

GOVERNO DO ESTADO



**CEARÁ**  
AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH  
SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS HIDRÁULICAS

**ELABORAÇÃO DO EIXO DE INTEGRAÇÃO AÇUDE  
FOGAREIRO A BOA VIAGEM PARA O PROJETO  
EXECUTIVO DE ABASTECIMENTO D' ÁGUA DA  
CIDADE DE BOA VIAGEM NO MUNICÍPIO DE  
BOA VIAGEM-CE**

**TOMO II - RELATÓRIO GERAL**  
VOLUME 1 - MEMORIAL DESCRITIVO



TSA - PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA.

FORTALEZA  
FEVEREIRO/03

## **MEMORIAL DESCRITIVO**

## **APRESENTAÇÃO**

## **APRESENTAÇÃO**

O Relatório a seguir é parte integrante do objeto do Contrato nº 25/SRH/2002, firmado entre a Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH e a TSA – Projetos de Engenharia Ltda, visando desenvolver a Elaboração do Eixo de Integração Açude Fogareiro à Boa Viagem para o Projeto Executivo de Abastecimento d'água da cidade de Boa Viagem, no município de Boa Viagem, estado do Ceará.

Neste volume inserimos o Memorial Descritivo, estando os demais apresentados da seguinte maneira:

### **TOMO I – Estudos Básicos**

Volume 1 – Estudo de Concepção

Volume 2 – Topografia e Geotecnia

### **TOMO II – Relatório Geral**

Volume 1 – Memorial Descritivo

Volume 2 – Quantitativos e Custos

Volume 3 – Especificações Técnicas

Volume 4 - Plantas

## ÍNDICE

## ÍNDICE DOS CAPÍTULOS

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>II</b>
<b>1 – CONCEPÇÃO E DETALHAMENTO DA ALTERNATIVA SELECIONADA</b> .....	<b>1-1</b>
<b>1.1 – Elementos para o Projeto</b> .....	<b>1-2</b>
<b>1.2 – Resultados Obtidos</b> .....	<b>1-3</b>
<b>1.3 – Elementos do Projeto</b> .....	<b>1-6</b>
1.3.1 – Alcance do Plano.....	1-6
1.3.2 – População Abastecível .....	1-6
1.3.3 – Demandas .....	1-6
1.3.4 – Fórmulas Utilizadas .....	1-7
<b>1.4 – Estudo Demográfico</b> .....	<b>1-9</b>
1.4.1 – Introdução.....	1-9
1.4.2 – Evolução Histórica da População de Boa Viagem .....	1-9
1.4.3 – Projeção da População Limite .....	1-12
1.4.4 – Projeções de Demanda .....	1-32
1.4.5 – Projeções de Oferta.....	1-37
1.4.6 – Resultados dos Volumes .....	1-37
<b>1.5 – Dimensionamento da Adutora</b> .....	<b>1-44</b>
1.5.1 – Estudo do Diâmetro Econômico .....	1-44
1.5.2 – Estações Elevatórias .....	1-45
1.5.3 – Avaliação do Transiente Hidráulico .....	1-45
<b>1.6 – Estação de Tratamento de Água – ETA</b> .....	<b>1-66</b>
1.6.1 – Dimensionamento.....	1-66
1.6.2 – Lavagem dos Filtros .....	1-69
1.6.3 – Casa da Química .....	1-70
<b>1.7 – Automação</b> .....	<b>1-78</b>
1.7.1 – Objetivo da Automação .....	1-78
1.7.2 – Descrição do Sistema de Operação.....	1-78
1.7.3 – Interdependência das Elevatórias .....	1-79
1.7.4 – Equipamentos Necessários .....	1-80
<b>2 – SÚMULA</b> .....	<b>2-1</b>
<b>2.1 - Descrição</b> .....	<b>2-2</b>
2.1.1 - Dados Gerais.....	2-2
2.1.2 – Características do Sistema Projetado .....	2-2
2.1.3 – Descrição Geral do Projeto.....	2-3

## ÍNDICE DAS FIGURAS

FIGURA 1.1 – CAMINHAMENTO DA ADUTORA.....	4
FIGURA 1.2 – PERFIL TOPOGRÁFICO DA ADUTORA. ....	5
FIGURA 1.9 – CURVA DE EXTRAPOLAÇÃO PELO MÉTODO DE APLICAÇÃO DE EQUAÇÃO. ....	16
FIGURA 1.3 – ANÁLISE DE REGRESSÃO: FUNÇÃO LINEAR.....	18
FIGURA 1.4 – ANÁLISE DE REGRESSÃO: FUNÇÃO EXPONENCIAL.....	19
FIGURA 1.5 – ANÁLISE DE REGRESSÃO: FUNÇÃO LOGARÍTMICA. ....	20
FIGURA 1.6 – ANÁLISE DE REGRESSÃO: FUNÇÃO POLINOMIAL.....	21
FIGURA 1.7 – ANÁLISE DE REGRESSÃO: FUNÇÃO POTENCIAL.....	22
FIGURA 1.8 – CURVA DE EXTRAPOLAÇÃO MODELO MATEMÁTICO. ....	24
FIGURA 1.10 – EVOLUÇÃO POPULACIONAL REAJUSTADA. ....	31
FIGURA 1.11– RESUMO DOS VOLUMES DAS OFERTAS E DEMANDAS.....	41
FIGURA 1.12 – PERFIL PIEZOMÉTRICO DO DIÂMETRO ECONÔMICO.....	49
FIGURA 1.13 – GRÁFICO DO RESUMO DO DIÂMETRO ECONÔMICO.....	61
FIGURA 1.14 – GRÁFICO DO GOLPE DE ARIETE NO 1º TRECHO, DN 400.....	63
FIGURA 1.15 – GRÁFICO DO GOLPE DE ARIETE NO 2º TRECHO, DN 400.....	64
FIGURA 1.16 – GRÁFICO DO GOLPE DE ARIETE NO 3º TRECHO, DN 400.....	65
FIGURA 1.17 – ARMAZENAMENTO DO SULFATO DE ALUMÍNIO .....	75
FIGURA 1.18 – ARMAZENAMENTO DA CAL HIDRATADA.....	76
FIGURA 1.19 – ARMAZENAMENTO DOS PRODUTOS QUÍMICOS, ARRANJO GERAL.....	77

