



**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH**  
**SUB-PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE**  
**RECURSOS HÍDRICOS PARA O SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO - PROÁGUA**



**PROÁGUA**  
**S E M I - Á R I D O**

**ADUTORA PARA ABASTECIMENTO D'ÁGUA**  
**DO MUNICÍPIO DEPUTADO IRAPUAN PINHEIRO,**  
**ESTADO DO CEARÁ**

**VOLUME 2**  
**ESTUDO DE CONCEPÇÃO DO SISTEMA**

**FORTALEZA**  
**JANEIRO/2002**

## ÍNDICE

## ÍNDICE

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2 - DELINEAMENTO DO PROJETO .....</b>	<b>8</b>
<b>3 - MANANCIAL.....</b>	<b>12</b>
<b>4 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA – EEAB (CAPTAÇÃO) .....</b>	<b>14</b>
4.1 - FORMULAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE CAPTAÇÃO .....	15
4.2 - DIMENSIONAMENTO DAS ALTERNATIVAS DE CAPTAÇÃO .....	16
<b>4.2.1 - Metodologia e Parâmetros de Dimensionamento .....</b>	<b>16</b>
<b>4.2.2 - Cálculo da Potência dos Motores.....</b>	<b>19</b>
4.3 - AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS ESTUDADAS .....	19
<b>4.3.1 - Investimentos .....</b>	<b>19</b>
<b>4.3.2 - Custo Anual de Manutenção.....</b>	<b>19</b>
<b>4.3.3 - Custo Operacional Anual .....</b>	<b>20</b>
<b>4.3.4 - Custo Anual de Energia.....</b>	<b>20</b>
<b>4.3.5 - Análise Econômica .....</b>	<b>21</b>
<b>4.3.6 - Alternativa Escolhida.....</b>	<b>21</b>
<b>5 - TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA .....</b>	<b>22</b>
5.1 - GENERALIDADES.....	23
5.2 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS FILTROS .....	24
<b>5.2.1 - Parâmetros Adotados.....</b>	<b>24</b>
<b>5.2.2 - Área Filtrante Total(Aft) .....</b>	<b>24</b>
<b>5.2.3 - Número de Unidades (N) .....</b>	<b>24</b>
<b>5.2.4 - Área de Cada Filtro (Af) .....</b>	<b>25</b>
<b>5.2.5 - Diâmetro de cada Filtro (Df) .....</b>	<b>25</b>
5.3 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIO DE LAVAGEM DOS FILTROS (EELF) .....	25
<b>5.3.1 - Vazão de lavagem (q).....</b>	<b>25</b>
<b>5.3.2 - Volume de lavagem (V).....</b>	<b>25</b>
<b>5.3.3 - Vazão da EELF (Q) .....</b>	<b>26</b>
<b>5.3.4 - Potência dos Motores.....</b>	<b>26</b>
<b>6 - ADUÇÃO.....</b>	<b>28</b>

---

6.1 - ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO.....	29
<b>6.1.1 - Critérios Adotados.....</b>	<b>29</b>
<b>6.1.2 - Metodologia e Parâmetros de Dimensionamento .....</b>	<b>29</b>
<b>6.1.3 - Simulações .....</b>	<b>32</b>
6.2 - MOVIMENTO DE TERRA.....	34
6.3 - EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO.....	34
6.4 - LOCALIZAÇÃO DAS OBRAS CIVIS.....	36
<b>7 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA – EEAT .....</b>	<b>37</b>
7.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS .....	38
7.2 - METODOLOGIA E PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO.....	38
7.3 - CÁLCULO DA POTÊNCIA DOS MOTORES .....	38
<b>8 - RESERVAÇÃO .....</b>	<b>40</b>
8.1 - CRITÉRIOS DE RESERVAÇÃO.....	41
8.2 - DIMENSIONAMENTO DA RESERVAÇÃO.....	41
<b>8.2.1 - Fórmula Utilizada .....</b>	<b>41</b>
<b>8.2.2 - Reservação Complementar.....</b>	<b>41</b>
<b>9 - OPERAÇÃO DO SISTEMA .....</b>	<b>42</b>
<b>10 - ESTIMATIVA DE CUSTO DO PROJETO.....</b>	<b>44</b>
<b>11 - ANEXO I – ORÇAMENTOS DAS ALTERNATIVAS DE CAPTAÇÃO.....</b>	<b>46</b>
<b>12 - ANEXO II – CUSTO ANUAL DE ENERGIA DAS ALTERNATIVAS .....</b>	<b>48</b>
<b>13 - ANEXO III – CUSTO TOTAL DAS ALTERNATIVAS DE CAPTAÇÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>14 - ANEXO IV – ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO – TRECHO I .....</b>	<b>54</b>
<b>15 - ANEXO V – ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO – TRECHO II .....</b>	<b>60</b>
<b>16 - ANEXO VI – ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO – TRECHO III .....</b>	<b>66</b>
<b>17 - ANEXO VII – ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA .....</b>	<b>72</b>

## APRESENTAÇÃO

## **APRESENTAÇÃO**

Com o objetivo da implantação da adutora do sistema de abastecimento d'água do município de Irapuan Pinheiro, a Secretaria de Recursos Hídricos – SRH e a AGUASOLOS Consultora de Engenharia Ltda., firmaram o Contrato Nº 053/2000-SRH, para a Elaboração do Projeto Executivo correspondente.

