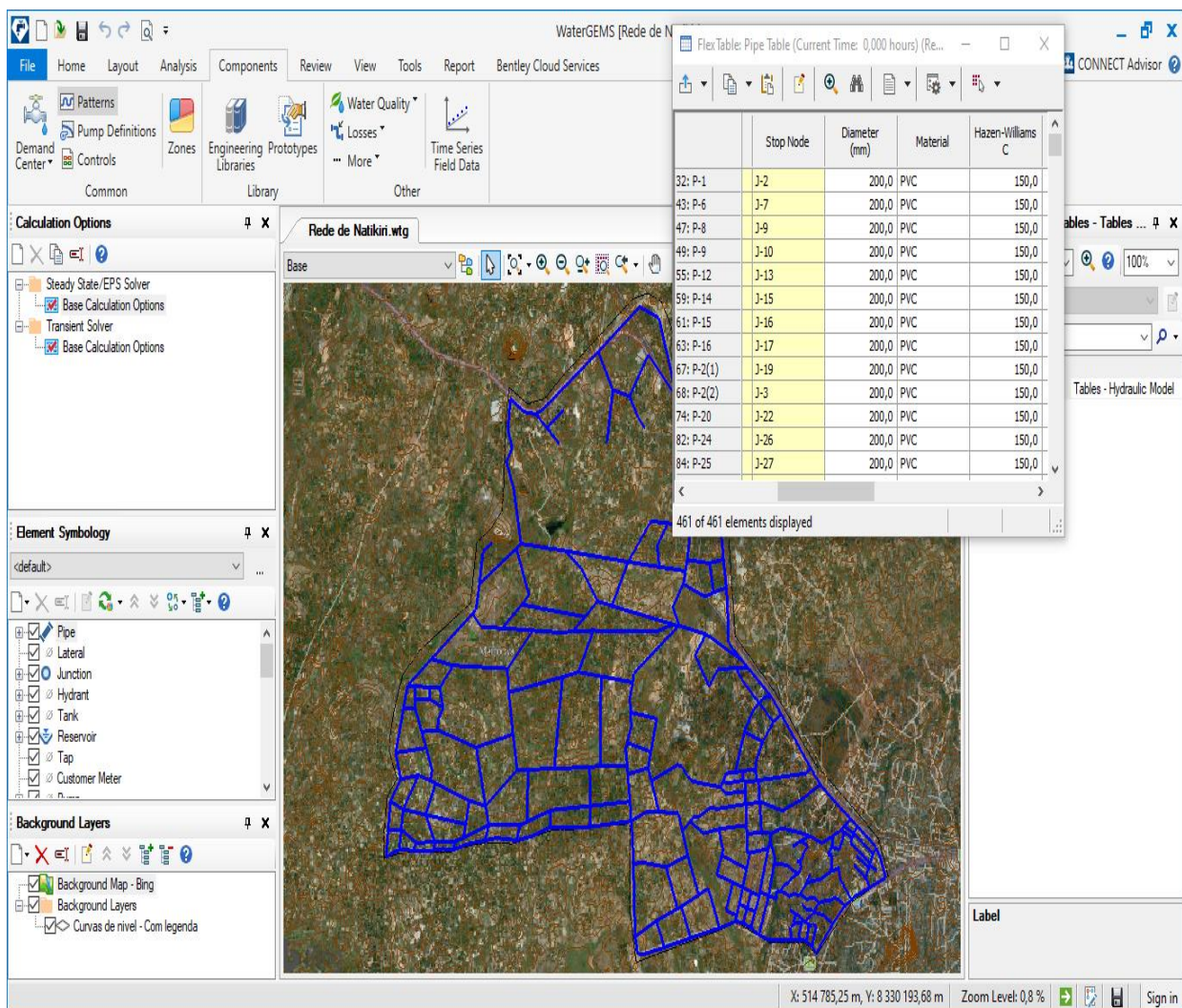
$$P = \frac{1000 * 0,107 * 24}{75 * 0,75}$$

$$P = 45,65CV$$

5.4. Distribuição

Para o dimensionamento da rede de distribuição de água no bairro do Naticiri foi utilizado o *software* Watergems tendo a área de influência sobre todo o bairro. Desse modo, foram desenvolvidas plantas, do bairro em questão, utilizando o *software* AutoCad, Google Earth Pro e GlobalMapper a fim de pontuar especificações da rede e sua configuração no próprio bairro. Os passos para o dimensionamento são apresentados a seguir:

Figura 17: Introdução dos dados de entrada no software Watergems



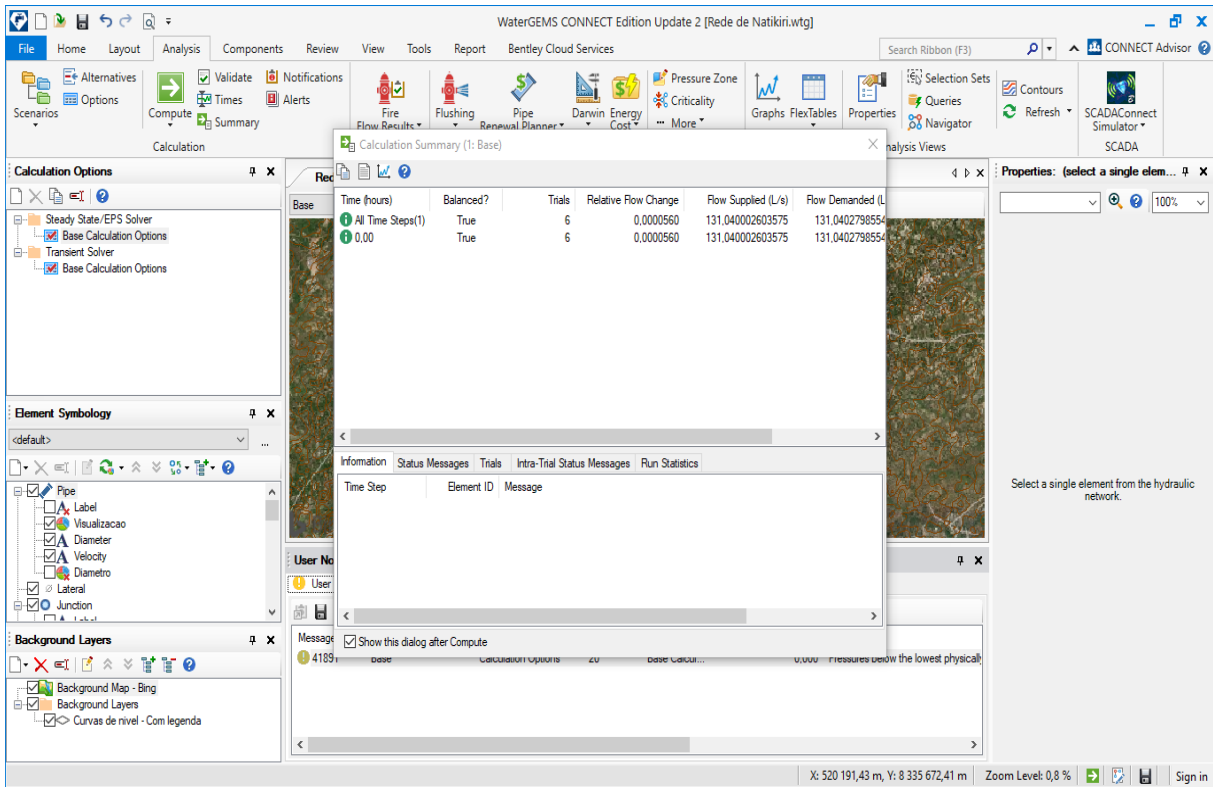
The screenshot displays the WaterGEMS software interface. The main window shows a network map overlaid on a satellite image of the Naticiri neighborhood. The network is represented by blue lines connecting various nodes. On the right side, a 'Flex Table: Pipe Table' is open, displaying a list of pipe segments with their respective properties. The table includes columns for Stop Node, Diameter (mm), Material, and Hazen-Williams C. The data is as follows:

	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C
32: P-1	J-2	200,0	PVC	150,0
43: P-6	J-7	200,0	PVC	150,0
47: P-8	J-9	200,0	PVC	150,0
49: P-9	J-10	200,0	PVC	150,0
55: P-12	J-13	200,0	PVC	150,0
59: P-14	J-15	200,0	PVC	150,0
61: P-15	J-16	200,0	PVC	150,0
63: P-16	J-17	200,0	PVC	150,0
67: P-2(1)	J-19	200,0	PVC	150,0
68: P-2(2)	J-3	200,0	PVC	150,0
74: P-20	J-22	200,0	PVC	150,0
82: P-24	J-26	200,0	PVC	150,0
84: P-25	J-27	200,0	PVC	150,0

The interface also shows various toolbars and panels, including 'Calculation Options', 'Element Symbology', and 'Background Layers'. The status bar at the bottom indicates the current coordinates (X: 514 785,25 m, Y: 8 330 193,68 m) and a zoom level of 0,8 %.

