

**MÓDULO V**  
**PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA**  
**IPAUMIRIM – BAIXIO - UMARI**

**VOLUME II – ANTEPROJETO**

Rev.	Data	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.
00	Dez/2001	Edição preliminar	Consórcio	TAC	NKT	NKT

## ÍNDICE

## ÍNDICE

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 - SISTEMA DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA EXISTENTE .....</b>	<b>12</b>
<b>3 - POPULAÇÃO ALVO DO PROJETO PROPOSTO .....</b>	<b>15</b>
<b>4 - ESTUDO DE DEMANDA DO PROJETO PROPOSTO .....</b>	<b>20</b>
4.1 - CRITÉRIOS ESTABELECIDOS.....	21
4.2 - PARÂMETROS DE PROJETO .....	21
4.3 - VAZÕES DE PROJETO .....	24
<b>5 - MANANCIAL.....</b>	<b>32</b>
<b>6 - DELINEAMENTO DO PROJETO PROPOSTO .....</b>	<b>34</b>
<b>7 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA.....</b>	<b>39</b>
7.1 - ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA .....	40
7.1.1 - Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB (Captação).....	40
7.1.2 - Estação Elevatória de Água Tratada– EEAT (Reelevatória) .....	44
7.1.3 - Avaliação do Transiente Hidráulico.....	50
7.2 - ADUÇÃO.....	58
7.2.1 - Estudo do Diâmetro Econômico .....	58
7.2.2 - Movimento de Terra .....	63
7.2.3 - Localização das Obras Cívicas .....	64
7.3 - TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA.....	64
7.3.1 - Análise físico-química da Água.....	64
7.3.2 - Tratamento proposto .....	65
7.3.3 - Pré-dimensionamento dos Filtros.....	66
7.3.4 - Estação Elevatória de Lavagem dos Filtros (EELF) .....	67
7.4 - RESERVAÇÃO .....	69
7.4.1 - Critérios de Reservação .....	69
7.4.2 - Dimensionamento da Reservação .....	69
<b>8 - OPERAÇÃO DO SISTEMA .....</b>	<b>73</b>
<b>9 - AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS ESTUDADAS .....</b>	<b>75</b>
9.1 - INVESTIMENTOS.....	76

9.2 -CUSTO ANUAL DE MANUTENÇÃO .....	76
9.3 -CUSTO ANUAL DE OPERAÇÃO .....	76
9.4 -CUSTO ANUAL DE ENERGIA .....	76
9.5 -ANÁLISE ECONÔMICA.....	77
9.6 -ALTERNATIVA ESCOLHIDA.....	77
<b>ANEXO 1 – ESTIMATIVAS DE INVESTIMENTO DAS ALTERNATIVAS.....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO 2 – ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO .....</b>	<b>83</b>
ANEXO 2A– TRECHO I/II .....	84
ANEXO 2B– TRECHO IV/V.....	90
<b>ANEXO 3 – FICHA DE ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA .....</b>	<b>94</b>

## APRESENTAÇÃO

## APRESENTAÇÃO

Tendo por objetivo a implantação da adutora do sistema de abastecimento d'água dos municípios de Ipaumirim, Baixo e Umari, a Secretaria de Recursos Hídricos – SRH e o Consórcio JP ENGENHARIA – AGUASOLOS – ESC/TE, firmaram o Contrato N.º 005/PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH/2001, para a Elaboração do Projeto Executivo correspondente.

O Projeto da Adutora de Ipaumirim-Baixo-Umari se insere no contexto do Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - PROGERIRH, em parceria com o Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD. Está sendo elaborado de forma a atender os requisitos contidos nos Termos de Referência do Edital da SDP N° 05/00-PROGERIRH/SRH/CE, bem como, as normas pertinentes para sistemas de abastecimento de água.

A documentação aqui apresentada compreende o Relatório do Anteprojeto que servirá de suporte na elaboração do Projeto Executivo da Adutora. A fonte hídrica será o açude JENIPAPEIRO, em fase de projeto, que será construído na divisa dos municípios de Baixo e Umari no estado do Ceará.

Em síntese, o projeto em referência está constituído dos seguintes documentos:

### Módulo I – Estudos de Alternativas de Localização da Barragem e Adutora

VOLUME I – Estudo de Alternativas e Opções para a Localização do Eixo Barrável e Adutora

### Módulo II – Estudos dos Impactos no Meio Ambiente

VOLUME I – Estudos Básicos e Diagnóstico

Tomo 1 – Estudos Básicos

Tomo 2 – Diagnóstico Ambiental

VOLUME II – EIA/RIMA

Tomo 1 – Relatório Preliminar dos Estudos Ambientais

Tomo 2 – Relatório Final EIA/RIMA

### Módulo III – Projetos Executivo da Barragem

VOLUME I – Estudos Básicos

Tomo 1 – Relatório Geral

Tomo 2 – Estudos Hidrológicos

Tomo 3 – Estudos Cartográficos

Tomo 4 – Estudos Geológicos e Geotécnicos

VOLUME II – Anteprojeto

Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral

**VOLUME III – Detalhamento do Projeto Executivo**

Tomo 1 – Memorial Descritivo do Projeto

Tomo 2 – Memória de Cálculo

Tomo 3 – Especificações Técnicas

Tomo 4 – Quantitativos e Orçamentos

Tomo 5 – Síntese

**Módulo IV – Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento****VOLUME I – Levantamento Cadastral**

Tomo 1 – Relatório Geral

Tomo 2 – Laudos Individuais de Avaliação

Tomo 3 – Levantamentos Topográficos

**VOLUME II – Plano de Reassentamento**

Tomo 1 – Diagnóstico

Tomo 2 – Programação das Ações

Tomo 3 – Detalhamento do Plano de Reassentamento

Tomo 4 – Relatório Final do Reassentamento

**Módulo V – Projeto Executivo da Adutora****VOLUME I – Estudos Básicos**

Tomo 1 – Levantamentos Topográficos

Tomo 2 – Investigações Geotécnicas

**VOLUME II – Anteprojeto****VOLUME III – Detalhamento do Projeto Executivo**

Tomo 1 – Memorial Descritivo

Tomo 2 – Memória de Cálculo

Tomo 3 – Quantitativos e Orçamentos

Tomo 4 – Especificações Técnicas e Normas de Medições

**Módulo VI – Elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção****VOLUME 1 – Manuais de Operação e Manutenção****Módulo VII – Avaliação Financeira e Econômica do Projeto****VOLUME 1 – Relatório de Avaliação Financeira e Econômica do Projeto**

## 1 - INTRODUÇÃO



## 1 - INTRODUÇÃO

Com o intuito de oferecer à população Radicada nas cidades de Ipaumirim, Baixo e Umari, água para abastecimento humano, dentro dos padrões exigidos pela legislação específica vigente e de fonte de suprimento confiável, no que diz respeito à regularidade, foram procedidos os estudos que ora se apresentam em atendimento ao programa desenvolvido pelo Governo do Estado do Ceará, na área de atuação da Secretaria dos Recursos Hídricos, no âmbito do Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – PROGERIRH, nos quais deverá se apoiar a subsequente elaboração do projeto executivo.

Os municípios acima mencionados pertencem à Micro-região geográfica “Lavras da Mangabeira” e seu território insere-se na Bacia do Rio Salgado, afluente do Rio Jaguaribe no terço médio do seu curso.

Extremam-se entre si e tem, em conjunto, por limites:

Ao Norte: município de Icó

Ao Sul: município de Aurora

A Leste: Estado da Paraíba

A Oeste: municípios de Cedro e Lavras da Mangabeira (Ver Figura 1.0)

As coordenadas geográficas e altitudes das sedes municipais são:

- Ipaumirim

Latitude: 6°47'23”

Longitude: 38° 43'09”

Altitude: 275,00 m

- Baixo

Latitude: 6°43'48”

Longitude: 38° 43'01”

Altitude: 269,00 m

- Umari

Latitude: 6°38'52”

Longitude: 38° 42'00"

Altitude: 29,00 m

A distância entre Fortaleza e a cidade de Baixio, que ocupa a posição intermediária dentre as três cidades é de 433 Km, sendo 420 Km pela BR 116 e 13 km pela CE-286.