## ÍNDICE DOS QUADROS

QUADRO 1.1 - ESTIMATIVO DO CRESCIMENTO POPULACIONAL.....	6
QUADRO 1.2 - VAZÃO E RESERVAÇÃO.....	7
QUADRO 1.3 – DADOS DEMOGRÁFICOS.....	11
QUADRO 1.4 – TAXAS DE CRESCIMENTO ANUAL (%). ....	11
QUADRO 1.5 – PARTICIPAÇÃO RELATIVA SEDE E MUNICÍPIO (%). ....	11
QUADRO 1.6 – POPULAÇÃO DO ESTADO DO CEARÁ.....	11
QUADRO 1.8 – EVOLUÇÃO POPULACIONAL PELO MÉTODO DE APLICAÇÃO DE EQUAÇÃO. ....	15
QUADRO 1.7 – EVOLUÇÃO POPULACIONAL PELAS CURVAS DE REGRESSÃO.....	23
QUADRO 1.9 – QUADRO COMPARATIVO.....	27
QUADRO 1.10 – AJUSTE DA PROJEÇÃO POPULACIONAL – IBGE. ....	28
QUADRO 1.11 – AJUSTE DA PROJEÇÃO POPULACIONAL 1 – SAAE. ....	29
QUADRO 1.12 – AJUSTE DA PROJEÇÃO POPULACIONAL 2 – SAAE. ....	30
QUADRO 1.13 – ESTIMATIVO DE DEMANDA PARA A SITUAÇÃO SEM PROJETO.....	35
QUADRO 1.14 – ESTIMATIVO DE DEMANDA PARA A SITUAÇÃO COM PROJETO. ....	36
QUADRO 1.15 – ESTIMATIVO DE OFERTA PARA A SITUAÇÃO SEM PROJETO.....	38
QUADRO 1.16 – ESTIMATIVO DE OFERTA PARA A SITUAÇÃO COM PROJETO. ....	39
QUADRO 1.17 – RESUMO DOS VOLUMES DAS OFERTAS E DEMANDAS. ....	40
QUADRO 1.18 – EVOLUÇÃO DAS VAZÕES E RESERVAÇÃO COM PROJETO.....	42
QUADRO 1.19 – EVOLUÇÃO DAS VAZÕES E RESERVAÇÃO .....	43
QUADRO 1.20 – VAZÕES E RESERVAÇÕES. ....	48
QUADRO 1.21 – ESTUDO DA POTÊNCIA DE BOMBEAMENTO.....	50
QUADRO 1.22 – ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO, CAPTAÇÃO A EE1, DN 300. ....	51
QUADRO 1.23 - ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO, CAPTAÇÃO A EE1, DN 350.....	52
QUADRO 1.24 - ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO, CAPTAÇÃO A EE1, DN 400.....	53
QUADRO 1.25 - ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO, EE1 A EE2, DN 300.....	54
QUADRO 1.26 - ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO, EE1 A EE2, DN 350.....	55
QUADRO 1.27 - ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO, EE1 A EE2, DN 400.....	56
QUADRO 1.28 - ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO, EE2 A ETA, DN 300.....	57
QUADRO 1.29 - ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO, EE2 A ETA, DN 350.....	58
QUADRO 1.30 - ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO, EE2 A ETA, DN 400.....	59
QUADRO 1.31 – RESUMO DO ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO. ....	60
QUADRO 1.32 – AVALIAÇÃO DO TRANSIENTE HIDRÁULICO. ....	62



## **1 – CONCEPÇÃO E DETALHAMENTO DA ALTERNATIVA SELECIONADA**

## **1 – CONCEPÇÃO E DETALHAMENTO DA ALTERNATIVA SELECIONADA**

Com a finalidade de mensurar o porte do sistema adutor a ser implantado e a ordem de grandeza de seus custos, a Consultora elaborou o dimensionamento de uma alternativa para o Sistema Adutor.

O acesso rodoviário ao açude Fogareiro, a nova fonte hídrica, é pela cidade de Quixeramobim, a partir de Fortaleza através da BR-116 até o entroncamento da BR-122 no Triângulo, em Chorozinho prosseguindo até Quixadá e a partir daí pela CE-060 até Quixeramobim. Outra opção é ir de Fortaleza a Quixeramobim diretamente pela CE-060. A partir de Quixeramobim o acesso é por estrada carroçável, em direção de Vila da Pedra, próximo à localidade de Fogareiro ao qual se encontra o açude Fogareiro.

A opção ensaiada capta água no açude Fogareiro através de flutuante acoplada com equipamento de bombeamento. Esta captação flutuante recalca água para a estação elevatória EE1, que por sua vez eleva o fluido para a estação elevatória EE2, em Domingo da Costa, que se presta a elevar a água para o seu ponto anterior ao tratamento a Câmara de Carga. O tratamento da água bruta será em filtro de fluxo ascendente conhecido também como Clarificador de Contato.

Para o caminhamento da adutora, partiu-se da carta na escala 1:100.000, selecionando-se o trajeto mais curto para o abastecimento da cidade. A topografia do caminhamento já realizada e onde foi desenvolvido o perfil da adutora no projeto executivo.

### **1.1 – Elementos para o Projeto**

Nas condições atuais de conhecimento o projeto executivo da adutora foi obtido diretamente das cartas 1.100.000 e os demais parâmetros considerados foram:

- Alcance do plano: período de 30 anos, sendo o início da obra no ano 2003 e tendo o início de funcionamento em 2004, alcançando o pleno

funcionamento o ano 2032. Isto serviu para se fazer uma estimativa de crescimento demográfico;

- População abastecida: Foi considerado para efeito de dimensionamento 100% da população atendida com água tratada, uma vez que já no período de hoje é mais de 98% de usuários.
- Demanda: Foi considerado uma taxa de consumo média anual de 150 L/hab.dia e os coeficientes do dia de maior consumo com um acréscimo de 20% sobre este valor e 50% para a hora de maior consumo. Com estes elementos e a população futura calculam-se as vazões e os valores de reservação;
- A reservação corresponde a 1/3 da demanda diária máxima da cidade; e,
- O tempo de funcionamento do sistema é de 24 horas, para efeito de cálculo.

## 1.2 – Resultados Obtidos

### a) Resultados gerais

#### POPULAÇÃO

- Início do plano..... 28,00 x 10<sup>3</sup> hab
- Fim de plano ..... 54,00 x 10<sup>3</sup> hab

#### VAZÃO (FIM de PLANO)

- Vazão média ..... 93,13 L/s
- Vazão no dia de maior consumo ..... 111,76 L/s

#### RESERVAÇÃO (FIM de PLANO)

- Volume médio diário ..... 8.047 m<sup>3</sup>
- Reservação necessária..... 3.219 m<sup>3</sup>

A seguir mostra-se o sistema ensaiado, com as seguintes ilustrações:

Figura 1.1 – Caminhamento mais provável para o Sistema Adutor; e,

Figura 1.2 – Perfil topográfico do Caminhamento da Adutora.

**Figura 1.1 – Caminhamento da Adutora.**



**Figura 1.2 – Perfil Topográfico da Adutora.**

## 1.3 – Elementos do Projeto

### 1.3.1 – Alcance do Plano

Período de 30 anos. Início em 2003, com as obras e término do plano com pleno funcionamento de operação em 2032. O quadro 1.1 mostra a estimativa do crescimento populacional para os lugares a serem beneficiados pelo sistema adutor.

**Quadro 1.1 - Estimativo do Crescimento Populacional.**

DISCRIMINAÇÃO SEDE MUNICIPAL	POPULAÇÃO (2003)	TAXA ADOTADA DE CRESCIMENTO DEMOGRÁFICO (% aa)	POPULAÇÃO ESTIMADA (2032)	POPULAÇÃO DE PROJETO (2032)
BOA VIAGEM	27.255	2003-2012 = 3,71	53.644	53.644
		2013-2022 = 2,10		
		2023-2032 = 1,50		

A população de projeto **P** foi estimada a partir da população atual aplicando-se as taxas de crescimento adotadas durante a vida útil do projeto.

### 1.3.2 – População Abastecível

Foi admitido um percentual de 100% da população a ser abastecida, portanto o índice de abastecimento  $ia_b = 100\%$ .

### 1.3.3 – Demandas

Consumo per capita de água =>  $q = 150$  L/hab.dia.

Coefficiente de maior consumo =>  $K_1 = 1,20$ .

Coefficiente da hora de maior consumo =>  $K_2 = 1,50$ .

Índice máximo de perdas de água =>  $ip = 25,00\%$ .

Para o cálculo da reserva necessária, será adotada a relação correspondente a 1/3 do volume consumido relativa a vazão máxima diária.

Estes números estão de acordo com as normas brasileiras.

O quadro 1.2 mostra o resultado dos cálculos efetuados para a vazão e reservação, no fim de plano.

**Quadro 1.2 - Vazão e Reservação**

SEDE MUNICIPAL \ ITEM	POPULAÇÃO DE PROJETO (hab)	VOLUME MÉDIO DIÁRIO (m³)	VAZÃO MÉDIA (L/s)	VAZÃO DO DIA DE MAIOR CONSUMO (L/s)	VAZÃO DO DIA E DA HORA DE MAIOR CONSUMO (L/s)	RESERVAÇÃO NECESSÁRIA (m³)
BOA VIAGEM	53.644	8.046,6	93,13	111,76	167,64	3.219

### 1.3.4 – Fórmulas Utilizadas

População futura. Na realidade, são diversos os métodos e modelos aplicáveis aos estudos de crescimento populacional. Neste estudo, consideraram-se cinco modelos estatísticos e dois métodos matemáticos.

