

**MÓDULO V**  
**PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE IPAUMIRIM/BAIXIO/UMARI**

**VOLUME III – DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO**

**TOMO 2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Rev.	Data	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.
00	Jun/2002	1ª Edição	Consórcio	TAD	NKT	NKT
01	Dez/2002	Projeto Final	Consórcio	TAD	NKT	NKT

## ÍNDICE

## ÍNDICE

<b><u>APRESENTAÇÃO</u></b> .....	<b>4</b>
<b><u>1 - INTRODUÇÃO</u></b> .....	<b>7</b>
<b><u>2 - MEMÓRIA DE CÁLCULO</u></b> .....	<b>12</b>
<b><u>2.1 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA (EEAB)</u></b> .....	<b>13</b>
<b><u>2.1.1 - Dimensionamento do Flutuante</u></b> .....	<b>13</b>
<b><u>2.1.2 - Dimensionamento dos Conjuntos Motobomba</u></b> .....	<b>13</b>
<b><u>2.2 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA (EEAT)</u></b> .....	<b>24</b>
<b><u>2.2.1 - Dimensionamento dos Conjuntos motobomba</u></b> .....	<b>24</b>
<b><u>2.3 - ADUÇÃO</u></b> .....	<b>35</b>
<b><u>2.3.1 - Definição dos Diâmetros</u></b> .....	<b>35</b>
<b><u>2.3.2 - Blocos de Ancoragem</u></b> .....	<b>35</b>
<b><u>2.3.3 - Avaliação do Transiente Hidráulico e Equipamento de Proteção</u></b> .....	<b>35</b>
<b><u>2.4 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA</u></b> .....	<b>36</b>
<b><u>2.4.1 - Generalidades</u></b> .....	<b>36</b>
<b><u>2.4.2 - Dimensionamento dos Filtros</u></b> .....	<b>37</b>
<b><u>2.4.3 - Dimensionamento da Estação Elevatória de Lavagem dos Filtros (EELF)</u></b> .....	<b>39</b>
<b><u>2.4.4 - Quantidade de Produtos Químicos</u></b> .....	<b>42</b>
<b><u>2.5 - RESERVAÇÃO</u></b> .....	<b>42</b>
<b><u>2.5.1 - Critérios de Reservação</u></b> .....	<b>42</b>
<b><u>2.5.2 - Dimensionamento da Reservação</u></b> .....	<b>42</b>
<b><u>2.6 - PROJETO ELÉTRICO</u></b> .....	<b>45</b>
<b><u>2.6.1 - Objetivo</u></b> .....	<b>45</b>
<b><u>2.6.2 - Sistema Elétrico da COELCE</u></b> .....	<b>45</b>
<b><u>2.6.3 - Memória de Cálculo da Casa de Química (Iluminação)</u></b> .....	<b>46</b>
<b><u>2.6.4 - Memória de Cálculo da ETA/EEAT (Iluminação)</u></b> .....	<b>49</b>
<b><u>2.6.5 - Memória de Cálculo da EEAB/EEAT (CCM)</u></b> .....	<b>53</b>
<b><u>2.6.6 - Potencia do Transformador de Força</u></b> .....	<b>60</b>
<b><u>3 - ANEXO I – ESTABILIDADE DO FLUTUANTE</u></b> .....	<b>61</b>
<b><u>4 - ANEXO II – TRANSIENTE HIDRÁULICO</u></b> .....	<b>66</b>
<b><u>5 - ANEXO III - CURVA DAS BOMBAS</u></b> .....	<b>72</b>

## APRESENTAÇÃO

## APRESENTAÇÃO

Os serviços executados pelo Consórcio JP ENGENHARIA – AGUASOLOS – ESC/TE, no âmbito do Contrato nº 005/PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH/2001, assinado em 22/03/2001 com a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH-CE), tem como objeto a Elaboração dos Estudos de Viabilidades Técnicas, Ambientais e Econômicas, EIA's-RIMA's, Projetos Executivos, Levantamentos Cadastrais e Planos de Reassentamentos de Populações, Manuais de Operação e Manutenção e Avaliação Financeira e Econômica, referentes às Barragens GAMELEIRA, TRAIRI, JENIPAPEIRO, MARANGUAPE I e MARANGUAPE II e Aduadoras de ITAPIPOCA, TRAIRI, IPAUMIRIM/BAIXIO/UMARI e MARANGUAPE/SAPUPARA/URUCARÁ/LADEIRA GRANDE, no Estado do Ceará.