O manancial que alimentará a Adutora será o Açude Jenipapeiro em fase de estudo e projeto que, em linha reta, está a 12,0 Km de Ipaumirim, 7,0 Km da cidade de Baixio e 6,5 km da cidade de Umari.

## FIGURA 1.0 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO

## 2 - SISTEMA DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA EXISTENTE

## 2 - SISTEMA DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA EXISTENTE

O sistema de abastecimento d'água atual em cada das três cidades apresenta as características e desempenho descritos a seguir:

- Ipauimirim

Manancial: Subterrâneo

Captação: Bomba centrífuga, eixo horizontal vazão de 50 m<sup>3</sup>/s e altura manométrica de 60 mca, capta água de uma bateria de três poços amazonas, cuja vazão é somada a vazão conjunta de dois poços tubulações aparelhados com bombas submersas, vazão unitária 4,0 m<sup>3</sup>/s e 2,0cv de potência, cada.

Tratamento: Simples desinfecção, com aplicação de hipocal, por meio de dosador de nível constante.

Adução: A tubulação adutora é constituída de tubos em PVC, DN 200 mm e tem extensão de 1500,00 m

Reservação: A cidade conta com reservatório elevado de 200 m<sup>3</sup> de capacidade de acumulação.

Rede de Distribuição:

A rede de distribuição existente tem extensão de 971 m, DN 60 mm e é constituída de tubo em PVC.

O número de ligação reais é de 1494,00, sendo de 1191 de ligações ativas

O índice do atendimento da rede instalada é de 90%.

- Baixio

Manancial: Subterrâneo

Captação: Feita em poço amazonas, por meio de bomba submersa, vazão de 30m<sup>3</sup>/h, altura manométrica de 130 mca, e potência de 22 cv.

Adução: Adutora de 100 mm diâmetro nominal, extensão de 704 m, em ferro fundido.

Tratamento: desinfecção com Hipocal através de booster e hidroejetor.

Reservação: Reservatório de água tratada de 100 m<sup>3</sup>.

Rede de Distribuição: Tubulação em PVC, DN 100 e 60 mm extensão de 6.404,00 m. O total de ligações é de 734 estando 700 ativados.

- Umari

Manancial: Subterrâneo

Captação: Uma bateria de 4 poços tubulares, vazões unitárias de 3600; 4500; 2000 e 1300 l/h, se interligam a um poço amazonas de 4.0 m de diâmetro, o qual se comunica com um poço de sucção de onde a água é realçada para a adutora por meio de uma bomba centrífuga eixo horizontal, vazão é de 10 m<sup>3</sup>/h, altura manométrica de 40 mca e potência de 15 cv.

Tratamento: Desinfecção com hipoclorito de cálcio, através de dosador de nível constante instalado no poço amazonas.

Adução: A tubulação adutora é constituída dos trechos:

DN 100 mm, extensão 1000 m, material PVC.

DN 100 mm, extensão 19 m, material FoFo

DN 75 mm, extensão 1320 m, material FoFo

Reservação: Consta de um reservatório elevado de 100 m<sup>3</sup>

Distribuição: Extensão da rede: 3980 m

Diâmetro: 110 e 60 mm

Material: PVC

O número total de ligações é de 688 sendo 519 ativos.

### 3 - POPULAÇÃO ALVO DO PROJETO PROPOSTO

### 3 - POPULAÇÃO ALVO DO PROJETO PROPOSTO

A população a atender é a Radicada nas cidades sede dos municípios de Ipaumirim, Baixio e Umari e nas localidades de Xiquexique e Baixada Grande, localizadas nos 2º e 3º dos municípios acima mencionados.

Para proceder uma estimativa das taxas médias de crescimento anual da população dos municípios objeto deste estudo, consideraram-se prioritariamente os dados publicados pelo IBGE, referentes aos censos realizados nos anos de 1991 e 2000.

No Quadro 1.0, registrou-se o número de habitantes existentes nas citadas cidades no ano de 1991 e no ano 2000. Quanto às localidades de Baixada Grande e Xiquexique, consta do mesmo Quadro, somente estimativa do número de habitantes no ano 2000, feita através de contagem direta da população no que se refere a Xiquexique e, no caso da Baixada Grande, contagem direta e informações adicionais prestadas por residentes locais, em razão da grande dispersão de habitação verificada na área desta última localidade.

**QUADRO 1.0 - Nº de Habitantes – Anos: 1991 e 2000 – Fonte: IBGE**

Cidade/Localidade	1991	2000
Ipaumirim	3767	4512
Baixio	2117	2574
Umari	2091	2734
Baixada Grande	-	400
Xiquexique		235

Com utilização dos dados constantes do Quadro nº 01 e auxílio da expressão  $t = \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}} - 1$ , que dá a taxa geométrica média de crescimento anual de uma dada população, durante o período de “n” anos; conhecidos os dados  $P_0$  (população inicial) e  $P_n$  (população final do período “n” considerado), obtiveram-se os valores que se encontram no Quadro 2.0.



**QUADRO 2.0 - Taxas Geométricas Médias de Crescimento Anual Verificadas (%)**

Localidade	Taxa
Ipaumirim	2,03
Baixio	2,20
Umari	3,02

Os valores encontrados acima sugerem que as taxas médias anuais de crescimento populacional das localidades em estudo já se aproximam da expectativa constante do Manual Operativo do Programa Governamental “Pro-Água-Semi-Árido”(Vol. II, 2ª edição, abr/2000, pág. 35).

Assim sendo, mas levando em conta que as sedes dos municípios de Baixio e Umari, com referência à década anterior, apresentam taxas de crescimento que se situam acima da taxa máxima esperada para os próximos 30 anos, que é de 2,1% ao ano, estabeleceram-se as taxas vistas no Quadro 3.0 para fins de projeção da população objeto deste estudo, para o período 2003 – 2032.

**QUADRO 3.0 - Taxas Geométricas Médias de Crescimento Anual Adotadas (%)**

Localidade	Taxas (%)		
	2003-2012	2013-2022	2023-2032
Ipaumirim	2,0	2,0	1,5
Baixio	2,1	2,0	1,5
Umari	2,5	2,0	1,5
Baixada Grande	2,0	1,5	1,5
Xiquexique	2,0	1,5	1,5

A adoção das taxas observadas no quadro precedente, tomando como população inicial ( $P_0$ ) aquela verificada no censo do ano 2000, resultou, para o final de cada das três décadas consideradas, na obtenção dos números apresentados no Quadro 4.0.

#### QUADRO 4.0 - Projeção da População no Período: 2003-2032

Localidade	Períodos (Anos)		
	2003-2012	2013-2022	2023-2032
Ipaumirim	5722	6975	8095
Baixio	3303	4026	4673
Umari	3677	4482	5202
Baixada Grande	507	589	683
Xiquexique	298	346	401

No Quadro 5.0 está apresentada a evolução ano a ano das populações das localidades atendidas pelo presente projeto ao longo dos anos de alcance deste.

## QUADROS 5.0

Quadros\_MV\_VII.xls\quadro5.0

## 4 - ESTUDO DE DEMANDA DO PROJETO PROPOSTO

## 4 - ESTUDO DE DEMANDA DO PROJETO PROPOSTO

### 4.1 - CRITÉRIOS ESTABELECIDOS

#### a) Consumo “per capita”: l/hab/dia

Foi estabelecido uma taxa de consumo “per capita” líquida de valor crescente, de acordo com a gradação vista no Quadro 6.0, com base no fato de que a oferta de água com maior garantia de fornecimento, induz a um aumento de consumo até determinado nível atingido em função de atendimento das necessidades básicas e do custo.