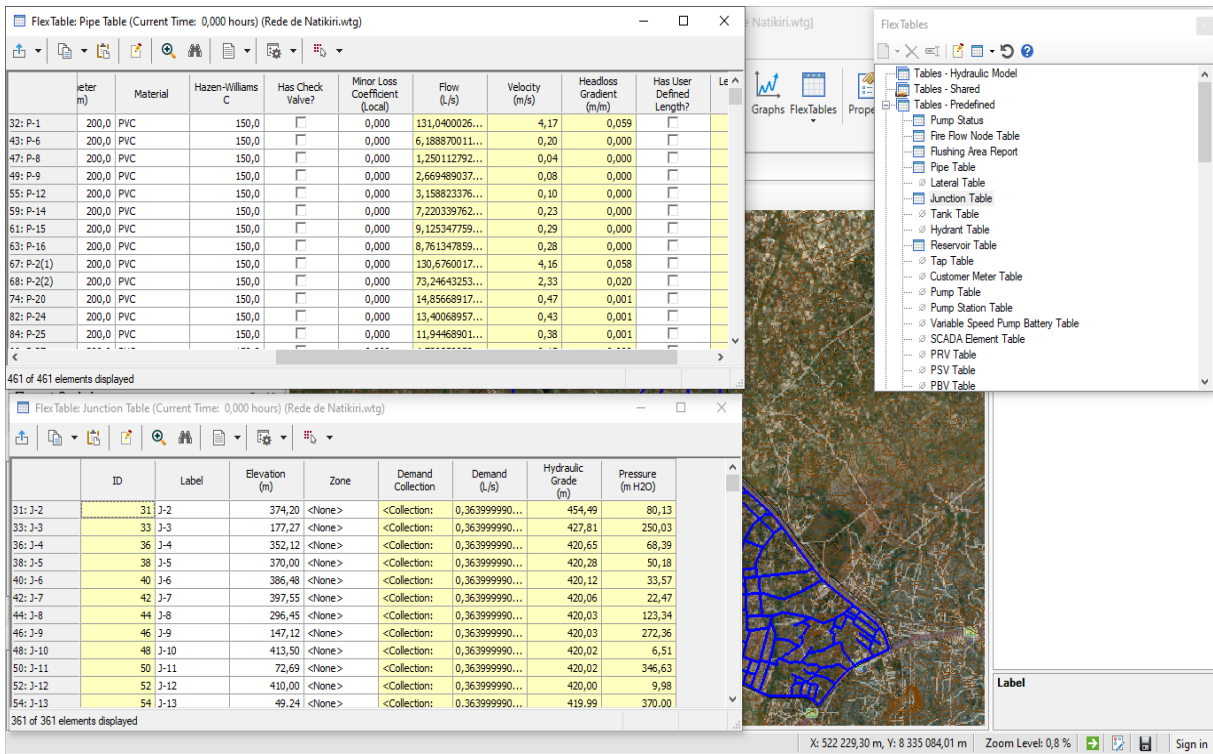
Fonte: Autor (2022)

Figura 18: Análise de dados introduzidos no Watergems



Fonte: Autor (2022)

Figura 19: Apresentação de Resultados no Watergems



Fonte: Autor (2022)

CONCLUSÕES

Com base nos dados apresentados durante esta pesquisa, conclui-se a comunidade rural do Bairro de Natikiri sempre sofreu com a deficiência no acesso à água potável. Face ao problema exposto, tem-se que o dimensionamento e a instalação de um sistema de distribuição de água, utilizando a EB3 da FIPAG para abastecer a rede, aliviará os problemas enfrentados diariamente pelos membros daquela região.

Após o dimensionamento realizado neste trabalho, chegou-se a resultados satisfatórios, visto que uma vez correctamente dimensionada, a rede de distribuição de água projectada garante o atendimento a toda a população do bairro em questão. Tal fato é de grande relevância para este trabalho, já que grande parte da população do bairro não é atendida pela rede de abastecimento actual devido esta não chegar até essas pessoas. Dessa forma, essa população passaria a receber água com qualidade e não mais tendo que se preocupar em fazer perfurações de poços subterrâneos, ou então utilizar a água do rio para satisfazer suas necessidades.

Analisando os dois métodos considerados clássicos (nodal com convergência por iteração de pressão e nodal com convergência por Newton-Raphson), o segundo mostra-se mais importante, tanto pela velocidade de convergência como pela quantidade de condições de contorno que pode trabalhar. No entanto, por requerer cálculos matemáticos mais elaborados e cansativos, deve ser leccionado de forma a transmitir-se apenas os seus fundamentos, sendo que os cálculos devem ser realizados por programas, tais como o Watergems.

O *software* desenvolvido pela Bentley mostrou-se uma ferramenta rápida e de grande auxílio no dimensionamento de redes de água potável. Deve ser um importante aliado ao estudante de Engenharia no decorrer do aprendizado, pois permite que tenha uma visão mais rápida e esclarecedora de vários instrumentos (como as válvulas, as bombas, etc.) quando utilizados em conjunto em uma rede.

O Autor considera terem sido alcançados os objectivos propostos no presente trabalho tendo em conta que foi possível atender a Hipótese 02, pois chegou-se a concluir que o correcto dimensionamento e implantação de um sistema de abastecimento com bases nos princípios e métodos adequados os problemas de abastecimento serão eliminados, podendo resultar assim na redução e maior controle de doenças de origem hídrica.

SUGESTÕES

Com base no estudo que foi destacado no presente trabalho, referente ao dimensionamento de sistema de abastecimento de água destinado ao Bairro de Natikiri na Cidade de Nampula, achou-se importante deixar algumas sugestões:

- ❖ Estudos mais detalhados: sugere-se um Projecto executivo contendo todas de informações necessárias e suficientes para que este dimensionamento seja implantado no terreno incluindo também a elaboração de cálculos estruturais contendo os detalhes dos reservatórios;
- ❖ Estudo de implantação de bombas e válvulas redutoras para diminuição das variações de pressão: Aplicar testes no modelo hidráulico com intuito de dimensionar bombas que atendam as áreas de abrangência operando com a vazão e pressão ideal no caso dos trechos que antecedem aos nós cuja a pressão seja inferior a 10 m.c.a. e válvula redutora de pressão nos trechos que antecedem aos nós cuja a pressão seja superior a 50 m.c.a.
- ❖ Revisão de setorização: Realizar estudos para avaliar a possibilidade da realização de novos setores, com a finalidade de reduzir as pressões altas em certos pontos da rede, reduzir o número de bombas e otimizar a utilização dos reservatórios;

BIBLIOGRAFIA

- ARAÚJO, M. M. (2005). **Cidade de Nampula: a Rainha do Norte de Moçambique**. Lisboa.
- BARROSO, M. E. (1994). **Dicionário Aurélio Eletrônico**. Nova Fronteira.
- HAMMER, M. (1979). **Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotos**. Rio de Janeiro: LTC Editora S.A.
- LENCASTRE, A. (1996). **Hidráulica Geral**. Lisboa.
- NEVES, E. (1974). **Curso de Hidráulica** (4° ed.). Porto Alegre: Editora Globo.
- OLIVEIRA, W. e. (1978). **Técnica de Abastecimento de Água** (2° ed.). São Paulo: CETESB.
- PIMENTA, C. (1977). **Curso de Hidráulica Geral** (3° ed.). São Paulo: Centro Tecnológico de Hidráulica.
- VICTORINO, C. J. (2007). **Planeta Água Morrendo de Sede uma Visão Analítica na Metodologia do Uso e Abuso dos Recursos Hídricos** (1° ed.). Porto Alegre: EDIPURS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M. (2019). **Meio Ambiente » Ciclo hidrológico: as etapas e a importância do ciclo da água**. Acesso em 2022, disponível em: (<https://agro20.com.br/ciclo-hidrologico/>)
- AMBIENTAL, M. P. (2009). **Relatório do Estado do Ambiente**. Nampula: Centro de Desenvolvimento Sustentável para as Zonas Urbanas.
- BANZE, A. (12 de Abril de 2015). **Relatório da Análise Situacional. Análise Situacional Nampula**, pp. 1-2. Acesso em 13 de Janeiro de 2021
- BAPTÍSTA, M. B., & Coelho, M. M. (2014). **Fundamentos de Engenharia Hidráulica** (3° ed.). Belo Horizonte: UFMG.
- BARROS, R. T. (1995). **Saneamento**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG.

- BRASIL ESCOLA. (2021). Brasil Escola. Acesso em 07 de Julho de 2021, disponível em Brasil Escola: <https://m.brasilecola.uol.com.br/geografia/aguas-subterraneas.htm>
- DECRETO Nº30/2003. (s.d.). **Regulamento de Sistemas Públicos de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais.**
- FILHO, C. F. (s.d.). **Abastecimento de Água.** Campina Grande – PB: Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.
- GIL, A. C. (2002). **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4ª Edição SÃO PAULO: EDITORA ATLAS S.A.
- GIROL, G. V. (2008). **Monografia (formação Engenharia Sanitária e Ambiental). Análise de perdas reais em um setor do sistema de abastecimento de água no município de capinzal.** Capinzal, Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina.
- GUIMARÃES, CARVALHO, & SILVA. (2007). **Saneamento Básico.**
- HELLER, L., & PÁDUA, V. L. (2006). **Abastecimento de Água para Consumo Humano.** Belo Horizonte: UFMG.
- LIMA, E. G. (2009). **Trabalho apresentado na disciplina de recursos hídricos - Curso de Mestrado de Engenharia Civil e Ambiental. Adutoras de água bruta e de água tratada.** João Pessoa: Universidade Federal do Paraíba.
- MARCONI, M. D., & LAKATOS, E. M. (2003). **Fundamentos de metodologia Científica** (5º ed.). São Paulo: Editora Atlas S.A.
- MARTINS, T. J. (2014). **Sistemas de Abastecimento de Água para Consumo.** Bragança.
- MASCARÓ, J. (2005). **Infraestrutura urbana.** Porto Alegre.
- MATSINHE, N., & RIETVELD, L. (1992). **Abastecimento De Água.** Maputo: Uem.
- NBR 12215. (1991). **Projeto de adutoras de água para o abastecimento público.**
- NBR 12217. (1994). **Projeto de reservatório de distribuição de água para o abastecimento público.**

- NBR 12218. (2017). **Projeto de rede de distribuição de água para o abastecimento público.**
- NETTO, J. M. A (1998). **Manual de Hidráulica** (8ª ed.). São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda.
- NETTO, J. M. A, & Fernández, M. F. (2017). **Manual de Hidráulica** (9º ed.). São Paulo: Blucher.
- PORTO, R. D. (2006). **Hidráulica Básica** (4º ed.). São Paulo: EESC-USP.
- REGO, P. (2004). **Guia Ambidata para Sistemas de Tratamento de Água para Consumo Humano.** Porto: Ambidata, Lda.
- RODRIGUES, D. (2006). **Inclusão e Educação_doze olhares sobre a Educação Inclusiva.** São Paulo: Sammus Editorial, Lda.
- SILVA, J. F., VIEIRA, J. M., & HAIE, N. (2003). **Dimensionamento Otimizado de Sistemas Adutores Elevatórios de Água Uma ferramenta essencial para o planejamento e gestão dos sistemas de abastecimento de água Engenharia Civil.** UM.
- TARSO, S., & PIMENTEL, H. (2009). **Macromedição.** (3º ed.). Paraíba.
- TRIVIÑOS, A. (1987). **Introdução á pesquisa em ciencias sociais.** São Paulo: Atlas S.A.
- TSUTIYA, M. T. (2006). **Abastecimento de Água** (3º ed.). São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- TSUTIYA, M. T. (2008). **Gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org).** Salvador: ReCESA.
- UNICEF. (2016). **Unicef Para cada criança.** Acesso em 05 de Julho de 2021, disponível em UNICEF Mozambique: www.unicef.org

