

# **MELHORAMENTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA À VILA DE MARRACUENE**

**TRABALHO DE FIM DE CURSO**

**de**

**ALFREDO DANIEL BOANE**

**Estudante N.º 128775**

**DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**do**

**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DE ENGENHARIA**

**da**

**UNIVERSIDADE POLITÉCNICA “A’POLITÉCNICA”**



**Supervisor: Ângelo Mario Barros André Fernandes Sumana**

Maputo, Dezembro de 2020



# **MELHORAMENTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA A VILA DE MARRACUENE**

Trabalho científico apresentado á Escola Superior de Gestão, Ciências e Tecnologias – Universidade Politécnica, A POLITECNICA como exigência parcial para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Civil

Supervisor: Ângelo Mario Barros André Fernandes Sumana

Maputo, Dezembro de 2020

## FOLHA DE APROVAÇÃO

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Eu, **Alfredo Daniel Boane**, declaro que o presente trabalho de fim de curso é resultado da pesquisa realizada exclusivamente por mim, com acompanhamento do meu supervisor. Todas as fontes de informação consultadas estão devidamente mencionadas no texto, e bibliografia. Esta monografia é agora submetida de acordo com todos os requisitos e exigências para obtenção de grau de Licenciatura em Engenharia Civil, na Universidade Politécnica, A Politécnica, em Maputo.

**Assinatura:** \_\_\_\_\_

**Data:** \_\_/\_\_/\_\_

## DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho ao meu filho, **Daniel Alfredo Boane**, em memória, em especial a minha mãe, **Laurinda João Tivane** e, em particular atenção, a minha esposa **Adelia Orlando Mulau Boane**.

## **AGRADECIMENTOS**

Quero, em primeiro lugar, agradecer a minha esposa, **Adélia Orlando Mulau Boane** que é uma personagem chave na história da minha formação, pois, foi quem me inspirou e incentivou a continuar os meus estudos e concretizar um sonho, fazendo a licenciatura em Engenharia Civil.

Agradeço também a todos que me apoiaram durante a formação, em todas as vertentes da minha vida, meus filhos, Edno, Craig e Erica, meus colegas de faculdade, em especial Raifudine Bacar, Aires Da Silva, Jacinto Mavila e tantos outros.

Agradeço aos docentes que me acompanharam durante a minha formação, em especial o meu supervisor Ângelo Sumana, a Dra Sarifa Magid, Eng. Andissene, Eng Sergio Esteves, Eng Sulumine, Eng Jorge Pindula, Dr. Razul, e outros que fizeram parte da formação.

Agradeço também a todos que directa ou indirectamente contribuíram para o meu ser, dentro e fora da academia, pois, não tem espaço para mencionar a todos no papel, mas, cada um, foi tão importante para que este acontecimento singular na minha vida, tivesse lugar.

## PARECER DO SUPERVISOR

Na minha qualidade de Supervisor do Estudante *Alfredo Daniel Boane*, sou do parecer que a Monografia para obtenção do Grau de Licenciada em Engenharia Civil agora apresentado sob o tema: *Melhoramento do Sistema de Abastecimento de Água à Vila de Marracuene*, é um trabalho original e foi realizado expressamente para a finalidade em causa, de acordo com o fixado nos Regulamentos da Universidade Politécnica “A'Politécnica”.

Atendendo a que o trabalho foi elaborado com o necessário rigor teórico e metodológico instituído na Universidade, assino em baixo, dando a entender que estão reunidas todas as condições exigidas para submeter a Provas Públicas.

Maputo, Dezembro de 2020

---

Mestre Ângelo Mário Barros André Fernandes Sumana

## **ABSTRACTO**

<b>Autor :</b>	<b>ALFREDO DANIEL BOANE</b>
<b>Grau Académico :</b>	Licenciatura em Engenharia Civil.
<b>Título:</b>	<b>Melhoramento do Sistema de Abastecimento de água a Vila de Marracuene</b>
<b>Universidade :</b>	A Politécnica
<b>Departamento:</b>	<b>Ciências De Engenharia</b>
<b>Supervisor da proposta:</b>	Msc Ângelo Mário André Fernandes Sumana
<b>Data:</b>	10 de Dezembro de 2020
<b>Palavras-chave:</b>	Sistemas de Abastecimento, Redes, Tubagens e Acessórios, Furos de Água, Grundfos Product Center-GPC, EPANET;

Nos últimos anos, tem-se assistido a um reconhecimento generalizado de que os sistemas de abastecimento de água para consumo humano, além de terem de satisfazer os requisitos legais, devem apresentar níveis de desempenho que mereçam a confiança dos consumidores na qualidade da água que lhes é fornecida. A água que se consome nas torneiras deixou de ser apenas uma preocupação de saúde pública e passou a ser considerada um produto alimentar de primeira necessidade, pelo que importa garantir a sua elevada qualidade e excelência.

Com o crescimento demográfico, a Vila de Marracune, não se isolou das outras vilas do nosso país, onde as dificuldades no abastecimento de água também encontra um destaque na vida da população.

Pretende-se avaliar as funcionalidades do sistema existente e propôr melhoramentos futuros, de acordo com as necessidades actuais e futuras no âmbito dos sistemas de abastecimento de água para consumo humano.

## **EPIGRAFE**

“Enquanto os Cientistas Descobrem o Mundo Que Existe; Os Engenheiros Criam o Mundo Que Nunca Existiu.” Theodore Von Karman – Engenheiro Aeroespacial.



## ÍNDICE

DECLARAÇÃO DE HONRA.....	III
DEDICATÓRIA .....	IV
AGRADECIMENTOS .....	V
PARECER DO SUPERVISOR .....	VI
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUÇÃO .....	1
1.1 GENERALIDADES .....	1
1.2. O PROBLEMA DE PESQUISA .....	3
<i>JUSTIFICATIVA</i> .....	3
1.3. QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO – QI / HIPÓTESES .....	3
1.4. OBJECTIVOS DA PESQUISA.....	4
<b>1.5. RESULTADOS ESPERADOS</b> .....	5
1.5.1. RESULTADOS ESPERADOS.....	5
1.6 Metodologia.....	6
<b>1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO</b> .....	6
<b>1.7.1</b> A Monografia está dividida em Cinco Capítulos a seguir discriminados: .....	6
CAPÍTULO II.....	7
2. REVISÃO DE LITERÁRIA.....	7
2.1 Análise do Funcionamento Hidráulico .....	7
2.2 Sistema de abastecimento público de água.....	8
2.3 PARTES CONSTITUÍNTES DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	10
2.4 TRATAMENTO DE ÁGUA.....	10
2.4.1 <i>Características da Água</i> .....	11
2.4.2 <i>tratamento de água de captação superficial</i> .....	12
2.4.3 <i>Tratamento da água de captação subterrânea</i> .....	14

2.5. Reservatórios de Água .....	14
2.5.1 Reservatório de Acumulação.....	15
2.5.2 Reservatório de Distribuição .....	16
Tubagem de um reservatório de distribuição .....	18
Acessórios.....	18
2.6 Rede de distribuição .....	18
2.7 Segurança no abastecimento de água .....	19
2.8 Quantidade de água.....	20
2.9 Qualidade da água.....	21
2.10 Garantia de funcionamento .....	22
3. CRITÉRIO DE DIMENSIONAMENTO DOS ÓRGÃOS DOS SAA .....	22
GENERALIDADES.....	22
3.1 OPERAÇÃO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	24
3.2 GESTÃO TÉCNICA DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	26
4.0 DEFINIÇÕES .....	30
4.1 Captação.....	30
4.2 Captação Superficial .....	30
4.3 CAPTAÇÃO SUBTERRÂNEA .....	30
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	30
4.3.1 Poço .....	32
4.3.2 Furo de água.....	32
4.3.3 Perfuração: .....	33
5.0 Adutoras.....	33
5.1. Bomba de água.....	33
5.2. Estação de tratamento de água (ETA) .....	34
5.3. Produtos químicos.....	34
5.4. Caudal .....	34
5.5. Pressão .....	34
5.6. Válvulas de manobras .....	35
Para as diversas manobras operadas no sistema de .....	35
6.0 OBRAS AUXILIARES .....	35
6.1 Filtros .....	35
6.2 Perdas de cargas.....	35
6.3 Contador de água .....	36
6.5 Pequeno Sistema de Abastecimento de Água-PSAA .....	36

6.6 Gestão do PSAA .....	36
6.7 Operação de sistema de abastecimento de água .....	36
6.8 Manutenção.....	37
6.9 Produção da água.....	37
6.10 Consumo de Água.....	37
6.11 Sucção e recalque.....	37
6.12 Água bruta.....	38
6.13 Filtração .....	38
6.14 Tratamento .....	38
6.15 Água potável .....	38
6.16 Água contaminada .....	38
7.0 Estação de bombagem .....	39
7.1 Depósitos de água .....	39
7.2 Velocidade .....	39
<b>CAPÍTULO III – DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>39</b>
3.2 Limites: .....	40
3.3 CLIMA: .....	42
3.4 Morfologia e Relevo .....	42
<b>2. SOLOS</b> .....	<b>43</b>
1. Solos Arenosos Amarelados Fase Dunar .....	43
2. Solos Arenosos Esbranquiçados, localizam-se em Nhongonhane, e são propícias para a prática de agricultura de sequeiro. ....	43
4. Solos de Aluviões Argilosos localizam-se no PA de Machubo e na Localidade-Sede e são propícios para a agricultura de regadio.....	43
5. Solos de Dunas Costeiras Amarelados .....	43
3.5 Hidrografia.....	43
3.6 Censo da população do distrito de Março.....	44
3.7 ASPECTOS HISTÓRICOS – CULTURAIS.....	45
3.7.1 Aspectos Históricos .....	45
3.8 ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	45
<b>3.9 COBERTURA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....</b>	<b>46</b>

Tabela nº34: Distribuição das fontes de abastecimento de água por localidade .....	46
3.10 Energia Eléctrica .....	47
3.14 Mudanças Climáticas e desenvolvimento .....	50
<b>CAPÍTULO IV – DESCRIÇÃO DO SISTEMA ACTUAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA</b> .....	<b>52</b>
4.1 DESCRIÇÃO GERAL .....	52
4.2 <i>Captação</i> .....	53
4.3 <i>Verificação do estado actual da rede de distribuição de água na vila de Marracuene</i> .....	54
4.4. IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS PERDAS FÍSICAS NO SISTEMA EM ESTUDO .....	59
<b>CAPITULO V – ANALISE DOS RESULTADOS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>73</b>

## Índice das figuras

### Table of Contents

Figura 1 -Ciclo Hidrológico Da Água .....	1
Figura 2, Esquema De Abastecimento De Água .....	9
Figura 3: Pequeno Sistema De Abastecimento De Água .....	14
Figura 4: Disposição Dos Depósitos De Água, .....	16
Figura 5: Partes De Um Sistema De Abastecimento De Água.....	22
Figura 6: Camadas Dos Solos Dos Aquíferos .....	31
Figura 7: Mapa Do Distrito De Marracuene .....	40
Figura 8: Organigrama Do Distrito De Marracuene .....	41
Figura 9: Bomba Manual .....	47
Figura 10: Depósito elevado de 215m <sup>3</sup> .....	48
Figura 11: Depósito De 250m <sup>3</sup> .....	48
Figura 12: Depósito apoiado De 160m <sup>3</sup> .....	49
Figura 13: Rede de abastecimento da vila de Maracuene .....	49
Figura 14: Foz do Incomati.....	51
Figura 15: Construções nas encostas e dos declives.....	51
Figura 16: Depósito De 250m <sup>3</sup> .....	53
Figura 17: depósito 215m <sup>3</sup> .....	54
Figura 18: Depósito 160m <sup>3</sup> .....	54
Figura 19: Planta de Implantação da Rede .....	58
Figura 20: Partes do Sistema de Abastecimento de Água .....	62
Figura 21: Curva de Consumo de Água.....	66
Figura 22: Planta de Implantação da Rede .....	72

### Índice das Tabelas

Tabela 1: População Do Distrito .....	44
Tabela 2: Tabela das fontes de água .....	46
Tabela 3: Tabela das Malhas de Pressões .....	56

Tabela 4: Malhas de elevação e diamentros .....	56
Tabela 5: Tabela dos tubos existentes.....	57
Tabela 6: Tabela dos Nós.....	57
Tabela 7: Tabela dos Nós continuação .....	58
Tabela 8: Tabela dos tubos existentes.....	59
Tabela 9: Tabela dos cosumos e uso de água.....	62
Tabela 10: Tabela dos Nós .....	64
Tabela 11: Tabela dos Nós Fase2 .....	65
Tabela 12: Tabela dos Termos da Formula.....	66
Tabela 13: Tabela dos Tubos.....	68
Tabela 14: Tabela dos Nós fase2.....	69
Tabela 15: Tabela dos Nós fase2 continuação .....	70
Tabela 16: Tabela da Malha das Pressões fase2 .....	71
Tabela 17: Tabela da malha das pessões e diamentros .....	71

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Generalidades

Segundo o Professor **Carlos Fernandes de Medeiros Filho-UFMG**, pag. 1, na **Apostila de Abastecimento de água**, a água é uma substância muito simples, abundante na Terra e pode ser encontrada tanto no estado líquido, no estado gasoso assim como no estado sólido, na atmosfera, sobre ou sob a superfície terrestre, nos oceanos, mares, rios e lagos. Também, é um constituinte inorgânico mais presente na matéria viva: cerca de 60% do peso do homem é constituído de água e em certos animais aquáticos 98% do seu peso, constitui-se deste líquido. Os mares e os oceanos contêm cerca de 97,4 % de toda essa massa, formada pela água salgada. 2 % da água total está estocada sob a forma de neve ou gelo, no topo das grandes cadeias de montanhas ou nas zonas polares. Assim, apenas cerca de 0,6 %, do total, encontra-se disponível como água doce nos aquíferos subterrâneos (0,5959 %), os rios e lagos superficiais (0,0140 %) e na atmosfera na forma de vapor de água (0,001 %). A maior parte das águas subterrâneas encontra-se em condições inadequadas ao consumo ou em profundezas que inviabilizam sua exploração. Diante desta situação é de importância fundamental para o futuro da humanidade, e sua própria sobrevivência, que se valorize a preservação dos recursos hídricos do planeta em suas condições que a natureza dispõe. Ver a fig. seguinte, que mostra o ciclo Hidrológico da água:

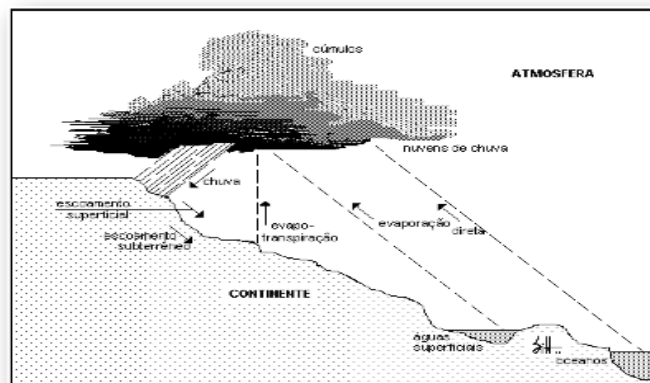


Figura 1. Ciclo Hidrológico da água; Fonte: Apostilha de Abastecimento de água UFGG

Ainda, segundo o professor Carlos Fernandes Medeiros e filhos, ilustra o ciclo hidrológico e define-o como sendo a descrição do comportamento natural da água em volta do globo terrestre. Essencial para o desenvolvimento da vida na Terra, é composto de três fenômenos principais: evaporação para a atmosfera, condensação em forma de nuvens e precipitação, mais frequentemente em forma de chuva, sobre a superfície terrestre, onde ela se dispersa sobre as mais variadas maneiras, de acordo com a superfície receptora, escoando sobre a superfície, infiltrando-se e/ou evaporando-se.

O fornecimento de água relaciona os aspectos ambientais, económicos e sociais, da humanidade, sem excluir os aspectos de manutenção dos seus equipamentos, assim como da saúde dos seus consumidores.

Quando não são observados os pressupostos de abastecimento de água, considerando que o nosso País faz parte dos Países em vias de desenvolvimento, onde há escassez de recursos e com baixo nível de saneamento do meio, propicia-se assim o surto de doenças de origem hídrica, como sendo os casos de cólera, a bilharziose, diarreias e outras.

(fonte: Tabela 1.1 do Manual de abastecimento de Água de Nelson Matsinhe e Luuk Rietveld)

O Distrito de Marracuene, situa-se na Parte Oriental de Província de Maputo, e localiza-se a 30Km a Norte da Cidade de Maputo, entre a Latitude 25° 41' 20" Sul e Longitude de 32°40' 30", é limitado a Norte pelo Distrito da Manhiça, a Sul, pela Cidade de Maputo, a Oeste, pelo Distrito da Moamba e Cidade da Matola, e a Este banhado pelo Oceano Indico ( fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/marracuene\\_distrito](https://pt.wikipedia.org/wiki/marracuene_distrito)).

A vila de Marracuene, cuja sede do Distrito é do mesmo Nome, possui um Pequeno Sistema de Abastecimento de Água (PSAA), que está sob gestão dos Serviços Distritais de Planeamento e Infraestruturas - SDPI. No entanto, o sistema, não funciona 24 horas por dia, pressupondo-se que hajam deficiências em todo o sistema.

Assim, o presente trabalho, visa analisar o sistema, no contexto do tempo da sua implantação, o seu funcionamento actual, com vista ao seu melhoramento para acomodar as condições actuais da vila.