**QUADRO 6.0 - Consumo “Per Capita”**

Localidade	Consumo Líquido “Per capita”(l/hab/dia)			
	2003-2005	2006-2008	2009-2011	2012→
Ipaumirim	100	105	110	112,5
Baixio	100	105	110	112,5
Umari	100	105	110	112,5
Baixada Grande	75	80	85	90
Xiquexique	75	80	85	90

#### b) Eficiência do Sistema1

No cálculo da vazão de dimensionamento levou-se em conta, outrossim, as perdas d’água do sistema, admitidas em 25% tendo por base sistemas semelhantes operados pela CAGECE.

### 4.2 - PARÂMETROS DE PROJETO

De acordo com os critérios estabelecidos e Termo de Referência, definiram-se os seguintes parâmetros de cálculo:

- Ano inicial do plano.....2.003
- Horizonte de projeto da 1ª Etapa.....2.012
- Horizonte de projeto da 2ª Etapa.....2.022

• Horizonte de projeto da 3ª Etapa.....	2.032
• População alvo (1ª Etapa )	
- Ipaumirim.....	5.722 hab.
- Baixio.....	3.303 hab.
- Umari.....	3.677 hab.
- Baixada Grande.....	507 hab.
- Xique-Xique.....	298 hab.
- TOTAL.....	13.507 hab.
• População alvo (2ª Etapa )	
- Ipaumirim.....	6.975 hab.
- Baixio.....	4.026 hab.
- Umari.....	4.482 hab.
- Baixada Grande.....	589 hab.
- Xique-Xique.....	346 hab.
- TOTAL .....	16.418 hab
• População alvo (3ª Etapa )	
- Ipaumirim.....	8.095 hab.
- Baixio.....	4.673 hab.
- Umari.....	5.202 hab.
- Baixada Grande.....	683 hab.
- Xique-Xique.....	401 hab.
- TOTAL .....	19.054 hab
• Índice de Abastecimento (iab)	
- Ipaumirim.....	95%
- Baixio.....	100%
- Umari.....	100%
- Baixada Grande.....	100%
- Xique-Xique.....	100%

- Índice de Perdas no Sistema (ip).....25%
- Consumo Per Capita Bruto (qb)..... $q / (1-(ip/100))$  l/hab. x dia
- Consumo Per Capita bruto(q)
  - Ipaumirim..... 150 l/hab. x dia
  - Baixio..... 150 l/hab. x dia
  - Umari..... 150 l/hab. x dia
  - Baixada Grande..... 120 l/hab. x dia
  - Xique-Xique..... 120 l/hab. x dia
- Coeficiente de Majoração p/ o Dia de Maior Consumo (K1)..... 1,20
- Coeficiente de Majoração p/ a Hora de Maior Consumo (K2)..... 1,50
- Tempo de Operação Máximo Diário (Td)..... 20 h

A vazão para dimensionamento do sistema foi definida em função do número de horas de operação diária, estabelecido em 20h, ao final de cada década, considerando-se ainda, para dimensionamento dos elementos constituintes do sistema, as condições de operação exigidas ao fim de cada período, de acordo com a indicação do Quadro 7.0.

**QUADRO 7.0 - Fases Consideradas para Dimensionamento do Sistema**

Ano	Equipamento de Bombeamento	Estrutura de Tratamento e Reservação D'Água	Tubulação
2012	X	X	
2022	X	X	
2032	X	X	X

### 4.3 - VAZÕES DE PROJETO

De acordo com os parâmetros estabelecidos no item anterior e com a projeção da população das localidades consideradas foram calculadas as vazões brutas com o uso das seguintes expressões:

- Vazões média (Qm : l/s)

$$Q_m = (P_n \times q_b \times (i_{ab}/100)/86400) \times 24/T_d$$

- Vazões máximas diária (Qmaxd : l/s)

$$Q_{max} = Q_m \times k_1$$

- Vazões máxima horária (Qmaxh : l/s)

$$Q_{maxh} = Q_m \times K_2$$

As vazões de pré-dimensionamento do sistema resultantes da utilização dos dados disponíveis e dos critérios adotados foram as apresentadas no Quadro 8.0.

**QUADRO 8.0 - Vazões Estabelecidas para Dimensionamento do Sistema (l/s)**

Localidade	1º	2º	3º
Ipaumirim	13,59	16,57	19,23
Baixio	8,26	10,07	11,68
Umari	9,19	11,21	13,00
Baixada Grande	1,01	1,18	1,37
Xiquexique	0,60	0,69	0,80
<b>Total</b>	<b>32,65</b>	<b>39,72</b>	<b>46,08</b>

Nos diversos trechos do sistema da adutora as vazões encontradas foram:

- Trecho I (EEAT– Derivação p/ Baixada Grande)

. 1ª Etapa (Qmax de 2012).....32,06 l/s

. 2ª Etapa (Qmax de 2022).....39,02 l/s

. 3ª Etapa (Qmax de 2032).....45,28 l/s



• Trecho II (Derivação p/ Baixada Grande – RAd)	
. 1ª Etapa (Qmax de 2012).....	31,05l/s
. 2ª Etapa (Qmax de 2022).....	37,84l/s
. 3ª Etapa (Qmax de 2032).....	43,91l/s
• Trecho III (RAd – RE de Umari)	
. 1ª Etapa (Qmax de 2012).....	9,19 l/s
. 2ª Etapa (Qmax de 2022).....	11,21 l/s
. 3ª Etapa (Qmax de 2032).....	13,00 l/s
• Trecho IV (RAd – Baixio)	
. 1ª Etapa (Qmax de 2012).....	21,85 l/s
. 2ª Etapa (Qmax de 2022).....	26,63 l/s
. 3ª Etapa (Qmax de 2032).....	30,91 l/s
• Trecho V ( Baixio – RA de Ipaumirim)	
. 1ª Etapa (Qmax de 2012).....	13,59 l/s
. 2ª Etapa (Qmax de 2022).....	16,57 l/s
. 3ª Etapa (Qmax de 2032).....	19,23 l/s

Nos Quadros 9.0 a 14.0 está apresentada a evolução das vazões ao longo dos anos de alcance do projeto.

## QUADROS 9.0

Quadros.xls\quadro 9.0

## QUADRO 10.0

Quadros.xls\quadro 10.0

QUADRO 11.0

Quadros.xls\quadro 11.0

## QUADRO 12.0

Quadros.xls\quadro 12.0

QUADRO 13.0

Quadros.xls\quadro 13.0

QUADRO 14.0

Quadros.xls\quadro 14.0

## 5 - MANANCIAL



## 5 - MANANCIAL

O manancial d'água a ser utilizado será o açude Jenipapeiro, cuja barragem, em fase de estudo e projeto, estará localizada a aproximadamente 7,0 km das cidades de Baixio e Umari e a 12,0 km da cidade de Ipaumirim. Barrará o rio Jenipapeiro afluente do rio Salgado pela margem direita.

Sua bacia hidrográfica é da ordem de 190 km<sup>2</sup>, prevendo-se que a bacia hidráulica terá 366 ha e acumulará um volume estimado de 13.300.00 m<sup>3</sup>.

Os dados preliminares de projeto disponíveis são:

- Extensão da barragem pelo coroamento (L).....	540,0m
- Altura máxima (H).....	16,70m
- Cota do coroamento (Cc).....	264,00
- Cota do sangradouro (Cs).....	261,00
- Cota da tomada d'água (Ct).....	251,30

Não estando ainda concluídos os estudos hidrológicos, faz-se a seguir uma avaliação da disponibilidade d'água a ser propiciada com a execução da barragem Jenipapeiro, utilizando para tanto o método do Engenheiro Aguiar.