APÊNDICES

Apêndice 1: Rede de abastecimento do bairro de Naticiri

Apêndice 2: Tabela de tubulação da rede

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-1	179	R-1	J-2	200,0	PVC	150,0	131	4,17	0,059
P-2(1)	362	J-2	J-19	200,0	PVC	150,0	131	4,16	0,058
P-2(2)	280	J-19	J-3	200,0	PVC	150,0	73	2,33	0,020
P-3(2)	493	J-91	J-4	200,0	PVC	150,0	19	0,61	0,002
P-4(1)	258	J-4	J-79	200,0	PVC	150,0	10	0,32	0,001
P-6	294	J-6	J-7	200,0	PVC	150,0	6	0,20	0,000
P-7(1)	320	J-7	J-55	200,0	PVC	150,0	3	0,11	0,000
P-7(2)	293	J-55	J-8	200,0	PVC	150,0	2	0,05	0,000
P-8	233	J-8	J-9	200,0	PVC	150,0	1	0,04	0,000
P-9	212	J-9	J-10	200,0	PVC	150,0	3	0,08	0,000
P-10(1)	15	J-10	J-59	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-10(2)	208	J-59	J-11	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-11(1)	144	J-11	J-61	200,0	PVC	150,0	2	0,06	0,000
P-11(2)	155	J-61	J-12	200,0	PVC	150,0	4	0,11	0,000
P-12	157	J-12	J-13	200,0	PVC	150,0	3	0,10	0,000
P-13(1)	260	J-13	J-63	200,0	PVC	150,0	5	0,15	0,000
P-13(2)(1)	296	J-63	J-67	200,0	PVC	150,0	4	0,14	0,000
P-13(2)(2)	183	J-67	J-14	200,0	PVC	150,0	8	0,24	0,000
P-14	342	J-14	J-15	200,0	PVC	150,0	7	0,23	0,000
P-15	249	J-15	J-16	200,0	PVC	150,0	9	0,29	0,000
P-16	331	J-16	J-17	200,0	PVC	150,0	9	0,28	0,000
P-17(1)	655	J-17	J-72	200,0	PVC	150,0	9	0,30	0,000
P-17(2)	695	J-72	J-18	200,0	PVC	150,0	14	0,45	0,001
P-18(1)	730	J-19	J-100	200,0	PVC	150,0	57	1,82	0,013
P-18(2)	91	J-100	J-20	200,0	PVC	150,0	41	1,29	0,007
P-20	181	J-21	J-22	200,0	PVC	150,0	15	0,47	0,001
P-24	198	J-25	J-26	200,0	PVC	150,0	13	0,43	0,001
P-25	155	J-26	J-27	200,0	PVC	150,0	12	0,38	0,001
P-26(1)	1 092	J-27	J-144	200,0	PVC	150,0	12	0,37	0,001
P-27	342	J-28	J-29	200,0	PVC	150,0	5	0,15	0,000
P-28	796	J-29	J-30	200,0	PVC	150,0	4	0,14	0,000
P-29(1)	303	J-30	J-153	200,0	PVC	150,0	4	0,13	0,000
P-29(2)	106	J-153	J-31	200,0	PVC	150,0	8	0,24	0,000
P-30	406	J-31	J-32	200,0	PVC	150,0	7	0,23	0,000
P-33(1)	260	J-34	J-128	200,0	PVC	150,0	6	0,19	0,000
P-33(2)(1)(2)	315	J-133	J-130	200,0	PVC	150,0	8	0,24	0,000
P-33(2)(2)	173	J-130	J-35	200,0	PVC	150,0	15	0,47	0,001
P-34	434	J-35	J-36	200,0	PVC	150,0	14	0,45	0,001
P-35(1)	298	J-36	J-39	200,0	PVC	150,0	14	0,44	0,001
P-35(2)(1)	131	J-39	J-230	200,0	PVC	150,0	21	0,68	0,002
P-35(2)(2)(1)	491	J-230	J-231	200,0	PVC	150,0	16	0,52	0,001
P-35(2)(2)(2)	38	J-231	J-37	200,0	PVC	150,0	8	0,24	0,000
P-36(1)(1)	222	J-37	J-222	200,0	PVC	150,0	7	0,23	0,000
P-36(1)(2)	777	J-222	J-195	200,0	PVC	150,0	9	0,30	0,000
P-36(2)	237	J-195	J-38	200,0	PVC	150,0	10	0,32	0,001
P-37	661	J-39	J-40	200,0	PVC	150,0	-8	0,25	0,000
P-38(1)(2)	11	J-122	J-44	200,0	PVC	150,0	-12	0,38	0,001
P-38(2)(1)	100	J-44	J-97	200,0	PVC	150,0	-20	0,64	0,002
P-38(2)(2)(1)	1 031	J-97	J-136	200,0	PVC	150,0	-12	0,39	0,001
P-38(2)(2)(2)	242	J-136	J-41	200,0	PVC	150,0	-20	0,63	0,002
P-39	450	J-41	J-42	200,0	PVC	150,0	-10	0,33	0,001
P-40	333	J-42	J-43	200,0	PVC	150,0	-11	0,34	0,001
P-41	738	J-43	J-20	200,0	PVC	150,0	-25	0,80	0,003
P-42	911	J-44	J-45	200,0	PVC	150,0	8	0,24	0,000
P-43(1)	97	J-45	J-103	200,0	PVC	150,0	7	0,23	0,000
P-43(2)	171	J-103	J-46	200,0	PVC	150,0	14	0,45	0,001
P-44(1)	167	J-46	J-183	200,0	PVC	150,0	14	0,44	0,001
P-44(2)	150	J-183	J-47	200,0	PVC	150,0	7	0,24	0,000
P-45(1)	197	J-47	J-185	200,0	PVC	150,0	7	0,23	0,000
P-45(2)	68	J-185	J-48	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-47(1)(1)	184	J-48	J-106	200,0	PVC	150,0	2	0,06	0,000
P-47(1)(2)(1)	97	J-106	J-179	200,0	PVC	150,0	13	0,41	0,001
P-47(1)(2)(2)	304	J-179	J-70	200,0	PVC	150,0	7	0,24	0,000
P-47(2)	216	J-70	J-18	200,0	PVC	150,0	18	0,56	0,001
P-48(1)	237	J-26	J-52	200,0	PVC	150,0	1	0,03	0,000
P-48(2)	279	J-52	J-51	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-49	339	J-52	J-53	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-50(1)	221	J-9	J-56	200,0	PVC	150,0	-2	0,06	0,000
P-50(2)	223	J-56	J-54	200,0	PVC	150,0	-4	0,11	0,000
P-51	228	J-54	J-7	200,0	PVC	150,0	-2	0,08	0,000

Label	▲	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-50(2)		223	J-56	J-54	200,0	PVC	150,0	-4	0,11	0,000
P-51		228	J-54	J-7	200,0	PVC	150,0	-2	0,08	0,000
P-52		217	J-55	J-56	200,0	PVC	150,0	1	0,05	0,000
P-53		290	J-56	J-57	200,0	PVC	150,0	3	0,09	0,000
P-54(1)		307	J-57	J-60	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-54(2)		341	J-60	J-58	200,0	PVC	150,0	3	0,10	0,000
P-55		104	J-57	J-59	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-56		93	J-60	J-61	200,0	PVC	150,0	2	0,06	0,000
P-57(1)		137	J-58	J-64	200,0	PVC	150,0	1	0,03	0,000
P-58		108	J-58	J-13	200,0	PVC	150,0	2	0,06	0,000
P-59(1)		157	J-64	J-74	200,0	PVC	150,0	-4	0,12	0,000
P-59(2)		262	J-74	J-65	200,0	PVC	150,0	-2	0,05	0,000
P-60		276	J-65	J-66	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-61		219	J-66	J-62	200,0	PVC	150,0	7	0,23	0,000
P-62		175	J-62	J-67	200,0	PVC	150,0	4	0,12	0,000
P-63		517	J-62	J-68	200,0	PVC	150,0	8	0,24	0,000
P-64		172	J-68	J-15	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-65(1)		131	J-68	J-116	200,0	PVC	150,0	5	0,16	0,000
P-65(2)		415	J-116	J-69	200,0	PVC	150,0	10	0,33	0,001
P-66		185	J-69	J-17	200,0	PVC	150,0	1	0,03	0,000
P-67(1)		650	J-69	J-71	200,0	PVC	150,0	9	0,28	0,000
P-67(2)		669	J-71	J-70	200,0	PVC	150,0	11	0,34	0,001
P-68		227	J-71	J-72	200,0	PVC	150,0	5	0,16	0,000
P-69		457	J-54	J-73	200,0	PVC	150,0	-4	0,13	0,000
P-71(1)		205	J-73	J-75	200,0	PVC	150,0	-1	0,03	0,000
P-71(2)(1)		91	J-75	J-114	200,0	PVC	150,0	8	0,26	0,000
P-71(2)(2)		593	J-114	J-65	200,0	PVC	150,0	4	0,13	0,000
P-72(1)		381	J-54	J-113	200,0	PVC	150,0	3	0,09	0,000
P-72(2)		675	J-113	J-74	200,0	PVC	150,0	3	0,09	0,000
P-73		117	J-75	J-76	200,0	PVC	150,0	-9	0,30	0,000
P-74		266	J-76	J-77	200,0	PVC	150,0	-10	0,31	0,000
P-76(1)		194	J-77	J-89	200,0	PVC	150,0	-11	0,35	0,001
P-76(2)		276	J-89	J-78	200,0	PVC	150,0	-9	0,29	0,000
P-77		195	J-78	J-79	200,0	PVC	150,0	0	0,00	0,000
P-78(1)		132	J-4	J-81	200,0	PVC	150,0	9	0,27	0,000
P-78(2)(2)		174	J-84	J-80	200,0	PVC	150,0	-6	0,18	0,000
P-79(1)		140	J-81	J-82	200,0	PVC	150,0	7	0,23	0,000
P-79(2)		103	J-82	J-78	200,0	PVC	150,0	9	0,30	0,000
P-80		238	J-82	J-83	200,0	PVC	150,0	-3	0,08	0,000
P-81		129	J-83	J-84	200,0	PVC	150,0	-6	0,20	0,000
P-83		244	J-86	J-83	200,0	PVC	150,0	-3	0,11	0,000
P-84		147	J-86	J-87	200,0	PVC	150,0	11	0,35	0,001
P-85		120	J-87	J-88	200,0	PVC	150,0	11	0,33	0,001
P-86		259	J-88	J-89	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-87		330	J-80	J-90	200,0	PVC	150,0	-14	0,45	0,001
P-88		368	J-90	J-91	200,0	PVC	150,0	-18	0,56	0,001
P-89		201	J-92	J-93	200,0	PVC	150,0	35	1,12	0,005
P-90(1)		354	J-93	J-98	200,0	PVC	150,0	35	1,11	0,005
P-90(2)(1)		506	J-98	J-104	200,0	PVC	150,0	29	0,92	0,004
P-90(2)(2)		498	J-104	J-94	200,0	PVC	150,0	12	0,38	0,001
P-91		184	J-94	J-95	200,0	PVC	150,0	12	0,37	0,001
P-92(1)		331	J-95	J-101	200,0	PVC	150,0	22	0,70	0,002
P-92(2)		1 079	J-101	J-96	200,0	PVC	150,0	8	0,27	0,000
P-93		251	J-96	J-97	200,0	PVC	150,0	8	0,26	0,000
P-94(1)		416	J-98	J-119	200,0	PVC	150,0	6	0,18	0,000
P-94(2)		160	J-119	J-99	200,0	PVC	150,0	-16	0,50	0,001
P-95		554	J-99	J-100	200,0	PVC	150,0	-16	0,51	0,001
P-96(1)		246	J-95	J-118	200,0	PVC	150,0	-11	0,34	0,001
P-96(2)		270	J-118	J-41	200,0	PVC	150,0	10	0,32	0,000
P-97		517	J-101	J-102	200,0	PVC	150,0	13	0,42	0,001
P-98(1)		379	J-102	J-120	200,0	PVC	150,0	15	0,47	0,001
P-98(2)		531	J-120	J-103	200,0	PVC	150,0	7	0,23	0,000
P-99		593	J-104	J-105	200,0	PVC	150,0	17	0,53	0,001
P-100(1)(1)(1)		448	J-106	J-121	200,0	PVC	150,0	-11	0,37	0,001
P-100(1)(1)(2)		177	J-121	J-117	200,0	PVC	150,0	-5	0,15	0,000
P-100(1)(2)		592	J-117	J-109	200,0	PVC	150,0	-12	0,38	0,001
P-100(2)(1)		437	J-109	J-115	200,0	PVC	150,0	-6	0,18	0,000
P-100(2)(2)		179	J-115	J-107	200,0	PVC	150,0	-12	0,37	0,001
P-101(1)(1)		397	J-107	J-112	200,0	PVC	150,0	-10	0,32	0,001
P-101(1)(2)		463	J-112	J-108	200,0	PVC	150,0	-10	0,32	0,001