## **1.2. O PROBLEMA DE PESQUISA**

### **JUSTIFICATIVA**

A escassez de água potável é um problema que afecta a toda a humanidade. Assim, este tem sido o maior problema dos governos de encontrar soluções adequadas de fornecimento deste líquido precioso em quantidade e qualidade necessária para a população. Neste caso, a vila de Marracuene, é parte deste problema. Com base nas informações acima citadas, o sistema é projectado para servir à comunidade, com qualidade e quantidade suficiente para uso das populações. Assim, o problema a ser investigado pode ser formulado da seguinte forma:

✚ *“A solução do sistema de abastecimento de água a Vila de Marracuene passa pelo seu melhoramento.”*

## **1.3. QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO – QI / HIPÓTESES**

### **Hipóteses**

Como obrigação do governo em prover água para os cidadãos, porque sem água não há vida, torna-se imperioso criar condições para se garantir água para todos os habitantes. Assim, a pergunta de investigação poderá ser formulada da seguinte forma:

✚ *“Será que a solução dos problemas de água da vila de Marracuene, passam pelo melhoramento do sistema de abastecimento de água da vila de Marracuene? ”*

Do mesmo modo, as hipóteses, segundo Leedy & Ormrod (2001:6), são " uma suposição lógica, uma suposição razoável ou uma conjuntura educada", padrão a ser formuladas da seguinte forma:

#### **1.3.1 Hipótese básica**

- ✚ *(H0 " Não é o estado ou dimensão do sistema de abastecimento de água que dita a falta de água a Vila de Marracuene. "*

### **1.3.2 Hipótese secundária**

- ✚ *(H1 " É o estado do sistema de Abastecimento de Água da Vila de Marracuene que provoca a falta de água a Vila de Marracuene "*

### **1.3.3 Perguntas investigativas**

De acordo com o problema a ser investigado, com a pergunta a investigar e com as hipóteses colocadas, pode-se formular as perguntas investigativas que vão servir de suporte para uma melhor compreensão do assunto a investigar:

- ✚ *"Qual será o impacto do Melhoramento do Sistema de Abastecimento de Água a Vila de Marracuene?"*
- ✚ *"Será que os provedores deste líquido consideram o deficiente funcionamento do sistema como um factor que poderá contribuir de forma negativa para o desenvolvimento da Vila?"*
- ✚ *"Qual será a opinião dos residentes em relação ao bom funcionamento do sistema de abastecimento de água, sob o ponto de vista de funcionamento num período de 24 horas por dia?"*

## **1.4. OBJECTIVOS DA PESQUISA**

### **1.4.1. Geral**

- ✚ Análise do funcionamento, a partir da fonte, adução, armazenamento da água, distribuição, perdas assim como a rede de distribuição;
- ✚ Propor soluções (Melhorar a captação, acrescentar reservatórios e ampliar a rede de distribuição).

### **1.4.2. Específico**

- ✚ Identificar as anomalias do Sistema de Abastecimento de Água da Vila de Marracuene;
- ✚ Simular o funcionamento hidráulico do sistema existente de abastecimento de água, através do programa EPANET;
- ✚ Fazer uma avaliação dos resultados da simulação do programa EPANET;
- ✚ Propor a implementação dos resultados obtidos conducentes ao Melhoramento desejado para o sistema;

## **1.5. RESULTADOS ESPERADOS**

### **1.5.1. RESULTADOS ESPERADOS**

Identificação dos problemas do Sistema de Abastecimento Água da vila de Marracuene e propostas de solução. Melhoria na eficiência de funcionamento do sistema de abastecimento de água; Aumento da cobertura do sistema, pelo aumento do número de consumidores, abrangido pela rede de distribuição.

### **1.5.2. Limitações encontradas na elaboração do trabalho**

- ✚ Foi difícil a realização do trabalho, por falta de informações sobre o sistema de abastecimento de água da vila. O que foi encontrado no local, são poucas informações do SDPI; Sobre a primeira captação, construída no mesmo período da Vila, ainda se vê as ruínas da captação e da casa das máquinas, os tanques de reserva, e pode-se ver que as instalações datam 1917, junto ao rio Incomati. São esses sinais que retratam a situação vigente na altura, no entanto não estão disponíveis detalhes escritos nem do equipamento usado na altura, nem as memórias descritivas do que foi o sistema. Importa referir também que foram encontradas inúmeras dificuldades, a considerar:
- ✚ Dificuldade de obtenção de informação sobre a gestão do sistema, a partir da captação, adução e depósitos elevados, assim como a rede de distribuição que não tem plantas descritivas.

- ✚ A simulação por Epanet, baseou-se na reconstrução da rede existente assim como alguma documentação encontrada no SDPI, que através do qual foi feito o redimensionamento, assim como, na base dos dados dos depósitos elevados, assim como dos dados estatísticos da população, dados pelo INE, e da existência dos furos de captação da água ainda em uso.

## 1.6 Metodologia

A metodologia a seguir, para a execução deste trabalho, irá basear-se no seguinte:

- ✚ Revisão bibliográfica;
- ✚ Estágio no local;
- ✚ Recolha de dados topográficos, população, hidrologia, uso e ocupação do solo, urbanização, industrialização, clima, etc.
- ✚ Levantamento dos dados actuais do Sistema de Abastecimento de Água da vila de Marracuene;
- ✚ Análise, avaliação e tratamento dos dados recolhidos que culminará com a compilação de um relatório;

O tratamento dos dados consistirá na sua transformação em tabelas, gráficos, mapas e em desenhos ilustrativos da situação actual, seus cenários actuais e futuro do Funcionamento do Sistema de Abastecimento de Água na vila de Marracuene.

## 1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

1.7.1 A Monografia está dividida em Cinco Capítulos a seguir discriminados:

1. **Capítulo I:** Introdução, apresentação dos objectivos gerais e específicos, resultados esperados, metodologia e estrutura do trabalho.
2. **Capítulo II:** Revisão Literária, conceitos e definições.

3. **Capítulo III:** Descrição da área de estudo, localização geográfica, infra-estruturas existentes, tipos de serviços prestados e desenvolvimento da população.
4. **Capítulo IV:** Descrição do sistema actual de abastecimento de água, referentes a captação de água, rede de distribuição e condutas adutoras, outras fontes de captação de água. Considerações gerais referentes ao cálculo da demanda de água, onde faz-se a análise da captação por fontes alternativas, cálculo hidráulico e escolha de bombas a utilizar.
5. **Capítulo V:** Análise dos resultados, conclusões e Recomendações;
6. Referências Bibliográficas

## **CAPÍTULO II**

### **2. REVISÃO DE LITERÁRIA**

#### **2.1 Análise do Funcionamento Hidráulico**

O funcionamento hidráulico das redes de distribuição de água consiste na forma mais eficiente de previsão do comportamento do sistema, no que diz respeito as vazões e perdas de carga nos trechos, pressões e cargas hidráulicas nos nós, tendo sempre em linha de conta de que, quando ocorrem modificações devido a incrustações, mudança da rugosidade em virtude do envelhecimento dos tubos, vazamentos e quebras, entre outras situações comuns às redes.

Para se construir um sistema de distribuição de água é necessário realizar um estudo profundo da local e contar com mão de obra especializada.

Antes de iniciar a construção, de facto, é preciso definir, a população que será atendida, a taxa de crescimento da cidade e quais as necessidades industriais. Baseado nessas informações, projecta se o sistema para atender a população, por muitos anos, com qualidade.

A escolha do manancial, é uma etapa fundamental no planeamento de um sistema de abastecimento de água. Assim, deve-se avaliar alguns critérios, tais como, a localização, topografia, vazão e presença de focos de contaminação. Após a escolha do manancial, define-se como será feita a captação da água. Estas opções são usadas já a tempos mais antigos e , a sustentação destas ideias, baseia-se na indicação do “Professor Carlos Fernandes de Medeiros Filho – UFCG, na apostilha de abastecimento de água, pag. 37”, que diz, “nas Ruínas de comunidades de mais de 5000 anos, escavadas na Índia, revelaram a existência de sistemas de abastecimento de água e de drenagem construídos com alvenaria de pedras trabalhadas, que incluíam inclusive piscinas para banhos coletivos e práticas de natação”.

“Do mesmo modo, refere ainda, que os Egípcios, também por volta de 3000 anos antes de Cristo, já construíam barragens de pedras com até mais de dez metros de altura para armazenamento de água potável para abastecimento doméstico e irrigação. Também historicamente é registrado que o rei Salomão, bíblicamente famoso, promoveu de forma intensa a construção de aquedutos. Agricultores árabes aproveitavam as águas armazenadas em crateras de vulcões extintos como reservatórios para irrigação”. Portanto, serve-se destas bases para se encontrar soluções para os nossos problemas de hoje.

## **2.2 Sistema de abastecimento público de água**

Por definição, segundo o professor Carlos Fernandes de Medeiros Filho - UFCG, sistema Abastecimento público de água, a um serviço público, é constituído por elementos hidráulicos destinadas ao fornecimento de água para o atendimento das necessidades da população. No entanto, como uma solução colectiva, económica e definitiva, para o abastecimento de água a uma comunidade, esta solução, deve acompanhar a evolução demográfica das comunidades. Um sistema de abastecimento de água é uma solução que contempla determinada comunidade com água potável. O sistema contempla unidades que vão, desde a fonte até a unidade consumidora. Os sistemas de abastecimento de água são uma composição de um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinadas à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que

administrada em regime de concessão ou permissão. O pleno funcionamento deste conjunto, culmina com a entrega dessa água, tratada, com a qualidade necessária para o consumo doméstico, para os serviços públicos e para o uso industrial, entre outros. O abastecimento de água visa também, fundamentalmente:

- ✚ Controlar e prevenir doenças;
- ✚ Implantar hábitos higiênicos na população como, por exemplo, a lavagem das mãos, o banho e a limpeza dos utensílios;
- ✚ Facilitar a limpeza pública;
- ✚ Facilitar as práticas desportivas;
- ✚ Propiciar conforto e bem-estar;

Para a construção de um sistema de abastecimento de água (SAA), deve se envolver pessoal especializado, e esse trabalho, requer vários estudos com uma profundidade específica nas áreas envolvidas. Porém, sobre tudo que se tem a fazer, é importante compreender toda a extensão de funcionamento de um sistema de abastecimento de água é necessário separá-lo por partes ou unidades. Essas unidades compreendem processos de tratamento para a potabilização da água, até chegar às torneiras das casas, para a sua utilização.

### Esquema de abastecimento de água

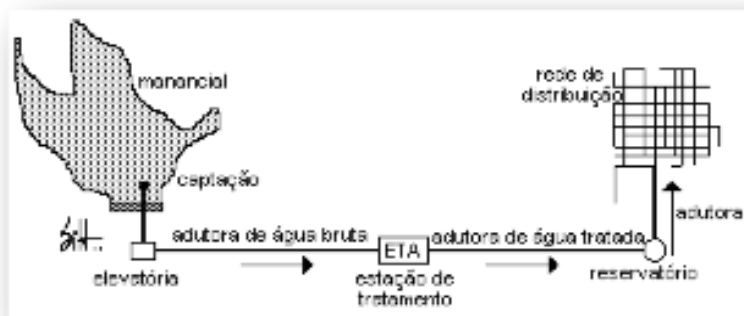


Figura 2, Esquema de abastecimento de água; Fonte: Apostilha Abastecimento de água UFCG

Para se levar a cabo esse trabalho, é necessário definir os seguintes aspectos:

- ✚ A população a ser abastecida, neste caso da vila;
- ✚ A taxa de crescimento da cidade ou da vila;
- ✚ Definição das necessidades industriais, públicas/comerciais e perdas.

Com base nas informações acima citadas, o sistema é projectado para servir à comunidade, durante o ano horizonte, com quantidade e qualidade suficiente com vista a garantir que haja uma melhoria no sistema de abastecimento de água.

### **2.3 Partes constituintes de um sistema de Abastecimento de Água**

As partes constituintes de um sistema de abastecimento de água, ou seja, todo o processo que a água passa desde sua colecta até ao seu consumo, englobam as seguintes partes:

- ✚ Manancial;
- ✚ Adução;
- ✚ Estação de tratamento;
- ✚ Reservatórios (estações elevatórias);
- ✚ Rede de distribuição;

### **2.4 Tratamento de água**

Segundo Lana Magalhaes, Licenciada em Ciências Biológicas (2010) e Mestre em Biotecnologia e Recursos Naturais pela Universidade do Estado do Amazonia/UEA (2015). Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia pela UEA, refere que o **Tratamento de Água** é um longo processo de transformação, pelo qual a água passa, até chegar em condições de uso para abastecer a população, independentemente da função que ela terá. Assim, depois de captada nos rios barragens ou poços, a água é levada para a estação de tratamento, onde passa por várias etapas, que será mais complexo dependendo das impurezas existentes nela.

A definição da necessidade de tratamento da água de consumo é uma função das características físicas, químicas, biológicas e bacteriológicas da água na fonte, devendo,

deste modo, ser importante que se faça uma caracterização por forma a definir os processos de tratamento a considerar.

### 2.4.1 Características da Água

As características da água podem ser agrupadas em três principais categorias:

- ✚ físicas,
- ✚ químicas
- ✚ biológicas.

As propriedades da água destinada ao consumo humano devem seguir os padrões de qualidade para ser uma água potável cujos parâmetros são chamados de potabilidade. Desse modo, são definidas as quantidades limites de certas substâncias que são prejudiciais à saúde, tais como mercúrio, chumbo, cádmio, bem como agrotóxicos, desinfetantes dentre outros. Também está determinado o limite de microrganismos, os coliformes fecais, e as características organolépticas, como a turbidez (o quanto a água está turva), a intensidade de odor e gosto. Para o trabalho, far-se-á referência apenas as características físicas e químicas.

1. **Características Físicas:** estão relacionadas, principalmente, com o aspecto estético da água. Fazem parte dessas características a cor, turbidez, sabor e odor. A água tem características especiais que permitem a vida no planeta, entre elas, sua grande capacidade de dissolver substâncias, além de conter nutrientes orgânicos e inorgânicos, é encontrada em maior quantidade na forma líquida, aspectos essenciais aos seres vivos. Se comparada com o ar, ela possui valores maiores de densidade, resistência à passagem da luz e calor específico. A água tem características especiais que permitem a vida no planeta, entre elas, sua grande capacidade de dissolver substâncias, além de conter nutrientes orgânicos e inorgânicos, é encontrada em maior quantidade na forma líquida, aspectos essenciais aos seres vivos. Se comparada com o ar, ela possui valores maiores de densidade, resistência

à passagem da luz e calor específico. A fórmula da água, H<sub>2</sub>O, indica que é composta por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio.

Esses átomos compartilham de forma desigual dos elétrons, criando uma polaridade (cargas positivas e negativa). Em outras palavras, a molécula da água é polar e por isso as moléculas ligam-se através de pontes de hidrogênio, que são bem fortes.

2. **Características Químicas:** entre as características químicas, merecem ser destacadas: a dureza, a salinidade, a agressividade, o ferro e manganês, a alcalinidade, os compostos de nitrogênio, os cloros, os fluoretos, os compostos tóxicos, as matérias orgânicas, o oxigênio dissolvido, a demanda bioquímica de oxigênio, a demanda química de oxigênio, os detergentes, os pesticidas e as substâncias radioativas.

#### 2.4.2 tratamento de água de captação superficial

Através de uma série de processos químicos e físicos, a água bruta é tornada potável para que possa ser distribuída à população. Barros (1995) ressalta que o abastecimento público de água deve garantir a qualidade da água tratada de maneira:

- ✚ A atender aos padrões de qualidade exigidos e aceitos internacionalmente.
- ✚ A prevenir o aparecimento de doenças de veiculação hídrica, protegendo a saúde da população.
- ✚ A tornar a água adequada a serviços domésticos.
- ✚ A prevenir o aparecimento da cárie dentária nas crianças, através da fluoretação.
- ✚ A proteger o sistema de abastecimento de água, principalmente, tubulações e órgãos acessórios da rede de distribuição, dos efeitos danosos da corrosão e da deposição de partículas no interior das tubulações

O processo de tratamento da água superficial é constituído pelas seguintes fases ou processo unitários:

- ✚ **Oxidação** – o primeiro passo é oxidar os metais presentes na água, principalmente o ferro e o manganês, que normalmente se apresentam dissolvidos na água bruta. Para isso, injecta-se cloro ou produto similar, pois tornam os materiais insolúveis na água, permitindo assim a sua remoção nas outras etapas de tratamento;
- ✚ **Coagulação** – a remoção das partículas inicia-se no tanque de mistura rápida com a dosagem de sulfato de alumínio ou cloro férrico. Estes coagulantes têm o poder de promover a aglomeração de partículas, formando flocos. Para optimização do processo adiciona-se a cal, para manter o PH da água no nível adequado a este processo de tratamento;
- ✚ **Floculação** – na floculação, a água já coagulada movimenta-se dentro dos tanques, de tal forma que os flocos se misturam, ganhando peso, volume e consistência que lhes permita precipitar.
- ✚ **Decantação** – na decantação, os flocos formados anteriormente separam-se da água, sedimentando-se, no fundo dos depósitos;
- ✚ **Filtração** – porque parte das impurezas não são removidas no processo de decantação, é sempre necessário proceder-se a filtração da água. Os filtros são constituídos por camadas de areia suportadas por cascalho de diversos tamanhos que retêm as partículas sólidas;
- ✚ **Desinfecção** – a água limpa, quando chega a esta etapa, recebe um desinfectante (geralmente cloro) que elimina os germes nocivos à saúde, garantindo também a qualidade da água nas redes de distribuição e nos reservatórios;
- ✚ **Correcção de pH** – para proteger as canalizações da corrosão ou incrustação, a água recebe uma dosagem de cal, que corrige pH;
- ✚ **Fluoretação** – consiste na aplicação de uma dosagem de compostos de flúor (ácido fluossilícico). Reduz a incidência da cárie dentária, especialmente no período de formação dos dentes, que vai da gestação até a idade de 15 anos.