• Dados considerados:

- Área da bacia hidrográfica (A): 190.000.000m<sup>2</sup>
- Precipitação pluviométrica média (H): 0,7448mm
- Rendimento da bacia (R%): 8,9%
- Coeficiente de correção (u): 1,0

Então,

• Volume afluente anual (Va)

$$Va = R\% HUA$$

$$Va = 0,089 \times 0,7448 \times 190.000.000$$

$$Va = 12.594.568 \text{ m}^3$$

- Bacia Hidráulica, Área: 3.660.000,0 m<sup>2</sup>
- Capacidade de acumulação estimada: 13.300.000 m<sup>3</sup>
- Evaporação Estimada: 3.000.000 m<sup>3</sup>
- Vol. retido abaixo da cota da tomada d'água (estimado): 1.500.000 m<sup>3</sup>
- Vol. útil ano prec. média: 8.094.568 m<sup>3</sup>

No horizonte do projeto (ano 2032) o volume máximo de oferta d'água anual previsto é de 1.210.982,4 m<sup>3</sup>; o que representa 9,62% do volume afluente anual médio e 14,96% da capacidade de acumulação efetiva prevista.

## 6 - DELINEAMENTO DO PROJETO PROPOSTO

## 6 - DELINEAMENTO DO PROJETO PROPOSTO

O projeto que ora se esboça tem um horizonte de 30 anos, tendo-se convencionado que o ano inicial de operação será o ano de 2003. O equipamento de bombeamento será dimensionado para atender às condições de funcionamento exigidas no final de cada das 3 fases consideradas (décadas), enquanto que a tubulação será calculada para atender as condições prevalecentes no horizonte do projeto (ano 2032).

A captação d'água far-se-á no lago formado com a construção da barragem Jenipapeiro, em fase de estudo e projeto, a qual se localiza a aproximadamente a 7,0 km das cidades de Baixio e Umari e a 12,0 km da cidade de Ipaumirim (ver Figura 2.0).

Tendo em vista economia na implantação do projeto e Racionalização e economia em sua operação, resolveu-se localizar um equipamento único de tratamento d'água, próximo ao ponto de captação, localizado, este, na bacia hidráulica do açude Jenipapeiro, a aproximadamente 100,0 m do eixo da barragem e a 250,0 m de sua ombreira esquerda.

O equipamento de captação constará de uma base flutuante sobre o plano d'água do reservatório e de duas bombas centrífugas, eixo horizontal, acionadas por motores de 15cv, 20cv e 25cv exigidos para a 1ª, 2ª e 3ª etapa, instaladas sobre a mesma, uma das quais de reserva.

A base flutuante oscilará entre as cotas 252,30 e a 261,00, correspondentes à altura do nível mínimo d'água e da soleira do sangradouro, respectivamente.

A água será aduzida preliminarmente para a ETA, situada em ponto na cota 264,00, próximo à ombreira esquerda do reservatório, conforme anteriormente mencionado.

A conexão flutuante – ETA far-se-á por meio de tubulação em polietileno de alta densidade (PEAD PN8), com 315mm de diâmetro e 250m de extensão, aproximada. Esta tubulação estará conectada a câmara de carga (h=7,0m), que por sua vez se interligará a três filtros de fluxo ascendente com 3,5 m de diâmetro, os quais alimentarão um reservatório de sucção. A partir deste as unidades de bombeamento da elevatória (EEAT), em número de duas – uma das quais de reserva – acionados por motores de 75cv, 100cv e 100cv exigidos para a 1ª, 2ª e 3ª etapa, aduzirão a água tratada até um reservatório apoiado de distribuição – RAd - a ser construído sobre elevação, em ponto de cota 342,0m.

Deste ponto em diante o fluxo d'água se fará gravitativamente até os reservatórios das cidades de Ipaumirim, Baixio e Umari.

FIGURA 2.0 – Mapa da SUDENE com o traçado

Em Umari o ponto de entrega d'água será no local do atual reservatório elevado da cidade, enquanto que em Ipaumirim e Baixio deverão ser construídos novos reservatórios em pontos mais elevados da área urbana daquelas cidades e de maior volume de armazenamento.

Nas proximidade da estaca 275 do trecho ETA/EEAT – RAd, haverá uma derivação para a localidade de Baixada Grande, prevendo-se, neste ponto, a instalação de um reservatório – chafariz – para atendimento àquela localidade.

Para Xique-xique haverá um bombeamento individual, que aduzirá a água tratada até um reservatório elevado, localizado em um ponto estratégico desta localidade. Este procedimento é justificado em razão da proximidade deste povoado à ETA.

De acordo com exposto, a adução, a partir da EEAT, se processará através dos seguintes trechos:

- Trecho I (EEAT– Derivação p/ Baixada Grande)
  - Extensão (L):.....5.500,0 m
  - Diâmetro da tubulação (DN):.....250 mm
  - Material:.....RPVC ou PRFV, PN 16
- Trecho II (Derivação p/ Baixada Grande – RAd)
  - Extensão (L):.....2.615,0 m
  - Diâmetro da tubulação (DN):.....250 mm
  - Material:.....RPVC ou PRFV, PN 16
- Trecho III (RAd – RE de Umari)
  - Extensão (L):.....10.099,0 m
  - Diâmetro da tubulação (DN):.....150 mm
  - Material:.....PVC 1MPa
- Trecho IV (RAd – Baixio)
  - Extensão (L):.....1.545,0 m
  - Diâmetro da tubulação (DN):.....200 mm
  - Material:.....RPVC ou PRFV, PN 16
- Trecho V ( Baixio – RA de Ipaumirim)
  - Extensão (L):.....11.285,0 m
  - Diâmetro da tubulação (DN):.....200 mm
  - Material:.....PVC 1MPa

Na Figura 3.0 visualizam-se esquematicamente os elementos do projeto referentes à captação, adução e ponto de entrega de água tratada.

FIGURA 3.0 – AUTOCAD

Alt. De Captação-P.dwg

## 7 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

## 7 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

### 7.1 - ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA

#### 7.1.1 - Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB (Captação)

##### 7.1.1.1 - 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.

- Alternativa I

Captação sobre base flutuante, na bacia hidráulica do Açude Jenipapeiro estando localizada aproximadamente a 100,0 metros a montante do eixo da barragem e a 250,0 metros do complexo ETA/EEAT. Constará dos seguintes elementos:

- Base flutuante;
- 2 (dois) conjuntos motobomba (1 ativo e 1 reserva);
- Sucção e barrilete com registros e válvulas de retenção;
- Tubulação em PEAD PN8(L= 250,0m, DE= 315mm);

- Alternativa II

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

- Tubulação de derivação na saída da tomada para interligação com a sucção das bombas D=500mm;
- Casa para abrigo dos conjuntos motobombas e quadros de comando;
- 2 (dois) Conjuntos motobomba (1 ativo e 1 reserva);
- Sucção e barrilete com registros e válvulas de retenção;
- Tubulação em PVC 1MPa(L=350m, DE=250mm).

A representação esquemática de cada alternativa é mostrada nas Figuras 4.0 e 5.0.



Figura 4.0

Alt. De Captação-P.dwg

Figura 5.0

Alt. De Captação-P.dwg

### 7.1.1.2 - Metodologia e Parâmetros de Dimensionamento

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

- Vazão de recalque da 1ª etapa.....32,65 l/s(2012)
- Vazão de recalque da 2ª etapa.....39,71 l/s(2022)
- Vazão de recalque da 3ª etapa.....46,08 l/s(2032)
- Nº de bomba..... Uma ativa e uma reserva
- Diâmetro da tubulação de recalque ( 1ª Alt.).....315mm
- Diâmetro da tubulação de recalque ( 2ª Alt.).....250mm
- Comprimento da tubulação de recalque ( 1ª Alt.).....250m
- Comprimento da tubulação de recalque ( 2ª Alt.).....350m
- Nível mínimo do açude (NA mínimo).....252,30
- Nível máximo do açude (NA máximo).....261,00
- Cota do terreno natural na ETA/EEAT(TN.ETA).....264,00
- Altura da câmara de carga (H.cc).....6,00m
- Cota da Tomada d'água (C.Tom).....251,30
- Rendimento dos conjuntos motobomba (n).....70 a 80%
- Perda na sucção (Hfs)..... Fórmula de Colebrook
- Perda no recalque (Hfr).....Fórmula de Colebrook

A potência dos conjuntos motobomba será calculada pela seguinte fórmula:

$$P = \frac{\gamma \times Q \times HMT}{75 \times n} \times 1,10$$

Onde:

P = Potência (CV);

$\gamma$  = Peso específico da água (1000kgf/m<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.