A edição do Projeto em referencia está constituída dos seguintes tomos e volumes:

### **Volume 1 – Estudos Básicos**

Tomo I – Estudos Básicos e Alternativas de Traçado

Tomo II – Levantamentos Topográficos e Investigações Geotécnicas

### **Volume 2 – Estudos de Concepção do Sistema**

### **Volume 3 – Relatório do Projeto Executivo**

Tomo I – Relatório Geral e Memorial de Cálculo

Tomo II – Quantitativos e Orçamentos

Tomo III – Especificações Técnicas e Normas de Medição e Pagamento

Tomo IV – Plantas

### **Volume 4 – Estudos de Viabilidade Ambiental**

### **Volume 5 – Estudos de Viabilidade Financeira Econômica**

## 1 - INTRODUÇÃO

## 1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório trata dos Estudos de Concepção da Adutora do Sistema de Abastecimento D'água do município Deputado Irapuan Pinheiro, criado no ano de 1988, pela Lei Estadual nº 11.429, pertencente à micro-região “Sertão de Senador Pompeu”.

Integra o conjunto de trabalhos em que se apóia a Elaboração do Projeto Executivo da mencionada Adutora.

Referido projeto tem como meta, além do suprimento de água tratada, para consumo humano, da Sede municipal, suprir também as localidades de Betânia, Aurora, Cacimbinha e Velame.

Estas últimas, localizadas ao longo do caminhamento da tubulação adutora, entre o ponto de captação d'água - açude Jenipapeiro - e a Sede do município Deputado Irapuan Pinheiro.



## 2 - DELINEAMENTO DO PROJETO

## 2 - DELINEAMENTO DO PROJETO

Visando propiciar racionalização e economia de recursos na operação e manutenção do sistema de abastecimento d'água do município Deputado Irapuan Pinheiro, compreendendo a captação de água bruta, tratamento, adução e reservação de água tratada, decidiu-se por localizar o equipamento de tratamento d'água junto às instalações de captação, com o que se teria ainda a vantagem adicional de substituir o equipamento atual, com que ora são atendidas as localidades abrangidas por este projeto (melhor controle da qualidade da água e economia de pessoal).

A alternativa de captação indicada, conforme justificativa vista adiante, é a que situa o equipamento de bombeamento sobre o plano d'água da bacia hidráulica do açude Jenipapeiro II.

Referido equipamento instalar-se-á sobre base flutuante que oscilando com o plano d'água permitirá a operação do sistema entre as cotas máxima e mínima de operação do reservatório, podendo ainda excepcionalmente operar abaixo dessa última.

O bombeamento efetuar-se-á em 2 estágios, isto é, do flutuante à câmara de carga na ETA e desta as localidades a serem atendidas com água tratada.

O trecho adutor referente ao primeiro estágio compreende uma tubulação em polietileno de alta densidade (PEAD), diâmetro nominal de 160mm com aproximadamente 80 metros de extensão e outro em PVC, diâmetro de 150mm com aproximadamente 70 metros de extensão.

O segundo estágio compreende os três trechos mencionados a seguir:

- 1 – ETA à Est. 19 (derivação para a localidade de Betânia: 380 metros)
- 2 – Est. 19 ao RE da localidade de Betânia (1500m)
- 3 – Est. 19 a Est. 780 (município Deputado Irapuan Pinheiro: 15.222 metros)

Nas localidades de Betânia, Aurora, Cacimbinha e Velame a água será acondicionada em reservatórios elevados, enquanto que na cidade de Deputado Irapuan Pinheiro a reservação far-se-á em um reservatório apoiado, localizado dentro do perímetro urbano, com cota suficiente para suprir adequadamente a rede de distribuição da cidade.

Serão aproveitados todos os reservatórios existentes nos atuais sistemas de suprimento d'água.

Um reservatório apoiado será construído junto à ETA projetada, o qual acumulará o volume d'água suficiente para lavagem dos filtros e um volume adicional que permitirá o funcionamento do equipamento de bombeamento de água tratada durante uma hora, sem realimentação desse reservatório.

Uma visualização esquemática do sistema é vista na Figura 1.0

## VISTA ESQUEMÁTICA FIGURA 1.0

### **3 - MANANCIAL**

### 3 - MANANCIAL

A fonte de suprimento d'água é o reservatório público Jenipapeiro II, cuja barragem está localizada em boqueirão do riacho de mesmo nome, afluente do Riacho do Sangue, pertencentes ao sistema de drenagem do rio Jaguaribe.

O local da barragem dista 16,0 km da sede do município, através de estrada vicinal.

O manancial aqui apontado se constitui naquele de maior expressão na área municipal em termos de volume e garantia de suprimento d'água, além de estar relativamente próximo das localidades a atender com água tratada.