### **2.4.3 Tratamento da água de captação subterrânea**

A água captada através de furos ou poços, na maioria das vezes não precisam de ser tratada, bastando-se apenas na Desinfecção. Isto ocorre porque, neste caso, a água pode não apresentar qualquer turbidez, dispensando-se as outras fases que normalmente são necessárias para o tratamento das águas superficiais. Uma alternativa para contornar esta dificuldade e que tem vindo a ganhar peso, é o recurso ao sistema de ETAs compactas com filtro sob pressão, embora estas também tenham vindo a apresentar problemas pelas mesmas razões citadas anteriormente.

### **2.5. Reservatórios de Água**

Reservatórios são unidades que se destinam ao armazenamento de água bruta ou tratada com vista a colmatar variações no consumo de água, com propósitos de:

- ✚ Atender a variação do consumo;
  - ✚ Manter uma pressão mínima ou constante na rede;
  - ✚ Atender demandas de emergências, em casos de incêndios, rupturas de redes, etc;
- O consumo de uma comunidade está ligado a diversos factores: clima, hábitos de higiene, qualidade da água, cobrança (água medida ou não). Para uma mesma população, o consumo varia de acordo com as horas do dia. É a chamada variação horária. Varia ainda, conforme a época do ano. É a variação diária. Assim, o reservatório de distribuição, permite atender a essas variações.

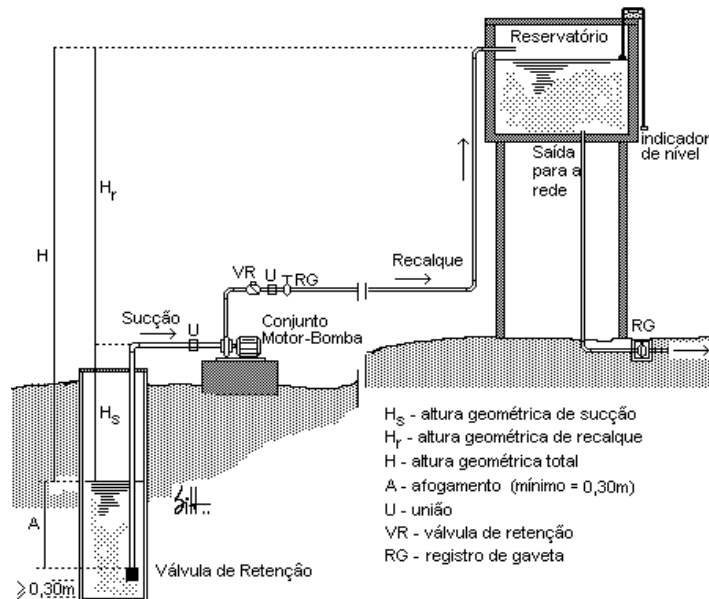


Figura 3: pequeno sistema de abastecimento de água, Fonte: Carlos Fernandes de Medeiros e filho  
 Os reservatórios construídos para um sistema de abastecimento público de água, quando a sua posição, podem ser depositos enterrados, depositos semi enterrads, depositos apoiados e depositos elevados. Os depositos também podem ser divididos em duas classes principais:

- ✚ Reservatório de Acumulação;
- ✚ Reservatório de Distribuição.

### 2.5.1 Reservatório de Acumulação

São construídos num curso de água, (podendo ser um rio, um riacho, um córrego, furos de água etc.) quando se deseja aproveitá-lo como fonte de abastecimento de água. Isto só ocorre quando a vazão média desse curso de água é superior à vazão média do consumo que se deseja para uma comunidade.

Mas se este curso de água, apresentar caudais mínimos, diários ou mensais, insuficientes para atender as necessidades de consumo, nestes dias ou meses, nestas condições, o excesso de água descarregado pelo curso de água, nos tempos de caudais máximos são acumuladas em reservatórios, denominados reservatório de acumulação, a fim de

atender as deficiências, em épocas durante as quais o caudais do curso de água não é suficiente para atender as necessidades de consumo.

Para que haja uma retirada relativamente uniforme de água dos reservatórios de acumulação, apesar das necessidades de consumo serem variáveis, faz-se necessário a construção dos reservatórios de distribuição.

### 2.5.2 Reservatório de Distribuição

São reservatórios construídos para um sistema de abastecimento de água com as seguintes finalidades:

- ✚ Uniformização de fornecimento de água no consumo, devido ao fato do reservatório minimizar ou mesmo fazer desaparecer as diferenças de volume de água, requeridos durante o período de maior consumo;
- ✚ Uniformização da adução para o sistema;
- ✚ Emergência - no caso de haver uma interrupção na adução de água, aquela acumulada no reservatório abastece a cidade, até que a dificuldade seja sanada;
- ✚ Maior auxílio no combate à incêndios;

Classificação dos reservatórios de distribuição água de acordo com a sua localização em referência à rede de distribuição:

- ✚ **A montante** - quando está localizado entre a captação e a rede de distribuição;
- ✚ **A jusante** - quando está localizado após a rede de distribuição. Neste caso recebe água de consumo mínimo e ajuda a abastecer a cidade durante as horas de consumo máximo;
- ✚ **A quebra de pressão** - terreno com desníveis acentuados.

Classificação dos reservatórios de distribuição água de acordo com a sua localização em referência ao nível do terreno:

- + Enterrados;
- + Semi-enterrados;
- + Apoiados;
- + Elevados..

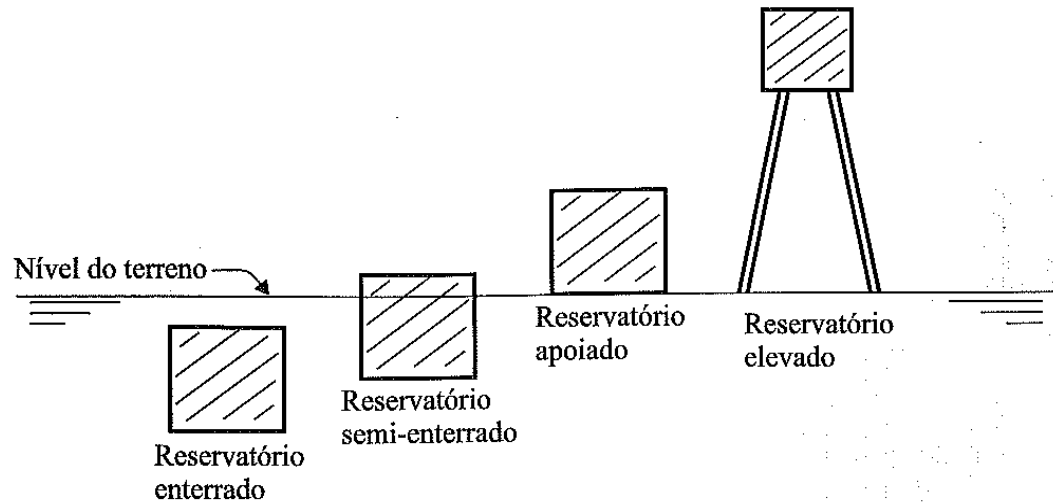


Figura 4: disposição dos depósitos de água, Fonte: Tsutiya 2006

Os caudais que determinam a escolha de um destes tipos são normalmente, pressões, caudais e volumes a armazenar.

Classificação dos reservatórios de distribuição água de em relação ao material de que são construídos:

- + Betão armado - geralmente os elevados;
- + Alvenaria - geralmente construído enterrado;
- + Aço - pouco uso (mais nas indústrias);
- + P.V.C. – geralmente os elevados;
- + Madeira - usados para os apoiados e elevados de pequena capacidade.

## **Tubagem de um reservatório de distribuição**

- ✚ De entrada;
- ✚ De saída;
- ✚ De descarga;
- ✚ Extravasador - geralmente descarregando no dreno.

## **Acessórios**

Os acessórios de um reservatório de distribuição são:

- ✚ Tubo de ventilação - destinado a circulação do ar;
- ✚ Indicador de nível - para fazer leitura dos níveis de variações de consumo;
- ✚ Válvula de cunha - a fim de regular a entrada e saída de água.

## **2.6 Rede de distribuição**

A rede de distribuição é o conjunto de condutas e peças especiais destinadas a conduzir a água até aos pontos de tomada das instalações ou estabelecimentos, podendo ser prediais, edifícios ou aos pontos de consumo público.

A pressão na rede de distribuição deve ter valores que propiciam o fornecimento de água em todos os pontos afins, a qualquer hora do dia, em quantidade suficiente e sob pressão aceitável.

Assim que as normas que regulam o abastecimento de água, a pressão mínima necessária depende do tipo de consumidores (é frequente a utilização do valor 10 m.c.a. mais 3 vezes o pé direito duma casa). No entanto, para os sistemas de combate ao incêndio, o consumo de água é extremo, admite-se que a pressão no ponto mais desfavorável da rede desça até níveis iguais a zero não se admitindo, no entanto, pressões negativas.

A pressão máxima na rede deve ser mantida sempre que possível abaixo dos 50 m.c.a, isto por forma a evitar roturas nas condutas e prejuízos para as instalações hidráulicas dentro das casas, prédios ou indústrias. Por esta razão para prédios muito altos opta-se normalmente por acoplar um sistema de elevação separado, constituído por uma cisterna em baixo do edifício, uma bomba e uma outra cisterna em cima do edifício.

Para evitar grandes flutuações de pressão dentro da rede e também ao longo do dia é necessário estabelecer medidas que permitam uniformizar as pressões na rede. Estas medidas compreendem:

- ✚ Definição de zonas de pressão na rede;
- ✚ Escolha adequada da localização dos reservatórios de recalque;

Uso de diâmetros relativamente grandes, para evitar perdas de carga unitárias maiores do que aproximadamente 5 m/km. Com esta medida, deve-se verificar também se as velocidades da água das condutas não são demasiadamente baixas ( $< 0.1$  m/s), por forma a evitar a deposição de sólidos suspensos e a degradação de matéria orgânica nas condutas, o que poderá provocar anaerobiose e o consumo excessivo do cloro residual.

## **2.7 Segurança no abastecimento de água**

As águas superficiais empregues em sistemas de abastecimento geralmente são originárias de um curso de água natural. Opções mais raras seriam captações em lagos naturais ou no mar com dessalinização posterior. As condições de escoamento, a variação do nível de água, a estabilidade do local de captação, etc, é que vão implicar em que sejam efetuadas obras preliminares a sua captação e a dimensão destas obras. Basicamente as condições a serem analisadas são:

- ✚ Quantidade de água;
- ✚ Qualidade da água;
- ✚ Garantia de funcionamento;
- ✚ Economia das instalações; e

✚ Localização.

## 2.8 Quantidade de água

São três as situações que podemos nos deparar quando vamos analisar a quantidade de água disponível no possível manancial de abastecimento:

✚ a vazão é suficiente na estiagem;

✚ é insuficiente na estiagem, mas suficiente na média; e

✚ existe vazão, mas inferior ao consumo previsto.

- a) A primeira situação é a ideal, pois, havendo vazão suficiente continuamente, o problema seguinte é criar a forma mais conveniente de captação direta da correnteza. Esta é a forma mais comum onde os rios são perenes (ou perenizados artificialmente).
- b) A segunda situação, *IT 179 – Saneamento Básico Agosto/2007* Guimarães, Carvalho e Silva, significa que durante determinado período do ano não vamos encontrar vazão suficiente para cobertura do consumo previsto. Como na média a vazão é suficiente, então durante o período de cheias haverá um excesso de vazão que se armazenado adequadamente poderá suprir o déficit na estiagem. Este armazenamento normalmente é conseguido por meio das barragens de acumulação que são reservatórios construídos para acumularem um volume tal que durante a estiagem compensem as demandas com o volume armazenado em sua bacia hidráulica. Esta é a forma mais frequente para sistemas com vazões de consumo para comunidades superiores a 5000 habitantes,
- c) A terceira situação é a mais delicada quanto ao aproveitamento do manancial. Como não se tem vazão suficiente, a solução mais simples é procurar-se outro manancial para a captação. Se regionalmente não pode contar com outro manancial que supra a demanda total, então pode obrigação de se utilizar mananciais complementares, ou seja, a vazão a ser fornecida pelo primeiro não é suficiente, mas

reunida com a captada em um manancial complementar (ou em mais de um) viabiliza-se o abastecimento, dentro das condições regionais. É a situação mais comum no abastecimento dos grandes centros urbanos.

## **2.9 Qualidade da água**

Na captação de águas superficiais parte-se do princípio sanitário que é uma água sempre suspeita, pois está naturalmente sujeita a possíveis processos de poluição e contaminação. É básico, sob o ponto de vista operacional do sistema, captar águas de melhor qualidade possível, localizando adequadamente a tomada e efetivando-se medidas de proteção sanitária desta tomada, como por exemplo, no caso de tomada em rios, instalar a captação à montante de descargas poluidoras e da comunidade a abastecer.

Especificamente, as tomadas em reservatórios de acumulação não devem ser tão superficiais nem também tão profundas, para que não ocorram problemas de natureza física, química ou biológica. Superficialmente ações físicas danosas podem ter origem através de ventos, correntezas (principalmente durante os períodos de enchentes com extravasão do reservatório) e impactos de corpos flutuantes. Ainda, segundo *IT 179 – Saneamento Básico Agosto/2007* Guimarães, Carvalho e Silva, Nas partes mais profundas sempre tem se maior quantidade de sedimentos em suspensão, dificultando ou encarecendo a remoção de turbidez nos processos de tratamento. Os agentes químicos podiam estar presentes a qualquer profundidade mas há uma tendência das águas mais próximas da superfície terem maiores teores de gases dissolvidos (CO<sub>2</sub>, por exemplo), de dureza, de ferro, de manganês e seus compostos. Biologicamente, nas camadas superiores da massa de água, onde tem se maior proliferação das algas. Essa ocorrência dá gosto ruim e odor desagradável, a estas águas, dificultando o tratamento, principalmente em regiões de clima quente e ensolarado. A profundidade desta lâmina, a partir da superfície livre, dependerá da espessura da zona fótica, que por sua vez vai depender da transparência da água armazenada, visto que, o desenvolvimento algológico depende da presença de luz no ambiente aquático, isto é, a espessura da camada vai depender de até onde, a luz solar, penetrar na água. Enquanto isso, no fundo dos lagos,

gera-se uma massa biológica, chamada de plâncton, que também confere características impróprias para utilização da água ali acumulada.

## **2.10 Garantia de funcionamento**

Para que não hajam interrupções imprevistas no sistema decorrentes de problemas na captação, devemos identificar com precisão, antes da elaboração do projeto da captação, as posições do nível mínimo para que a entrada de sucção permaneça sempre afogada e do nível máximo para que não haja inundações danosas às instalações de captação. A determinação da velocidade de deslocamento da água no manancial também é de suma importância para dimensionamento das estruturas de captação que estarão em contato com a correnteza e ondas e sujeitas a impactos com corpos flutuantes.

Além da preocupação com a estabilidade das estruturas, proteção contra correntezas, inundações, desmoronamentos, etc., devemos tomar medidas que não permitam obstruções com a entrada indevida de corpos sólidos, como peixes, por exemplo. Esta proteção é conseguida com emprego de grades, telas ou crivos, conforme for o caso, antecedendo a entrada da água na canalização.

A segurança no abastecimento de água aos consumidores, refere-se fundamentalmente a dois aspectos nomeadamente a **qualidade** e **quantidade**.

A segurança em termos de **qualidade** de água consegue-se, mantendo uma certa concentração do cloro residual na água da rede, por forma a evitar a recontaminação da mesma. A segurança em termos de **quantidade** consegue-se, projectando a rede de tal maneira que uma ruptura ou avaria num ponto ou troço da mesma, somente prejudique uma pequena parte da rede e não toda a rede.

## **3. Critério de dimensionamento dos órgãos dos SAA**

### **Generalidades**

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

A rede é composta de tubulações principais, alimentadas pelo reservatório de montante ou pela adutora em conjunto com o reservatório de jusante. No dimensionamento hidráulico dos órgãos dos sistemas de abastecimento de água (captação, adução, tratamento, reservatório e rede de distribuição), torna-se necessário introduzir os

### Partes constituintes de um sistema de abastecimento de água

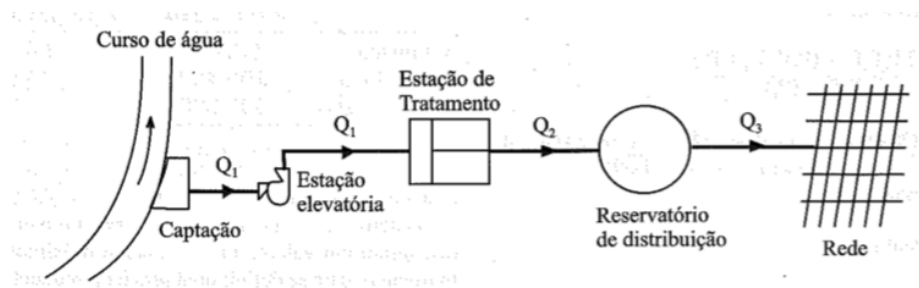


Figura 5: Partes de um sistema de Abastecimento de água; Fonte: Abastecimento de Água - Tsutiya, pag.80, fig. 3.21

factores de ponta em conformidade com órgão que se está a dimensionar, isto por forma a reduzir eventuais falhas no sistema, ou diminuir os custos de operação provocados pelas variações no consumo. Assim, importa reter que os elementos necessários para elaboração do projeto de redes de distribuição de água para abastecimento público estão definidos, por exemplo, a NBR 12.218 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1994), regula a execução dos projectos. Essa norma deve ser constantemente consultada pelos profissionais que se dedicam a esse tipo de projeto. Para o caso dessa norma Brasileira, dela, destacam-se os seguintes elementos, como requisitos necessários para elaboração de um bom projeto de rede de distribuição de água:

- ✚ Realização do estudo de concepção do sistema de abastecimento de água. A norma NBR 12.211 da ABNT (1992) apresenta importantes orientações para esse estudo;
- ✚ Definição das etapas de implantação;
- ✚ Projetos de outras partes do sistema de abastecimento de água já elaborados de acordo com o estudo de concepção;

- ✚ Levantamento planimétrico e semicadastral da área do projeto, incluindo o cadastro da rede existente e detalhes do arruamento, dos tipos de pavimento, de obras especiais e de interferências;
- ✚ Plano de urbanização e legislação relativa ao uso e ocupação da terra, quando houver.