- Modelo Potência =>  $P_n = a \cdot x_n^b$ ,  $a > 0$ ;
- Modelo Linear =>  $P_n = a + b \cdot x_n$ ;
- Modelo Exponencial =>  $P_n = a \cdot e^{b \cdot x}$ ,  $a > 0$  e  $b > 0$ ;
- Modelo Logarítmico =>  $P_n = a + b \cdot \ln(x_n)$ ; e,
- Modelo Polinomial =>  $P_n = a \cdot x_n^2 + b \cdot x_n + c$ .
- Método Geométrico =>  $P_n = P_0 (q)^n$ ; e,
- Método Aritmético =>  $P_n = P_0 + nr$ .

Cálculo das vazões

$$Q = \frac{K \cdot P \cdot q}{t} = \text{onde,}$$

k = coeficientes;

P = População;

q = consumo médio diário em L/hab.dia; e,

t = tempo = 86.400 s; e,

Cálculo de Reservação

$$V = \frac{1}{3} \cdot P \cdot q \cdot 1,2$$



### Cálculo do Diâmetro de partida

$$D = K\sqrt{Q} \quad \text{onde,}$$

$$k = 1,1; e,$$

$$Q = \text{vazão em m}^3/\text{s}.$$

### Cálculo de velocidade

$$U_0 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad \text{onde,}$$

$$Q = \text{vazão em m}^3/\text{s}; e,$$

$$D = \text{Diâmetro em m}.$$

### Cálculo de perda de carga unitária

$$J = 10,643 \cdot Q^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \quad \text{onde}$$

$$Q = \text{vazão em m}^3/\text{s};$$

$$D = \text{Diâmetro em m};$$

$$C = \text{adimensional}.$$

### Potência teórica

$$PT = \frac{Q \cdot H_{man}}{52,50} \quad \text{onde,}$$

$$Q = \text{vazão em L/s};$$

$H_{man}$  = altura manométrica (perda de carga ao longo da tubulação + desnível geométrico) em mca; e,

$\eta$  = rendimento do conjunto de bombeamento, foi considerado 0,70.

### Potência perdida

$$PP = \frac{9,8 \cdot Q \cdot \Delta h}{\eta} \quad \text{onde,}$$

$$Q = \text{vazão em m}^3/\text{s};$$

$$\Delta h \quad \text{Altura monométrica em mca};$$

$\eta$  = rendimento do conjunto de bombeamento, foi considerado 0,70.

### Custos das perdas

$$CP = \frac{PP \cdot Ta \cdot r}{i} \left[ 1 - \frac{1}{(1+i)^{Tvu}} \right] \quad PP = \text{potência perdida em KW};$$

$$CP = 8,055 \cdot PP \cdot Ta \cdot r \quad Ta = \text{tempo de funcionamento num ano: 8.760 horas};$$

$$r = \text{custo do KW.h em moeda corrente};$$

Ainda foi considerado:

$$T_{vu} = \text{Tempo de vida útil} = 30 \text{ anos}; e,$$

$$i = \text{taxa anual} = 12\% \text{ aa}.$$

## 1.4 – Estudo Demográfico

### 1.4.1 – Introdução

Com o propósito de estimar a demanda de água para a comunidade alvo do projeto, a Consultora elaborou estudos específicos relativos às projeções populacionais para a sede de Boa Viagem. Como dados de referência de partida, foram adotados nos estudos os dos censos de 1980, 1991 e 2000 e a contagem de 1996. E a partir dos dados dos censos foram estudados diversos modelos estatísticos apropriados às projeções de população.

### 1.4.2 – Evolução Histórica da População de Boa Viagem

De acordo com os dados apurados nos Censos da Fundação IBGE, a evolução histórica da população do município e da sede de Boa Viagem é apresentada no quadro **1.3**.

Percebe-se que a população urbana da sede de Boa Viagem apresentou um crescimento de quase cinco vezes entre 1970 e 2000. Na década de 1970, a taxa de crescimento geométrico anual foi de 6,02%, decrescendo para 4,05% na década seguinte de 1980, voltando a subir um pouco na década de 1990, para 4,86%. A taxa de crescimento anual é apresentada no quadro **1.4**.

Comparando-se o comportamento evolutivo da população da sede municipal com a população do município como um todo, verifica-se que, progressivamente, a cada década, ou seja, de 1970 a 2000, a cidade de Boa Viagem aumenta a sua participação relativa sobre a população municipal, com os seguintes percentuais: 1970 (11,68%); 1980 (18,83%); 1991 (28,32%) e 2000 (41,36%). Estes números são apresentados no quadro **1.5**.

Fazendo o mesmo tipo de comparação do comportamento evolutivo da população do município com a população do estado como um todo, verifica-se que, progressivamente, a cada década, ou seja, de 1970 a 2000, o município de Boa

Viagem diminui a sua participação relativa sobre a população estadual, com os seguintes percentuais: 1970 (0,96%); 1980 (0,88%); 1991 (0,75%) e 2000 (0,68%). Estes números são apresentados no quadro **1.6**.

**Quadro 1.3 – Dados Demográficos.**

**Quadro 1.4 – Taxas de Crescimento Anual (%).**

**Quadro 1.5 – Participação Relativa Sede e Município (%).**

**Quadro 1.6 – População do Estado do Ceará.**

### 1.4.3 – Projeção da População Limite

#### 1.4.3.1 – Considerações Iniciais

Uma das condições básicas para que um sistema de abastecimento público de água seja eficiente é que seja capaz de atender à sua demanda, a qual é função do crescimento populacional.

Após um certo período de tempo de operação do sistema, essa demanda passa por um processo de capacidade máxima de utilização e, então, diz-se que a população atingiu o seu limite de saturação. Assim, é extremamente importante fazer previsões, com vistas ao conhecimento futuro da população total que deverá ser beneficiada com o serviço de abastecimento de água, para os anos subseqüentes a elaboração do projeto, no caso do presente estudo, o intervalo quinquenal entre os anos de 2003 e 2032.

#### 1.4.3.2 – Métodos de Previsão

A escolha de uma metodologia para previsão, com pequena margem de erro, do crescimento populacional é uma tarefa bastante difícil.

Na realidade, os métodos de previsão para serem consistentes com a tendência de crescimento demográfico devem compor, nas suas fórmulas matemáticas, diversas variáveis, tais como, o comportamento da mortalidade, fecundidade e migrações, entre outras.

Desta forma, por exigir uma análise detalhada dos referidos fatores e na tentativa de selecionarem-se estimativas mais consistentes com a realidade, utilizam-se, basicamente, os métodos de projeção tradicionais, que levam em conta os dados de Censos populacionais realizados na comunidade em questão ou relativos a comunidades semelhantes.

Entre os vários métodos de previsão destacam-se:

- Método de aplicação de equação
  - Método de crescimento geométrico; e,
  - Método de crescimento aritmético;
  
- Método de aplicação de modelos matemáticos
  - Processo da curva de crescimento linear;
  - Processo da curva de crescimento logarítmico;
  - Processo da curva de crescimento polinomial;
  - Processo da curva de crescimento potencial; e,
  - Processo da curva de crescimento exponencial.
  
- Método de aplicação de modelo comparativo
  - Processos das curvas de crescimento de outras cidades.

#### 1.4.3.3 – Projeções Populacionais

A projeção da evolução populacional de Boa Viagem foi desenvolvida utilizando-se os dados obtidos do IBGE através da aplicação de 2 métodos: o método 1, em que se aplica a equação geométrica e a equação aritmética; e o método 2, em que se aplicam modelos matemáticos obtidos a partir do comportamento da tendência de crescimento da população. Neste segundo método foi analisada a regressão do ajuste da curva de crescimento que melhor representa matematicamente a evolução do crescimento da população.