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-102	904	J-90	J-105	200,0	PVC	150,0	3	0,11	0,000
P-103(1)	909	J-108	J-110	200,0	PVC	150,0	9	0,29	0,000
P-103(2)	272	J-110	J-102	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-104	1 016	J-109	J-110	200,0	PVC	150,0	-7	0,21	0,000
P-105	657	J-66	J-107	200,0	PVC	150,0	2	0,06	0,000
P-106	659	J-66	J-111	200,0	PVC	150,0	-7	0,23	0,000
P-107	628	J-111	J-112	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-108	679	J-88	J-111	200,0	PVC	150,0	8	0,25	0,000
P-109	383	J-113	J-114	200,0	PVC	150,0	-4	0,12	0,000
P-110	335	J-60	J-113	200,0	PVC	150,0	-3	0,11	0,000
P-111	571	J-115	J-116	200,0	PVC	150,0	6	0,18	0,000
P-112	428	J-71	J-117	200,0	PVC	150,0	-7	0,22	0,000
P-113	1 061	J-118	J-119	200,0	PVC	150,0	-21	0,67	0,002
P-114	983	J-120	J-121	200,0	PVC	150,0	7	0,23	0,000
P-116	305	J-123	J-124	200,0	PVC	150,0	-6	0,20	0,000
P-117	116	J-124	J-125	200,0	PVC	150,0	-10	0,32	0,001
P-118(1)(1)	30	J-125	J-139	200,0	PVC	150,0	-11	0,33	0,001
P-118(1)(2)	127	J-139	J-131	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-119	372	J-126	J-127	200,0	PVC	150,0	2	0,06	0,000
P-120	341	J-127	J-128	200,0	PVC	150,0	1	0,04	0,000
P-122(1)	156	J-129	J-134	200,0	PVC	150,0	3	0,10	0,000
P-122(2)	217	J-134	J-130	200,0	PVC	150,0	7	0,23	0,000
P-123	375	J-131	J-132	200,0	PVC	150,0	6	0,19	0,000
P-124	237	J-132	J-133	200,0	PVC	150,0	1	0,03	0,000
P-125	328	J-132	J-134	200,0	PVC	150,0	5	0,15	0,000
P-127(2)	553	J-137	J-136	200,0	PVC	150,0	-7	0,23	0,000
P-129(1)	519	J-137	J-143	200,0	PVC	150,0	12	0,38	0,001
P-131	1 057	J-43	J-137	200,0	PVC	150,0	14	0,45	0,001
P-133	585	J-140	J-137	200,0	PVC	150,0	-9	0,29	0,000
P-134	305	J-141	J-142	200,0	PVC	150,0	-1	0,02	0,000
P-135	235	J-142	J-143	200,0	PVC	150,0	-1	0,03	0,000
P-136	487	J-144	J-145	200,0	PVC	150,0	6	0,19	0,000
P-137	284	J-145	J-146	200,0	PVC	150,0	5	0,17	0,000
P-138	275	J-146	J-147	200,0	PVC	150,0	1	0,02	0,000
P-139	158	J-147	J-148	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-142	557	J-146	J-152	200,0	PVC	150,0	4	0,14	0,000
P-143	849	J-152	J-153	200,0	PVC	150,0	4	0,13	0,000
P-144	357	J-127	J-154	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-145	311	J-18	J-155	200,0	PVC	150,0	17	0,55	0,001
P-146(1)	157	J-155	J-171	200,0	PVC	150,0	17	0,54	0,001
P-146(2)	569	J-171	J-156	200,0	PVC	150,0	8	0,24	0,000
P-147	233	J-156	J-157	200,0	PVC	150,0	7	0,23	0,000
P-148	184	J-157	J-158	200,0	PVC	150,0	3	0,11	0,000
P-149	81	J-158	J-159	200,0	PVC	150,0	3	0,10	0,000
P-150(1)(1)	379	J-159	J-166	200,0	PVC	150,0	3	0,08	0,000
P-150(1)(2)	448	J-166	J-162	200,0	PVC	150,0	4	0,12	0,000
P-150(2)	492	J-162	J-160	200,0	PVC	150,0	6	0,21	0,000
P-151	472	J-160	J-161	200,0	PVC	150,0	-6	0,18	0,000
P-152	377	J-162	J-163	200,0	PVC	150,0	-3	0,10	0,000
P-153(1)	317	J-163	J-180	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-153(2)	172	J-180	J-161	200,0	PVC	150,0	6	0,20	0,000
P-156	324	J-166	J-167	200,0	PVC	150,0	-1	0,05	0,000
P-157(1)	378	J-167	J-168	200,0	PVC	150,0	2	0,05	0,000
P-157(2)	68	J-168	J-163	200,0	PVC	150,0	6	0,18	0,000
P-158	497	J-168	J-169	200,0	PVC	150,0	-4	0,14	0,000
P-159	372	J-169	J-170	200,0	PVC	150,0	-9	0,27	0,000
P-160	176	J-170	J-171	200,0	PVC	150,0	-9	0,29	0,000
P-161	380	J-169	J-172	200,0	PVC	150,0	4	0,12	0,000
P-163	394	J-157	J-167	200,0	PVC	150,0	3	0,11	0,000
P-164	284	J-18	J-174	200,0	PVC	150,0	14	0,45	0,001
P-165	228	J-174	J-175	200,0	PVC	150,0	14	0,43	0,001
P-166	290	J-175	J-176	200,0	PVC	150,0	13	0,42	0,001
P-167(1)	118	J-176	J-204	200,0	PVC	150,0	13	0,41	0,001
P-167(2)(1)	93	J-204	J-205	200,0	PVC	150,0	13	0,40	0,001
P-167(2)(2)	281	J-205	J-172	200,0	PVC	150,0	1	0,02	0,000
P-168(1)	362	J-177	J-203	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-168(2)	154	J-203	J-178	200,0	PVC	150,0	-14	0,46	0,001
P-169	344	J-178	J-179	200,0	PVC	150,0	-5	0,16	0,000
P-170	469	J-172	J-180	200,0	PVC	150,0	4	0,13	0,000
P-171(1)	179	J-178	J-184	200,0	PVC	150,0	-10	0,31	0,000