Para traçado da rede, é utilizada planta baixa com levantamento planialtimétrico (curvas de nível de metro em metro) e semicadastral, com locação dos lotes e áreas de expansão, incluindo loteamentos aprovados ou previstos, indicação dos consumidores singulares, localização de estradas e dos outros obstáculos naturais que necessitarão de obras especiais de travessia ou locação.

### **3.1 Operação de um Sistema de Abastecimento de Água**

A operação de um sistema de abastecimento de água, é o controlo físico da produção e distribuição de água compreende os vários órgãos do sistema desde a captação, adução, armazenagem até a distribuição ao consumidor e implica um trabalho simultâneo de recolha de dados em todo o processo.

Importa considerar que na operação de um sistema de abastecimento de água ocorrem variações de consumo sendo variações de consumo com magnitude significativa, que podem ser anuais, mensais, diárias, horárias e instantâneas. No projeto do sistema de abastecimento de água, algumas dessas variações de consumo são levadas em consideração no cálculo do volume a ser consumido.

São elas:

- ✚ Variações anuais: o consumo per capita tende a aumentar com o passar do tempo e com o crescimento populacional. Em geral, aceitase um incremento de 1% ao ano no valor desta taxa.
- ✚ Variações mensais: as variações climáticas (temperatura e precipitação) promovem uma variação mensal do consumo. Quanto mais quente e seco for o clima, maior é o consumo verificado. O consumo médio do inverno é aproximadamente 80% da média diária anual e do verão de mais de 25% desta média.

- ✚ Variações diárias: o volume distribuído num ano dividido por 365 permite conhecer a vazão média diária anual. A relação entre o maior consumo diário verificado e a vazão média diária anual fornece o coeficiente do dia de maior consumo (k1). Assim:

$$K1 = \frac{\text{vazão média do dia de maior consumo}}{\text{vazão média anual}}$$

Seu valor varia entre 1,2 e 2,0 dependendo das condições locais (o valor usualmente adotado no Brasil para k1 é 1,20). As normas para projetos adotadas em cada localidade, estado ou região estabelecem o valor do coeficiente do dia de maior consumo a ser adotado nos estudos.

- ✚ Variações horárias: ao longo do dia, tem-se valores distintos de pico de vazões horária. Entretanto haverá uma determinada hora do dia em que a vazão de consumo será máxima. É utilizado o coeficiente da hora de maior consumo (k2), que é a relação entre o máximo consumo horário verificado no dia de maior consumo e o consumo médio horário do dia de maior consumo. O consumo é maior nos horários de refeições e menor no início da madrugada.

Para o traçado dessa curva, é necessário que haja um medidor instalado na saída do reservatório de água para a cidade, capaz de registrar ou permitir o cálculo das vazões distribuídas em cada hora. A relação entre a maior vazão horária observada num dia e a vazão média horária do mesmo dia define o coeficiente da hora de maior consumo, ou seja:

$$K2 = \frac{\text{vazão media horária do dia maior}}{\text{vazão horária do dia}}$$

A equação a seguir permite estimar a vazão de abastecimento, considerando o consumo médio per capita com suas respectivas variações:

$$Q = \frac{K1.K2.P.q}{86.400}$$

em que:

$Q$  = vazão média anual, em L.s-1;

$P$  = população da área abastecida; e

$q$  = consumo médio diário per capita, em L.hab-1.d-1.

O coeficiente  $K1$  é utilizado no cálculo de todas as unidades do sistema, enquanto  $K2$  é usado apenas no cálculo da rede de distribuição.

Este processo permite quantificar a água produzida, distribuída, as perdas, as avarias frequentes, o nível de cobertura, a capacidade da instalação, etc.

### **3.2 Gestão Técnica de um Sistema de Abastecimento de Água**

#### **Constituição**

A estrutura orgânica de um empreendimento deve responder à dinâmica e as necessidades do seu funcionamento e de acordo com a sua complexidade, um sistema de abastecimento de água deve ter os seguintes pontos como objectivos:

- ✚ Fornecer à população um serviço aceitável em quantidade e qualidade;
- ✚ Garantir a continuidade desse serviço;
- ✚ Permitir a auto sustentabilidade do sistema;
- ✚ Garantir a durabilidade dos componentes do sistema

Para lograr estes objectivos é necessário traçar as seguintes estratégias:

- ✚ Definir claramente as necessidades em recursos humanos;
- ✚ Definir claramente as responsabilidades de cada um

De um modo geral, para se atingir estes objectivos não se pode dispensar uma listagem das actividades inerentes a gestão técnica do sistema, que deverão ser:

- ✚ Gestão e controlo geral do Sistema de Abastecimento de Água em toda a sua extensão;
- ✚ Controlo de segurança das instalações;

- ✚ Controlo das ligações;
- ✚ Controlo de perdas;
- ✚ Garantia da funcionalidade dos meios mecânicos e eléctricos, com segurança;
- ✚ Instalação do controlo dos consumos, etc.

### **3.3 Segurança numa estação Bombagem**

#### **a) Cuidados contra acidentes em geral**

Na estação elevatória devem ser aplicados os princípios gerais de protecção contra acidentes. Nas escadas, por exemplo, não devem ser depositados caixas, materiais, etc., que possa permitir que o pessoal operador tropece e caia. Devem existir escadas de mão para a troca de lâmpadas, limpeza, etc.. O deslocamento de bombas, motores, ou partes dos mesmos, deve ser feito com o devido cuidado. As diversas partes do sistema devem ser pintadas com as cores convencionais recomendadas, para chamar atenção.

Com excepção dos pisos de madeira, não devem se encerados os pisos de ladrilhos cerâmicos ou de outros materiais, principalmente nas escadas ou rampas, para evitar acidentes.

Deve ser criada uma comissão interna de prevenção contra acidentes que se encarregará de distribuir e afixar, em diversas partes da estação, instruções sobre como evitar acidentes

#### **b) Precauções relativas às instalações eléctricas**

As instalações eléctricas devem ser inspeccionadas frequentemente

#### **c) Elementos de protecção em geral**

Os equipamentos que tenham partes móveis, como os motores e certas máquinas usadas nas Oficinas devem ser providos de grades de protecção.

O pessoal operador ou os encarregados de manutenção e reparação, devem ter ferramentas especiais, como por exemplo, alicates isolados para trabalhar nas partes

do sistema eléctrico; também dispor de luvas isolantes, adequadas para trabalhos desta natureza.

Devem existir capas à disposição do pessoal operador, quando tiver que executar actividades externas, em dias de chuva, ou em épocas de muito frio ou vento, principalmente à noite.

#### **d) Combate a incêndios**

Em diversos pontos dos vários edifícios da estação elevatória, devem existir extintores de incêndio adequados; certas partes podem ter mangueiras para uso de água. No caso de incêndio em instalações eléctricas, só devem ser utilizados extintores especiais ou areia seca, não se devendo nunca utilizar água. Os locais destinados aos aparelhos de combate a incêndios devem ser devidamente assinalados. O sistema de combate a incêndios deve ser mantido em boas condições de funcionamento. O pessoal operador deve receber instruções de como usar, e em que casos deve empregar os extintores e a mangueira.

#### **e) Primeiros socorros**

No edifício administrativo deve existir uma caixa de primeiros socorros, com desinfectantes, gaze, ligaduras, pomadas contra queimaduras, algodão, tinturas, etc.

**f) Manutenção de uma estação elevatória** Uma adequada operação e manutenção periódica da estação elevatória tem muita importância no seu bom funcionamento (sem interrupções) e na sua durabilidade.

A manutenção propriamente dita depende, essencialmente, de recursos em equipamentos e materiais e da adequada instrução do pessoal operador responsável por esta importante área de actividade dentro da estação elevatória.

#### **g) Lubrificação do equipamento**

As superfícies com movimento relativo (chumaceiras, rolamentos, etc.) devem ser regularmente lubrificadas, conforme as instruções do fabricante do equipamento, para que funcionem com um mínimo de aquecimento, de ruído e de desgaste.

A lubrificação deve ser feita com lubrificantes adequados (óleos e massas) segundo a recomendação do fabricante do equipamento.

#### **h) Cuidados relativos à pintura**

A pintura dos equipamentos, condutas, peças especiais, aparelhos de protecção contra o choque hidráulico e todas as partes que ficam permanentemente ou periodicamente mergulhadas na água, deve merecer especial atenção.

Do mesmo modo que no caso dos lubrificantes, os fabricantes dos equipamentos, condutas, peças especiais, etc., devem fornecer indicações quanto ao tipo de tintas a usar, períodos para renovação, maneira de aplicar, número mínimo de demãos, etc..

#### **i) Roteiro e Quadro de manutenção**

Deve ser traçado um roteiro de manutenção geral, indicando tudo o que deve ser feito diariamente, semanalmente, quinzenalmente, mensalmente, semestralmente ou anualmente. Por exemplo estipulará que todos os dias deve ser feita a limpeza geral, que em cada sábado todas as válvulas devem ser lubrificadas e manobradas, que no último dia do mês devem ser verificados e limpos todas as lâmpadas, que cada seis meses as bombas devem ser desmontadas e revistas totalmente, etc.. Assim cada sector de actividade dentro da estação deverá ter o seu roteiro de manutenção e deverá ter o seu equipamento em particular.

Os fabricantes dos equipamentos e aparelhos usados na estação devem fornecer o roteiro de manutenção dos mesmos; em certos casos, o roteiro de manutenção vem acompanhando o de operação.

No arquivo da administração da estação devem existir cópias completas de todos os roteiros de manutenção, acompanhados, no caso dos equipamentos e aparelhos, de outros elementos fornecidos pelos fabricantes.

## **4.0 DEFINIÇÕES**

### **4.1 Captação**

Segundo o glosario de termos tecnicos da area Hidrica, Captação define-se como sendo uma Estrutura construída junto a um corpo de água, que permite o desvio, controlado ou não, de um certo volume, com a finalidade de atender a um ou mais usos da água. Também, uma definição mais comum pode se ter como sendo o local ou ponto onde é captada a água bruta em forma bruta para a alimentação do sistema de abastecimento de água. A captação dum sistema depende das condições hidrogeológicas da zona ou região em que se insere este sistema podendo ser superficial ou subterrâneo.

### **4.2 Captação Superficial**

A captação é superficial quando a fonte de água captada para o sistema que se encontra à superfície podendo ser um rio, lago, nascente ou ainda represa das águas pluviais. As fontes de aguas superficiais devem ter uma caracteristica de funcinarem de forma continua e ininterruptamente em 24 horas, em qualquer época do ano, para o projecto, segundo “ Milton Tomoyuki 2006, pag. 86”.

As águas superficiais empregues num sistema de abastecimento, geralmente são originárias de um curso de água natural. Devem permitir abastecer os sistemas em quantidade e qualidade. As condições de escoamento, a variação do nível da água, a estabilidade do local de captação, assim como o acesso, devem ser de fáceis e que permitam a manutenção dos equipamentos ali empregues.

### **4.3 Captação Subterrânea**

#### **Considerações Gerais**

Segundo considerações do Milton Tomoyuki Tsutiya, 2006, a água subterranea faz parte do ciclo hidrológico, ocorrendo nos poros e nos interstícios das formações hidrologicas de caráctr sedimentar, ou nos planos de fraquezas estrutural das formações de caracter ingeo ou metamorfico, representado por falhas, fendas e fissuras. Diz, também que a água superficial e subterranea, são o mesmo recurso hídrico, fluindo num meio fisico diferente. Sustenta que a água superficial flui com muita facilidade e rapidez atraves dos

cursos de água, enquanto que a água subterrânea flui, lentamente através das formações geológicas.

A água é dada como sendo recurso finito, limitado e tem alto valor económico.

A captação subterrânea é aquela em que a fonte de alimentação do sistema consiste na captação de águas do subsolo ou seja por baixo da superfície da terra podendo ser por meio de poços, furos ou ainda galerias de nascentes. Também, segundo o glossário, pode se defini como captação subterrânea toda aquele cuja água se encontra totalmente abaixo da superfície terrestre, podendo aflorar à superfície ou ser elevada artificialmente através de conjuntos motor-bomba (poços rasos, poços profundos, galerias de infiltração). O aproveitamento de águas subterrâneas da-se, normalmente, pelas seguintes razões: qualidade satisfatória, captação próxima ao ponto ou à área de utilização, não requer tratamento completo, custo de obtenção relativamente baixo, entre outros.

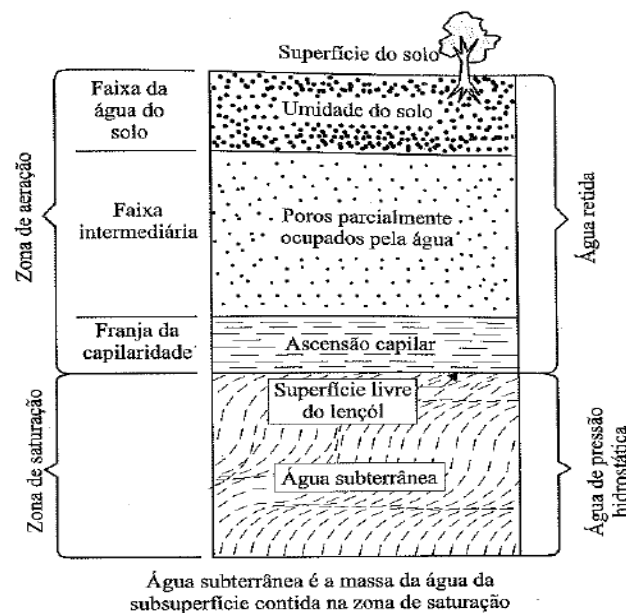


Figura 6: Camadas Dos Solos Dos Aquíferos; Fonte: Abastecimento De Água-Tsutiya 2006, pag.119), fig 5.1

### **4.3.1 Poço**

É uma obra destinada a captação de águas feita geralmente através duma escavação manual, com diâmetro variável em função da reserva desejada sendo o valor mínimo recomendado de 0.80 metros e uma profundidade já recomendada de 15 metros. Os tipos de poços empregues na captação de água do lençol freático são o raso comum. O poço raso como é popularmente chamado, é construído escavando-se o terreno, em geral na forma cilíndrica, com revestimento de alvenaria ou com peças pré-moldadas (tubulões ou manilhas), com diâmetro da ordem de um a quatro metros por cinco a vinte de profundidade em média, a depender da posição do lençol freático.

De acordo com os conceitos de hidráulica de poços, “ Milton Tutsiya 2006, pag 123, o elemento mais importante no estudo da hidrologia subterranea é o poço, A parte inferior, em contato 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 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 O poço pode ser revestido por diversos materiais como blocos de solo, cimento ligado através de argamassas mas, é comum no nosso país o emprego de manilhas feitas de betão.

### **4.3.2 Furo de água**

É uma obra destinada a captação de águas subterrâneas feita geralmente por uma máquina perfuradora de profundidades, também conhecidos como poços artesianos, aqueles onde a perfuração é feita por meio de máquinas de perfuração à percussão, rotativas e rotopneumáticas. Existem também furos feitos com trado manual para profundidades não superiores 30 metros, O furo recebe um revestimento para segurança das suas paredes em tubos levando nas camadas aquíferas, tubo furado e dreno artificial. O diâmetro do furo depende do uso sendo os mais usuais no país de 4”, 6”, 8”, 10” e 12”. As profundidades a alcançar são variáveis dependendo das características hidrogeológicas da região da perfuração.

### **4.3.3 Perfuração:**

Perfuração: É o ato de perfurar a formação aquífera através de máquinas apropriadas, por métodos específicos. A perfuração de poços tubulares é composta por várias etapas até a utilização final do poço. Envolve a perfuração propriamente dita, a completção, a limpeza e desenvolvimento, o bombeamento e a instalação do poço.

No entanto, no final do processo de perfuração, deve-se, fundamentalmente, fazer o desenvolvimento do furo, cujos trabalhos de desenvolvimento em um poço para água, objetivam a remoção do material mais fino da formação aquífera nas proximidades do poço, aumentando, assim, sua porosidade e permeabilidade ao redor do poço. Além disso, estabiliza a formação arenosa em torno de um poço dotado de filtros, permitindo fornecer água isenta de areia. Nas rochas consolidadas, o desenvolvimento atua limpando e desobstruindo as fendas e fracturas por onde circula a água. Isso tudo permite que a água possa entrar mais livremente no poço, assegurando assim, quando bem feito, o máximo de capacidade e diminuindo as perdas de cargas do aquífero para o poço. Os trabalhos de desenvolvimento, portanto, são fundamentais para o perfeito acabamento do poço.