#### Ficha Técnica do Reservatório

Denominação da obra:	Açude Jenipapeiro II
Localização:	Deputado Irapuan Pinheiro-CE
Riacho Barrado:	Jenipapeiro
Área da bacia hidrográfica:	132 km <sup>2</sup>
Capacidade:	17.000.000 m <sup>3</sup>

#### Barragem

Tipo:	Terra Homogênea
Altura máxima:	18,00 m
Largura do Coroamento:	6,00 m
Extensão do Coroamento:	365,00 m
Taludes: Montante	2,5:1
Jusante	2,0:1

#### Sangradouro

Tipo:	Perfil Creager
Largura:	60,00 m
Vazão Máxima de Projeto Amortecida: (TR=10.000 anos)	330,00 m <sup>3</sup> /s (Dentro da revanche)
Lâmina máxima:	1,84 m

#### Tomada d'água

Tipo:	Galeria
Diâmetro:	300 mm
Vazão Regularizada:	120,00 l/s
Número de Conduitos:	01
Comprimento do Conduto:	62,00 m

## **4 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA – EEAB (CAPTAÇÃO)**

## **4 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA – EEAB (CAPTAÇÃO)**

### **4.1 - FORMULAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE CAPTAÇÃO**

Considerando os elementos condicionantes locais, dois modos de captação se configuram para uma avaliação da melhor alternativa a ser proposta.

#### **1) Alternativa I**

Captação sobre base flutuante, estando localizada aproximadamente a 60,0 metros a montante do eixo da barragem e a 150,0 metros da ETA. Constará dos seguintes elementos:

- Uma base Flutuante;
- 2 (dois) Conjunto motobomba (1 ativo e 1 reserva);
- Sucção e barrilete com registros e válvulas de retenção;
- Tubulação em PEAD (L= 80,00m, D= 150mm);
- Tubulação em PVC (L= 70,00m, D= 150mm).

#### **2) Alternativa II**

Captação a partir de conexão na extremidade de jusante da tubulação da galeria da tomada d'água, seguida de tubulação de aproximação a uma casa de bombas a construir nas proximidades do ponto de conexão referido, de onde a água seria aduzida para a ETA. Constará dos seguintes elementos:

- Tubulação de derivação na saída da tomada d'água para interligar com a sucção das bombas;
- Casa para abrigo dos conjuntos motobombas e chaves de comando;
- 2 (dois) Conjuntos motobomba (1 ativo e 1 reserva);
- Sucção e barrilete com registros e válvulas retenção;
- Tubulação em PVC (L=236m, D=150mm).

A representação gráfica de cada alternativa é mostrada nas Figuras 2.0 e 3.0.



## 4.2 - DIMENSIONAMENTO DAS ALTERNATIVAS DE CAPTAÇÃO

### 4.2.1 - Metodologia e Parâmetros de Dimensionamento

A metodologia e os parâmetros utilizados nos cálculos das simulações são apresentados a seguir:

- Vazão de recalque da 3ª etapa.....12,75 l/s(2032)
- Diâmetro da tubulação de recalque.....150mm
- Nível mínimo do açude (NA mínimo).....258,27
- Nível máximo do açude (NA máximo).....265,27
- Cota do terreno natural da ETA (TN.ETA).....276,00
- Altura da câmara de carga (H.cc)..... 7,00m
- Cota da Tomada d'água (C.Tom).....257,50
- Rendimento dos conjuntos motobomba (n)..... 60%
- Perda na sucção (Hfs).....Fórmula de Colebrook
- Perda no recalque (Hfr).....Fórmula de Colebrook

A potência dos conjuntos motobomba será calculada pela seguinte fórmula:

$$P = \frac{Y \times Q \times HMT}{75 \times n} \times 1,2$$

Onde:

P = Potência (CV);

y = Peso específico da água (1000kgf/cm<sup>3</sup>);

Q = Vazão máxima diária (m<sup>3</sup>/s);

H = Altura manométrica total (m);

n = Rendimento da bomba (%).

Já as perdas de carga serão calculadas pela fórmula Universal com f – fator de atrito - de Colebrook, a qual será apresentada posteriormente.

INSERIR FIGURA 2.0

INSERIR FIGURA 3.0

## 4.2.2 - Cálculo da Potência dos Motores

### 4.2.2.1 - Alternativa I

- a) HMT – Altura manométrica total (m.c.a)

$$\text{HMT} = ((\text{TN.ETA} - \text{NA mínimo}) + (\text{H.cc}) + \text{Hfs} + \text{Hfr}) * 1,10$$

$$\text{HTM} = ((276,00 - 258,27) + (7,00) + 1,00 + 1,20) * 1,10 = 29,62$$

$$\text{HTM adotado} = 30,00\text{m}$$

- b) Potência (cv)

$$P = (12,75 * 30 / 75 * 0,60) * 1,20 = 10,2 \quad P \text{ adotado} = 12,5 \text{ cv}$$

### 4.2.2.2 - Alternativa II

- a) HMT – Altura manométrica total (m.c.a)

$$\text{HMT} = ((\text{C.Tom} - \text{NA mínimo}) + (\text{TN.ETA} - \text{C.tom}) + (\text{H.cc}) + \text{Hfs} + \text{Hfr}) * 1,10$$

$$\text{HTM} = ((257,50 - 258,27) + (276,00 - 257,50) + (7,00) + 1,50 + 1,89) * 1,10 = 30,93$$

$$\text{HTM adotado} = 31,00\text{m}$$

- b) Potência (cv)

$$P = (12,75 * 31 / 75 * 0,60) * 1,20 = 10,54 \quad P \text{ adotado} = 12,5 \text{ cv}$$

## 4.3 - AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS ESTUDADAS

### 4.3.1 - Investimentos

Os custos de investimento foram obtidos a partir da elaboração de estimativa do custo das obras e de aquisição dos equipamentos para cada alternativa, apresentados no Anexo.