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-173	440	J-181	J-183	200,0	PVC	150,0	-6	0,19	0,000
P-174	406	J-184	J-185	200,0	PVC	150,0	-5	0,15	0,000
P-175	274	J-160	J-186	200,0	PVC	150,0	12	0,38	0,001
P-176(1)(1)	71	J-186	J-220	200,0	PVC	150,0	5	0,14	0,000
P-176(1)(2)(1)	130	J-220	J-259	200,0	PVC	150,0	4	0,12	0,000
P-176(1)(2)(2)	192	J-259	J-188	200,0	PVC	150,0	-1	0,04	0,000
P-176(2)(1)	215	J-188	J-211	200,0	PVC	150,0	-3	0,11	0,000
P-176(2)(2)	182	J-211	J-187	200,0	PVC	150,0	-1	0,03	0,000
P-177(1)	171	J-188	J-218	200,0	PVC	150,0	-3	0,09	0,000
P-177(2)	285	J-218	J-189	200,0	PVC	150,0	-3	0,10	0,000
P-178(1)	229	J-189	J-212	200,0	PVC	150,0	-3	0,11	0,000
P-178(2)(1)	65	J-212	J-215	200,0	PVC	150,0	-7	0,21	0,000
P-179	46	J-187	J-192	200,0	PVC	150,0	-6	0,20	0,000
P-180(1)(1)(...)	207	J-192	J-263	200,0	PVC	150,0	-7	0,22	0,000
P-180(1)(1)(...)	95	J-263	J-213	200,0	PVC	150,0	-9	0,30	0,000
P-180(1)(1)(2)	232	J-213	J-210	200,0	PVC	150,0	-10	0,31	0,000
P-180(1)(2)	141	J-210	J-196	200,0	PVC	150,0	-12	0,38	0,001
P-180(2)	100	J-196	J-193	200,0	PVC	150,0	-6	0,20	0,000
P-181(1)	190	J-193	J-227	200,0	PVC	150,0	3	0,10	0,000
P-181(2)(1)	34	J-227	J-265	200,0	PVC	150,0	11	0,36	0,001
P-182	104	J-194	J-195	200,0	PVC	150,0	1	0,04	0,000
P-183	335	J-196	J-197	200,0	PVC	150,0	-6	0,19	0,000
P-184	106	J-197	J-198	200,0	PVC	150,0	-6	0,21	0,000
P-185	469	J-198	J-199	200,0	PVC	150,0	-12	0,39	0,001
P-186	111	J-199	J-200	200,0	PVC	150,0	-13	0,40	0,001
P-187	131	J-200	J-201	200,0	PVC	150,0	-13	0,41	0,001
P-188	81	J-201	J-202	200,0	PVC	150,0	-13	0,43	0,001
P-189	470	J-202	J-203	200,0	PVC	150,0	-14	0,44	0,001
P-190(1)	166	J-205	J-217	200,0	PVC	150,0	11	0,36	0,001
P-190(2)	77	J-217	J-206	200,0	PVC	150,0	3	0,11	0,000
P-191	70	J-206	J-207	200,0	PVC	150,0	3	0,10	0,000
P-192	254	J-207	J-208	200,0	PVC	150,0	3	0,09	0,000
P-193	78	J-208	J-209	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-194	498	J-209	J-210	200,0	PVC	150,0	2	0,06	0,000
P-195	439	J-211	J-212	200,0	PVC	150,0	-3	0,10	0,000
P-197	238	J-214	J-215	200,0	PVC	150,0	7	0,23	0,000
P-198	255	J-214	J-216	200,0	PVC	150,0	-7	0,23	0,000
P-199	261	J-216	J-217	200,0	PVC	150,0	-8	0,24	0,000
P-200	330	J-218	J-219	200,0	PVC	150,0	0	0,00	0,000
P-201	188	J-219	J-220	200,0	PVC	150,0	0	0,02	0,000
P-202	156	J-222	J-223	200,0	PVC	150,0	-2	0,08	0,000
P-203	281	J-223	J-224	200,0	PVC	150,0	10	0,30	0,000
P-204	194	J-224	J-225	200,0	PVC	150,0	9	0,29	0,000
P-205	65	J-225	J-226	200,0	PVC	150,0	9	0,28	0,000
P-206(1)	67	J-226	J-236	200,0	PVC	150,0	9	0,27	0,000
P-206(2)	128	J-236	J-227	200,0	PVC	150,0	8	0,27	0,000
P-207	713	J-223	J-228	200,0	PVC	150,0	-12	0,39	0,001
P-208	151	J-228	J-229	200,0	PVC	150,0	-13	0,40	0,001
P-209	198	J-229	J-230	200,0	PVC	150,0	-5	0,15	0,000
P-210	114	J-231	J-232	200,0	PVC	150,0	8	0,26	0,000
P-211	221	J-232	J-233	200,0	PVC	150,0	8	0,25	0,000
P-212	275	J-233	J-234	200,0	PVC	150,0	8	0,24	0,000
P-213(1)	12	J-234	J-245	200,0	PVC	150,0	7	0,23	0,000
P-213(2)	470	J-245	J-235	200,0	PVC	150,0	7	0,21	0,000
P-214(1)	118	J-235	J-244	200,0	PVC	150,0	6	0,20	0,000
P-214(2)	226	J-244	J-236	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-215	156	J-235	J-237	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-216(1)	106	J-237	J-241	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-216(2)	68	J-241	J-198	200,0	PVC	150,0	-5	0,17	0,000
P-217	306	J-229	J-238	200,0	PVC	150,0	-8	0,26	0,000
P-218	238	J-238	J-239	200,0	PVC	150,0	-9	0,28	0,000
P-219	416	J-239	J-240	200,0	PVC	150,0	-9	0,29	0,000
P-220	291	J-240	J-40	200,0	PVC	150,0	-9	0,30	0,000
P-221	109	J-241	J-242	200,0	PVC	150,0	5	0,16	0,000
P-222	229	J-242	J-243	200,0	PVC	150,0	5	0,14	0,000
P-223	41	J-243	J-193	200,0	PVC	150,0	10	0,31	0,000
P-224	101	J-243	J-244	200,0	PVC	150,0	-6	0,18	0,000
P-225	321	J-224	J-245	200,0	PVC	150,0	0	0,00	0,000
P-226	131	J-186	J-246	200,0	PVC	150,0	7	0,22	0,000
P-227	138	J-246	J-247	200,0	PVC	150,0	6	0,19	0,000

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-229	168	J-248	J-249	200,0	PVC	150,0	8	0,25	0,000
P-230(1)(1)	383	J-249	J-384	200,0	PVC	150,0	7	0,24	0,000
P-230(1)(2)	144	J-384	J-292	200,0	PVC	150,0	4	0,12	0,000
P-230(2)	62	J-292	J-250	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-231	47	J-250	J-251	200,0	PVC	150,0	2	0,05	0,000
P-232	107	J-251	J-252	200,0	PVC	150,0	1	0,03	0,000
P-233	100	J-252	J-253	200,0	PVC	150,0	0	0,00	0,000
P-234	153	J-188	J-254	200,0	PVC	150,0	5	0,15	0,000
P-235	368	J-254	J-246	200,0	PVC	150,0	-1	0,02	0,000
P-236	142	J-254	J-255	200,0	PVC	150,0	5	0,16	0,000
P-237(1)	186	J-255	J-260	200,0	PVC	150,0	-2	0,05	0,000
P-237(2)	192	J-260	J-247	200,0	PVC	150,0	3	0,08	0,000
P-238	458	J-248	J-256	200,0	PVC	150,0	0	0,00	0,000
P-239	155	J-256	J-257	200,0	PVC	150,0	-8	0,25	0,000
P-240	45	J-257	J-255	200,0	PVC	150,0	-6	0,19	0,000
P-241	497	J-257	J-258	200,0	PVC	150,0	-2	0,07	0,000
P-242	311	J-187	J-258	200,0	PVC	150,0	5	0,17	0,000
P-243	277	J-259	J-260	200,0	PVC	150,0	5	0,15	0,000
P-244	382	J-38	J-261	200,0	PVC	150,0	-1	0,05	0,000
P-245	238	J-261	J-262	200,0	PVC	150,0	-2	0,06	0,000
P-246	245	J-263	J-264	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-247(2)	244	J-267	J-265	200,0	PVC	150,0	-9	0,29	0,000
P-248	162	J-264	J-266	200,0	PVC	150,0	11	0,35	0,001
P-249(1)	84	J-266	J-272	200,0	PVC	150,0	4	0,13	0,000
P-249(2)	90	J-272	J-258	200,0	PVC	150,0	-3	0,09	0,000
P-251	42	J-267	J-268	200,0	PVC	150,0	3	0,10	0,000
P-252	246	J-268	J-269	200,0	PVC	150,0	3	0,09	0,000
P-253	124	J-269	J-270	200,0	PVC	150,0	3	0,08	0,000
P-254	52	J-270	J-262	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-255(1)	357	J-256	J-349	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-255(2)	72	J-349	J-271	200,0	PVC	150,0	-6	0,20	0,000
P-256	204	J-271	J-272	200,0	PVC	150,0	-7	0,21	0,000
P-257	197	J-38	J-273	200,0	PVC	150,0	11	0,36	0,001
P-262(1)	432	J-273	J-296	200,0	PVC	150,0	11	0,35	0,001
P-262(2)(1)	134	J-296	J-307	200,0	PVC	150,0	5	0,17	0,000
P-262(1)	432	J-273	J-296	200,0	PVC	150,0	11	0,35	0,001
P-262(2)(1)	134	J-296	J-307	200,0	PVC	150,0	5	0,17	0,000
P-262(2)(2)	261	J-307	J-278	200,0	PVC	150,0	3	0,09	0,000
P-263	130	J-278	J-279	200,0	PVC	150,0	2	0,08	0,000
P-264(1)	18	J-279	J-301	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-264(2)	136	J-301	J-280	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-265	214	J-280	J-281	200,0	PVC	150,0	2	0,05	0,000
P-266(1)	281	J-281	J-304	200,0	PVC	150,0	1	0,04	0,000
P-266(2)	267	J-304	J-282	200,0	PVC	150,0	2	0,08	0,000
P-267(1)(1)	68	J-282	J-333	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-267(1)(2)	125	J-333	J-329	200,0	PVC	150,0	3	0,11	0,000
P-267(2)	50	J-329	J-283	200,0	PVC	150,0	2	0,06	0,000
P-268	215	J-283	J-284	200,0	PVC	150,0	2	0,05	0,000
P-269(1)	22	J-284	J-332	200,0	PVC	150,0	1	0,04	0,000
P-269(2)	422	J-332	J-253	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-271	78	J-286	J-287	200,0	PVC	150,0	3	0,09	0,000
P-272	42	J-287	J-288	200,0	PVC	150,0	2	0,05	0,000
P-273	66	J-288	J-289	200,0	PVC	150,0	1	0,04	0,000
P-274	127	J-287	J-290	200,0	PVC	150,0	1	0,03	0,000
P-275	138	J-290	J-291	200,0	PVC	150,0	-1	0,03	0,000
P-276	63	J-291	J-292	200,0	PVC	150,0	-1	0,04	0,000
P-277	33	J-290	J-293	200,0	PVC	150,0	2	0,05	0,000
P-278(1)	44	J-293	J-320	200,0	PVC	150,0	1	0,04	0,000
P-278(2)	62	J-320	J-294	200,0	PVC	150,0	1	0,02	0,000
P-279	62	J-294	J-295	200,0	PVC	150,0	1	0,03	0,000
P-280	189	J-294	J-251	200,0	PVC	150,0	-1	0,02	0,000
P-281(1)(1)	136	J-296	J-311	200,0	PVC	150,0	5	0,16	0,000
P-281(1)(2)	71	J-311	J-310	200,0	PVC	150,0	2	0,08	0,000
P-281(2)	36	J-310	J-297	200,0	PVC	150,0	-1	0,02	0,000
P-282(1)	110	J-297	J-315	200,0	PVC	150,0	-1	0,04	0,000
P-282(2)	196	J-315	J-298	200,0	PVC	150,0	-5	0,15	0,000
P-283(1)	229	J-298	J-318	200,0	PVC	150,0	-5	0,16	0,000
P-283(2)	36	J-318	J-299	200,0	PVC	150,0	-6	0,18	0,000
P-284	421	J-299	J-300	200,0	PVC	150,0	-6	0,20	0,000
P-285	188	J-300	J-266	200,0	PVC	150,0	-6	0,21	0,000