### 7.1.1.3 - Cálculo da Potência dos Motores

- Alternativa I

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

$$H_{man} = ((TN.ETA - NA \text{ mínimo}) + H_{cc} + H_{fs} + H_{fr}) * 1,10$$

Onde:

H<sub>cc</sub> = altura da câmara de carga da ETA;

H<sub>fs</sub> = perda de carga na sucção;

H<sub>fr</sub> = perda de carga no recalque.

- b) Potência (cv)

As potências dos motores para cada etapa do projeto estão calculadas e apresentadas no Quadro 15.0.

- Alternativa II

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

$$H_{man} = ((C.Tom - NA \text{ mínimo}) + (TN.ETA - C.Tom) + H_{cc} + H_{fs} + H_{fr}) * 1,10$$

- b) Potência (cv)

As potências dos motores para cada etapa do projeto estão calculadas e apresentadas no Quadro 16.0.

## 7.1.2 - Estação Elevatória de Água Tratada- EEAT (Reelevatória)

### 7.1.2.1 - Característica Gerais

A estação reelevatória de água tratada constará de 2 (dois) conjuntos motobomba – 1 (um) ativo e 1 (um) reserva -, instalados no interior de um prédio próximo à Barragem, o qual dará abrigo igualmente aos quadros elétricos de comando e proteção do equipamento hidromecânico das elevatórias EEAB e EEAT.

## QUADRO 15.0

Quadros.xls\quadro 15.0

QUADRO 16.0

Quadros.xls\quadro 16.0

### 7.1.2.2 - Metodologia e Parâmetros de Dimensionamento

A metodologia e os parâmetros utilizados no dimensionamento das bombas são apresentados a seguir:

- Vazão de recalque da 1ª etapa.....32,06 l/s(2012)
- Vazão de recalque da 2ª etapa.....39,02 l/s(2022)
- Vazão de recalque da 3ª etapa.....45,28 l/s(2032)
- Diâmetro da tubulação de recalque.....250mm
- Comprimento da tubulação de recalque .....8.115,00m
- Cota do terreno na ETA/EEAT (TN.ETA).....264,00
- Cota no local do reservatório apoiado - RAd (C.RAd).....342,0
- Perda na sucção (Hfs)..... Fórmula de Colebrook
- Perda no recalque (Hfr).....Fórmula de Colebrook

### 7.1.2.3 - Cálculo da Potência dos Motores

O Quadro 17.0, elaborado com dados obtidos com o emprego do formulário e marcha de cálculo, mencionados no item 7.1.1.2, apresenta um pré-dimensionamento dos conjuntos moto-bomba e suas características e na Figura 6.0 é apresentado o gráfico das cotas piezométricas para cada etapa do projeto.

## QUADRO 17

Quadros.xls\quadro 17.0



FIGURA 6.0

Perfil\_Escala\_40000e1000\_Altura\_A3.dwg

### 7.1.3 - Avaliação do Transiente Hidráulico

Procedeu-se a uma verificação das condições de operação da adutora, quando da ocorrência de transientes hidráulico, para a situação de golpe de aríete máximo.

Consideraram-se dois trechos, a saber:

- a) Trecho Flutuante → EEAT: Para este trecho, de pequena extensão, aplicou-se o método de Kinno-Kennedy, o qual considera a atenuação de golpe de aríete pelo momento de inércia das massas girantes (rotor da bomba + induzido do motor elétrico).
- b) Trecho EEAT → RAd (Reservatório Apoiado de Distribuição): neste caso, adotou-se a teoria de Allieve para o cálculo do golpe de aríete máximo, causado pelo cerramento de uma válvula de retenção instalada no barrilete, junto a bomba, no tempo de 10s.

Tem-se pois:

Estimativa no Transiente Hidráulico:

a) Trecho Flutuante → EEAT

Dados: L = 250m

Q = 0,04608m<sup>3</sup>/s

Material: PEAD

PN 08

DN: 315

E: 23,3mm

DI: 268,4 mm

Cálculo das pressões mínima e máxima, sem dispositivo de proteção: método Kinno-Kennedy.

- Celeridade da onda

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \left( \frac{D}{e} \right)}}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 18 \left( \frac{0,2684}{0,0233} \right)}}$$

$$a = 619,18 \text{ m/s}$$

- Constante da linha ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{av}{2gHman}$$

$$\rho = \frac{619,18 \times 0,18}{2 \times 9,81 \times 25,46}$$

$$\rho = 1,0$$

- Momento de inércia das massas girantes ( $wr^2$ )

$$wr^2 = 0,00138\rho^{1,4} f^{0,95}$$

$$wr^2 = 0,00138(25 \times 0,735)^{1,4} 4^{0,95}$$

$$wr^2 = 0,3032$$

$\rho$  = potência (25CV)  
 $f$  = nº de pólos do motor ( $\mu$ )

- Constante da bomba ( $k$ )

$$k = 8960000 \frac{Hman \cdot Q}{Wr^2 \cdot Ef \cdot N^2}$$

$$k = 8960000 \frac{25,46 \times 0,04608}{0,3032 \times 0,75(1750)^2}$$

$$k = 1,51$$

$Hman = 25,46$  m  
 $Q = 0,04608$  m<sup>3</sup>/s  
 $Wr^2 = 0,3032$   
 $Ef = 0,75$  (rendimento)  
 $N = 1750$  rpm

- Determinação de  $\tau$  (adimensional)

$$\tau = \frac{1}{k \frac{2L}{a}}$$

$$\tau = \frac{1}{1,51 \frac{2 \times 250}{619 \times 18}} \quad L = 250 \text{ m}$$

$$\tau = 0,82$$

- Rotor de perda de carga ( $Hf$ )

$$Hf = \frac{hf}{Hman}$$

$$Hf = \frac{1,95}{25,46} \quad hf = \text{perda de carga por atrito no trecho de recalque}$$

$$Hf = 0,076 \cong 0$$

- Pressão mínima, tendo:

$$\rho = 1,0$$

$$\tau = 0,82$$

$$H_f = 0$$

Junto à bomba (P<sub>minb</sub>) → h<sub>d</sub> = 0,21

$$P_{minb} = h_d \times H_{man}$$

$$P_{minb} = 0,21 \times 25,46$$

$$P_{minb} = 5,34 \text{ m}$$

No ponto médio da tubulação (P<sub>mina</sub>) → h<sub>d</sub> = 0,50

$$P_{mina} = h_d \times H_{man}$$

$$P_{mina} = 0,5 \times 25,46$$

$$P_{mina} = 12,73 \text{ m}$$

- Pressão máxima, tendo:

$$\rho = 1,0$$

$$h_r = 1,46$$

$$H_{mr} = 1,27$$

Junto à bomba (P<sub>minb</sub>)

$$P_{minb} = h_r \times H_{man}$$

$$P_{minb} = 1,46 \times 25,46$$

$$P_{minb} = 37,17 \text{ m}$$

No ponto médio da tubulação (P<sub>mina</sub>)

$$P_{mina} = h_{mr} \times H_{man}$$

$$P_{mina} = 1,27 \times 25,46$$

$$P_{mina} = 32,33 \text{ m}$$

Conclusão: para as condições de operação previstas o equipamento de bombeamento poderia operar sem dispositivos de proteção anti-golpe, não obstante a pressão mínima verificada junto à bomba, por ocasião de um golpe de aríete máximo, estar abaixo da pressão atmosférica local, vez que a tubulação de recalque a ser utilizada, em polietileno de alta densidade, absorveria os efeitos da onda de pressão negativa, dado sua elevada elasticidade.

b) Trecho EEAT → RAd

Dados: L = 8123,4m

Q = 0,04528m³/s

Material: RPVC ou PFRV

PN 16

DN: 250

RE: 270

E = 9

DI = 252 mm

Celeridade da onda (a)

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \left( \frac{D}{e} \right)}}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 18 \left( \frac{0,252}{0,009} \right)}}$$

$$a = 421,26 \text{ m/s}$$

Estimativa das pressões mínimas e máxima, com emprego de dispositivo de proteção à bomba, no caso, válvula de retenção.