A seguir são apresentados os modelos e os resultados obtidos em cada método utilizado.

Método 1. Neste método foram consideradas quatro alternativas. As duas primeiras com a utilização dos dados do censo de 1970, 1980, 1991 e 2000 e da contagem de 1996 da população urbana da sede do município, tanto para a equação geométrica como para a equação aritmética. Nas duas restantes, para ambas as equações, apenas se utilizou a taxa de crescimento do período de 1996 a 2000. As seguintes taxas foram definidas:

- Taxa 1. É a média das taxas aritméticas resultantes dos quatro últimos recenseamentos e da contagem (1970 a 1980; 1980 a 1991; 1991 a 1996; 1996 a 2000). Taxa 1 = 531;
- Taxa 2. É a taxa aritmética calculada no período de 1996 a 2000, com os dados da contagem e do último censo. Taxa 2 = 1.159;
- Taxa 3. É a média das taxas geométricas resultantes dos quatro últimos recenseamentos e da contagem (1970 a 1980; 1980 a 1991; 1991 a 1996; 1996 a 2000). Taxa 3 = 1,049; e,
- Taxa 4. É a taxa geométrica calculada no período de 1996 a 2000, com os dados da contagem e do último censo. Taxa 4 = 1,065.

Os resultados numéricos são mostrados no quadro **1.8** e representados graficamente na figura **1.9**.

**Quadro 1.8 – Evolução Populacional pelo Método de Aplicação de Equação.**



**Figura 1.9 – Curva de Extrapolação pelo Método de Aplicação de Equação.**

Método 2. Curvas de ajuste de regressão. Para avaliar a população refletida pela expectativa prevista, efetuou-se uma análise de regressão, a partir dos dados censitários de 1970, 1980, 1991 e 2000 e da contagem de 1996. Foram analisadas regressões que melhor representam matematicamente a evolução de crescimento da população comparando-se os resultados obtidos com o valor do censo de 2000. A partir desta análise, permite-se a escolha de um modelo matemático capaz de traduzir o crescimento passado e apontar valores para uma tendência futura de crescimento da população.

As curvas geradas pelo ajuste aos dados populacionais para cada método são apresentadas graficamente nas figuras **1.3**, **1.4**, **1.5**, **1.6** e **1.7**, com suas respectivas equações, coeficientes de correlação e representação gráfica destas correlações. A evolução da população calculada através de cada equação de regressão é apresentada no quadro **1.7**.

**Figura 1.3 – Análise de Regressão: Função Linear.**

**Figura 1.4 – Análise de Regressão: Função Exponencial.**

**Figura 1.5 – Análise de Regressão: Função Logarítmica.**

**Figura 1.6 – Análise de Regressão: Função polinomial.**

**Figura 1.7 – Análise de Regressão: Função Potencial.**

**Quadro 1.7 – Evolução Populacional pelas Curvas de Regressão.**



**Figura 1.8 – Curva de Extrapolação Modelo Matemático.**

#### 1.4.3.4 – Análise dos Dados Obtidos

Tomando-se a população projetada pelas taxas geométricas, conclui-se que as taxas referentes aos censos demográficos tendem a atingir e manter um crescimento ilimitado, como mostra o quadro **1.8**. O mesmo se pode dizer das projeções aritméticas, mesmo sendo as taxas mais moderadas.

O melhor ajuste da curva de crescimento foi obtido através da função Potencial que apresentou coeficiente de correlação mais próximo de 1.

Porem foi na função Polinomial que a população em 2000 obtida está mais próxima ao valor registrado no censo deste mesmo ano, assim como também em 1970, 1991, 1996. No ano de 1980 a função que mais se aproximou ao valor do Censo foi a Linear. O quadro **1.9** mostra o comparativo entre a população obtida pelo Censo e a população calculada segundo os modelos.

As taxas médias de crescimento anual obtida pelas duas funções acima citadas estão superior a taxa máxima recomendada para projetos do PROÁGUA. Assim, analisando-se as discrepâncias entre a população obtida pelo Censo e a população calculada segundo as regressões e as taxas médias obtidas pelas referidas curvas, verifica-se que a função Polinomial traduz melhor o comportamento recente da sede. Apesar do excelente ajustamento aos dados censitários, após análise crítica das taxas estimadas, foram propostas taxas de crescimento mais realistas para projetar a população futura da localidade, as quais estão apresentadas no quadro **1.12**. Observe que antes do ajuste da taxa, reajustamos a população do ano 2000 para aquela que o SAAE considera nos seus relatórios, a qual está, também, apresentada no mesmo quadro. A figura **1.10** permite visualizar a tendência do crescimento populacional segundo os três ajustes realizados.

É notório que nos últimos anos a preocupação do poder público em dotar os municípios do interior de melhores condições social e econômico, principalmente nas sedes municipais. Como exemplo podemos citar a melhoria dos aspectos sanitários e de saúde, bem como o incentivo à interiorização de indústrias.

Neste sentido faz-se necessária constante aferição e monitoramento ao longo do tempo, das projeções e números apresentados, além das revisões sistemáticas das projeções quando necessários. Por conseqüência, devem-se ter sempre presentes as projeções deste trabalho, para serem periodicamente verificados através de observações dos censos futuros e outros instrumentos.

**Quadro 1.9 – Quadro Comparativo.**

**Quadro 1.10 – Ajuste da Projeção Populacional – IBGE.**

**Quadro 1.11 – Ajuste da Projeção Populacional 1 – SAAE.**

**Quadro 1.12 – Ajuste da Projeção Populacional 2 – SAAE.**

**Figura 1.10 – Evolução Populacional Reajustada.**



#### 1.4.4 – Projeções de Demanda

##### 1.4.4.1 – Considerações Gerais

O Manual Operativo do PROÁGUA estabelece que para localidade com população entre 4.000 e até 50.000 habitantes, a produção per capita de água adotada deverá ser de 150 L/hab.dia, incluindo as perdas. Este mesmo manual estabelece que o índice de abastecimento (iab) a ser adotado para cidades com população igual ou superior a 5.000 habitantes deverá ser de 90%. O índice de perdas em 25% é a meta estabelecida para todas cidades a serem beneficiadas com a implantação de projetos de sistema adutor para abastecimento público de água.

O atual consumo per capita é de 115,47 L/hab.dia. Considerando a cobertura do sistema de 98,47% e um índice médio de perdas de 17%, o per capita líquido atual é, portanto de 98,69 L/hab.dia.

De posse destes dados reais operacionais do sistema e tendo em conta o porte da cidade, as características físicas e sociais e econômicas locais e as expectativas de desenvolvimento e crescimento, podem-se estabelecer vários parâmetros para o período de alcance do projeto. Considerando o aumento na produção de água, uma melhoria no tratamento e uma ampliação na distribuição do sistema com índice de cobertura 100%, a produção per capita bruta adotada será 150 L/hab.dia e o índice de perdas no número atual em 17%.

A ampliação da produção per capita líquida para 128,20 L/hab.dia é plenamente justificada em virtude da situação atual do sistema de abastecimento público de água apresentar elevado teor de cloretos na água distribuída à população, além das limitações do sistema produtor no que se refere ao manancial, que permanece a muitos anos em um nível muito baixo, a própria campanha maciça por parte do SAAE para que a população evite o desperdício de água, todos estes fatores tendem a levar a comunidade a uma retração natural no consumo.

Por causa da atuação firme por parte da diretoria do SAAE, o índice de perdas em 17% é alcançado pela operação do sistema. Com a regularização do

sistema ocasionada pela implantação do novo sistema adutor ficou estabelecido que este índice deverá ser mantido, inclusive deve ocorrer à ampliação da micromedição existente para 100% e uma melhoria operacional na manutenção dos hidrômetros. Embora o critério do PROÁGUA sugira 25%, não há razão prática para elevar este número.

#### 1.4.4.2 – Situação Sem Projeto para Demanda

Situação sem projeto representa a realidade atual, onde existem populações ligadas e populações não conectadas à rede pública de água na localidade alvo do projeto.