### 4.3.2 - Custo Anual de Manutenção

O custo de manutenção para a primeira alternativa foi estimado em 4% e para segunda em 3% sobre o investimento inicial de implantação.

### 4.3.3 - Custo Operacional Anual

Para operação do sistema foi adotada uma equipe mínima, de acordo com a necessidade exigida pelo número de unidades que requeiram operação e manobras frequentes, conforme se apresenta no Quadro 1.0. Vale salientar que a equipe proposta refere-se a operação de todo o sistema de captação e adução da adutora.

**QUADRO 1.0 – CUSTO DA EQUIPE DE OPERAÇÃO**

DISCRIMINAÇÃO	CUSTO/ MÊS (R\$)	QUANTIDADE		TOTAL ANUAL (R\$)	
		ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II
Engenheiro	1.500,00	0,25	0,25	9.000,00	9.000,00
Aux. Técnico	450,00	1,00	1,00	10.800,00	10.800,00
Operário	180,0	2,00	2,00	8.640,00	8.640,00
Veículo	1.500,00	1,00	1,00	21.600,00	21.600,00
<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>50.040,00</b>	<b>50.040,00</b>

Na composição do custo anual foi adotado o acréscimo de 100% relativo aos encargos sociais incidentes sobre salários e 20% de taxa de administração referente ao veículo.

### 4.3.4 - Custo Anual de Energia

Face ao incremento das demandas, o custo de energia cresce ano a ano. Foi considerado que o sistema atingirá o pico de funcionamento (20 horas por dia) no final do plano (ano 2032).

As tarifas adotadas foram as seguintes:

- Consumo ..... R\$ 0,1314 / KW. h
- Demanda ..... R\$ 8,70/KW.mês

O número anual de horas de funcionamento do sistema foi obtido a partir da relação entre a vazão média do ano de interesse e a vazão máxima diária do ano 2032 (final de plano), coeficiente este multiplicado por 7300 horas (total anual).

O custo anual de energia para cada alternativa é apresentado nos Quadros de custo de energia da captação, em anexo.

#### 4.3.5 - Análise Econômica

A análise econômica preliminar apresentada a seguir foi baseada na avaliação final do custo de investimento, operação, manutenção e de energia, elaborado para cada alternativa tendo como base o valor presente, conforme se observa nos Quadros de custo total das alternativas de captação em anexo e sintetizados no Quadro 2.0.

**QUADRO 2.0 – RESUMO DOS CUSTOS A VALOR PRESENTE (R\$) DAS ALTERNATIVAS DE CAPTAÇÃO**

ALTERNATIVA	INVESTIMENTO	OPERAÇÃO	MANUTENÇÃO	ENERGIA	TOTAL
I	17.614,77	403.081,41	5.675,60	35.760,43	462.132,21
II	21.342,56	403.081,41	5.157,57	36.064,24	465.645,78

#### 4.3.6 - Alternativa Escolhida

Levando em consideração as alternativas disponíveis, optou-se pela adoção da primeira alternativa, tendo em conta que esta apresenta sobre a segunda, as vantagens seguintes:

- Resulta em menor custo de investimento, vez que elimina a construção de uma casa de bombas para abrigo do equipamento de bombeamento e equipamento elétrico de comando e proteção dos motores (na alternativa escolhida o equipamento elétrico estará abrigado na ETA);
- Não sofre interferência de manobra do mecanismo de liberação da água do reservatório pela galeria da tomada d'água;
- Permite o bombeamento, ainda que em situações excepcionais, quando o plano d'água no reservatório estiver em cota inferior àquela correspondente à cota da geratriz inferior da tubulação da galeria.

## 5 - TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA

## 5 - TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA

### 5.1 - GENERALIDADES

Para este sistema integrado de abastecimento de água será projetada uma ETA compacta do tipo filtração direta ascendente, composta de uma câmara de carga (torre piezométrica), dois filtros de corrente ascendente, também conhecidos por clarificadores de contato e casa de química.

No processo de seleção do tipo mais adequado para tratamento da água bruta, levou-se em consideração a análise físico-química e bacteriológica de uma amostra de água coletada no dia 17/09/2001 do açude Jenipapeiro II, a qual está apresentada no Quadro 3.0 e no Anexo deste relatório.