## **5.0 Adutoras**

Para o transporte de água quer numa elevação quer por gravidade geralmente utiliza-se canalização ou seja tubagem. O transporte feito da captação para o ponto de distribuição é designado por adução e a conduta que transporta a água recebe o nome de adutora. As adutoras podem ser de qualquer tipo de material desde que este resista a pressão de serviços e se adeque às condições de aplicação (intempéries).

### **5.1. Bomba de água**

Para elevação de água de um ponto para outro usam-se equipamentos especiais que recebem o nome de bombas. Estas bombas são movidas por energia podendo ser eólicas (moinhos de vento ou cata vento), solar (fotovoltaica) eléctrica (electrobomba) e à combustível, diesel ou gasolina (motobombas).

A aplicação das bombas depende do objectivo e das condições infraestruturais do local de aplicação.

## 5.2. Estação de tratamento de água (ETA)

Nem sempre a água captada é boa para o consumo isto é, é possível, mesmo quando captada do subsolo. Para tornar esta água potável deve se efectuar um tratamento podendo ser físico ou químico assim como a combinação das duas coisas dependendo dos resultados de análises laboratoriais efectuada nela.

A estação de tratamento de água pode ser em filtros compactos e rápidos como também ser a céu aberto com aeração (filtros de areia lentos). Estes geralmente não levam tratamento químico.

## 5.3. Produtos químicos

Para o tratamento químico usam se produtos como o cloro, sulfato de alumínio e cal com funções específicas e de acordo com a análise laboratorial:

- ✚ O cloro ou hipo cloreto de cálcio é um produto utilizado para a eliminação de organismos microbiológicos contidos na água;
- ✚ O sulfato de alumínio ajuda na formação de flocos e decantação das partículas minúsculas contidas na água;
- ✚ A cal procede a correcção do grau de acidez e agressividade da água sobre os órgãos componentes do sistema.

## 5.4. Caudal

É uma grandeza com duas unidades de medidas sendo uma, o volume e outra, o tempo e exprime a quantidade e água que passa em determinado tempo. O caudal pode ser expresso em  $m^3/h$  ou em litros por segundo (l/s).

## 5.5. Pressão

É uma grandeza também com duas unidades de medidas sendo uma, a **força** expressa em unidades de peso e a outra, a **área** em unidade de superfície ( $kgf/cm^2$ ). Outras

medidas equivalentes são a atmosfera e o bar, as mais usuais nos aparelhos de medição como manómetros colocados juntos das condutas e outros órgãos do sistema.

## **5.6. Válvulas de manobras**

**Para as diversas manobras operadas no sistema de** abastecimento de água, quer para o seccionamento da conduta, quer para a limpeza da conduta e direccionamento da água assim como para a extracção do ar contido na conduta e muito mais manobras usam-se

elementos designados por válvulas de tipos e funções diferentes de acordo com a aplicação. Além das válvulas, usam-se acessórios como anti-vibrantes para absorção das vibrações provocadas geralmente pela acção das bombas e redutores de pressão para a diminuição da pressão contida na conduta.

## **6.0 Obras Auxiliares**

Existem obras auxiliares no sistema de abastecimento de água construídas para a facilidade de acesso e protecção dos órgãos deste. Onde ocorrem linhas de água geralmente criam-se depressões, sendo necessário construir algumas obras para a suspensão e suporte da conduta. nas travessias de estradas e vias-férreas deve se construir obras para a protecção da conduta da pressão exercida pelo peso dos veículos ou comboios a passar. Estas obras são conhecidas como obras de arte.

### **6.1 Filtros**

A água dependendo do meio onde se encontra no seu estado natural aparece geralmente com matéria orgânica e inorgânica ou partículas em suspensão. Existem processos físicos de eliminação das partículas suspensas, conhecidos por decantação ou filtração. Este último ocorre em unidades preparadas previamente designadas por filtros. Os filtros podem ser a céu aberto assim como podem ser compactos.

### **6.2 Perdas de cargas**

Para a elevação de água ou distribuição depende se energia ou seja é aplicada uma força energética que pode ser gerada pela impulsão das bombas ou altura da coluna de água. Ao longo do transporte, a energia vai se decipando ou seja vai se perdendo quer

pela configuração do terreno quer pela resistência oferecida pelo material em uso para o transporte da água. A esta perda de energia chama se perda de carga e manifesta se pela perda de pressão de água na conduta.

### **6.3 Contador de água**

A água, quer na produção, quer no consumo, pode ser contabilizada ou seja quantificada. Existem instrumentos que medem a quantidade de água que passa pelo ponto ou uma secção ou ainda um troço são designados por contadores.

### **6.4 Fonte de Água**

Designa se por fonte a origem da água usada para o caso vertente o PSAA. Esta fonte é variável em função dos recursos disponíveis na região de inserção do PSAA e pode ser poço, furo, nascente, lagoa ou lago, rio, represa, etc.

### **6.5 Pequeno Sistema de Abastecimento de Agua-PSAA**

A um conjunto de órgãos estruturados sequencialmente e com objectivo de captar e explorar a água para o consumo animal, humano e para a rega desde que o grupo alvo esteja compreendido entre 500 a 25000 habitantes recebe o nome de pequeno sistema de abastecimento de água (PSAA)

### **6.6 Gestão do PSAA**

A gestão define-se aqui como a disposição de recursos para planificar, dirigir, controlar, e avaliar a operação e manutenção do sistema de abastecimento de água que deve abarcar todo o conjunto de acções necessárias para o funcionamento deste, tendo em conta os aspectos técnicos, financeiros, económicos, institucionais, sociais, políticos, meio ambiente e assuntos do género.

### **6.7 Operação de sistema de abastecimento de água**

Operação é o controlo físico da produção e distribuição da água que compreende diversos órgãos do sistema desde a captação, adução, tratamento, armazenagem e distribuição até ao consumidor e implica um trabalho simultâneo de recolha de dados em

todo processo. Este processo permite saber a quantidade de água produzida, distribuída e inclusive as perdas e dá uma indicação da capacidade da instalação em termos de resposta e o nível da cobertura em relação ao grupo alvo.

## **6.8 Manutenção**

Entende-se por manutenção o controlo diário, semanal, mensal, anual, do bom funcionamento dos elementos e órgão do sistema e de abastecimento de água, Esta acção inclui entre outras tarefas a lubrificação, afinação ou regulação dos órgãos onde é

aplicável a substituição em tempo de peças de desgaste a realização de pequenas reparações e a recolha e registo da informação sobre as actividades de manutenção.

A importância da manutenção quando é cuidada está na garantia do tempo de vida útil do equipamento na redução dos consequentes custos de exploração.

## **6.9 Produção da água**

A produção da água compreende todas as actividades realizáveis no sistema de abastecimento da água desde a captação da água bruta, sua purificação, armazenagem, em boas condições de potabilidade e inclui sistemas de elevação até aos pontos de distribuição ou seja sucção recalque, filtragem, tratamento, e distribuição e fazem parte deste processo a manutenção dos órgãos componentes, o registo e a própria gestão de informação deste.

## **6.10 Consumo de Água**

A água produzida é consumida pelos beneficiários que a usam para diversos fins, beber, higiene individual, limpeza ao domicílio e utensílios domésticos, produção industrial e comércio geral, rega, etc. À utilização racional de água produzida chama-se consumo e quem a usa é o consumidor.

## **6.11 Sucção e recalque**

As bombas têm a função de retirar a água do ponto de captação chupando-a ou seja aspirando-a e esta acção das bombas é conhecida por sucção ou aspiração e após a

sucção a água é arremessada geralmente para um ponto distante e levado e esta acção é designada por recalque ou arremesso. Portanto entre a bomba existe uma tubagem de sucção e outra de recalque.

### **6.12 Água bruta**

A água bruta é encontrada sempre no seu estado natural de armazenamento quer na superfície ou no subsolo e neste estado pode estar em condições de potabilidade próprias ou impróprias para o consumo humano desde que se encontre nas circunstâncias descritas recebe o nome de água bruta ou seja no seu estado natural, antes de sofrer qualquer transformação ou tratamento de acordo com os fins a que se destina.

### **6.13 Filtração**

É assim conhecido o processo de purificação por meios físicos ou faze-la passar por uma unidade filtrante com diversas camadas de material granulado e de diferentes tamanhos de maior a menor até a retirada das partículas em suspensão nela contidas.

### **6.14 Tratamento**

O tratamento de água compreende, de acordo com o seu estado natural, o processamento físico e ou químico com vista a torná-la potável ou própria para o consumo humano, este tratamento pode ser efectuado a céu aberto em filtros lentos de areia ou em unidades compactas e rápidas.

### **6.15 Água potável**

A água potável é aquela que se encontra em condições preparadas para o consumo humano ou seja isenta de impurezas ou de qualquer contaminação e com uma composição físico-química padronizada de acordo com os parâmetros em uso e em vigor na Organização Mundial da Saúde (**O.M.S.**)

### **6.16 Agua contaminada**

Considera se contaminada a água que contém na sua composição elementos nocivos ao organismo humano e animal podendo ser partículas suspensas ou elementos químicos fora dos padrões recomendados pela **O.M.S.**.

## **7.0 Estação de bombagem**

Chama se estação de bombagem ao local onde se situam os grupos de elevação de água que geralmente são protegidos por uma construção que pode ser uma casota ou outra estrutura que garanta a protecção destes das intempéries. Um sistema de abastecimento de água pode ter, em função da complexidade várias estações de bombagem.

### **7.1 Depósitos de água**

Como o próprio nome diz depósitos são recipientes preparados ou construídos como órgão do sistema de abastecimento de água para receber e depositar em armazéns a água, podendo servir em simultâneo de pressão na conduta de distribuição.

### **7.2 Velocidade**

A velocidade é uma relação entre o espaço e o tempo gasto num determinado percurso. A água ao ser transportada assume um movimento que pode ser medido em determinado tempo portanto, neste caso a relação entre o espaço percorrido por uma determinada partícula de água num determinado espaço do tempo chama se velocidade.

## **CAPÍTULO III – DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **3.1 Descrição da Área de estudo -Marracuene**

O Distrito de Marracuene, localiza-se a 40 Km da Cidade de Matola, entre a latitude de 25°41'20" Sul e longitude de 32° 40'30" Este. É limitado a Norte pelo Distrito da Manhiça, a Sul pela Cidade de Maputo, a Este pelo Oceano Índico e a Oeste pelo Distrito da Moamba e Cidade da Matola.

Tem uma superfície de 883 Km<sup>2</sup> e uma população de 149.833 habitantes, tendo uma densidade populacional de 143 habitantes/Km<sup>2</sup>, sendo 77.524 mulheres e 72.309 homens, segundo INE, Projecções, Anuais, da População Total das Províncias e Distritos 2007-2040

O Distrito de Marracuene enquadra-se na região sul de Moçambique, no extremo oriental de Maputo a 40 km da Cidade da Matola. A sua localização geográfica é privilegiada por se situar na foz do Rio Incomáti, onde facilita sustentavelmente na irrigação, pesca e atrai investimento turístico que, consideravelmente, é uma referência regional. A superfície total do Distrito é de cerca de 883 km<sup>2</sup>, com uma densidade populacional de 20.3ha/km<sup>2</sup>. Possui recursos que proporcionam uma vasta gama de biodiversidade florestal, Ecossistemas diversos e fauna bravia podendo se encontrar a população de hipopótamos.





A actividade turística compreende uma zona de influência Nacional e Internacional. Ao nível Nacional, o Distrito de Marracuene tem como áreas de influência, os Municípios de Maputo e Matola e Distritos da Manhiça, Magude, Boane, Moamba e Namaacha.

No âmbito internacional, a costa de Marracuene, a praia de Macaneta é a principal atração turística que Marracuene tem vindo a explorar. Outras áreas de influencia do Distrito, são a África do sul, Suazilândia, Botswana e Zimbabwe.

Para além do turismo e as pequenas indústrias, Marracuene tem como potencial a actividade agrícola que é praticada pela maior parte da população local.

A agricultura é a principal actividade de subsistência local e o distrito apresenta como principais culturas os Cereais (milho, arroz), Leguminosos (feijão, Amendoim), Tubérculos (Mandioca, Batata-Doce, Batata-Reno), Hortícolas (tomates, cebolas, outras hortícolas) e Fruteiras (Bananas, Ananás, outras). De salientar que as hortícolas e o turismo constituem maiores potencialidades e actividades de bandeira do distrito.

### **3.2 Limites:**

-  **Norte** – Distrito da Manhiça;
-  **Sul** – Município de Maputo;
-  **Oeste** – Município da Matola e Distrito da Moamba;
-  **Este** - Oceano Índico



conferido por herança e que representam o poder máximo local, Chefes de Terras e pelos Chefes de Povoação.

Nos locais onde o poder formal não está representado, este é exercido por líderes comunitários escolhidos localmente, e reconhecidos pelas populações, com a principal função de mediar conflitos de carácter social, bem como a colecta de impostos diversos.

Em cumprimento do decreto 35/2012 de 05 de outubro, conjugado com 15/2010 de 20 de Junho foram reconhecidos 39 Secretários dos Bairros, 03 Régulos, 22 Chefes das Terras, 12 Líderes do terceiro escalão, totalizando 76 Líderes Comunitários.

### **3.3 Clima:**

segundo o INM, A precipitação é moderadamente chuvosa, com o valor médio anual que varia entre 500mm no interior e 1.000 mm no litoral. A Estação chuvosa ocorre entre outubro e Abril, sendo 60% a 80% de precipitação entre Dezembro e Fevereiro.

O distrito de Marracuene possui um clima tropical húmido, com duas estações por ano, nomeadamente Inverno (fresco e seco), entre os meses de Abril a Agosto e o Verão (quente e chuvoso) durante os meses de Setembro a Março.

A temperatura média anual varia entre 25 - 35° C e a humidade relativa é de 70 - 90%. A precipitação atmosférica anual varia entre 800 – 1200mm e a média anual é de cerca de 1200mm. É mais frequente ao longo da faixa costeira e vai diminuído a medida que a altitude vai subindo.

### **3.4 Morfologia e Relevô**

#### **1. Geologia**

A geologia típica é de duas conformações. A formação geológica de Xifina é constituída por dunas brancas arenosas do actual e recente holocênica com um núcleo Pleistotocene de parte superior com aspecto muito onduloso e depósitos aluviais com influência marinha do actual Holocênica de forma plana.

## 2. Solos

O Distrito de Marracuene apresenta Variedades tipos de solos, com características específicas sendo que desta variedade importa destacar 5 as mais predominantes nomeadamente:

1. **Solos Arenosos Amarelados Fase Dunar** Localizadas nas Localidades de Minchafutene, Localidade-Sede e Nhongonhane e são propícias para a prática de agricultura de sequeiro.
2. **Solos Arenosos Esbranquiçados, localizam-se em Nhongonhane, e são propícias para a prática de agricultura de sequeiro.**
3. Solos Derivados de Grés Vermelho, localizam-se em Minchafutene e uma parte da Localidade-Sede, com baixa capacidade de retenção de água e fertilidade baixa.
4. Solos de Aluviões Argilosos localizam-se no PA de Machubo e na Localidade-Sede e são propícios para a agricultura de regadio.
5. Solos de Dunas Costeiras Amarelados
6. Encontram-se na Localidade Sede e PA de Machubo, com baixa capacidade de retenção de água e fertilidade baixa.

### 3.5 Hidrografia

O Distrito de Marracuene apresenta uma hidrografia composta por cursos de água doce e salgada, onde se destaca o rio Incomáti (um dos principais rios de Moçambique), lagoas e charcos distribuídos por vários pontos deste Distrito. O rio entra no distrito na Localidade de Macandza, no PA de Machubo, indo desaguar no Oceano Índico que abarca uma extensa área de Marracuene.

As actividades económicas desenvolvidas nestes cursos água resumem-se na pesca, transporte de pessoas e bens, havendo também a prática de agricultura, exploração do rio em cursos florestais e a actividade eco turística ao longo das margens do Incomáti.

Nas lagoas e cursos de água, localizadas no interior e na costa desenvolvem-se actividades agropecuárias e também turísticas sendo que a Lagoa Phate uma das mais exploradas por estas actividades. Um dos recursos hídricos importantes que o distrito goza de possuir é o Oceano Índico que banha a costa do distrito numa extensão de cerca de 40 Km. Nela localiza-se a praia de Macaneta a mais explorada ao nível do distrito.

### 3.6 Censo da população do distrito de Março 2012

Com base na projecção do Censo populacional 2012, a distribuição da valores numéricos da população Masculina é de 57 296 contra 61 653 da feminina, correspondendo a 48,2% e 51,8% do geral. No entanto a população era de 118 949 até ao ano de 2012.

Fazendo uma verificação dos dados da população de Marracuene em 2016 que foi de 149.833 habitantes em relação aos 84 975 habitantes registados no censo de 1997, verificou se uma diferença de 64.858 o que correspondeu a um crescimento na ordem de 76.33%. este crescimento deveu-se ao facto da sua localização geográfica, com as Cidades de Maputo e Matola, ter facilitado o processo de migração urbana-rural.

**Quadro 2.1 – População do Distrito, por Grandes Grupos Etários e % em Relação ao Total da Província - 2012**

Grupos Etários e Sexo	Distrito		Província	Dist/Prov (em %)
	Número	%	Número	
<b>Total</b>	<b>118,949</b>	<b>100.0</b>	<b>1,506,442</b>	<b>7.9</b>
População feminina	61,653	51.8	785,240	7.9
População masculina	57,296	48.2	721,202	7.9
<b>Grupos Especiais</b>	<b>118,949</b>	<b>100.0</b>	<b>1,506,442</b>	<b>7.9</b>
População total entre 0-4 anos	20,443	17.2	210,050	9.7
População total entre 5-14 anos	31,556	26.5	385,380	8.2
População total entre 15-64 anos	62,672	52.7	863,817	7.3
População total maior de 65 anos	4,279	3.6	47,195	9.1
<b>Índice de Masculinidade</b>	92.9	..	91.8	..