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-284	421	J-299	J-300	200,0	PVC	150,0	-6	0,20	0,000
P-285	188	J-300	J-266	200,0	PVC	150,0	-6	0,21	0,000
P-286	79	J-301	J-302	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-287(1)	114	J-302	J-305	200,0	PVC	150,0	2	0,06	0,000
P-287(2)(1)	19	J-305	J-312	200,0	PVC	150,0	4	0,12	0,000
P-287(2)(2)(1)	38	J-312	J-355	200,0	PVC	150,0	3	0,09	0,000
P-287(2)(2)(2)	120	J-355	J-303	200,0	PVC	150,0	2	0,07	0,000
P-288	130	J-303	J-304	200,0	PVC	150,0	1	0,05	0,000
P-289	403	J-305	J-306	200,0	PVC	150,0	-2	0,07	0,000
P-290(1)(1)	57	J-306	J-309	200,0	PVC	150,0	-3	0,08	0,000
P-290(1)(2)	59	J-309	J-308	200,0	PVC	150,0	-2	0,06	0,000
P-290(2)	100	J-308	J-307	200,0	PVC	150,0	-2	0,07	0,000
P-291	387	J-302	J-308	200,0	PVC	150,0	-2	0,08	0,000
P-292(1)	143	J-309	J-373	200,0	PVC	150,0	-1	0,04	0,000
P-292(2)	70	J-373	J-310	200,0	PVC	150,0	-3	0,09	0,000
P-293	182	J-308	J-311	200,0	PVC	150,0	-2	0,07	0,000
P-294	139	J-312	J-313	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-296	118	J-315	J-316	200,0	PVC	150,0	3	0,10	0,000
P-297	114	J-316	J-317	200,0	PVC	150,0	4	0,12	0,000
P-298	303	J-318	J-319	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-299	34	J-320	J-321	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-300	95	J-321	J-322	200,0	PVC	150,0	0	0,00	0,000
P-301(1)	50	J-322	J-330	200,0	PVC	150,0	0	0,02	0,000
P-301(2)	9	J-330	J-323	200,0	PVC	150,0	-2	0,06	0,000
P-302	128	J-323	J-324	200,0	PVC	150,0	-2	0,07	0,000
P-303	117	J-324	J-325	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-304	84	J-325	J-326	200,0	PVC	150,0	0	0,00	0,000
P-305	46	J-326	J-327	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-306	79	J-327	J-328	200,0	PVC	150,0	-1	0,02	0,000
P-307	151	J-328	J-329	200,0	PVC	150,0	-1	0,03	0,000
P-308	173	J-330	J-331	200,0	PVC	150,0	0	0,00	0,000
P-309	179	J-331	J-332	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-310	291	J-333	J-334	200,0	PVC	150,0	-2	0,05	0,000
P-311	120	J-335	J-336	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-312	109	J-336	J-337	200,0	PVC	150,0	-1	0,02	0,000
P-311	120	J-335	J-336	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-312	109	J-336	J-337	200,0	PVC	150,0	-1	0,02	0,000
P-313	70	J-337	J-338	200,0	PVC	150,0	-1	0,03	0,000
P-314(1)	33	J-338	J-340	200,0	PVC	150,0	-1	0,05	0,000
P-314(2)	56	J-340	J-339	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-315	70	J-340	J-341	200,0	PVC	150,0	-2	0,07	0,000
P-316	62	J-341	J-342	200,0	PVC	150,0	-3	0,08	0,000
P-317(1)	30	J-342	J-353	200,0	PVC	150,0	-3	0,09	0,000
P-317(2)	153	J-353	J-343	200,0	PVC	150,0	2	0,05	0,000
P-318	62	J-343	J-344	200,0	PVC	150,0	1	0,04	0,000
P-319	47	J-344	J-345	200,0	PVC	150,0	1	0,03	0,000
P-320	108	J-345	J-346	200,0	PVC	150,0	1	0,02	0,000
P-321	62	J-346	J-347	200,0	PVC	150,0	-7	0,21	0,000
P-322	89	J-347	J-348	200,0	PVC	150,0	-7	0,22	0,000
P-323	133	J-348	J-256	200,0	PVC	150,0	-7	0,23	0,000
P-324	143	J-349	J-350	200,0	PVC	150,0	6	0,19	0,000
P-325	88	J-350	J-351	200,0	PVC	150,0	6	0,18	0,000
P-326	126	J-351	J-352	200,0	PVC	150,0	5	0,17	0,000
P-327	66	J-352	J-353	200,0	PVC	150,0	5	0,16	0,000
P-328	241	J-303	J-354	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-329	255	J-355	J-356	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-330	77	J-317	J-357	200,0	PVC	150,0	3	0,10	0,000
P-331	174	J-357	J-358	200,0	PVC	150,0	3	0,09	0,000
P-332	131	J-358	J-359	200,0	PVC	150,0	2	0,08	0,000
P-333	129	J-359	J-334	200,0	PVC	150,0	2	0,06	0,000
P-335	63	J-361	J-362	200,0	PVC	150,0	6	0,21	0,000
P-336	95	J-362	J-363	200,0	PVC	150,0	6	0,19	0,000
P-337	60	J-363	J-364	200,0	PVC	150,0	6	0,18	0,000
P-338(1)	34	J-364	J-367	200,0	PVC	150,0	5	0,17	0,000
P-338(2)	139	J-367	J-365	200,0	PVC	150,0	1	0,04	0,000
P-339(1)	23	J-365	J-371	200,0	PVC	150,0	1	0,03	0,000
P-339(2)	116	J-371	J-366	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-340	125	J-367	J-368	200,0	PVC	150,0	4	0,12	0,000
P-341	129	J-368	J-369	200,0	PVC	150,0	3	0,11	0,000
P-342	101	J-369	J-324	200,0	PVC	150,0	3	0,10	0,000

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-341	129	J-368	J-369	200,0	PVC	150,0	3	0,11	0,000
P-342	101	J-369	J-324	200,0	PVC	150,0	3	0,10	0,000
P-343	197	J-358	J-370	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-344	235	J-370	J-371	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-345	124	J-316	J-372	200,0	PVC	150,0	-1	0,03	0,000
P-346	211	J-372	J-373	200,0	PVC	150,0	-1	0,04	0,000
P-347	110	J-374	J-289	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-348	63	J-289	J-375	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-349	76	J-375	J-293	200,0	PVC	150,0	0	0,00	0,000
P-350	49	J-330	J-376	200,0	PVC	150,0	1	0,03	0,000
P-351	74	J-376	J-377	200,0	PVC	150,0	1	0,02	0,000
P-352	101	J-377	J-378	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-354	78	J-380	J-381	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-355	62	J-381	J-382	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-356	19	J-382	J-295	200,0	PVC	150,0	-1	0,02	0,000
P-357	100	J-361	J-346	200,0	PVC	150,0	-7	0,22	0,000
P-358	225	J-86	J-80	200,0	PVC	150,0	-8	0,25	0,000
P-361	153	J-252	J-380	200,0	PVC	150,0	1	0,02	0,000
P-363	208	J-22	J-23	200,0	PVC	150,0	14	0,46	0,001
P-364	77	J-92	J-3	200,0	PVC	150,0	-73	2,32	0,020
P-366	323	J-387	J-21	200,0	PVC	150,0	15	0,48	0,001
P-368	267	J-25	J-24	200,0	PVC	150,0	-14	0,44	0,001
P-369	139	J-384	J-286	200,0	PVC	150,0	3	0,10	0,000
P-370	443	J-64	J-62	200,0	PVC	150,0	4	0,14	0,000
P-371	846	J-144	J-28	200,0	PVC	150,0	5	0,16	0,000
P-372	232	J-122	J-123	200,0	PVC	150,0	-6	0,19	0,000
P-373	382	J-126	J-141	200,0	PVC	150,0	-9	0,28	0,000
P-374	285	J-141	J-140	200,0	PVC	150,0	-9	0,28	0,000
P-375	439	J-143	J-139	200,0	PVC	150,0	11	0,34	0,001
P-376	383	J-131	J-126	200,0	PVC	150,0	-7	0,21	0,000
P-377	458	J-40	J-122	200,0	PVC	150,0	-18	0,56	0,001
P-378	381	J-129	J-124	200,0	PVC	150,0	-3	0,11	0,000
P-379	330	J-264	J-267	200,0	PVC	150,0	-9	0,29	0,000
P-380	230	J-210	J-267	200,0	PVC	150,0	4	0,12	0,000
P-381	786	J-265	J-194	200,0	PVC	150,0	2	0,05	0,000
P-350	49	J-330	J-376	200,0	PVC	150,0	1	0,03	0,000
P-351	74	J-376	J-377	200,0	PVC	150,0	1	0,02	0,000
P-352	101	J-377	J-378	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-354	78	J-380	J-381	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-355	62	J-381	J-382	200,0	PVC	150,0	0	0,01	0,000
P-356	19	J-382	J-295	200,0	PVC	150,0	-1	0,02	0,000
P-357	100	J-361	J-346	200,0	PVC	150,0	-7	0,22	0,000
P-358	225	J-86	J-80	200,0	PVC	150,0	-8	0,25	0,000
P-361	153	J-252	J-380	200,0	PVC	150,0	1	0,02	0,000
P-363	208	J-22	J-23	200,0	PVC	150,0	14	0,46	0,001
P-364	77	J-92	J-3	200,0	PVC	150,0	-73	2,32	0,020
P-366	323	J-387	J-21	200,0	PVC	150,0	15	0,48	0,001
P-368	267	J-25	J-24	200,0	PVC	150,0	-14	0,44	0,001
P-369	139	J-384	J-286	200,0	PVC	150,0	3	0,10	0,000
P-370	443	J-64	J-62	200,0	PVC	150,0	4	0,14	0,000
P-371	846	J-144	J-28	200,0	PVC	150,0	5	0,16	0,000
P-372	232	J-122	J-123	200,0	PVC	150,0	-6	0,19	0,000
P-373	382	J-126	J-141	200,0	PVC	150,0	-9	0,28	0,000
P-374	285	J-141	J-140	200,0	PVC	150,0	-9	0,28	0,000
P-375	439	J-143	J-139	200,0	PVC	150,0	11	0,34	0,001
P-376	383	J-131	J-126	200,0	PVC	150,0	-7	0,21	0,000
P-377	458	J-40	J-122	200,0	PVC	150,0	-18	0,56	0,001
P-378	381	J-129	J-124	200,0	PVC	150,0	-3	0,11	0,000
P-379	330	J-264	J-267	200,0	PVC	150,0	-9	0,29	0,000
P-380	230	J-210	J-267	200,0	PVC	150,0	4	0,12	0,000
P-381	786	J-265	J-194	200,0	PVC	150,0	2	0,05	0,000
P-382	847	J-91	J-92	200,0	PVC	150,0	-37	1,18	0,006
P-383	503	J-5	J-79	200,0	PVC	150,0	-10	0,31	0,000
P-384	303	J-6	J-5	200,0	PVC	150,0	-10	0,32	0,001
P-385	249	J-34	J-33	200,0	PVC	150,0	-6	0,21	0,000
P-386	212	J-33	J-32	200,0	PVC	150,0	-7	0,22	0,000
P-387	346	J-23	J-24	200,0	PVC	150,0	14	0,45	0,001
P-388	613	J-20	J-387	200,0	PVC	150,0	15	0,48	0,001
P-389	510	J-77	J-5	200,0	PVC	150,0	1	0,03	0,000
P-390	303	J-6	J-73	200,0	PVC	150,0	4	0,12	0,000