**QUADRO 3.0 – CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE JENIPAPEIRO II**

Parâmetros	Índice	
	Amostra	Limite
Turbidez	2,98 UT	5
Cor	25,0 uH	15
Odor	inodoro	inodoro
pH	7,22	6,8 - 7,5
Alcalinidade Hidróxidos	0	
Alcalinidade Carbonatos	0	
Alcalinidade Bicarbonatos	92,0 mg CaCO <sup>3</sup> /L	
Dureza	86,0 mg CaCO <sup>3</sup> /L	500
Cálcio	16,8 mg Ca/L	
Magnésio	10,5 mg Mg/L	150
Condutividade	308,0 mS/cm	750
Cloretos	36,0 mg Cl-/L	250
Cloro desidual	Ausência	0,5
Sulfatos	4,72 mg SO <sub>4</sub> /L	250
Ferro	0,18 mg Fe/L	0,10
O <sub>2</sub> consumido	13,75 mg O <sub>2</sub> /L	1,5
Sódio	21,7 mg Na/L	
Potássio	16,6 mg K/L	
Nitritos	0,31 mg N-NO-2/L	0
Nitratos	1,94 mg N-NO-3/L	45
Amônia	0,64 mg N-NH-3/L	0
Sólidos Totais	160,0 mg STD/L	500

FONTE: CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

De acordo com esta análise pode-se dizer que a água do referido açude é utilizável, desde que submetida a tratamento adequado, tendo em vista alguns elementos excederem os limites toleráveis, que são: nitrito, amônia e oxigênio consumido. Os altos teores desses elementos, caracterizam uma alta atividade



microbiológica na decomposição de matéria orgânica, possivelmente de restos vegetais remanescentes do desmatamento na bacia hidráulica por ocasião da construção da barragem.

No entanto com um processo de tratamento a base de filtração e cloração, a água disponível poderá se enquadrar nos padrões de potabilidade determinados pela legislação em vigor (Portaria n.º 36/90 do Ministério da Saúde).

Em vista do que foi exposto, o processo de tratamento adotado será a filtração direta ascendente com coagulação, floculação e desinfecção.

## 5.2 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS FILTROS

### 5.2.1 - Parâmetros Adotados

- Q (1ª Etapa).....9,03 l/s; 0,00903 m<sup>3</sup>/s
- Q (2ª Etapa) .....10,99 l/s; 0,01099 m<sup>3</sup>/s
- Q (3ª Etapa) .....12,75 l/s; 0,01275 m<sup>3</sup>/s
- Tempo Máximo Diário de Operação da ETA (td).....20 horas
- Taxa de Filtração Máxima Diário (Tf).....120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia

### 5.2.2 - Área Filtrante Total(Aft)

$$Aft = \frac{Q}{Tf} = \frac{0,01275 \times 72000}{120} = 7,65 \text{ m}^2 \text{ (3ª Etapa)}$$

$$= \frac{0,01099 \times 72000}{120} = 6,59 \text{ m}^2 \text{ (2ª Etapa)}$$

$$= \frac{0,00903 \times 72000}{120} = 5,42 \text{ m}^2 \text{ (1ª Etapa)}$$

### 5.2.3 - Número de Unidades (N)

$$N = 1,4 \sqrt{c}$$

$$c = \frac{72000 \times 7,65}{1.000.000} = 0,55 \text{ milhões de l/dia (3ª Etapa)}$$

$$N = 1,4 \sqrt{0,55} = 1,04 \text{ (3ª Etapa)}$$

Adotar-se-á 2 filtros.

#### 5.2.4 - Área de Cada Filtro (Af)

$$A_f = \frac{A_{ft}}{N} = \frac{7,65}{2} = 3,83 \text{ m}^2 \text{ (3ª Etapa)}$$

#### 5.2.5 - Diâmetro de cada Filtro (Df)

$$D_f = \sqrt{(4 * A_f)/\pi} = 2,21\text{m}$$

Adotando o diâmetro de 2,50m a área filtrante será de 4,91m<sup>2</sup>, menor que a área filtrante total do volume demandado da 1ª etapa. Portanto a utilização dos 2 (dois) filtros já será necessária nessa etapa.

### 5.3 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE LAVAGEM DOS FILTROS (EELF)

#### 5.3.1 - Vazão de lavagem (q)

$$q = v \times A$$

onde:

v - velocidade de lavagem (m/s)

A - área do filtro (m<sup>2</sup>)

Sabe-se que:

$$v \geq 0,80 \text{ m/min (NBR 12.216)}$$

Adotou-se v = 0,80 m/min

Então:

$$q = \frac{0,80 \times 4,91}{60} = 0,065 \text{ m}^3/\text{s}$$

Adotou-se q = 65 l/s.

#### 5.3.2 - Volume de lavagem (V)

$$V = q \times T$$

onde:

T - tempo de lavagem (s)

Sabe-se que:

T ≥ 15 min (NBR 12.216), então:

$$V = 0,065 \times 15 \times 60 = 58,5 \text{ m}^3.$$

### **5.3.3 - Vazão da EELF (Q)**

Adotou-se  $Q = 65 \text{ l/s}$  ( $234 \text{ m}^3/\text{h}$ )

### **5.3.4 - Potência dos Motores**

No Quadro 4.0 está apresentado o pré-dimensionamento e as características dos conjuntos motobomba de lavagem dos filtros.