- Pressão mínima no barrilete, quando da ocorrência de um golpe de aríete máximo

- Sub-pressão ( $\Delta h$ )

$$\Delta h = -\frac{a}{g \cdot s} (Q_0 - Q)$$

$$\Delta h = -\frac{421,26}{9,81 \times 0,0499} \times 0,04528$$

$$\Delta h = -38,97 \text{ m}$$

$$a = 421,26 \text{ m/s}$$

$$S = 0,0499 \text{ m}^2$$

$$Q_0 = 0,042528 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0$$

- Sobre-pressão

$$\Delta h = \frac{av}{g}$$

$$\Delta h = \frac{421,26 \times 0,9}{9,81}$$

$$\Delta h = 38,64$$

então,

- Pressão mínima (Hmin)

$$H_{min} = H_{man} - \Delta h$$

$$H_{min} = 112,00 - 38,97$$

$$H_{min} = 73,03 \text{ m}$$

- Pressão Máxima (Hmax)

$$H_{max} = H_{man} + \Delta h$$

$$H_{max} = 112,00 + 38,64$$

$$H_{max} = 150,64 \text{ m}$$

Conclusão: com a instalação de uma válvula de retenção junto à bomba, o motor desta estará protegido contra uma reversão no sentido de rotação de seu eixo, em decorrência da inversão do fluxo d'água quando de corte de energia elétrica.

Quanto a tubulação deverá ter, esta, pressão nominal de 1.6 Mpa (PN 16), com o que estará protegida contra uma sobre-pressão máxima.

- Ponto até ao qual se estenderão os efeitos de um golpe de aríete máximo, considerando em 10 s o tempo de fechamento total de uma válvula de retenção instalada junto à bomba.

$$L_2 = \frac{at}{2}$$

$$L_2 = \frac{421,26 \times 10}{2}$$

$$L_2 = 2106,30$$



$$L_1 = L - L_2$$

$$L_1 = 8163,4 - 2106,30$$

$$L_1 = 6057,10 \text{ m} \rightarrow \text{Est. } 302 + 17,10 \text{ m}$$

No Quadro 18.0 estão apresentados os valores de cotas piezométricas de operação, máxima e mínima, relacionadas a pontos significativos do caminhamento da adutora: trecho Xique-xique – RAd, referentes às condições de funcionamento do sistema no ano de 2032.

Pela observação dos dados contidos no citado Quadro ( cotejo entre cota do terreno natural e cotas piezométricas máximas e mínimas ) não haverá problemas no sistema, quanto a sobrepressão ou subpressão, dentro dos limites de operação previstos.

QUADRO 18.xls



## 7.2 - ADUÇÃO

## 7.2 - ADUÇÃO

### 7.2.1 - Estudo do Diâmetro Econômico

#### 7.2.1.1 - 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 e manutenção). 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 da tubulação. Os estudos foram realizados considerando um único bombeamento, correspondente ao trecho EEAT – RAd, já que do reservatório apoiado de distribuição em diante o fluxo se dará por gravidade.

Para a determinação da localização do reservatório apoiado de distribuição e definição da sua cota de operação, procedeu-se a um estudo econômico tendo em vista minimização dos custos totais de implantação, manutenção e operação.

Para tanto foi calculada a perda de carga no trecho RAd – Ipaumirim, para os diâmetros de 200 e 250mm, correlacionando-a com a cota referente a carga hidrodinâmica exigida no RAd - para o escoamento gravitativo até a cidade de Ipaumirim - e correlacionando esta cota com a potência exigida no equipamento instalado na EEAT.

Já para o trecho III (RAd - RE de Umari) adotou-se o menor diâmetro , cuja perda de carga é vencida pela carga disponível no ponto de derivação.

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 do 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:

$$D(m) = 1,2 \sqrt{Q (m^3/s)}$$

#### 7.2.1.2 - 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\$/kWmês
- 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(2012)
- Vazão de recalque da 2ª Etapa.....Q(2022)
- Vazão de recalque da 3ª Etapa.....Q(2032)
- Diâmetro (fórmula Bresse - Q(2032)).....D(mm)
- Material da tubulação.....PVC ou RPVC

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

Fórmula universal de perda de carga:

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

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 consumida em cada simulação será calculada pela seguinte fórmula:

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

Onde:

PB = Potência consumida pelo sistema (kW)

$\gamma$  = Peso específico da água (1000 kgf/m<sup>3</sup>)

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

H = Altura manométrica total (m)

n = Rendimento da bomba (60%)

Na Figura 8.0 pode-se visualizar o diagrama das vazões e comprimentos dos trechos estudados.

FIGURA 7.0

Alt de captação-P.dwg

### 7.2.1.3 - Simulações

↔ TRECHO I / TRECHO II

#### a) Dados

- Trecho.....EEAT – RAD
- Extensão.....8.115,00 m
- Vazão máxima diária da 1ª Etapa (Q(max. Diária).....32,06 l/s
- Vazão máxima diária da 2ª Etapa (Q(max. Diária).....39,02 l/s
- Vazão máxima diária da 3ª Etapa (Q(max. Diária).....45,28 l/s
- Diâmetro (fórmula Bresse - Q= 45,28 l/s).....0,255 m

#### b) Resultados

Conforme definido anteriormente, foram estudados 04 (quatro) diâmetros, tendo como base o diâmetro encontrado pela fórmula de Bresse. Assim sendo, simularam-se os diâmetros de 150, 200, 250 e 300 mm. Vale ressaltar que a vazão usada foi a do Trecho I, uma vez que a vazão retirada para a localidade de Baixada Grande é pequena, não alterando significativamente o valor do diâmetro encontrado inicialmente com a fórmula de Bresse. Os custos totais incluindo investimento e energia, sendo este último considerado no período de 30 anos, são apresentados no valor presente com taxa de 12% a.a., e estão resumidos a seguir:

- DN = 150 mm ..... R\$
- DN = 200 mm ..... R\$
- DN = 250 mm ..... R\$
- DN = 300 mm ..... R\$

Adotou-se o diâmetro de 250 mm.

As planilhas de cálculo com os resultados e os resumos dos mesmos são apresentados no Anexo 3.

## ↔ TRECHO IV / TRECHO V

## a) Dados

- Trecho..... RAd – RA de Ipaumirim
- Extensão.....13.177,40 m
- Vazão máxima diária da 1ª Etapa (Q(max. Diária).....21,85 l/s
- Vazão máxima diária da 2ª Etapa (Q(max. Diária).....26,63 l/s
- Vazão máxima diária da 3ª Etapa (Q(max. Diária).....30,91 l/s
- Diâmetro (fórmula Bresse -  $Q = 30,91$  l/s).....0,211 m

## b) Resultados

Conforme definido anteriormente, foram estudados 02 (dois) diâmetros, tendo como base o diâmetro encontrado pela fórmula de Bresse. Assim sendo, simularam-se os diâmetros de 200 e 250 mm. Os custos totais incluindo investimento e energia, sendo este último considerado no período de 30 anos, são apresentados no valor presente com taxa de 12% a.a., e estão resumidos a seguir:

- DN = 200 mm ..... R\$
- DN = 250 mm ..... R\$

Adotou-se o diâmetro de 200 mm.

As planilhas de cálculo com os resultados e os resumos dos mesmos são apresentados no Anexo 3.

### 7.2.2 - Movimento de Terra

Nos trechos I e II a tubulação adutora será assentada numa vala de dimensões médias – profundidade de 1,10 m e largura de 0,70 m – sobre camada de 0,10 m de areia fina quando a escavação for em material de 2ª e 3ª categoria.