Para os domicílios conectados a rede pública de água, a demanda para a situação sem projeto foi estimada considerando-se o parâmetro atual de consumo médio per capita 115,47 L/hab.dia, o índice de cobertura 98,87% e o índice de perdas do sistema 17%, números estes obtidos junto ao SAAE. Ainda foi considerada a população do ano 2002 em 26.232, também segundo o serviço operante.

Nesta mesma comunidade para os domicílios não ligados à rede, 2,34% considerou-se um consumo médio de 33 L/hab.dia. Este valor foi obtido em pesquisas de campo elaboradas pela SRH, para cidades de mesmo porte e características físicas, sociais e econômicas semelhantes. Também está de acordo com os resultados em outros estudos tais como o de Avaliação per Capta para a amostra do PMSS-II elaborado pela CAGECE e VBA consultores.

Desta forma a demanda de água para a situação sem projeto foi calculada multiplicando a população estimada para o ano 2003 pelo percentual relativo ao índice de cobertura vezes o consumo médio per capita da população ligada, mais a população não ligada vezes o consumo per capita adotado. A demanda para o ano 2003 foi mantida constante durante todo o horizonte de análise do projeto por que o manancial atual não permite expansão de oferta de água para a população.

O quadro **1.13** apresenta a estimativa de demanda para a situação sem projeto, considerando a população ligada e não ligada à rede de abastecimento pública de água.

#### 1.4.4.3 – Situação Com Projeto para Demanda

Conceitualmente a demanda de água para a situação com projeto é calculada multiplicando o consumo per capita proposto pela população de cada ano do horizonte de análise do projeto vezes o índice de atendimento considerado possível de ser atingido.

O índice de atendimento possível de ser atingido é 100%, uma vez que pelos dados operacionais o sistema já possui um índice de 98,47%. O SAAE está sempre acompanhando o crescimento urbano da sede com a ampliação da rede de abastecimento e suas ligações.

O consumo per capita, incluindo perdas, como já foi dito acima vai ser de 150 L/hab.dia. Atualmente o percentual residencial é de 93,49% e o percentual não residencial (comércio (5,17%), pública (0,07) e indústria (0,07)) é de 6,51% em relação ao consumo total. Esta percentagem será mantida, não há razão aparente para uma mudança. Desta forma, nas projeções de demanda com projeto foi empregado o seguinte consumo per capita líquido: total: 128,20 L/hab.dia; que corresponde a 119,86 L/hab.dia do per capita líquido residencial mais 8,34 L/hab.dia do consumo não residencial.

O quadro **1.14** sumariza os cálculos da demanda de água para a situação com projeto.

**Quadro 1.13 – Estimativo de Demanda para a Situação Sem Projeto.**

**Quadro 1.14 – Estimativo de Demanda para a Situação Com Projeto.**

#### 1.4.5 – Projeções de Oferta

##### 1.4.5.1 – Situação Sem Projeto para Oferta

Para a situação sem projeto da oferta de água, esta foi calculada considerando as populações ligadas e não ligadas à rede. Para a população ligada, a oferta de água é igual à demanda mais as perdas físicas atuais, mantidas constantes durante todo o horizonte de análise do projeto. Para os não ligados, considerou-se a oferta igual à demanda. O quadro **1.15** sumariza os cálculos da oferta de água para a situação sem projeto.

##### 1.4.5.2 – Situação Com Projeto para Oferta

A oferta de água para a situação com projeto foi calculada considerando a demanda com projeto adicionando as perdas do sistema. Este índice de perda será de 17%, aceitável, já que o SAAE opera hoje com este número. O quadro **1.16** sumariza os cálculos da oferta de água para a situação sem projeto

#### 1.4.6 – Resultados dos Volumes

A partir dos dados populacionais apresentados acima e com a utilização dos parâmetros definidos anteriormente, calcularam-se as demandas e as ofertas solicitadas pela comunidade integrante do projeto. A partir desses valores, chegaram-se as vazões e os volumes de reservação necessário para o sistema. Os cálculos são apresentados ano a ano até o fim do horizonte do projeto no quadro **1.18**, tendo como ano fim 2032 já que o início de implantação do projeto se dará em 2003.

O quadro **1.17** apresenta o resumo das ofertas, demandas e perdas do projeto. A figura **1.11** mostra graficamente o mesmo resumo para uma melhor visualização.

**Quadro 1.15 – Estimativo de Oferta para a Situação Sem Projeto.**

**Quadro 1.16 – Estimativo de Oferta para a Situação Com Projeto.**



**Quadro 1.17 – Resumo dos Volumes das Ofertas e Demandas.**

**Figura 1.11– Resumo dos Volumes das Ofertas e Demandas.**

**Quadro 1.18 – Evolução das Vazões e Reservação Com Projeto.**

**Quadro 1.19 – Evolução das Vazões e Reservação**

## 1.5 – Dimensionamento da Adutora

### 1.5.1 – Estudo do Diâmetro Econômico

No dimensionamento preliminar do sistema foi realizada uma avaliação do diâmetro econômico, ou seja, para iguais condições de vazão, comprimento e nível altimétrico, adota-se o diâmetro que apresente o menor custo final de investimento (implantação da obra) e operação com a adutora (gasto de energia e manutenção). O custo de investimento refere-se apenas ao custo de aquisição das tubulações, não sendo considerado, portanto, os custos referentes às unidades de bombeamento, já que estes valores são pequenos quando comparados com os da tubulação e praticamente não muda o valor quando comparados entre si. Os estudos foram realizados considerando os três trechos e as etapas de implantação.

Para operacionalizar o método econômico, foram feitas simulações com vários diâmetros, neste estudo estão computados os custos com investimento inicial com os tubos e os custos atualizados de energia elétrica e da manutenção durante os 30 anos de vida útil do projeto. O número anual de horas de funcionamento da adutora foi obtido a partir da relação entre a vazão média do ano de interesse e a vazão máxima diária do ano final de cada etapa, coeficiente este multiplicado por 7.300 horas total anual já que o equipamento de bombeamento é previsto a funcionar 20 horas por dia.

A partir da fórmula de Bresse, procura-se determinar três diâmetros com velocidades menores do que 2,10 m/s, a seguir com os elementos para o projeto definido e através de fórmulas teóricas e dados retirados do perfil do caminhamento da adutora chega-se ao diâmetro de menor custo. Os quadros **1.22** a **1.31** apresentam as planilhas de dimensionamento econômico para a adutora, inclusive o resumo. Este estudo foi feito para cada trecho da adutora. Sabe-se também que a velocidade ideal está entre 0,90 a 1,10 m/s.

Conforme definido anteriormente, foram estudados 03 (três) diâmetros, dois dos quais em torno do diâmetro encontrado pela fórmula de Bresse. Assim sendo, simularam-se os diâmetros de 300, 350 e 400 mm.

### 1.5.2 – Estações Elevatórias

Considerando os elementos condicionantes locais a captação sobre base flutuante acoplada com um conjunto moto bomba, instalada na bacia hidráulica do manancial, configura a melhor alternativa a ser desenvolvida por esta consultoria para a retirada de água no manancial. A bomba será de potência menor possível para facilitar a equipe de manutenção. Constará dos seguintes elementos: base flutuante em aço, um conjunto motobomba submersível, barrilete com registro e válvula de retenção e tubulação em material PEAD.

Devido à topografia do terreno são necessárias mais elevatórias para recalcar a água até o seu destino final. A reelevação de água bruta constará de mais duas estações elevatórias, e no interior das edificações serão instalados os equipamentos de bombeamento e os quadros elétricos de comando. O quadro **1.21**, elaborado com os dados obtidos com emprego das fórmulas e marcha de cálculos mencionados anteriormente, apresenta um pré-dimensionamento dos conjuntos moto bombas e suas características para cada etapa de projeto e para cada diâmetro selecionado. Na figura **1.13** é apresentado o gráfico das cotas piezométricas para o diâmetro vencedor, mais econômico, para a etapa final de projeto.