## QUADRO 4.0

Arquivo: B-EELF.xls

## 6 - ADUÇÃO

## 6 - ADUÇÃO

### 6.1 - ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO

#### 6.1.1 - Critérios Adotados

No dimensionamento preliminar do sistema foi realizada uma avaliação do diâmetro econômico, ou seja, para iguais condições de vazão, comprimento e nível altimétrico, adotou-se o diâmetro que apresentou o menor custo final de investimento (implantação) e operação (gasto de energia). O custo de investimento refere-se apenas ao custo de implantação e de aquisição das tubulações, não sendo considerado, portanto, os custos referentes as unidades de bombeamento, já que estes são pequenos quando comparados com os das tubulações. Já os custos com energia dizem respeito ao consumo relativo ao trabalho para vencer as perdas de carga ao longo das tubulações e o desnível geométrico. Os estudos foram realizados considerando um único bombeamento no trecho ETA – Cidade Deputado Irapuan Pinheiro. Posteriormente serão estudadas as possibilidades de se utilizar trechos gravitários e/ou estações de bombeamento intermediárias.

O número anual de horas de funcionamento do sistema foi obtido a partir da relação entre a vazão média do ano de interesse e a vazão máxima diária do ano 2032 (final de plano), coeficiente este multiplicado por 7.300 horas (total anual).

Para cada trecho estudado foram feitas até 04 (quatro) simulações com diâmetros distintos, tendo como base para a escolha a fórmula de Bresse, ou seja:

$$D (m) = 1.2 \sqrt{Q} (m^3/s)$$

Na Figura 4.0 pode-se visualizar o diagrama das vazões e comprimentos dos trechos estudados.

#### 6.1.2 - Metodologia e Parâmetros de Dimensionamento

A metodologia e os parâmetros utilizados nos cálculos das simulações são apresentados a seguir:

- Ano de início do projeto.....2003
- Ano final do projeto.....2032
- Tarifa de consumo (tc).....0,1314 R\$/kWh
- Tarifa de demanda (td).....8,70 R\$/kWhês
- Taxa de juros (tx).....12% a .a
- Horas de funcionamento diário do sistema.....20 h/dia
- Rendimento dos conjuntos motobomba.....60%
- Vazão de recalque da 1ª Etapa.....Q(2013)
- Vazão de recalque da 2ª Etapa.....Q(2023)
- Vazão de recalque da 3ª Etapa.....Q(2032)
- Diâmetro (fórmula Bresse - Q(2032))..... D(mm)
- Material da tubulação.....PVC

FIGURA 4.0

Para o cálculo das perdas de cargas do sistema serão utilizadas as seguintes fórmulas:

- \* Fórmula universal de perda de carga:

$$hf = F \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

- \* Fórmula de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{F}} = -2 \log \left( 0,27 \frac{K}{D} + \frac{2,51}{R\sqrt{F}} \right)$$

- \* Número de Reynolds:

$$R = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

- \* Equação da continuidade:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot V$$

Onde:

- F = fator de Colebrook
- D = diâmetro (m)
- K = coeficiente de rugosidade (mm)
- $\nu$  = viscosidade do líquido (m<sup>2</sup>/s)
- L = comprimento do trecho (m)
- V = velocidade da água (m/s)
- g = aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>)

Os valores de coeficientes de rugosidade adotados para PVC e ferro dúctil são 0,06 e 0,10 respectivamente.

A potência perdida em cada simulação será calculada pela seguinte fórmula:

$$PB = \frac{\gamma \times Q \times H}{75 \times n} \times 0,736$$

Onde:

- PB = Potência perdida pelo sistema (kW)
- $\gamma$  = Peso específico da água (1000kgf/cm<sup>3</sup>)
- Q = Vazão máxima diária (m<sup>3</sup>/s)
- H = Altura manométrica total (m)
- n = Rendimento da bomba (60%)



### 6.1.3 - Simulações

#### 6.1.3.1 - Trecho I

##### a) Dados

- Trecho.....Captação – Derivação p/ Betânia
- Extensão.....380 m
- Vazão máxima diária da 1ª Etapa (Q(max. Diária)..... 9,03 l/s
- Vazão máxima diária da 2ª Etapa (Q(max. Diária).....10,99 l/s
- Vazão máxima diária da 3ª Etapa (Q(max. Diária).....12,75 l/s
- Diâmetro (fórmula Bresse -  $Q= 12,75$  l/s).....0,136 m

##### b) Resultados

Conforme definido anteriormente, foram estudados 04 (quatro) diâmetros, dois dos quais em torno do encontrado pela fórmula de Bresse, e mais dois de maior valor, tendo em vista obtenção de menores custos de consumo de energia. Assim sendo simularam-se os diâmetros de 100, 150, 200 e 250 mm. Os custos totais incluindo investimento e energia, sendo este último considerado no período de 30 anos, e apresentado no valor presente com taxa de 12% a.a., estão resumidos a seguir:

- DN = 100 mm.....R\$ 22.583,93
- DN = 150 mm.....R\$ 21.987,55
- DN = 200 mm.....R\$ 27.415,25
- DN = 250 mm.....R\$ 39.261,06

Adotou-se o diâmetro de 150mm.