Apêndice 3: Tabela de Nós da rede

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
J-2	374,20	0,364	434,49	60,17
J-3	177,27	0,364	407,81	230,07
J-4	352,12	0,364	400,65	48,43
J-5	370,00	0,364	400,28	30,22
J-6	386,48	0,364	400,12	13,62
J-7	397,55	0,364	400,06	2,51
J-8	296,45	0,364	400,03	103,38
J-9	147,12	0,364	400,03	252,40
J-10	413,50	0,364	400,02	-13,45
J-11	72,69	0,364	400,02	326,67
J-12	410,00	0,364	400,00	-9,98
J-13	49,24	0,364	399,99	350,04
J-14	409,10	0,364	399,87	-9,21
J-15	392,10	0,364	399,78	7,66
J-16	163,64	0,364	399,68	235,56
J-17	236,30	0,364	399,55	162,92
J-18	407,48	0,364	398,61	-8,85
J-19	357,67	0,364	413,40	55,62
J-20	373,80	0,364	403,61	29,75
J-21	409,68	0,364	402,59	-7,07
J-22	379,18	0,364	402,40	23,18
J-23	182,47	0,364	402,20	219,28
J-24	130,68	0,364	401,87	270,65
J-25	403,91	0,364	401,63	-2,28
J-26	404,95	0,364	401,46	-3,49
J-27	406,96	0,364	401,35	-5,60
J-28	433,94	0,364	400,51	-33,35
J-29	425,87	0,364	400,47	-25,35
J-30	427,27	0,364	400,38	-26,83
J-31	430,00	0,364	400,33	-29,62
J-32	405,64	0,364	400,21	-5,41
J-33	274,48	0,364	400,16	125,42
J-34	440,00	0,364	400,11	-39,81
J-35	439,77	0,364	399,63	-40,06
J-36	420,00	0,364	399,21	-20,75
J-37	377,28	0,364	398,06	20,74
J-38	412,99	0,364	397,54	-15,42
J-39	420,00	0,364	398,94	-21,02
J-40	426,45	0,364	399,14	-27,25
J-41	391,69	0,364	401,16	9,45
J-42	381,48	0,364	401,40	19,88
J-43	374,21	0,364	401,58	27,32
J-44	420,00	0,364	399,80	-20,16
J-45	415,26	0,364	399,52	-15,70
J-46	415,91	0,364	399,33	-16,54
J-47	408,36	0,364	399,14	-9,20
J-48	405,54	0,364	399,09	-6,44
J-51	385,55	0,364	401,46	15,88
J-52	389,05	0,364	401,46	12,38
J-53	394,38	0,364	401,46	7,06
J-54	397,99	0,364	400,05	2,05
J-55	400,24	0,364	400,04	-0,20
J-56	403,63	0,364	400,04	-3,59
J-57	417,02	0,364	400,02	-16,97
J-58	258,69	0,364	399,99	141,02
J-59	411,81	0,364	400,02	-11,76
J-60	407,90	0,364	400,01	-7,87
J-61	150,94	0,364	400,01	248,57
J-62	396,00	0,364	399,94	3,94
J-63	323,95	0,364	399,96	75,86
J-64	348,45	0,364	399,99	51,44
J-65	385,15	0,364	400,01	14,83
J-66	382,07	0,364	400,00	17,90
J-67	136,72	0,364	399,93	262,68
J-68	398,66	0,364	399,79	1,12
J-69	401,37	0,364	399,55	-1,82
J-70	410,00	0,364	398,92	-11,06
J-71	410,00	0,364	399,28	-10,69

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
J-70	410,00	0,364	398,92	-11,06
J-71	410,00	0,364	399,28	-10,69
J-72	94,20	0,364	399,25	304,44
J-73	373,70	0,364	400,10	26,35
J-74	402,49	0,364	400,01	-2,47
J-75	381,23	0,364	400,10	18,84
J-76	377,82	0,364	400,15	22,28
J-77	380,00	0,364	400,28	20,24
J-78	360,97	0,364	400,52	39,47
J-79	325,31	0,364	400,52	75,06
J-80	343,65	0,364	400,63	56,87
J-81	356,54	0,364	400,60	43,97
J-82	356,84	0,364	400,56	43,64
J-83	348,46	0,364	400,57	52,00
J-84	343,86	0,364	400,60	56,63
J-86	359,96	0,364	400,56	40,52
J-87	365,03	0,364	400,47	35,37
J-88	372,70	0,364	400,41	27,65
J-89	365,45	0,364	400,40	34,88
J-90	361,42	0,364	400,94	39,44
J-91	342,58	0,364	401,47	58,77
J-92	324,58	0,364	406,29	81,54
J-93	360,70	0,364	405,24	44,46
J-94	391,44	0,364	401,28	9,82
J-95	400,00	0,364	401,16	1,16
J-96	419,19	0,364	400,06	-19,09
J-97	420,00	0,364	399,98	-19,98
J-98	374,70	0,364	403,45	28,69
J-99	377,32	0,364	403,56	26,19
J-100	374,36	0,364	404,22	29,80
J-101	400,89	0,364	400,46	-0,44
J-102	410,00	0,364	400,03	-9,95
J-103	411,80	0,364	399,50	-12,28
J-104	383,25	0,364	401,63	18,34
J-105	375,80	0,364	400,88	25,03
J-106	408,87	0,364	399,08	-9,77
J-107	380,53	0,364	399,99	19,42
J-108	369,39	0,364	400,42	30,97
J-109	387,10	0,364	399,80	12,67
J-110	410,00	0,364	400,04	-9,94
J-111	367,35	0,364	400,19	32,77
J-112	365,24	0,364	400,19	34,87
J-113	388,00	0,364	400,04	12,02
J-114	383,57	0,364	400,07	16,47
J-115	382,13	0,364	399,87	17,70
J-116	405,67	0,364	399,77	-5,89
J-117	390,37	0,364	399,39	9,00
J-118	396,80	0,364	401,30	4,49
J-119	373,94	0,364	403,38	29,37
J-120	413,35	0,364	399,64	-13,69
J-121	399,81	0,364	399,37	-0,44
J-122	420,00	0,364	399,79	-20,17
J-123	420,00	0,364	399,84	-20,12
J-124	413,40	0,364	399,90	-13,48
J-125	411,21	0,364	399,96	-11,22
J-126	420,41	0,364	400,07	-20,30
J-127	415,12	0,364	400,06	-15,04
J-128	442,05	0,364	400,05	-41,91
J-129	420,00	0,364	399,87	-20,09
J-130	450,00	0,364	399,80	-50,09
J-131	420,00	0,364	399,98	-19,98
J-132	430,00	0,364	399,90	-30,04
J-133	412,13	0,364	399,90	-12,20
J-134	433,77	0,364	399,87	-33,84
J-136	410,00	0,364	400,73	-9,25
J-137	387,20	0,364	400,58	13,35
J-139	412,22	0,364	399,98	-12,22
J-140	390,00	0,364	400,33	10,31