Nos demais trechos as dimensões serão de 1,0 m de profundidade e 0,6 m de largura.

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

Categoria	Volume (m3)	%
1ª	4.485,00	20
2ª	15.700,00	70
3ª	2.242,90	10

### 7.2.3 - Localização das Obras Cívís

As obras previstas são as que se listam no Quadro abaixo, com respectivas localizações.

OBRA	LOCAL
EEAB	Barragem Jenipapeiro
EEAT/ETA	Barragem Jenipapeiro
RAd	Serrote próximo a Baixio
Caixas de registros e ventosas	Ao longo da adutora
Bloco de ancoragem	Deflexões
RA e RE	Cidades e povoados

## 7.3 - TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA

### 7.3.1 - Análise físico-química da Água

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 28/11/2001 no rio Jenipapeiro, município de Baixio, próximo ao local do barramento, a qual está apresentada no Quadro 19.0 e Anexo 7.

#### QUADRO 19.0 - CARADTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MUNDAÚ

Parâmetros	Índice	
	Amostra	Limite
Turbidez	23,30	5
Cor	140,0	15
Odor	Vegetal	inodoro
pH	7,72	6,8 - 7,5
Alcalinidade Hidróxidos	0	
Alcalinidade Carbonatos	0	



Parâmetros	Índice	
	Amostra	Limite
Alcalinidade Bicarbonatos	197,0mgCaCO <sup>3</sup> /L	
Dureza	116,0mg CaCO <sup>3</sup> /L	500
Cálcio	24,8 mg Ca/L	
Magnésio	12,9 mg Mg/L	150
Condutividade	583,0 mS/cm	750
Cloretos	48,0 mg Cl-/L	250
Cloro residual	Ausência	0,5
Sulfatos	12,558mg S0=4/L	250
Ferro	1,16 mg Fe/L	0,10
O <sub>2</sub> consumido	27,50 mg O <sub>2</sub> /L	1,5
Sódio	55,4 mg Na/L	
Potássio	39,4 mg K/L	
Nitritos	0,17 mg N-NO-2/L	0
Nitratos	2,13 mg N-NO-3/L	45
Amônia	0,40 mg N-NH-3/L	0
Sólidos Totais	303,0 mg STD/L	500
Alumínio	Ausente	

FONTE: CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

Com base na análise procedida a água do referido açude pode ser utilizada desde que submetida a tratamento adequado, tendo em vista alguns elementos excederem os limites toleráveis, que são: turbidez, cor, ferro, nitrito, amônia e oxigênio consumido. Os elevados teores desses elementos, caracterizam uma alta presença de matéria orgânica, possivelmente resultante de vegetais em decomposição na coleção d'água pesquisada. Vale ressaltar que com a construção do açude deverá ser coletada água deste com intuito de se obter uma análise físico-química mais representativa da água a ser tratada.

Um processo de tratamento à base de filtração e cloração poderá enquadrá-la nos padrões de potabilidade determinados pela legislação em vigor (Portaria n.º 36/90 do Ministério da Saúde).

### 7.3.2 - Tratamento proposto

Para o tratamento da água será projetada uma ETA compacta do tipo filtração direta ascendente, composta de uma câmara de carga (torre piezométrica), três filtros de corrente ascendente, também conhecidos por clarificadores de contato e casa de química.

### 7.3.3 - Pré-dimensionamento dos Filtros

a) Parâmetros adotados:

- Q (1ª Etapa).....32,65 l/s
- Q (2ª Etapa) .....39,71 l/s
- Q (3ª Etapa) .....46,08 l/s
- Tempo Máximo Diário de Operação da ETA (Td).....20 horas
- Taxa de Filtração Máxima Diária (Tf).....120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia

b) Área Filtrante Total(Aft)

$$Aft = \frac{Q}{Tf} = \frac{0,04608 \times 72000}{120} = 27,65m^2 \text{ (3ª Etapa)}$$

$$= \frac{0,03971 \times 72000}{120} = 23,83m^2 \text{ (2ª Etapa)}$$

$$= \frac{0,03265 \times 72000}{120} = 19,59m^2 \text{ (1ª Etapa)}$$

c) Número de Unidades (N)

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

$$c = \frac{72000 \times 27,65}{1.000.000} = 1,99 \text{ milhões de l/dia (3ª Etapa)}$$

$$N = 1,4 \sqrt{1,99} = 1,98 \text{ (3ª Etapa)}$$

Adotar-se-á 3 filtro para .....

d) Área do Filtro (Af)

$$Af = \frac{Aft}{N} = \frac{27,65}{3} = 9,22 \text{ m}^2 \text{ (3ª Etapa)}$$

e) Diâmetro de cada Filtro (Df)

$$Df = \sqrt{(4 * Af)/PI} = 3,43m$$

Adotado o diâmetro de 3,50m com área filtrante (Afa) de 9,62m<sup>2</sup>.

f) Taxa de Filtração Máxima na 3ª Etapa (Tf)

$$Tf = ((Q/1000) * Td * 3600) / (Afa * N) = 114,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ x dia}$$

### 7.3.4 - Estação Elevatória de Lavagem dos Filtros (EELF)

a) Vazão de lavagem (q):

$$q = v \times Afa$$

onde:  $v$  - velocidade de lavagem (m/s)

$Afa$  - área do filtro adotado (m<sup>2</sup>)

Sabe-se que:

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

Adotou-se  $v = 0,80 \text{ m/min}$

Então:

$$q = \frac{0,80 \times 9,62}{60} = 0,128 \text{ m}^3/\text{s}$$

Adotou-se  $q = 128 \text{ l/s}$ .

b) Volume de lavagem (V)

$$V = q \times T$$

onde:

$T$  - tempo de lavagem (s)

Sabe-se que:

$T \geq 10 \text{ min (NBR 12.216)}$ , então:

$$V = 0,128 \times 10 \times 60 = 76,8 \text{ m}^3.$$

c) Volume do Reservatório (RE) de Lavagem (Vre)

$$Vre = V \times 1.30 = 100 \text{ m}^3.$$

d) Vazão da Bomba da EELF (Qre)

Tempo de enchimento ( $Tenc$ ) = 60 min.

$$Qre = Vre / (Tenc \cdot 60) = 0,028 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ou } 28,00 \text{ l/s}$$

e) Potência dos Motores

No Quadro 20.0 estão apresentados o pré-dimensionamento e as características dos conjuntos motobomba de lavagem dos filtros.

QUADRO 20.0

Quadros.xls\quadro 20.0

## 7.4 - RESERVAÇÃO

### 7.4.1 - Critérios de Reservação

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

### 7.4.2 - Dimensionamento da Reservação

#### 7.4.2.1 - Fórmulas Utilizadas

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

onde: Q - vazão máxima diária (l/s);

Td - Tempo máximo de funcionamento diário.

#### 7.4.2.2 - Reservação Complementar

No Quadro 21.0 fez-se um cotejo entre a reservação existente e a necessária para armazenamento diário, onde se constata a necessidade já na 1ª Etapa de ampliação da reservação nas três cidades.

**QUADRO 21.0 - VOLUMES DE RESERVAÇÃO EXISTENTES E NECESSÁRIOS - m3**

LOCALIDADE	EXISTENTE			RESERVA NECESSÁRIA			DEFICT		
	RA	RE	TOTAL	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Ipaumirim	0,00	200,00	200,00	326,17	397,60	461,43	126,17	197,60	261,43
Baixio	0,00	100,00	100,00	198,18	241,59	280,37	98,18	141,59	180,37
Umari	0,00	100,00	100,00	220,62	268,93	312,10	120,62	168,93	212,10
Baixada Grande	0,00	0,00	0,00	24,35	28,26	32,80	24,35	28,26	32,80
Xique-Xique	0,00	0,00	0,00	14,31	16,60	19,27	14,31	16,60	19,27
<b>TOTAL</b>				<b>783,63</b>	<b>952,98</b>	<b>1.105,97</b>	<b>383,63</b>	<b>552,98</b>	<b>705,97</b>

RA - Reservatório apoiado

RE - Reservatório elevado

O Quadro 22.0 apresenta o cálculo do volume de água flutuante, que corresponde ao percentual do volume necessário de armazenamento – 1/3 da demanda diária – que estará disponível a população por gravidade.