### 1.5.3 – Avaliação do Transiente Hidráulico

Precedeu-se a uma avaliação sumária do Golpe de Aríete máximo junto aos equipamentos de bombeamento e da sua influência ao longo da tubulação para cada etapa, trecho e diâmetros selecionados.

Para a obtenção do Golpe de Aríete máximo junto aos equipamentos de bombeamento, utilizaram-se as seguintes fórmulas matemáticas a seguir descritas.

### Celeridade da onda (a)

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + K \cdot \left(\frac{D}{e}\right)}} \quad \text{onde,}$$

K depende do material;

D é o diâmetro da tubulação; e,  
e é a espessura do tubo.

### Cálculo da Sub-pressão ( $\Delta h_{sub}$ )

$$\Delta h_{sub} = -\frac{a}{g \cdot S} (Q_0 - Q) \quad \text{onde,}$$

S é a área da seção do tubo;

$Q_0$  é a vazão inicial antes do golpe; e,  
Q é a vazão depois da paralisação (zero).

### Carga mínima junto à válvula de retenção ( $H_{min}$ )

$$H_{min} = H_{man} - \Delta h_{sub}$$

### Cálculo da Sobre-pressão

$$\Delta h_{sob} = \frac{a \cdot V}{g} \quad \text{onde,}$$

V é a velocidade da água no tubo.

### Carga máxima junto a válvula de retenção ( $H_{max}$ )

$$H_{max} = H_{man} - \Delta h_{sob}$$

O Ponto (x) até o qual se estendem os efeitos do Golpe de Aríete máximo, considerando o completo fechamento da válvula de retenção instalado no barrilete ou não, no tempo de 10,0 segundos.

$$L_1 = L - L_2$$

$$L_2 = \frac{a \cdot t}{2}$$

No quadro **1.32** mostra a marcha de cálculo e os resultados numéricos por etapa e por diâmetro do golpe na tubulação, às figuras **1.17**, **1.18** e **1.19** estão representadas as linhas piezométricas de operação, máxima e mínima, referentes às condições de funcionamento do sistema para o fim de plano e por trechos.



**Quadro 1.20 – Vazões e Reservasões.**

**Figura 1.12 – Perfil Piezométrico do Diâmetro Econômico.**

**Quadro 1.21 – Estudo da Potência de Bombeamento.**

**Quadro 1.22 – Estudo do Diâmetro Econômico, Captação a EE1, DN 300.**

**Quadro 1.23 - Estudo do Diâmetro Econômico, Captação a EE1, DN 350.**

**Quadro 1.24 - Estudo do Diâmetro Econômico, Captação a EE1, DN 400.**

**Quadro 1.25 - Estudo do Diâmetro Econômico, EE1 a EE2, DN 300.**

**Quadro 1.26 - Estudo do Diâmetro Econômico, EE1 a EE2, DN 350.**



**Quadro 1.27 - Estudo do Diâmetro Econômico, EE1 a EE2, DN 400.**

**Quadro 1.28 - Estudo do Diâmetro Econômico, EE2 a ETA, DN 300.**

**Quadro 1.29 - Estudo do Diâmetro Econômico, EE2 a ETA, DN 350.**

**Quadro 1.30 - Estudo do Diâmetro Econômico, EE2 a ETA, DN 400.**

**Quadro 1.31 – Resumo do Estudo do Diâmetro Econômico.**

**Figura 1.13 – Gráfico do Resumo do Diâmetro Econômico.**

**Quadro 1.32 – Avaliação do Transiente hidráulico.**

**Figura 1.14 – Gráfico do Golpe de Aríete no 1º Trecho, DN 400.**



**Figura 1.15 – Gráfico do Golpe de Aríete no 2º Trecho, DN 400.**

**Figura 1.16 – Gráfico do Golpe de Aríete no 3º Trecho, DN 400.**

## 1.6 – Estação de Tratamento de Água – ETA

No processo de seleção do tipo mais adequado para tratamento da água bruta, levaram-se em consideração as análises físicas, químicas e bacteriológicas de uma amostra de água coletada para este fim, a qual esta em anexo, mas também se conversou com o Eng Sales da Cagece a respeito do tipo de tratamento mais adequado para a água do manancial.

De acordo com esta análise pode-se dizer que a água do referido manancial de superfície é utilizável para consumo humano, desde que submetida a tratamento adequado, mesmo tendo em vista alguns elementos próximos aos limites toleráveis. Segundo Eng Sales um processo de tratamento à base de filtração direta com cloração poderá enquadrá-la nos padrões de potabilidade determinados pela legislação em vigor, portaria n° 36/90 do Ministério da Saúde.

Para o novo sistema adutor será projetada uma ETA compacta do tipo filtração direta ascendente composta por uma unidade que combina as funções de clarificação, filtração, câmara de carga, além de dosadores de produtos químicos e acessórios de preparação e dosadores laboratoriais.

### 1.6.1 – Dimensionamento

Suprimento de água:

Ano 2012      93,88 L/s = 0,0939 m<sup>3</sup>/s = 338,04 m<sup>3</sup>/h = 6.759 m<sup>3</sup>/dia;

Ano 2022      115,56 L/s = 0,1156 m<sup>3</sup>/s = 416,16 m<sup>3</sup>/h = 8.320 m<sup>3</sup>/dia; e,

Ano 2032      134,11 L/s = 0,1341 m<sup>3</sup>/s = 482,76 m<sup>3</sup>/h = 9.656 m<sup>3</sup>/dia.

Taxa de filtração:  $T_F = 180 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$  (arbitrado para fim de plano).

Área de superfície Filtrante:  $S_F = \frac{Q}{T_F}$

$$S_F = \frac{Q}{T_F} = \frac{0,134 \cdot 72.000}{180} = 53,64 \text{ m}^2 \text{ (2032)};$$

$$S_F = \frac{Q}{T_F} = \frac{0,115 \cdot 72.000}{180} = 46,24 \text{ m}^2 \text{ (2022); e,}$$

$$S_F = \frac{Q}{T_F} = \frac{0,0939 \cdot 72.000}{180} = 37,56 \text{ m}^2 \text{ (2012).}$$

Número de Unidade:  $N = 1,4 \sqrt{c}$

$$c = \frac{72.000 \cdot 53,64}{1.000.000} = 3,86 \text{ milhões de L / dia (2032)}$$

$$c = \frac{72.000 \cdot 46,24}{1.000.000} = 3,33 \text{ milhões de L / dia (2022)}$$

$$c = \frac{72.000 \cdot 37,56}{1.000.000} = 2,70 \text{ milhões de L / dia (2012)}$$

$$N = 1,4 \sqrt{3,86} = 2,75 \cong 3$$

Adotar-se-á 4 filtros visando-se à modulação.

Tempo de lavagem:  $T_L = 10,00$  minutos.

Cada unidade ficará parada:

$$T_p = 10 \cdot \frac{100}{60 \cdot 24} = 0,7\% \text{ do tempo de funcionamento da ETA.}$$

Área necessária para cada filtro:

$$S_f = \frac{S_F}{N} = \frac{53,64}{4} = 13,41 \text{ m}^2 \text{ (2032)}$$

$$S_f = \frac{S_F}{N} = \frac{46,24}{4} = 11,56 \text{ m}^2 \text{ (2022)}$$

$$S_f = \frac{S_F}{N} = \frac{37,56}{4} = 9,39 \text{ m}^2 \text{ (2012)}$$

Dimensões de cada filtro:

Adotar-se-á dimensões de  $D = 4,0 \text{ m}$ ;  $A = \frac{\pi D^2}{4} = 12,56 \text{ m}^2$ .

Portanto a taxa de filtração real será:

$T_f = 191,94 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$  (2032),  $T_f = 164,73 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$  (2022),  $T_f = 134,50 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$  (2012).