As planilhas de cálculos com os resultados e os resumos dos mesmos estão apresentados em anexo.

#### 6.1.3.2 - Trecho II

##### a) Dados

- Trecho.....Derivação p/ Betânia – RE de Betânia
- Extensão.....1.500,00 m
- Vazão máxima diária da 1ª etapa (Q(max. Diária)..... 3,02 l/s
- Vazão máxima diária da 2ª etapa (Q(max. Diária)..... 3,72 l/s
- Vazão máxima diária da 3ª etapa (Q(max. Diária).....4,32 l/s
- Diâmetro (fórmula Bresse -  $Q= 4,32$  l/s).....0,079m

## b) Resultados

Adotaram-se os procedimentos já mencionados para o trecho I.

- DN = 50 mm.....R\$ 53.634,14
- DN = 75 mm.....R\$ 22.805,75
- DN = 100 mm .....R\$ 49.286,80
- DN = 150 mm .....R\$ 68.999,44

Adotou-se o diâmetro de 75mm em PVC. Vale ressaltar que no diâmetro de 50 mm, usou-se tubo de RPVC classe 20, de modo a suportar as altas perdas de carga com esse diâmetro.

As planilhas de cálculo com os resultados e os resumos dos mesmos são apresentados no anexo.

### 6.1.3.3 - Trecho III

#### a) Dados

- Trecho.....Derivação p/ Betânia – Sede do Município
- Extensão.....15.222,6 m
- Vazão máxima diária da 1ª etapa (Q(max. Diária).....6,01 l/s
- Vazão máxima diária da 2ª etapa (Q(max. Diária).....7,27 l/s
- Vazão máxima diária da 3ª etapa (Q(max. Diária).....8,44 l/s
- Diâmetro (fórmula Bresse - Q= 8,44 l/s).....0,110m

#### b) Resultados

Foram estudados 04 (quatro) diâmetros conforme definido anteriormente, simularam-se pois os diâmetros de 100, 150, 200 e 250mm. Vale ressaltar que a vazão usada foi a do início do trecho, tendo em vista que as vazões retiradas ao longo da adutora neste trecho são pequenas, não alterando significativamente o valor do diâmetro encontrado inicialmente com a fórmula de Bresse. Vale ressaltar que devido às altas perdas de carga geradas com o diâmetro de 100mm, usou-se para esse diâmetro tubulação de material RPVC classe 20. Os custos totais incluindo investimento e energia, sendo este último considerado no período de 30 anos, e apresentado no valor presente com taxa de 12% a . a., estão resumidos a seguir:

- DN 100mm ..... R\$ 701.853,25

- DN 150mm ..... R\$ 674.450,71
- DN 200mm ..... R\$ 911.234,53
- DN 250mm .....R\$ 1.388.353,96

Adotou-se o diâmetro de 150mm.

As planilhas de cálculo com os resultados e os resumos dos mesmos estão apresentadas em anexo.

## 6.2 - MOVIMENTO DE TERRA

A tubulação adutora será assentada numa vala de dimensões médias – profundidade de 1,0 m e largura de 0,60 m – sobre camada de 0,10 m de areia fina.

A classificação e volume do material a escavar, em termos estimativos são os seguintes:

<b>Categoria</b>	<b>Volume (m3)</b>	<b>%</b>
1 <sup>a</sup>	1.647,00	20
2 <sup>a</sup>	5.765,00	70
3 <sup>a</sup>	824,00	10

## 6.3 - EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO

Afora as ventosas localizadas nos pontos de cotas elevadas ao longo do traçado da adutora, de acordo com análise preliminar do transiente hidráulico, está prevista a instalação de uma válvula antecipadora de golpe junto às instalações de bombeamento de água tratada na ETA, para evitar a subpressão no trecho compreendido entre as estacas 435 e 760 (ver Figura 5.0).

FIGURA 5.0

## 6.4 - LOCALIZAÇÃO DAS OBRAS CIVÍIS

As obras previstas são as que se listam no Quadro abaixo, com respectiva localização.

<b>OBRA</b>	<b>LOCAL</b>
Captação	Barragem Jenipapeiro II
ETA/Estação de bombeamento	Barragem Jenipapeiro II
Caixas de registros e ventosas	Ao longo da adutora
Bloco de ancoragem	Deflexões
Travessia de rios	Jenipapeiro e do Sangue

## 7 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA – EEAT

---

## 7 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA – EEAT

### 7.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS

A estação elevatória de água tratada constará de 2 (dois) conjuntos motobomba – 1 (um) ativo e 1 (um) reserva, instalados no interior da casa de bomba, localizada no terreno da ETA.