*Fonte: INE, Projeções, Anuais, da População Total das Províncias e Distritos 2007-2040*

Tabela 1; População do Distrito por grandes grupos etários

Importa referir que o Posto Administrativo de Marracuene sede, localidade de Minchafutene é o que tem maior número da população com cerca de 53.886, por si localizar no limite com o município da Cidade de Maputo, por conseguinte, enfrenta grandes dificuldades no que respeita a disponibilidade de áreas habitacionais, pois tem sido o local de maior procura de áreas habitacional.

### **3.7 Aspectos Históricos – Culturais**

#### **3.7.1 Aspectos Históricos**

A origem do nome *Marracuene* tem várias versões, tendo como consenso entre elas o facto de o mesmo derivar do nome de um indivíduo com bastante prestígio na região.

A primeira versão sustenta que o nome surge de *Muzrakwene*, nome de um indivíduo famoso devido aos seus barcos que faziam a travessia do rio Incomáti para Macaneta. Este indivíduo seria, supostamente, o chefe da segurança do rei *Maphunga*, e devido à sua profissão era conhecido para além das fronteiras da região, passando a ser referência do local.

A segunda defende que o nome *Marracuene* teria sua origem a partir do Chefe *Murraco*, cujos domínios se localizavam na margem esquerda do rio Incomáti, e que teria sido expulso pelos portugueses durante as guerras de penetração colonial. Estes teriam instalado no local a primeira administração, passando a designar a região de *Marracuene*.

A terceira refere que *Marhakwene* era o nome de um proprietário de embarcações de pesca, exageradamente obeso e que, por esta razão era bastante conhecido e referência da região

### **3.8 Abastecimento de Água**

O abastecimento de água à população no Distrito de Marracuene é feito através de furos e poços construídos nas povoações e pequenos sistemas de Abastecimento de Água.

A sede do distrito, Vila de Marracuene, tem um pequeno sistema de Abastecimento de Água constituído por 2 furos, 03(Três) Reservatórios, o primeiro, dentro da Vila com capacidade de 215m<sup>3</sup>; o segundo, no Bairro 29 de Setembro com 250m<sup>3</sup> e o terceiro dentro da Residência Oficial do Administrador com capacidade de 160m<sup>3</sup>.

O primeiro sistema de abastecimento de água a vila de Marracuene, foi construído em 1917. A captação era feita a partir do Rio Incomáti. No entanto, devido aos custos de operação assim como o envelhecimento do sistema, este foi abandonado, recorrendo-se

ao uso dos furos profundos. Este sistema é o que está sendo usado até ao presente momento.

O SAA da vila abrangem 04 bairros todos da vila sede (bairro da vila, bairro 29 de Setembro, 1º bairro e o bairro de Micanhine), com um total de 2.465 consumidores.

A Vila sede, tem 22.134 habitantes, sendo que o distrito tem um total de 230.000 habitantes.

Existiam até 2015, 8 sistemas de abastecimento de água para os bairros e localidades dos quais 4 em funcionamento, 199 furos públicos dos quais 139 operacionais.

### 3.9 Cobertura do abastecimento de água

Ainda no período em análise, o nível de cobertura de abastecimento de água no distrito era de 59.40%.

O acesso às fontes de abastecimento de água potável continua a ser um problema no Distrito de Marracuene, havendo zonas em que a população tem que percorrer longas distâncias até a fonte mais próxima.

**Tabela nº34: Distribuição das fontes de abastecimento de água por localidade**

Localidade	Nº de Habitantes	Fontes			População Servida	Poços		
		Existentes	Operacionais	Inoperacionais		Existentes	Operac.	Inoperac.
Macaneta	3.602	26	18	5	4.500	16	10	6
Sede	19.345	41	25	16	6.600	31	16	15
Minchafutene	93.848	39	13	24	3.600	2	1	2
Matalane	15.962	47	39	11	10.800	13	6	7
Ngahunde	11.000	26	24	2	7.200	14	12	2
Macandza	3.056	11	11	0	2.700	10	8	0
<b>Total</b>	<b>146.813</b>	<b>190</b>	<b>130</b>	<b>58</b>	<b>35.400</b>	<b>86</b>	<b>53</b>	<b>32</b>

Tabela 2: tabelas de fontes de água, Fonte: SDPI Marracuene



Figura 9: Bomba manual, Fonte: autor

### 3.10 Energia Eléctrica

O fornecimento de energia eléctrica ao Distrito de Marracuene é feito através da linha de Alta Tensão DL5 com nível de tensão 66KV vindo da subestação de Infulene (Matola), que alimenta as subestações SE Marracuene (20 MVA 66/33KV) e SE 10 (40MVA 66/33KV) fazendo a conversão dos níveis de tensão de 66KV para 33KV. Na SE Marracuene sai em 3 Linhas de média tensão 33KV, nomeadamente: EL Guava, EL Macaneta, EL 15. Na SE 10 (Zimpeto), sai a linha de média tensão de 33 KV nomeadamente: EL Cumbeza, que alimenta os PT's fazendo conversão de 33 KV para 0.4KV para o uso dos clientes. Embora o distrito seja atravessado por infra-estruturas de transporte de energia eléctrica, ainda apresenta um défice no que respeita ao fornecimento de energia eléctrica para alguns povoados que se localizam no interior e na zona costeira. Assim, apenas o Posto Administrativo de Marracuene Sede está actualmente abastecida pela energia eléctrica pública.



Figura 10: Deposito elevado de 215m<sup>3</sup> dentro da Vila: FONTE autor



Firua 11: Deposito elevado de 250m<sup>3</sup> do Bairro 29 de Setembro: fonte Autor



Figura 12: Depósito apoiado dentro da Residência Oficial: fonte autor

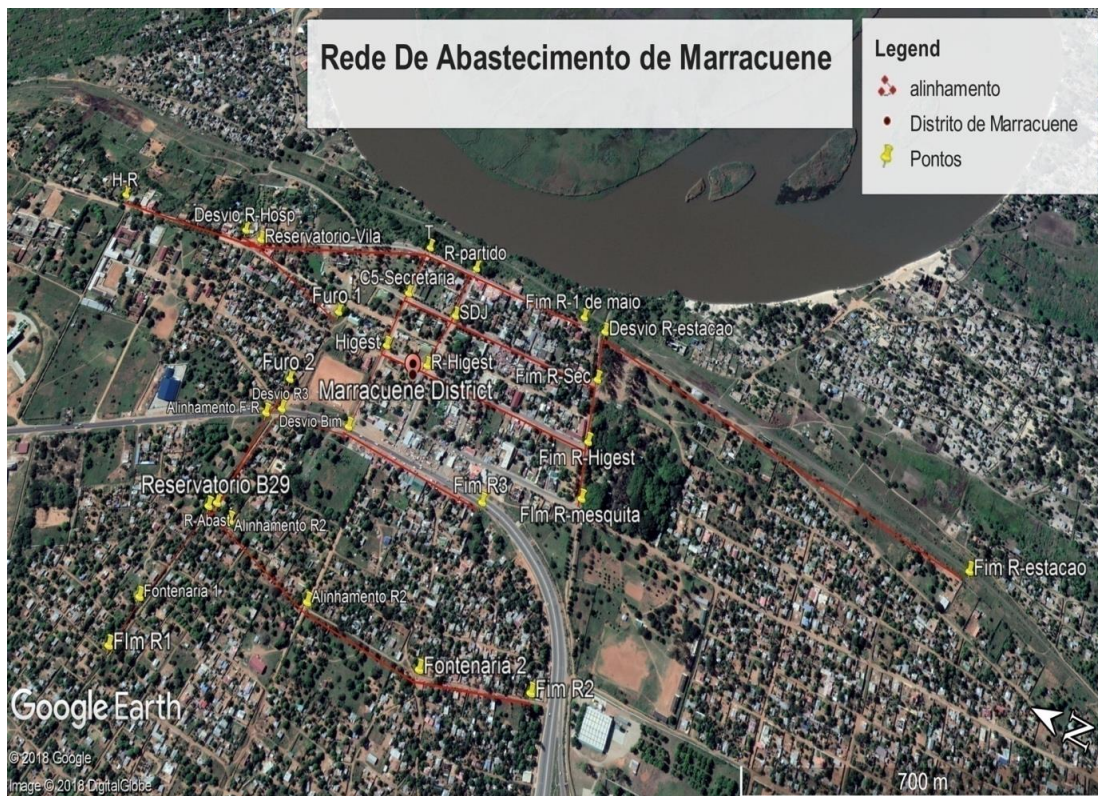


Figura 13: Rede de Abastecimento de Água a Vila de Marracuene: fonte Google; epanet

### **3.14 Mudanças Climáticas e desenvolvimento**

As cheias ou inundações constituem a principal ameaça nas áreas ribeirinhas ao longo do rio Incomati, principalmente à jusante (Posto Administrativo de Machubo).

Os resultados do levantamento feito usando a ferramenta de vulnerabilidade climática e de capacidades de adaptação, mostram que as secas, cheias, vendavais e erosão, são eventos extremos que mais afectam o distrito.

O evento inundações é o que mais assola a população do distrito, principalmente nas zonas baixas do rio Incomati onde são praticadas as actividades agrícolas e pecuárias (área de pastagem) em maior escala, causando danos económicos, influenciando o baixo nível de produção e produtividade, consequentemente afectando a economia do distrito.

Em relação a seca, ocorre ciclicamente, no intervalo de 3 a 5 anos; Este evento assola o distrito, causando a fome na população, aumentando a insegurança alimentar e morte de animais, devido a falta de pastos e escassez de água.

Durante a ocorrência do evento, verifica-se, no Posto Administrativo Sede, a salinização do rio Incomati, devido a intrusão das águas do mar. Esta situação, afecta, negativamente, a qualidade da água do rio, que é usada como principal fonte de rega das machambas e a nutrição dos solos agrícolas.

Em Marracuene, tem-se verificado a ocorrência de queimadas descontroladas devido a diferentes motivos, como é o caso de abertura de machambas, queima de carvão e outros. Estas, ocorrem principalmente no período seco e este facto, faz com que, grandes áreas sejam devastadas. Assim, esta prática é um risco da perda de vários ecossistemas que o distrito tem.

Segundo o perfil ambiental do uso actual da terra nos distritos costeiros de Moçambique, publicado em 2013, refere que estatisticamente, o Distrito de Marracuene é classificado como tendo um risco baixo de ser atingido por ciclones, a mesma fonte refere que nos últimos 40 anos, foi atingido pelo ciclone Domoina, que ocorreu em 1984.

Dados recolhidos localmente mostram que nos últimos anos tem-se registado de uma forma cíclica vendavais em quase toda parte do distrito, que tem causado a destruição de casas, infra-estruturas sociais, perdas de culturas alimentares e de espécies florestais.

A erosão constitui um dos grandes problemas no distrito, o ponto crítico é na ponta de Macaneta, onde o rio Incomáti ameaça romper com as dunas que o separam do mar.



Figura 14: Foz do incomati e a“Garganta de Macaneta”. Fonte: Autor,

O abate dos mangais, para produção de combustível lenhoso, é uma das causas deste fenómeno. Na Vila Sede e arredores, a erosão é agravada por falta de limpeza e assistência de poucas valas de drenagem existentes, que conduzem as águas pluviais, a ocupação desordenada dos espaços, a falta dos instrumentos de ordenamento territorial, nomeadamente: Planos de Pormenor, Estruturas Gerais de Urbanização e ainda a exploração descontrolada dos recursos nas dunas e declives.



Figura 15: Imagem ilustrativa construção nos declives acentuados. Fonte: Autor, .

## **CAPÍTULO IV – DESCRIÇÃO DO SISTEMA ACTUAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

### **4.1 Descrição geral**

O sistema de abastecimento de água da Vila de Marracuene está dividido pelas seguintes componentes:

- ✚ Captação (furos profundos);
- ✚ Adução;
- ✚ Reservatórios superiores; localizados nos Bairros 29 de Setembro 250m<sup>3</sup> e junto a residência do Administrador com 215m<sup>3</sup>; note que dentro da residência tem um depósito apoiado de 160m<sup>3</sup>.
- ✚ Rede de distribuição, do bairro 29 de Setembro de dentro da vila cimento.

O abastecimento de água à população no Distrito de Marracuene é feito através de furos e poços construídos nas povoações e pequenos sistemas de Abastecimento de Água. A sede do distrito, Vila de Marracuene, tem um pequeno sistema de Abastecimento de Água constituído por 2 furos, 03 (Três) Reservatórios, o primeiro, dentro da Vila com capacidade de 215m<sup>3</sup>; o segundo, no Bairro 29 de Setembro com 250m<sup>3</sup> e o terceiro dentro da Residência Oficial do Administrador com capacidade de 160m<sup>3</sup>.

O primeiro sistema de abastecimento de água a vila de Marracuene, foi construído em 1917. A captação era feita a partir do Rio Incomáti. No entanto, devido aos custos de operação assim como o envelhecimento do sistema, este foi abandonado, recorrendo-se ao uso dos furos profundos. Este sistema é o que está sendo usado até ao presente momento.

O SAA da vila abrangem 04 bairros todos da vila sede (bairro da vila, bairro 29 de Setembro, 1º bairro e o bairro de Micanhine), com um total de 2.465 consumidores.

A Vila sede, tem 22134 habitantes, sendo que o distrito tem um total de 230.000 habitantes. Existiam até 2015, 8 fontes de abastecimento de água para os bairros e

localidades dos quais 4 em funcionamento, 199 furos públicos, com bombas manuais, dos quais 139 operacionais.

#### 4.2 Captação

A toma de água é constituída de dois furos profundos de tal forma que a água seja bombeada directamente para os depósitos elevados. O furo que alimenta o depósito elevado do bairro 29 de setembro tem uma profundidade de 100m, diâmetro de 150mm, com o nível estático da água de 60m e dinâmico de 70m, com o caudal de 30m<sup>3</sup> por hora. O sistema de abastecimento de água à vila de Marracuene foi concebido de forma a existirem duas redes distintas de distribuição de água, sendo uma que abastece a parte baixa da vila e outra parte alta.



Figura 16: Depósito 250m<sup>3</sup> ; fonte autor

Fonte : Autor, Depósito elevado localizado no bairro 29 de setembro 250m<sup>3</sup>

Há por isso dois depósitos elevados da vila (**Fig. 18**), um dentro da vila, cimento, que servem a zona baixa, possuindo uma capacidade de cerca de 215m<sup>3</sup>. Outro depósito elevado que se localiza no bairro 29 de setembro, com uma capacidade de 250m<sup>3</sup>, fig., que se destina ao abastecimento da parte alta, mesmo a parte baixa, para casos de emergência,



Figura 17: deposito 215m<sup>3</sup>; fonte autor

Fonte: Autor, Deposito elevado da zona Cimento com capacidade de 215m<sup>3</sup>

Temos o terceiro deposito apoiado, que se localiza dentro da residência oficial, com capacidade de 160m<sup>3</sup>.



Figura 18: deposito 160m<sup>3</sup>; fonte autor

#### **4.3 Verificação do estado actual da rede de distribuição de água na vila de Marracuene**

A rede de distribuição da vila de Marracuene é do tipo malhada, nos troços principais e ramificada nos troços terminais. A ilustração das redes através do programa EPANET, que é um programa integrado, que permite fazer simulações hidráulicas e dimensionamentos das redes hidráulicas. O programa permite conhecer pontualmente, e

em função da curva adoptada de distribuição diária de consumos, todos os dados referente ao escoamento em cada conduta ou nó da rede, nomeadamente caudais, pressões, velocidades.

Assim temos o desenho a seguir que mostra a fase inicial da rede como se encontra, o seu perfil, as pressões que actuam nas redes, os comprimentos das condutas assim como os diâmetros instalados, sem excluir o material constituinte. Está designada, a malha das pressões e os comprimentos da fase 1.

No funcionamento da sistema de abastecimento de água, são várias as anomalias constattadas na rede assim como o seu desempenho, nomeadamente:

- ✚ As condutas atravessam residências;
- ✚ Condutas com idade avançadas sem substituição;
- ✚ Condutas com várias fugas de água;
- ✚ Condutas com entupimentos por raízes de plantas que se desenvolvem dentro das condutas;
- ✚ Os furos de água, sem medidores de caudal produzido e aduzido;
- ✚ Sem controlo do rebaixamento dos níveis de freáticos;
- ✚ Control de qualidade de água não existente;
- ✚ Para os depositos elevados, ausência de limpeza, manutenção dos mesmos;
- ✚ Ausência de medidores de caudal distribuido na rede de abastecimento, tanto da vila assim como da rede do Bairros 29 de Setembro;
- ✚ Ausência de depositos de armazenamento de água;
- ✚ Falta de controlo da área de influência dos furos ;

## Malha De Pressoes E Comprimentos Fase 1

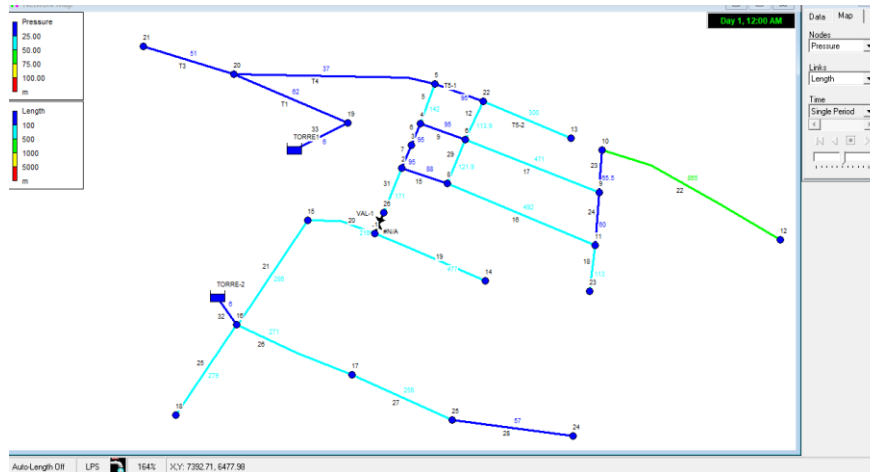


Tabela 3: Malha de pressões, fase 1. Fonte autor , EPANET

A verificação do funcionamento hidráulico da rede de distribuição baseou-se no uso do programa automático para Simulação de Redes de Abastecimento “EPANET 2”, executado para uma situação dinâmica.