Analisando os Quadros 21.0 e 23.0, constata-se que, para cada cidade a reservação existente em reservatório elevado já comporta o volume flutuante no ano de horizonte do projeto, seria necessário apenas a construção de reservatórios apoiados para a complementação do volume necessário de armazenamento diário.

QUADRO 22.0 (FLUTUAÇÃO.xls/plan1)

### QUADRO 23.0 -VOLUME FLUTUANTE - m<sup>3</sup>

LOCALIDADE	VOLUME FLUTUANTE		
	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Ipaumirim	54,36	66,27	76,91
Baixio	33,03	40,26	46,73
Umari	36,77	44,82	52,02
Baixada Grande	4,06	4,71	5,47
Xique-Xique	2,38	2,77	3,21
<b>TOTAL</b>	<b>130,60</b>	<b>158,83</b>	<b>184,33</b>

RAd - Reservatório apoiado de distribuição

RA - Reservatório apoiado

RE - Reservatório elevado

No entanto, para atender às peculiaridades topográficas locais, deverão ser construídos novos reservatórios em pontos mais elevados nas cidades de Ipaumirim e Baixio, tendo em vista a expansão da rede de distribuição e satisfazer o atendimento de zonas da cidade de cotas mais elevadas, principalmente em Ipaumirim.

Assim em Ipaumirim deverá ser construído um reservatório apoiado de 100 m<sup>3</sup>, que fará as vezes de reservatório elevado, localizado em ponto situado, altimetricamente, 16,4 m acima do ponto em que está o RE existente.

Na cidade de Baixio deverá ser construído um reservatório elevado de 75 m<sup>3</sup> em ponto localizado, altimetricamente a 4,5 m acima do local do RE existente.

O volume que deveria ser armazenado em reservatórios apoiados nas três cidades será concentrado no reservatório apoiado de distribuição já mencionado no item 6 - Delineamento do Projeto Proposto. O volume deste reservatório será 498,91m<sup>3</sup> – ano de horizonte do projeto, conforme o Quadro 24.0, recomendando, no entanto, a construção de um reservatório de 500m<sup>3</sup> de capacidade.

Para a localidade de Xique-xique será construído um reservatório elevado de 20 m<sup>3</sup>, que corresponde ao volume total de armazenamento, enquanto que para Baixada Grande deverá ser construído um reservatório de 35 m<sup>3</sup>, ao qual estará conectado um chafariz.

No Quadro 24.0 encontra-se a capacidade de acumulação dos reservatórios a construir.

Quadro 24



## 8 - OPERAÇÃO DO SISTEMA

## 8 - OPERAÇÃO DO SISTEMA

A operação do sistema estará concentrada no edifício da EEAT.

Ali estarão localizados os equipamentos de controle e proteção hidromecânicos e elétricos da EEAT e o equipamento elétrico de comando e proteção do equipamento de bombeamento instalado sobre a base flutuante (EEAB).

Inicialmente este último aduzirá água até a câmara de carga da ETA, de onde depois de tratada em filtros de fluxo ascendente a água passará por gravidade para um reservatório apoiado, após o que será aduzida para a um reservatório apoiado localizado em um morro próximo a cidade de Baixio. A partir desse reservatório a água será aduzida por gravidade até atingir os reservatórios elevados e apoiados, localizados em cada localidade beneficiada pelo projeto.

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

- Motores da EEAB
  - desligamento: por relé de contato na câmara de carga;
  - partida: por ação de pressostato no barrilete;
- Motores da EEAT
  - partida e desligamento: por relé de contato no reservatório apoiado na ETA/EEAT.

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

## 9 - AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS ESTUDADAS

## 9 - AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS ESTUDADAS

### 9.1 - INVESTIMENTOS

Os custos de investimento foram obtidos a partir de estimativa do custo das obras e de aquisição de equipamentos para cada alternativa, os quais estão apresentados no Anexo 1.

### 9.2 - CUSTO ANUAL DE MANUTENÇÃO

O custo de manutenção para a primeira alternativa foi estimada em 4% (flutuante) e para a segunda em 3% (tomada d'água) sobre o investimento inicial de implantação da captação. Para a adutora a estimativa de manutenção foi de 1,5%.

O custo total anual de manutenção do projeto é apresentado nos Quadros 25.0 e 26.0 e na planilha do diâmetro econômico proposto no Anexo 2, sendo consolidado no Quadro 28.0.

### 9.3 - CUSTO ANUAL DE OPERAÇÃO

Para operação do sistema foi adotada uma equipe mínima, de acordo com a necessidade exigida pelo número de unidades que requeiram operação e manobras freqüentes, conforme se apresenta no Quadro 27.0. Vale ressaltar que a equipe proposta refere-se a operação de todo o sistema de captação, reelevatória, adução e tratamento.

**QUADRO 27.0 - CUSTO DA EQUIPE DE OPERAÇÃO**

Discriminação	Custo/mês R\$	Quantidades		Custo anual	
		Alternativa I	Alternativa II	Alternativa I	Alternativa II
Engenheiro	1.500,00	1,00	1,00	36.000,00	36.000,00
Aux. Técnico	450,00	2,00	2,00	21.600,00	21.600,00
Operário	180,00	4,00	4,00	17.280,00	17.280,00
Veículo	1.500,00	2,00	2,00	43.200,00	43.200,00
<b>Total</b>				<b>118.080,00</b>	<b>118.080,00</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.

### 9.4 - 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 do plano), coeficiente este multiplicado por 7300 horas (total anual).

O custo total anual de energia do projeto é apresentado nos Quadros 25.0 e 26.0 e na planilha do diâmetro econômico proposto no Anexo 2, sendo consolidado no Quadro 28.0.

### 9.5 - 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 24.0 e 25.0 e no custo total das alternativas sintetizado no Quadro 27.0.

#### QUADRO 28.0 - CUSTO TOTAL DAS ALTERNATIVAS EM R\$

ALTERNATIVA	INVESTIMENTO	OPERAÇÃO	MANUTENÇÃO	ENERGIA	TOTAL
I	2.469.505,04	951.156,12	234.614,18	459.872,05	4.115.147,38
II	2.473.635,46	951.156,12	231.028,65	464.998,89	4.120.819,12

Obs: os valores no Quadro acima referem-se ao custo global da adutora.

### 9.6 - 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 implantação, vez que elimina a construção de uma casa de bomba para abrigo do equipamento de bombeamento e equipamento elétrico de comando e proteção dos motores (na alternativa escolhida o equipamento elétrico estará abrigado na EEAT).
- Não sofre interferência do manuseio 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.

## QUADRO 25.0

Custo das alt de cap-P.xls\custo alt.l

QUADRO 26.0

Custo das alt de cap-P.xls\custo alt.II

## ANEXO 1 – ESTIMATIVAS DE INVESTIMENTO DAS ALTERNATIVAS



Orç. das alternativas-P.xls\plan1(2)

ESTIMATIVA DE CUSTO DAS ALTERNATIVAS DE CAPTAÇÃO

PÁG.1/2

Orç. das alternativas-P.xls\plan1(2)

PÁG 2/2

## ANEXO 2 – ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO

ANEXO 2A– TRECHO I/II

Resumo do d-econ-P..xlstrecho I-II

D-econ2-P.xls\D1

D-econ2-P.xls\D2

D-econ2-P.xls\D3



D-econ2-P.xls\D4

ANEXO 2B– TRECHO IV/V

Resumo do d-econ-P..xlstrecho IV-V

D-econ-recalque.xls\D1

D-econ-recalque.xls\D2

## ANEXO 3 – FICHA DE ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA

## Ficha de análise físico-química da água