### Critério Operacional

#### 1 – Ano 2032

Varição da taxa de filtração em função do número de unidades em operação	Número de unidades construídas	Área Unitária (m <sup>2</sup> )	Número de Unidades funcionando	Taxa de filtração (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> x dia)	Observações
	4	12,56	4	191,94	Operação normal
			3	255,92	1 unidade lavando
			2	383,88	1 unidade lavando e a outra em manutenção

#### 2 - Ano de 2022

Varição da taxa de filtração em função do número de unidades em operação	Número de unidades construídas	Área Unitária (m <sup>2</sup> )	Número de Unidades funcionando	Taxa de filtração (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> x dia)	Observações
	4	12,56	4	164,73	Operação normal
			3	219,63	1 unidade lavando
			2	329,45	1 unidade lavando e a outra em manutenção

#### 3 – Ano de 2012

Varição da taxa de filtração em função do número de unidades em operação	Número de unidades construídas	Área Unitária (m <sup>2</sup> )	Número de Unidades funcionando	Taxa de filtração (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> x dia)	Observações
	4	12,56	4	134,50	Operação normal
			3	179,34	1 unidade lavando
			2	269,00	1 unidade lavando e a outra em manutenção

Observa-se para o primeiro período de funcionamento (até o ano 2012) a taxa de filtração sofre as seguintes alterações:

- Entre N = 4 e N = 3 a diferença em relação à taxa de filtração é de: 33%;
- Entre N = 3 e N = 2 a diferença em relação à taxa de filtração é de: 50%; e,
- Entre N = 4 e N = 2 a diferença em relação à taxa de filtração é de: 100%.

#### 1.6.2 – Lavagem dos Filtros

Para efeito de cálculos adotar-se-á a velocidade de lavagem de 0,75 m/min, posteriormente a equipe de operação deverá determinar qual a velocidade ótima.

A taxa de lavagem será:

$$T_L = 0,75 \times 60 \times 24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia} = 1.080 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}.$$

Havendo entre esta taxa de lavagem e a de filtração a relação:

$$\frac{T_L}{T_f} = \frac{1.080}{191,94} = 5,63 \cong 6 \quad (2032)$$

$$\frac{T_L}{T_f} = \frac{1.080}{164,73} = 6,56 \cong 7 \quad (2022)$$

$$\frac{T_L}{T_f} = \frac{1.080}{134,50} = 8,03 \cong 8 \quad (2012)$$

A relação recomendada é da ordem de 6 ou 7, o que é plenamente aceita no terceiro período e no segundo. Porém para o primeiro período o valor pode ser considerado aceitável.

Vazão da água de lavagem:

$$Q_L = \frac{1.080}{86.400} = 0,0125 \frac{m^3}{m^2} \cdot s = 12,5 L/s \cdot m^2$$

Vazão total da água de lavagem por filtro:

$$Q_{TL} = 12,5 L/s \times m^2 \times 12,56 m^2 = 157,08 L/s = 0,16 m^3/s$$

Cálculo das bombas (cálculo da potência):

Admitindo-se que seja necessária uma lavagem por dia para cada unidade filtrante, se adotou três conjuntos moto-bomba, ficando um na reserva e rodízio.

Supondo-se que a altura manométrica seja 15 metros (varia na prática de 10 a 15 m) e um rendimento da bomba em 80%:

$$P = \frac{Q \cdot H_{man}}{75\eta} = \frac{78,54 \cdot 15}{75 \cdot 0,80} = 19,64 \times 1,15 = 22,59 = 25 cv$$

### 1.6.3 – Casa da Química

#### 1.6.3.1 – Produtos Químicos que serão usados

Sulfato de alumínio, cal hidratada, fluoreto de sódio e cloro gasoso. A dosagem de cal servirá na correção final do pH e no auxílio às reações, para tanto, na ocasião oportuna, deverá ser feita um “jar-test”. Para uma vazão de fim de plano 9.656 m<sup>3</sup>/dia.

##### a) Sulfato de Alumínio (com pureza mínima de 90%)

- Dosagem média ..... 25,00 g/m<sup>2</sup>;

- Consumo teórico de fim de plano ..... 270,00 kg/dia;
- Consumo real (90% de pureza)..... 300,00 kg/dia;
- Quantidade a armazenar por mês ..... 9,000 kg;
- Tempo de armazenamento..... 30 dias;
- Número de sacos de 50 kg..... 180 sacos;
- Área total ocupada (1 pilha com 15 sacos = 0,375 m<sup>2</sup>) .... 4,50 m<sup>2</sup>; e,
- Área total com circulação (ver figura 1) ..... 12,13 m<sup>2</sup>.

A solução do sulfato de alumínio será aplicada à montante do misturador hidráulico, através de um difusor, ou diretamente na câmara de carga.

**b) Cal Hidratada (teor mínimo de óxido de cálcio 70%)**

- Dosagem média ..... 15,0 g/m<sup>2</sup>;
- Consumo teórico de fim de plano ..... 162,00 kg/dia;
- Consumo real (90% de pureza)..... 231,43 kg/dia;
- Quantidade a armazenar por mês ..... 6,943 kg;
- Tempo de armazenamento..... 30 dias;
- Número de sacos de 50 kg..... 348 sacos;
- Área total ocupada (1 pilha com 15 sacos = 0,375 m<sup>2</sup>) .... 6,24 m<sup>2</sup>; e,
- Área total com circulação (ver figura 2) ..... 12,13 m<sup>2</sup>.

A solução de cal hidratada para controle de pH, quando necessário, será aplicada na tubulação coletora de água filtrada.

**c) Fluorsilicato de Sódio Granulado**

- Pureza mínima ..... 90%;
- Riqueza em flúor ..... 60,70%;
- Dosagem média ..... 0,80 g/m<sup>2</sup>;
- Consumo teórico de flúor em fim de plano ..... 8,64 kg/dia;
- Consumo teórico de fluorsilicato de sódio, fim de plano... 14,23 kg/dia;
- Consumo real fluorsilicato de sódio (90% de pureza)..... 15,81 kg/dia;
- Quantidade a armazenar por mês ..... 474,30 kg;
- Tempo de armazenamento..... 30 dias;



- Número de sacos de 50 kg ..... 11 sacos;
- Área total ocupada (1 pilha com 15 sacos = 0,375 m<sup>2</sup>) .... 0,38 m<sup>2</sup>; e,
- Área total com circulação (ver figura 3) ..... 2,13 m<sup>2</sup>.

A solução do fluorossilicato de sódio para proteção dos dentes da população será aplicada logo após a entrada da água no reservatório.

#### d) Cloro Gasoso

- Demanda de cloro ..... 3 g/m<sup>3</sup>;
- Residual após a desinfecção ..... 5 g/m<sup>3</sup>;
- Quantidade de cloro a ser aplicada ..... 8 g/m<sup>3</sup>;
- Consumo teórico de fim de plano ..... 86,40 kg/dia;
- Quantidade a armazenar ..... 2.073,60 kg;
- Tempo de armazenamento ..... 30 dias;
- Número de um cilindro (0,80 x 2,20 m) ..... 1,76 m<sup>2</sup>;
- Área de três cilindros ..... 5,28 m<sup>2</sup>; e,
- Área ocupada ..... 20,16 m<sup>2</sup>.

A solução de cloro será aplicada na tubulação de água filtrada logo após a filtração. Se necessário houver pré cloração então a solução será aplicada na tubulação após a câmara de carga.

#### 1.6.3.3 – Tanque de preparação de solução de sulfato de alumínio

- Concentração de solução ..... 5%;
- Volume de solução ..... 2,82 m<sup>3</sup>;
- Kpds adotado ..... 3.000 L;
- Diâmetro do tanque ..... 1,90 m; e,
- Número de unidades ..... 02.