### 7.2 - METODOLOGIA E PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

A metodologia e os parâmetros utilizados nos cálculos das simulações são apresentados a seguir:

- Vazão de recalque da 3ª etapa.....12,75 l/s(2032)
- Diâmetro da tubulação de recalque.....150mm
- Comprimento da tubulação de recalque .....15.222.60m
- Cota do terreno da ETA (C.ETA).....276,00
- Cota do terreno em Dep. Irapuan Pinheiro (C.Sede).....305,85
- Rendimento dos conjuntos motobomba (n)..... 60%
- Perda na sucção (Hfs).....Fórmula de Colebrook
- Perda no recalque (Hfr).....Fórmula de Colebrook

### 7.3 - CÁLCULO DA POTÊNCIA DOS MOTORES

O Quatro 5.0 apresenta um pré-dimensionamento dos conjuntos moto-bomba e suas características.

## QUADRO 5.0 – B-EEAT.xls



## 8 - RESERVAÇÃO

## 8 - RESERVAÇÃO

### 8.1 - CRITÉRIOS DE RESERVAÇÃO

Na determinação dos volumes de reservação do sistema seguem-se as recomendações da CAGECE (NRPT 1/86), as quais prevêem um volume de reservação de no mínimo 1/3 (um terço) do volume demandado diariamente.

### 8.2 - DIMENSIONAMENTO DA RESERVAÇÃO

#### 8.2.1 - Fórmula Utilizada

$$V = [(Q/1000) * 86400 / 3] * (Td / 24)$$

onde: Q - vazão máxima diária (l/s);

Td – Tempo máximo de funcionamento diário.

#### 8.2.2 - Reservação Complementar

No Quadro 6.0 fez-se uma comparação entre a reservação existente e a necessária, onde se constata a necessidade de ampliação só a partir da 2ª Etapa.

#### QUADRO 6.0- VOLUMES DE RESERVAÇÃO EXISTENTES E NECESSÁRIOS

LOCALIDADE	EXISTENTE			NECESSÁRIO			COMPLEMENTAÇÃO		
	RA	RE	TOTAL	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Dep. Irapuan Pinheiro	100,00	0,00	100,00	99,82	122,88	142,61	-0,18	22,88	42,61
Betânia	22,00	50,00	72,00	72,49	89,24	103,56	0,49	17,24	31,56
Aurora	0,00	20,00	20,00	16,13	18,72	21,73	-3,87	-1,28	1,73
Cachibinha	0,00	15,00	15,00	9,44	10,95	12,71	-5,56	1,51	1,76
Velame	0,00	22,00	22,00	18,87	21,90	25,42	-3,13	3,03	3,52
<b>TOTAL</b>				<b>216,75</b>	<b>263,69</b>	<b>306,02</b>	<b>-12,25</b>	<b>43,38</b>	<b>81,17</b>

Em relação aos volumes a armazenar em cada localidade, levando em conta os dados constantes do quadro anterior, recomenda-se a construção, na segunda etapa, de reservatórios elevados complementares conforme Quadro 7.0.

#### QUADRO 7.0 – VOLUME COMPLEMENTARES EM M<sup>3</sup>

LOCALIDADE	VOLUME (M <sup>3</sup> )
Sede do município	50,0
Betânia	35,0
Aurora	3,0
Cachimbinha	3,0
Velame	5,0

Outrossim, junto ao complexo ETA/EEAT, deverá ser construído um reservatório apoiado de 105 m<sup>3</sup> para reservação do volume d'água necessário à lavagem dos filtros e garantia de uma hora de operação do equipamento instalado no referido complexo.

## **9 - OPERAÇÃO DO SISTEMA**

## 9 - OPERAÇÃO DO SISTEMA

A operação do sistema estará concentrada no edifício da ETA/Casa de bombas.

Ali estarão localizados os equipamentos de controle e proteção hidromecânicos e elétricos do sistema Captação-tratamento-adução.

Inicialmente o equipamento de bombeamento instalado sobre o flutuante aduzirá água até a câmara de carga da ETA.

Após tratada em filtros de fluxo ascendente a água passará por gravidade para um reservatório apoiado, após o que será aduzida para os reservatórios existentes em cada localidade.

As partidas e desligamentos dos motores serão efetuados por controle manual ou por dispositivos de automação, isto é:

- a) Motores da EEAB - desligamento: por relé de contato na câmara de carga  
- partida: por ação de pressostato no barrilete
- b) Motores da EEAT - partida e desligamento: por relé de contato no reservatório apoiado na ETA

Nos reservatórios de cada localidade serão instaladas válvulas borboleta com bóia para interrupção do fluxo d'água quando da sua repleção.

## 10 - ESTIMATIVA DE CUSTO DO PROJETO

## 10 - ESTIMATIVA DE CUSTO DO PROJETO

O Quadro 8.0 apresenta uma estimativa de custos de investimento para a 1ª etapa do projeto e o custo de operação, manutenção e de energia.

### QUADRO 8.0 – ESTIMATIVA DE CUSTOS DE INVESTIMENTO INICIAL E DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO ANUAL

ITEM	INVESTIMENTO R\$	OPERAÇÃO R\$	MANUTENÇÃO R\$	ENERGIA R\$
Captação	17.614,77			
ETA	155.000,00			
Reelevatória	13.800,00	50.040,00	8.755,88	5.451,05
Adutora	721.395,94			
Mat. Elétrico	6.900,00			
Total	914.710,71			