A rede existente possui tubagem de diversos materiais, nomeadamente PVC que foi distinguida no acto da simulação pelas suas rugosidades específicas, isto é 140 (PVC).

Após a simulação da rede, constatou-se existirem zonas diversificadas de pressões, variando de 0.94 m.c.a (Nó 18) até um máximo de 24.03 m.c.a (Nó 14).

## Elevação E Diâmetros Fase 1

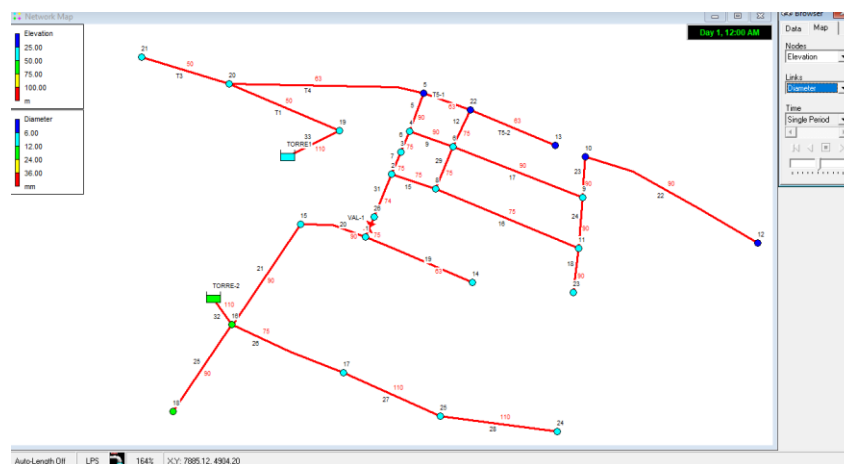


Tabela 4: Malha das elevações e diâmetros; Fonte autor,

### Sistema de Abastecimento de Agua na Vila de Marracuene

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km
Pipe 22	865	90	140	0.20	0.03	0.02
Pipe 23	65.5	90	140	-0.60	0.09	0.15
Pipe 24	60	90	140	-0.19	0.03	0.02
Pipe 25	279	90	140	0.50	0.08	0.11
Pipe 26	271	75	140	1.31	0.30	1.56
Pipe 27	256	110	140	0.31	0.03	0.02
Pipe 28	57	110	140	0.11	0.01	0.00
Pipe 29	121.9	75	75	0.26	0.06	0.25
Pipe 31	171	74	110	-1.89	0.44	5.13
Pipe 32	6	110	120	6.00	0.63	5.39
Pipe 33	6	110	140	3.44	0.36	1.45
Valve VAL-1	#N/A	75	#N/A	2.39	0.54	22.49

Tabela 5: Tabela que mostra tubos do sistema. Fonte autor,

### Sistema de Abastecimento de Agua na Vila de Marracuene

Network Table - Nodes

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc 1	38	0.7	0.70	59.49	21.49
Junc 2	31	0.24	0.24	36.12	5.12
Junc 3	30	0.2	0.20	36.07	6.07
Junc 4	30	0.24	0.24	36.04	6.04
Junc 5	23	0.48	0.48	36.12	13.12
Junc 6	28	0.46	0.46	36.00	8.00
Junc 8	31	0.2	0.20	36.03	5.03
Junc 9	29	0.48	0.48	35.85	6.85
Junc 10	22	0.4	0.40	35.84	13.84
Junc 11	29	0.2	0.20	35.86	6.86
Junc 12	17	0.2	0.20	35.83	18.83
Junc 13	18	0.5	0.50	35.82	17.82
Junc 14	35	0.5	0.50	59.03	24.03
Junc 15	41	0.6	0.60	60.39	19.39
Junc 16	54	0	0.00	61.97	7.97
Junc 17	49	1	1.00	61.54	12.54
Junc 18	61	0.5	0.50	61.94	0.94

Tabela 6: Tabela dos Nós; Fonte autor



As fuguras que se seguem, representam a fase 2, onde se removeu o T1, onde tinha maior velocidade, para melhorar os restantes nos na malha. Os detalhes os resultados das pressões e das energias dos Nós da rede podem ser visualizados nas tabelas da fase 2. A simulação iniciou com o reservatório (Reser 2) com a energia máxima e foi diminuindo até a um valor mínimo de 0 m.c.a (no final da simulação).

Em anexo a apresentação dos diâmetros das condutas da rede:

**Tubagem existente nos troços**

Troço	Extensão (m)	Diâmetro (mm)	Condições do tubo
1	62	50	PVC
2	4	50	PVC
3	51	50	PVC
4	37	63	PVC
5	395	63	PVC
6	411	75	PVC- Ferro Galvanizado
7	338	75	PVC
8	865	90	PVC
9	324	90	PVC
10	471	90 (75)	PVC
11	492	75 (≥110)	PVC
12	477	75 (63)	PVC-Ferro Galvanizado (63mm)
12-1	208	90	Ferro Galvanizado
13	13	90	PVC
14	279	90	PVC
15-1	273	75	PVC
15	256	110	PVC
16	57	110	PVC
17	267	110	PVC

Tabela 8: Tabela dos tubos existentes

#### 4.4. Identificação das Principais Perdas Físicas no Sistema em Estudo

Em todos os sistemas de abastecimento de água ocorrem perdas de água. O volume perdido depende das características físicas e idade das condutas, assim como de outros factores locais, como práticas operacionais do nível de tecnologia dos gestores e experiência existente no controle de perdas. No caso presente, as perdas actuais fazem com que o sistema tenha que produzir o que teria que produzir no final do horizonte do projecto.

São identificadas as perdas na adução e distribuição. Como não existe o armazenamento, não se pode fazer questão desta parte. No entanto, é pertinente que seja previsto depósito de armazenamento de água para permitir maior eficiência no sistema em geral. Isto vai permitir que mesmo que haja avaria da bomba do furo que abastece esse depósito de armazenamento, o pessoal técnico terá tempo suficiente de reparar a avaria sem que os utentes sintam que houve avaria por longo período.

## **CAPITULO V – ANALISE DOS RESULTADOS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **5.1 FASE 2**

Após a simulação da rede, constatou-se haverem zonas diversificadas de pressões, variando de 9.52 m.c.a no nó 11, 12mca no nó 16, 28.51 mca no nó 7 e 12mca no nó 16.

As velocidades mostraram-se variáveis nos troços, sendo 0.03m/s no T22, 0.09m/s no T12, 0.4m/s no T1 e 0.52 no T6. Porém, são valores muito baixos para o que deviam ser sendo troços terminais da rede e não atingindo os valores recomendados pelo *Regulamento de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais de Moçambique*, que é 60 mca. A figura 35 mostra a distribuição de pressões por zonas.

De referir que alguns Nós da rede de distribuição que possuem pressões dentro do intervalo estabelecido pelo Regulamento de Distribuição de Águas e de Drenagem de Águas Residuais de Moçambique, isto é mínimo (6 mca nos fontanários) e máximo (60 m.c.a. ao nível do arruamento).

Quanto as perdas de água no sistema em estudo, as perdas fazem com que o sistema tenha menos desempenho e não puder fazer o melhor de si, pois há produção e podia se maximizar o uso e melhor aproveitamento da água produzida. Mas porque houve um desequilíbrio entre a idade do sistema e o crescimento demográfico, verificado ao longo dos anos, aliado a falta de manutenção e bom uso do sistema,

Os procedimentos adoptados para a medição do volume de perdas físicas no sistema de abastecimento em estudo foram feitos através de medições durante 12 horas nos seguintes locais:

- ✚ Na Estação de captação de Água- nos furos;
- ✚ Rede de Distribuição;

As condutas existentes, pela idade de uso, tem muitas fugas de água, causadas pelas rupturas que se verificam ao longo da rede, verificando enrustimentos da tubagem, pelas raízes

que crescem dentro das condutas chegando a obstruírem as conduta provocando perdas de água. Estas perdas chegam ser na ordem dos 70%.

No entanto são as seguintes anomalias constatadas na rede:

### **5.1.1 Condutas**

- ✚ Condutas atravessando residências
- ✚ Condutas com longos anos de vida útil sem nenhuma reparação
- ✚ Condutas com várias fugas
- ✚ Condutas entupidas

### **5.1.2 Furos**

- ✚ Furos sem controlo de qualidade de água
- ✚ Falta do controlo do caudal
- ✚ Falta de controlo do rebaixamento do furo
- ✚ Falta de controlo do tempo de reposição de água no furo
- ✚ Falta de controlo da área de influência dos furos

### **5.1.3 Reservatórios**

- ✚ Ausência de equipa capacitada para limpeza dos reservatórios
- ✚ Falta de controlo da qualidade da água dos reservatórios
- ✚ Falta do controlo da tubagem reservatório-rede de abastecimento

Assim, para o melhoramento do sistema, seguindo os pressupostos do Regulamento de abastecimento de água, de acordo com o artigo 14 alínea d) a captação em áreas com mais de 2000 hab é de 125l/hab/dia.

A vila sede de Marracuene tem uma população de 22 134 habitantes. Logo o sistema não tem capacidade para responder as necessidades de água para esta população.

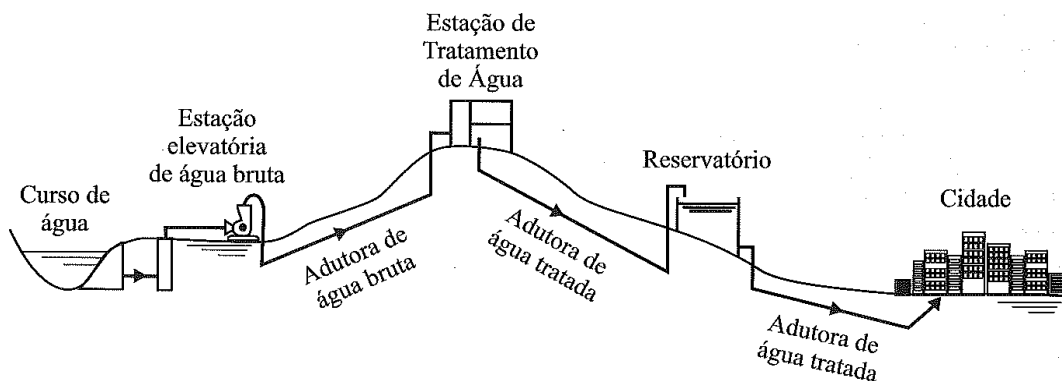


Figura 20: Partes do sistema de Abastecimento; Fonte: Tsutiya 2006,

Para o caso do sistema de abastecimento de água para a Vila de Marracuene, por razões da passagem do tempo, com o crescimento demográfico, crescimento das necessidades da água, não existindo contadores de água em cada residência, para efeitos de se saber os consumos efectivos de cada residência, dificulta a manitoria dos valores de consumo do sistema de todo o sistema. Assim, tendo em linha de conta os dados da população da vila, serão adoptados os valores de cálculo do sistema para o melhor.

Sabendo se que para a área interna do consumo doméstico, a água pode ser usada para a higiene pessoal, preparo dos alimentos, lavagem da roupas, lavagem de outros utensilios e limpeza em geral. Para a utilização exterior pode ser para a rega dos jardins, lavagem de pisos e fachadas e dos veiculos, etc..

Seundo Tsutiya, existem estudos realizados por Francisco Bicalho, publicados em 1905 ( Yasuda Nogami 1976) que dão conta de que um individuo consome 50 a 90 litros de água por dia, ver a tabela a seguir.

<b>Uso</b>	<b>Consumo de água (l/hab.dia)</b>
Bebida	2
Preparo de alimentos	6
Lavagem de utensilios	2 – 9
Higiene pessoal	15 – 35
Lavagem de roupas	10 – 15
Bacia sanitária	9 – 10
Perdas	6 – 13
<b>Total</b>	<b>50 – 90</b>

Tabela 9: tabela de uso e consumo de água; Fonte: Tsutiya 2006, pag 52, fig 3.1

Para as condições nomais de uso de água, para o padrão de um consumo per capita de 125 litros por dia por pessoa, da captação por furos profundos seria o seguinte:

$$Q_a = \left( \frac{K_1 P q}{86.400} + Q_e \right) C_{ETA}$$

Assumido o  $K_1 = 1,2$  e  $K_2 = 1,5$ , os coeficientes do dia de maior consumo e hora de maior consumo, respectivamente e nr de haitantes da vila de 22 134 para um consumo per capita de 125 l/hab. Dia:

$$Q_a = \{(1.2 \times 22\ 134 \times 125) / 86400 + 25\} \times 1.03 \text{ ( l/s)}$$

$$65,329 \text{ l/s (235,18m}^3\text{/h)}$$

Tomando em linha de conta que a vila de Marracuene tem 22 134 habitantes, o caudal para ser libertado para a rede seria:

$$Q_c = \frac{K_1 K_2 P q}{86.400} + Q_e$$

continuando com os valores de  $K_1=1,2$ ,  $K_2= 1,5$  já assumidos:

$$Q_c = \{(1.2 \times 1.5 \times 22\ 134 \times 125) / 86400 + 25\} \text{ ( l/s)}$$

$$82,64 \text{ l/s (297,51m}^3\text{/h)}$$

Assim que presentemente, existem apenas 2 furos de água, com uma produção de 25m<sup>3</sup>/h em cada um.

O sistema é constituído por 3 (três) reservatórios dos quais 2 (dois) estão destinados ao abastecimento da população e 1 (um) para o abastecimento da residência oficial.

Reservatório 1 (situado na vila), assim distribuidos:

1. Deposito elevado com capacidade de 215.58m<sup>3</sup>, lcalizado junto a residência do administrador; este abastece a rede da vila e bairros junto a estação dos CFM;
2. Depósito elevado com capacidade de 250m<sup>3</sup>, localizado no Bairro 29 de Setembo, abastecendo o bairro do mesmo nome. A rede que é abastecida por

este depósito, tem uma válvula de seccionamento, que permite abastecer a Vila, na zona do Cimento em casos de emergência.

3. Depósito apoiado com capacidade de 160m<sup>3</sup>, localizado no interior do quintal da residência do Administrador para o uso interno da Residência.

Quanto a simulação feita no EPANET, segundo os dados da tubagem, dos nós, das diferenças de nível assim como dos caudais que a circulam na rede, estão ilustradas nas tabelas seguintes. assim como as pressões que prevalecem na rede também estão ilustradas.

### Sistema de Abastecimento de Água na Vila de Marracuene

Network Table - Nodes

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Demand LPS	Head m	Pressure m
June 1	38	0.7	0.70	66.24	28.24
June 2	31	0.24	0.24	49.14	18.14
June 3	30	0.2	0.20	49.66	19.66
June 4	30	0.24	0.24	48.99	18.99
June 5	23	0.48	0.48	48.93	25.93
June 6	28	0.46	0.46	48.93	20.93
June 8	31	0.2	0.20	49.01	18.01
June 9	29	0.48	0.48	48.80	19.80
June 10	22	0.4	0.40	48.79	26.79
June 11	29	0.2	0.20	48.80	19.80
June 12	17	0.2	0.20	48.77	31.77
June 13	18	0.5	0.50	48.71	30.71
June 14	35	1	1.00	64.69	29.69
June 15	41	0.6	0.60	66.46	25.46
June 16	54	0	0.00	66.97	12.97
June 17	49	1	1.00	64.70	15.70
June 18	61	0.5	0.50	66.94	5.94

Figura 10: Tabela dos Nós fase2

### Sistema de Abastecimento de Agua na Vila de Marracuene

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc 19	33	0.5	0.50	49.98	16.98
Junc 20	36	0.09	0.09	49.70	13.70
Junc 21	40	0.7	0.70	49.52	9.52
Junc 22	23	0.24	0.24	48.90	25.90
Junc 23	28	0.2	0.20	48.80	20.80
Junc 24	40	0.11	0.11	64.69	24.69
Junc 25	47	0.2	0.20	64.69	17.69
Junc 26	37	0.5	0.50	49.06	12.06
Junc 7	36	0.9	0.90	64.51	28.51
Junc 27	23	0	0.00	49.70	26.70
Junc 28	53	1	1.00	64.58	11.58
Resvr TORRE-2	67	#N/A	-6.01	67.00	0.00
Resvr TORRE-1	50	#N/A	-5.83	50.00	0.00

Tabela 11: Tabela dos Nós fase 2

## 5.2 Melhoramento do sistema

Sabendo se que a população de Marracuene é de 22 134 habitantes, na Vila Sede, a necessidade diária, como se viu, é de 297,51m<sup>3</sup>/h, segundo Heller e Pádua, no livro de Caimcross, Abastecimento de água, no Capítulo 3, que trata de consumo de água, refere que uma Instalação de abastecimento de água, deve estar preparada para suprir um conjunto amplo de demandas. assim, devem ser estimadas todas as demandas a serem satisfeitas pelas instalações, considerando o período futuro de alcance do sistema não apenas a realidade do presente e observadas as vazões correctas em cada uma das suas unidades constituintes.