#### 1.6.3.4 – Tanque de preparação de solução de leite de cal

- Concentração de solução ..... 5%;

- Volume de solução ..... 1,76 m<sup>3</sup>;
- Kpds adotado ..... 2.000 L;
- Diâmetro do tanque ..... 1,52 m; e,
- Número de unidades ..... 02.

#### 1.6.3.5 – Tanque de preparação de solução de flúor

- Concentração de solução ..... 3%;
- Volume de solução ..... 1,40 m<sup>3</sup>;
- Kpds adotado ..... 1.500 L;
- Diâmetro do tanque ..... 1,35 m; e,
- Número de unidades ..... 01.

O tanque de preparação da solução de flúor será também adquirido durante a construção da obra.

#### 1.6.3.6 – Acessórios do tanque

##### a) Tanque de Sulfato de Alumínio

- Agitadores ..... 1,50 cv;
- Número de unidades ..... 02;
- Bomba dosadora ..... 0,50 cv; e,
- Número de unidades ..... 02.

##### b) tanque de leite de cal

- Agitadores ..... 1,50 cv;
- Número de unidades ..... 02;
- Bomba dosadora ..... 0,50 cv; e,
- Número de unidades ..... 02.

##### c) tanque de flúor

- Agitadores ..... 1,50 cv;
- Número de unidades ..... 01;
- Bomba dosadora ..... 0,50 cv; e,

- Número de unidades ..... 01.

#### 1.6.3.7 – Acessórios de Cloro Gasoso

##### Sistema de dosagem de gás cloro

- Dosador automático de cloro capacidade de até 100 kg/24h, em número de dois.

**Figura 1.17 – Armazenamento do sulfato de Alumínio**

## Figura 1.18 – Armazenamento da Cal Hidratada

**Figura 1.19 – Armazenamento dos Produtos Químicos, Arranjo Geral**

## 1.7 – Automação

### 1.7.1 – Objetivo da Automação

O sistema de automação das estações elevatórias tem por objetivo o liga e desliga das bombas sem a interferência do operador.

O princípio do sistema proposto consiste na leitura de níveis dos reservatórios a jusante das estações elevatórias e o envio destas informações através de rádio modem para uma UTR (Unidade Terminal Remota) na própria elevatória que procede ao ligamento e o desligamento das bombas.

### 1.7.2 – Descrição do Sistema de Operação

As Elevatórias serão supervisionadas e controladas em função do nível de água dos reservatórios a jusante, os quais serão abastecidos pelas bombas localizadas nas estações elevatórias de montante.

A supervisão e o controle do nível de água nos reservatórios serão feitos por medidores de nível ultra-sônico os quais informarão aos CLP os dados necessários para acionamento e/ou desligamento dos motores, como também sinais de alarme de nível mínimo ou máximo.

Os sinais analógicos ou digitais necessários à operação e interpretação dos CLP serão transmitidos por ondas de rádios MODEM, O rádio MODEM deverá trabalhar de 902 a 928 MHz, a fim de evitarem-se interferências de frequências harmônicas de VHF e UHF. Sua operação deve ser do tipo SPREAD SPECTRUM (Varredura Espectral) e deve operar sob protocolo DF1 e MODBUS embutidos para que se obtenha excelente comunicação rádio/CLP atendendo assim à transmissão de dados analógicos ou digitais, como também a realização de enlaces rádio/rádio através do processo STOREFOWARD, possibilitando desse modo à criação de estações repetidoras de simples configuração, não se necessitando de compra de outro equipamento para esse fim. Sua potência não deverá ultrapassar a potência de

transmissão de até 800 mW e atingir um raio de aproximadamente de 25 km, com antena externa.

O Controlador Lógico Programável efetuará, o rodízio da seqüência de estrada em operação das bombas, sempre que for iniciado um novo ciclo de trabalho. Por novo ciclo de trabalho, entende-se o ciclo seguinte a cada vez que o reservatório encher. Ou seja, ao desligada a última bomba que se encontrava em operação encerra-se um ciclo de trabalho, ao ser necessário novo bombeamento para reposição do reservatório, será iniciado novo ciclo de trabalho. Nessa situação será realizado inicialmente o rodízio das bombas para novo ciclo de operação das mesmas.

### 1.7.3 – Interdependência das Elevatórias

#### a) Captação flutuante

Recalques	Número de Bombas	Relação de Dependência
Captação	1 + 1	Controlado pelo reservatório de água bruta da EE1

#### b) Estação Elevatório de água bruta EE1

Recalques	Número de Bombas	Relação de Dependência
Estação Tratada	1 + 1	Controlado pelo reservatório de água bruta da EE2 em Domingos da Costa

#### c) Estação Elevatório de água bruta EE2



Recalques	Número de Bombas	Relação de Dependência
Estação Tratada	1 + 1	Controlado pelo reservatório de água tratada na área da ETA em Boa Viagem.

#### 1.7.4 –Equipamentos Necessários

Para a execução dos serviços são necessárias as aquisições dos seguintes equipamentos:

- 03 (três) Unidades Terminal Remota UTR;
- 03 (três) No break;
- 03 (três) Rádios modem com antena: e,
- 03 (três) Medidores de nível ultra-som.

## **2 – SÚMULA**

## 2 – SÚMULA

### 2.1 - Descrição

A seguir apresentaremos a síntese informativa de dados técnicos do sistema.

#### 2.1.1 - Dados Gerais

**Município Beneficiado:** Boa Viagem, Ceará.

**Localidades Beneficiadas:** Boa Viagem (sede), Domingos da Costa.

**População Beneficiada:** Início de plano: 27.255 habitantes.

Fim de plano: 53.644 habitantes.

**Vazão Média:** 47,32 L/s.

#### 2.1.2 – Características do Sistema Projetado

**Manancial:** É o açude Fogareiro.

**Captação:** É feita através de captação flutuante acoplado com equipamento motobomba para uma vazão de captação de 93,88 L/s, altura manométrica de 17,86 mca e potencia comercial de 35 cv, na condição de funcionamento (1A + 1RR), dados da primeira etapa de projeto.

**Adução de Água Bruta:** A adutora está dividida em 3 trechos, sendo o primeiro 860 m, o segundo 10.180 m e o terceiro 15.840 m, a extensão total é de 26.880 m, o diâmetro de todos os trechos é de 400 mm, a pressão nominal em todos os trechos é de 100 mca.

**Estação Elevatória de Água Bruta:** Duas estações elevatórias são necessárias para recalcar o líquido através da canalização, a primeira com uma vazão de 93,88 L/s, altura manométrica de 29,23 mca e potência comercial de 80 cv, na condição de funcionamento (1A + 1RR); a segunda com uma vazão de 93,88 L/s, altura manométrica de 36,13 mca e potência comercial de 80 cv, na condição de funcionamento (1A + 1RR). Dados para a primeira etapa.

**Tratamento:** Por se tratar de água superficial, a opção adotada é a filtração direta por fluxo ascendente. Haverá cloração do afluente filtrado e está prevista uma fluoretação. Suas unidades físicas são de quatro filtros de 4,00 m de diâmetro com taxa de filtração de 134,50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia, para a primeira etapa.

**Reservação:** Está prevista a construção de um reservatório apoiado de 1.000 m<sup>3</sup>, já na primeira etapa.

### 2.1.3 – Descrição Geral do Projeto

O sistema adutor planejado para o abastecimento da localidade de Boa Viagem, prevê uma vazão média de 47,32 L/s de água para uma população de 27.255 habitantes no início do plano.

Conforme se pode observar no arranjo geral, onde consta à localização dos componentes e o traçado da adutora, o sistema proposto consistirá de captação flutuante acoplado com equipamento de bombeamento no açude Fogareiro de onde recalca água bruta para a estação elevatória EE 1. A partir da EE 1 a água será elevada por mais uma estação elevatória EE 2 até atingir a câmara de carga, unidade da ETA que antecede o filtro. Em seguida a água passa pela unidade filtrante de onde vai desaguar no reservatório apoiado.