Label ▲	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
J-139	412,22	0,364	399,98	-12,22
J-140	390,00	0,364	400,33	10,31
J-141	402,40	0,364	400,22	-2,18
J-142	404,75	0,364	400,22	-4,52
J-143	391,97	0,364	400,22	8,24
J-144	423,22	0,364	400,63	-22,54
J-145	409,78	0,364	400,54	-9,23
J-146	411,81	0,364	400,49	-11,30
J-147	412,66	0,364	400,49	-12,14
J-148	415,79	0,364	400,49	-15,27
J-149	395,11	0,364	400,54	5,42
J-152	419,62	0,364	400,43	-19,15
J-153	430,00	0,364	400,36	-29,58
J-154	419,87	0,364	400,06	-19,77
J-155	410,00	0,364	398,18	-11,80
J-156	286,52	0,364	397,80	111,06
J-157	137,03	0,364	397,74	260,18
J-158	310,26	0,364	397,73	87,29
J-159	357,37	0,364	397,72	40,27
J-160	352,71	0,364	397,56	44,76
J-161	360,73	0,364	397,65	36,84
J-162	144,21	0,364	397,67	252,95
J-163	389,81	0,364	397,69	7,87
J-166	169,40	0,364	397,71	227,85
J-167	391,11	0,364	397,71	6,59
J-168	390,00	0,364	397,70	7,69
J-169	394,64	0,364	397,76	3,12
J-170	401,78	0,364	397,90	-3,87
J-171	410,00	0,364	397,97	-12,00
J-172	370,00	0,364	397,73	27,67
J-174	400,00	0,364	398,34	-1,65
J-175	381,89	0,364	398,14	16,21
J-176	377,62	0,364	397,89	20,23
J-177	380,00	0,364	398,80	18,76
J-178	390,00	0,364	398,95	8,94
J-179	409,13	0,364	399,00	-10,10
J-180	368,91	0,364	397,68	28,71
J-181	390,35	0,364	399,10	8,73
J-183	403,57	0,364	399,18	-4,38
J-184	385,18	0,364	399,04	13,83
J-185	410,00	0,364	399,09	-10,89
J-186	361,60	0,364	397,37	35,70
J-187	389,79	0,364	397,37	7,57
J-188	375,98	0,364	397,36	21,33
J-189	364,72	0,364	397,38	32,60
J-192	388,16	0,364	397,38	9,21
J-193	400,00	0,364	397,71	-2,29
J-194	412,27	0,364	397,66	-14,58
J-195	338,33	0,364	397,66	59,21
J-196	405,22	0,364	397,68	-7,52
J-197	393,26	0,364	397,75	4,48
J-198	390,00	0,364	397,78	7,76
J-199	380,35	0,364	398,12	17,73
J-200	373,15	0,364	398,20	25,00
J-201	372,93	0,364	398,31	25,33
J-202	378,30	0,364	398,38	20,04
J-203	390,00	0,364	398,80	8,78
J-204	370,00	0,364	397,80	27,74
J-205	371,13	0,364	397,73	26,55
J-206	375,78	0,364	397,62	21,79
J-207	381,86	0,364	397,61	15,72
J-208	388,47	0,364	397,60	9,12
J-209	390,00	0,364	397,60	7,58
J-210	401,24	0,364	397,59	-3,65
J-211	385,33	0,364	397,37	12,02
J-212	376,19	0,364	397,40	21,17
J-213	384,38	0,364	397,47	13,07
J-214	395,27	0,364	397,47	2,20

Label ▲	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
J-213	384,38	0,364	397,47	13,07
J-214	395,27	0,364	397,47	2,20
J-215	381,26	0,364	397,41	16,12
J-216	374,00	0,364	397,54	23,49
J-217	371,42	0,364	397,62	26,15
J-218	370,70	0,364	397,36	26,61
J-219	360,00	0,364	397,36	37,29
J-220	367,33	0,364	397,36	29,98
J-222	419,50	0,364	398,00	-21,46
J-223	410,00	0,364	398,00	-11,97
J-224	408,12	0,364	397,88	-10,22
J-225	418,89	0,364	397,79	-21,05
J-226	413,16	0,364	397,77	-15,37
J-227	399,45	0,364	397,69	-1,76
J-228	418,06	0,364	398,53	-19,49
J-229	418,19	0,364	398,65	-19,50
J-230	414,28	0,364	398,67	-15,58
J-231	406,18	0,364	398,07	-8,09
J-232	415,75	0,364	398,03	-17,68
J-233	420,00	0,364	397,96	-22,00
J-234	411,96	0,364	397,88	-14,05
J-235	408,46	0,364	397,77	-10,67
J-236	404,39	0,364	397,74	-6,63
J-237	398,80	0,364	397,77	-1,03
J-238	417,96	0,364	398,75	-19,17
J-239	410,39	0,364	398,84	-11,52
J-240	420,00	0,364	399,02	-20,94
J-241	396,44	0,364	397,77	1,32
J-242	401,25	0,364	397,75	-3,50
J-243	400,00	0,364	397,72	-2,27
J-244	403,05	0,364	397,74	-5,30
J-245	411,04	0,364	397,88	-13,14
J-246	144,96	0,364	397,34	251,87
J-247	200,24	0,364	397,31	196,68
J-248	318,61	0,364	397,26	78,49
J-249	82,78	0,364	397,21	313,80
J-250	249,98	0,364	397,08	146,81
J-251	125,75	0,364	397,08	270,78
J-252	157,45	0,364	397,08	239,15
J-253	71,24	0,364	397,08	325,18
J-254	380,00	0,364	397,34	17,30
J-255	378,48	0,364	397,32	18,80
J-256	365,19	0,364	397,26	32,01
J-257	379,05	0,364	397,31	18,22
J-258	370,00	0,364	397,33	27,27
J-259	372,66	0,364	397,35	24,65
J-260	373,96	0,364	397,32	23,31
J-261	404,71	0,364	397,54	-7,16
J-262	380,00	0,364	397,55	17,51
J-263	380,37	0,364	397,43	17,03
J-264	383,72	0,364	397,43	13,68
J-265	398,70	0,364	397,67	-1,03
J-266	371,09	0,364	397,33	26,18
J-267	395,62	0,364	397,57	1,95
J-268	390,84	0,364	397,57	6,71
J-269	380,81	0,364	397,55	16,71
J-270	380,00	0,364	397,55	17,51
J-271	370,00	0,364	397,27	27,22
J-272	370,00	0,364	397,32	27,27
J-273	410,00	0,364	397,41	-12,56
J-278	410,05	0,364	397,13	-12,90
J-279	416,65	0,364	397,12	-19,49
J-280	269,40	0,364	397,12	127,46
J-281	73,76	0,364	397,11	322,70
J-282	284,48	0,364	397,10	112,39
J-283	424,49	0,364	397,09	-27,35
J-284	308,73	0,364	397,08	88,17
J-286	371,11	0,364	397,09	25,92

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
J-284	308,73	0,364	397,08	88,17
J-286	371,11	0,364	397,09	25,92
J-287	373,54	0,364	397,08	23,50
J-288	370,04	0,364	397,08	26,99
J-289	368,75	0,364	397,08	28,28
J-290	376,18	0,364	397,08	20,86
J-291	384,47	0,364	397,08	12,58
J-292	355,38	0,364	397,09	41,62
J-293	379,30	0,364	397,08	17,75
J-294	380,92	0,364	397,08	16,13
J-295	385,93	0,364	397,08	11,13
J-296	408,10	0,364	397,16	-10,92
J-297	400,00	0,364	397,14	-2,86
J-298	414,59	0,364	397,16	-17,40
J-299	404,85	0,364	397,20	-7,64
J-300	378,65	0,364	397,29	18,60
J-301	418,74	0,364	397,12	-21,57
J-302	408,95	0,364	397,12	-11,80
J-303	402,33	0,364	397,11	-5,21
J-304	176,02	0,364	397,11	220,64
J-305	402,76	0,364	397,12	-5,63
J-306	404,47	0,364	397,13	-7,33
J-307	401,34	0,364	397,14	-4,20
J-308	402,42	0,364	397,13	-5,28
J-309	401,27	0,364	397,13	-4,12
J-310	400,00	0,364	397,14	-2,86
J-311	406,92	0,364	397,14	-9,76
J-312	401,86	0,364	397,12	-4,74
J-313	414,81	0,364	397,12	-17,66
J-315	398,92	0,364	397,14	-1,78
J-316	394,34	0,364	397,13	2,78
J-317	391,94	0,364	397,12	5,17
J-318	407,49	0,364	397,20	-10,27
J-319	383,35	0,364	397,20	13,82
J-320	380,00	0,364	397,08	17,05
J-321	379,95	0,364	397,08	17,10
J-322	382,40	0,364	397,08	14,65
J-323	385,89	0,364	397,08	11,17
J-324	390,00	0,364	397,09	7,07
J-325	390,00	0,364	397,09	7,07
J-326	390,00	0,364	397,09	7,07
J-327	390,20	0,364	397,09	6,88
J-328	398,86	0,364	397,09	-1,77
J-329	389,16	0,364	397,09	7,91
J-330	386,06	0,364	397,08	11,00
J-331	381,99	0,364	397,08	15,06
J-332	282,89	0,364	397,08	113,96
J-333	193,26	0,364	397,10	203,43
J-334	419,51	0,364	397,10	-22,36
J-335	393,06	0,364	397,18	4,11
J-336	429,31	0,364	397,18	-32,07
J-337	397,07	0,364	397,18	0,11
J-338	383,57	0,364	397,18	13,59
J-339	382,15	0,364	397,18	15,01
J-340	380,90	0,364	397,18	16,25
J-341	380,00	0,364	397,18	17,15
J-342	376,81	0,364	397,19	20,33
J-343	375,80	0,364	397,19	21,34
J-344	371,70	0,364	397,19	25,43
J-345	370,15	0,364	397,19	26,98
J-346	366,79	0,364	397,19	30,33
J-347	364,18	0,364	397,20	32,95
J-348	364,33	0,364	397,22	32,83
J-349	370,00	0,364	397,26	27,21
J-350	372,52	0,364	397,23	24,66
J-351	377,79	0,364	397,22	19,39
J-352	378,53	0,364	397,20	18,63
J-353	377,00	0,364	397,19	20,15

J-354	395,92	0,364	397,11	1,19
J-355	400,27	0,364	397,11	-3,15
J-356	385,81	0,364	397,11	11,28
J-357	393,39	0,364	397,12	3,72
J-358	380,00	0,364	397,11	17,08
J-359	380,00	0,364	397,11	17,07
J-361	380,00	0,364	397,16	17,13
J-362	372,77	0,364	397,15	24,33
J-363	379,85	0,364	397,13	17,25
J-364	375,15	0,364	397,12	21,92
J-365	374,10	0,364	397,11	22,96
J-366	389,74	0,364	397,11	7,36
J-367	375,42	0,364	397,11	21,64
J-368	370,31	0,364	397,10	26,74
J-369	383,64	0,364	397,09	13,42
J-370	380,00	0,364	397,11	17,08
J-371	380,19	0,364	397,11	16,89
J-372	399,60	0,364	397,13	-2,46
J-373	400,00	0,364	397,13	-2,86
J-374	360,29	0,364	397,08	36,72
J-375	373,77	0,364	397,08	23,27
J-376	379,22	0,364	397,08	17,82
J-377	375,00	0,364	397,08	22,04
J-378	367,98	0,364	397,08	29,04
J-380	389,11	0,364	397,08	7,96
J-381	390,00	0,364	397,08	7,07
J-382	385,76	0,364	397,08	11,30
J-384	136,79	0,364	397,10	259,78
J-387	0,00	0,000	402,94	402,13