Referem ainda que não se deve limitar aos consumos domiciliários, como deve se atender as unidades comerciais e de pequenas indústrias que existem, ao consumo público nas instalações prediais bem como considerar as perdas do sistema, que se distribuem por perdas na produção assim como nas redes.

Para fazer frente a essas variações temporais ao longo do ano, dos dias, devem ser lhes acrescidos os coeficientes de reforço, nomeadamente o K<sub>1</sub> e K<sub>2</sub>. Para o dimensionamento devem ser operadas para funcionarem com os caudais médios de forma a suprir as variações.

segundo Heller, segue-se a tabela dos termos que constituem as equações assim como as respectivas unidades:

Parâmetro	Significado	Unidade
P	população	hab
qpc	consumo <i>per capita</i>	L/hab.dia
t	período de funcionamento da produção	h
Q <sub>ETA</sub>	consumo de água na ETA	%
k <sub>1</sub>	coeficiente do dia de maior consumo	-
k <sub>2</sub>	coeficiente da hora de maior consumo	-
Q <sub>5</sub>	vazão singular de grande consumidor	L/s

Tabela 12: Tabela dos termos da fórmula; Fonte: Heller Leo, Abastecimento de água pág. 112.

No entanto, importa estabelecer um alcance de tempo do projecto, para um número de habitantes, que neste caso vamos considerar que a população indicada, as estatísticas dadas pelo INE, indicam um horizonte até 2040, correspondendo a 20 anos de 22 134 habitantes deste modo ficará o caudal médio:

$$\bar{Q}(L/s) = \frac{P(\text{hab}) \times qpc(L/\text{hab.dia})}{86.400(s/\text{dia})}$$

$$Q_{20a} = (22\ 134 \times 125) / 86\ 400 = 32,1L/s$$

para ser distribuído na rede, é necessário que seja construído um depósito apoiado.

Assim, usando o método de cálculo do volume útil, sem a disposição da curva de consumo com base na forma SENOIDAL, conforme a figura seguinte:

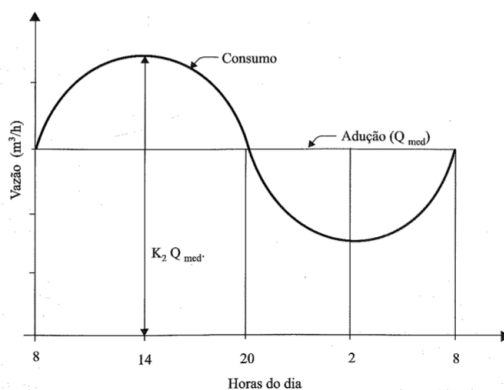


Figura 8.31 - Curva de consumo assimilada a uma senóide.

Figura 21: Curva de consumo ; Fonte: Tsutiya 2006

Sendo V o volume de água consumida num dia de maior consumo, V/24, representa a vazão medida nesse dia. A equação da Senoide é representada por :

$$Q = (K_2 - 1) * V/24 \text{ Sen } \pi/24 + V/24$$

Onde:

$K_2$  : representa o coeficiente da hora de maior consumo

$K_1$  : representa o coeficiente de dia de maior consumo;

Considerando conhecidos os valores seguintes:

- Consumo per capita de água, 125 L/dia.hab;
- Coeficiente do dia de maior consumo,  $K_1 = 1,2$
- Coeficiente do dia de maior consumo,  $K_2 = 1,5$
- Volume de reserva a ser adoptado em 1/3 do volume consumido do dia de maior consumo.

Segundo Tsutiya 2006, teremos:

$$Q = \{ K_1 \times P \times q \} / 86\,400 = (l/s)$$

$$Q = \{ 1,2 \times 22\,134 \times 125 \} / 86\,400 = 38,42 \text{ L/s}$$

$$V_{\text{reserva}} = \{ 38,42 \times 86\,400 \} / 3 = 1\,106,49 \text{ m}^3$$

Este seria o volume ideal para as condições futuras. Considerando as condições actuais, pois existe um deposito e um torre elevada com uma capacidade de 250m<sup>3</sup>, podemos adoptar um deposito apoiado com uma capacidade de 500m<sup>3</sup>. Ter-se-á um volume total de 750m<sup>3</sup> de água. Sem considerar os depositos existentes na residencia oficial do administrador assim como do deposito elevado dentro da vila. Estes ultimos são 160m<sup>3</sup> e 215m<sup>3</sup>, respectivamente.

Como medida primária, podem ser substituídas as condutas A tabela em anexo, indica os troços e os diamentros dos tubos que devem se substituidos por forma a melhorar o sistema existe, baseado nas malhas em em uso, enquanto se preparam para a implementação do projecto que inclui a construção do depoisto apoiado. A substituição e construção do deposito deve compreender 5 (cinco) fases com vista a não comprometer o funcionamento de todo sistema durante o processo de substituição:

- ✚ 1ª Fase – Substituição das condutas de ferro galvanizado para PVC
- ✚ 2ª Fase – Substituição das condutas deterioradas
- ✚ 3ª Fase - Substituição dos diâmetros das condutas em zonas críticas
- ✚ 4ª Fase- Constução do deposito apoiado; pefuração de novos furos de água.
- ✚ 5ª Fase- construção da estação de bombagem elevatória e a ampliação da rede de distribuição assim como a montagem de contadores de agua.

<b>Troço</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Extensão (m)</b>
<b>6</b>	<b>75</b>	<b>411</b>
<b>12</b>	<b>75</b>	<b>47</b>
<b>14</b>	<b>90</b>	<b>279</b>
<b>15</b>	<b>75</b>	<b>256</b>
<b>16</b>	<b>90</b>	<b>57</b>
<b>17</b>	<b>90</b>	<b>267</b>

Tabela 13: tabela dos tubos

As tabelas que se seguem, representam os Links com os respectivos comprimentos das uniões, da rugosidade , do caudal em lps, da velocidade, das perdas de carga assim como dos factores de perdas em referencia.

Das tabelas, se se comparar com a situação inicial, como forma de melhorar as condições actuais, mudando para estas condições irá verifica se melhorias, ainda tomando como base a rede inicial. Esta simulação mostra que alterando o diametro dos tubos, como indicado na tabela da figura 32, simplesmente muda todo o cenario no escoamento. Esta é uma intervenção de muito curto prazo.

De acordo com as simulações feitas, conclui se que há intervenções de curto e longo prazo, para a sua execução como solicoes finais.

As soluções de curto prazo são as seguintes:

- ✚ Substituição das condutas;
- ✚ Limpeza das condutas;
- ✚ Montagem Contadores para os grandes e médios consumidores;
- ✚ Instalação de válvulas ao longo da rede para regular o abastecimento;
- ✚ Controlo da qualidade de água (Trimestralmente);
- ✚ Expansão da rede de distribuição a partir do centro distribuidor
- ✚ Aplicação de multas para o atraso no pagamento das facturas;

As soluções de longo prazo são as seguintes:

- ✚ Construção de um depósito apoiado de 500m<sup>3</sup> no Baio 29 de Setembro;
- ✚ Instalação de uma estação elevatória composto por duas electrobombas com capacidade de 30m<sup>3</sup>/h funcionando de forma alternada para o enchimento do depósito de 250m<sup>3</sup>, já existente.
- ✚ Abertura de mais 2 furos de água, com uma oridução individual de 35m<sup>3</sup>/h
- ✚ Contadores para todos utentes de água;
- ✚ Inspeção do sistema;
- ✚ Transformação da rede de abastecimento de ramificada para malhada;
- ✚ Instalação dos acessórios acima citados ao sistema;

## Tabela dos Links

### Sistema de Abastecimento de Agua na Vila de Marracuene

Network Table - Links

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor
Pipe T3	51	50	140	-0.70	0.36	3.53	0.027
Pipe T1	62	50	140	-0.79	0.40	4.42	0.027
Pipe 5	142	90	110	-0.83	0.13	0.43	0.045
Pipe 6	95	75	110	-2.32	0.52	7.04	0.038
Pipe 7	95	75	110	2.02	0.46	5.46	0.038
Pipe 9	95	90	140	1.25	0.20	0.59	0.027
Pipe T5-1	95	63	140	-0.35	0.11	0.32	0.031
Pipe T5-2	300	63	140	0.50	0.16	0.61	0.030
Pipe 12	113.9	75	100	-0.39	0.09	0.31	0.058
Pipe 15	85	75	140	1.28	0.29	1.50	0.026
Pipe 16	492	75	140	0.65	0.15	0.42	0.029
Pipe 17	471	90	140	0.83	0.13	0.28	0.029
Pipe 18	113	90	140	0.20	0.03	0.02	0.035
Pipe 19	477	63	110	-0.97	0.31	3.25	0.042
Pipe 20	216	90	140	-1.67	0.26	1.00	0.026
Pipe 21	286	90	140	-2.27	0.36	1.78	0.025
Pipe 22	865	90	140	0.20	0.03	0.02	0.035

Tabela 14: tabela dos Nós fase 2

### Sistema de Abastecimento de Agua na Vila de Marracuene

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc 19	33	0.5	0.50	49.98	16.98
Junc 20	36	0.09	0.09	49.70	13.70
Junc 21	40	0.7	0.70	49.52	9.52
Junc 22	23	0.24	0.24	48.90	25.90
Junc 23	28	0.2	0.20	48.80	20.80
Junc 24	40	0.11	0.11	64.69	24.69
Junc 25	47	0.2	0.20	64.69	17.69
Junc 26	37	0.5	0.50	49.06	12.06
Junc 7	36	0.9	0.90	64.51	28.51
Junc 27	23	0	0.00	49.70	26.70
Junc 28	53	1	1.00	64.58	11.58
Resvr TORRE-2	67	#N/A	-6.01	67.00	0.00
Resvr TORRE-1	50	#N/A	-5.83	50.00	0.00

Tabela 15: tabela dos Nós fase 2

### Malhas das pressões e comprimentos:

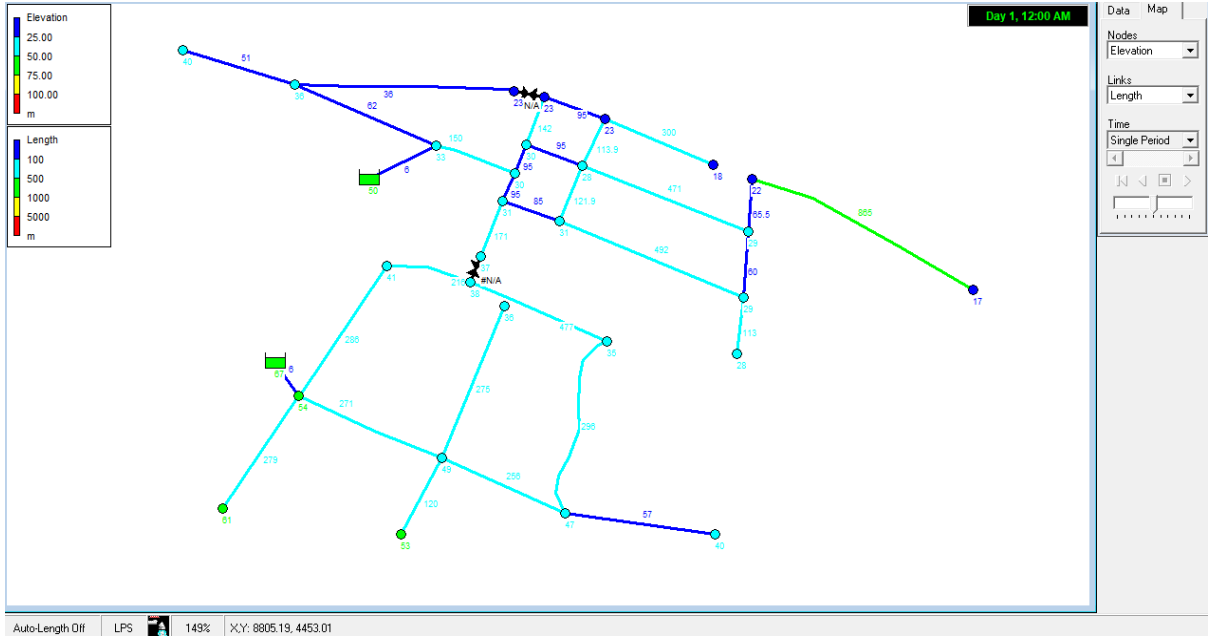


Tabela 16: Malha das pressões e comprimentos fase2

### Malha com indicacao das Pressoes de diametros

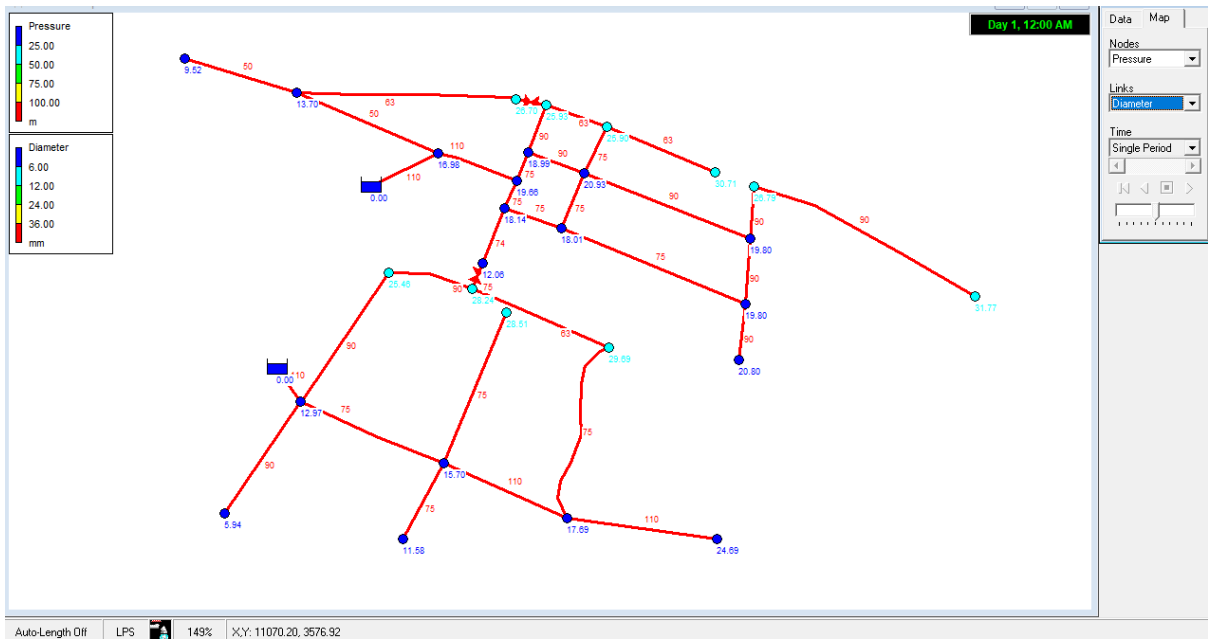


Tabela 17: Malha das pressões e diametros fase 2

## Planta de implantação da rede geral fase final



Figura 22: Planta de implantação da rede geral do sistema: Fonte Google earth

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Conceitos e Aplicações, 3ª Edição- Revista e Ampliada, ISBN 978-85-7499-061-3
2. **Ferreira Filho, Sidney Seckler tratamento** de água concepção, projeto e operação de estações de tratamento, © 2017, Elsevier Editora Ltda.  
ISBN: 978-85-352-8740-0
3. *Fonseca, Victor Ferreira da M. L. sob supervisão e revisão da Prof<sup>a</sup>. Livia Chaguri.*  
**Bombeamento de Fluidos** Apostila elaborada pelo monitor da disciplina: Lorena,  
Março de 2019;
4. Feitosa, Fernando A.C., *HIDROGEOLOGIA: conceitos e aplicações/ organização e coordenação científica/ Fernando A.C. Feitosa [et, al] 3 ed rev. E ampl. Rio de Janeiro: CPM: LABHID 2008 812p.*
5. Fernandes, Renato de Oliveira, Estações elevatórias de água,  
<http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=estacao-elevatoria-agua.pdf>, 24/11/2020
6. GRUNDFOS Management A/S. **PUMP HANDBOOK**; general hydraulic, 2004
7. GRUNDFOS INDUSTRY PUMP HANDBOOK, Copyright 2004,
8. Glossário de Termos Relacionados à Gestão de Recursos Hídricos, Junho 2008,  
Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br>, acessado em 25 de novembro de 2020.
9. LENCASTRE, Armando, Hidráulica Geral, Edição Luso-Brasileira, Coimbra, (1983);
10. MACINTYRE, A.J. - "Bombas e Instalações de Bombeamento", Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980
11. Matsinhe, Nelson e Rietveld, Lukk. (1992). Abastecimento de água, Maputo;
12. Mariano, João Carvalho, Coimbra, dezembro, 2014; Adutoras Puras e Mistas – Análise Técnico-económica
13. Medeiros Filho, Carlos Fernandes, manual de abastecimento de água, Univesidade Federal de Campina Grande- UFCG ;
14. RAPOSO, J.R. (1994) História da Rega em Portugal, Lisboa, Instituto da Água
15. Tsutiya, Milton Tomoyuki, Abastecimento de água, 3ª Edição, São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica, 2006

16. WIJDIEKS, J BOS M.G., 1981 Twentieth International Course on Land Drainage, Pumps and Pumping Stations, Wageningen;