Os estudos desenvolvidos, em atendimento aos Termos de Referência, são constituídos por atividades multidisciplinares que permitem a elaboração de relatórios específicos organizados em Módulos, Volumes e Tomos. As partes e tomos que compõem o acervo do contrato são os apresentados na seqüência:

### Módulo I – Estudos de Alternativas de Localização das Barragens e Aduadoras

VOLUME I – Estudo de Alternativas e Opções para a Localização dos Eixos Barráveis e Aduadoras

### Módulo II – Estudos dos Impactos Ambientais

VOLUME I – Estudos dos Impactos Ambientais - EIA

VOLUME II – Relatório dos Estudos dos Impactos Ambientais - RIMA

### Módulo III – Projeto Executivo das Barragens

VOLUME I – Estudos Básicos

Tomo 1 – Relatório Geral

Tomo 2 – Estudos Hidrológicos

Tomo 3 – Estudos Cartográficos

Tomo 4 – Estudos Topográficos

Tomo 5 – Estudos Geológicos e Geotécnicos

VOLUME II – Anteprojeto

Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral

Tomo 2 – Plantas

### 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

Tomo 6 – Plantas

### Módulo IV – Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento

#### VOLUME I – Levantamento Cadastral

Tomo 1 – Relatório Geral

Tomo 2 – Laudos Individuais de Avaliação

#### VOLUME II – Plano de Reassentamento

Tomo 1 – Diagnóstico Socioeconômico

Tomo 2 – Detalhamento do Plano de Reassentamento

### Módulo V – Projeto Executivo das Adutoras

#### VOLUME I – Estudos Básicos - Levantamentos Topográficos e 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

Tomo 5 – Plantas

### 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

O presente relatório é denominado *Volume III – Detalhamento do Projeto Executivo, Tomo 2 – Memória de Cálculo da Adutora de Ipaumirim/Baixio/Umari*, e é parte integrante do *Módulo V*.

## 1 - INTRODUÇÃO

## 1 – INTRODUÇÃO

O presente documento trata da Memória de Cálculo do Detalhamento do Projeto Executivo da Adutora do Sistema de Abastecimento D'água dos municípios de Ipaumirim, Baixio e Umari.

Referida adutora tem por meta o suprimento das cidades de Ipaumirim, Baixio e Umari e localidades de Xique-xique e Baixio Grande, com água tratada, levando em conta a garantia de suprimento e os padrões de qualidade estabelecidos pela legislação vigente.

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

As coordenadas geográficas e altitudes das sedes municipais são:

- Ipaumirim

Latitude: 6°47'23”

Longitude: 38° 43'09”

Altitude: 275,00 m

- Baixio

Latitude: 6°43'48”

Longitude: 38° 43'01”

Altitude: 269,00 m

- Umari

Latitude: 6°38'52”

Longitude: 38° 42'00”

Altitude: 280,00 m

A distância entre Fortaleza e a cidade de Baixo, que ocupa a posição intermediária dentre as três cidades é de 427 Km, sendo 413 Km pela BR 116 e 14 km pela CE-286.

Segundo o IBGE, a população radicada nas localidades a atender com o sistema ora projetado, era no ano 2000, por ocasião do último censo, a seguinte:

Cidade de Ipaumirim	4.512 habitantes
Cidade de Baixo	2.574 habitantes
Cidade de Umari	2.734 habitantes
Xique-xique	235 <sup>(*)</sup> habitantes
Baixo Grande	400 <sup>(*)</sup> habitantes

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

Na Figura 1.0 é apresentado um mapa onde se visualiza a posição geográfica dos municípios de Ipaumirim, Baixo e Umari em relação ao Estado do Ceará e a localização da barragem Jenipapeiro.

A Figura 2.0 mostra o traçado da adutora, com indicação das localidades beneficiadas pela mesma.

---

(\*) Obtido através de contagem das moradias, considerando 5 pessoas por habitação

## FIGURA 1.0 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO

## FIGURA 2.0 - MAPA DE TRAÇADO DA ADUTORA

## 2 - MEMÓRIA DE CÁLCULO

## 2 - MEMÓRIA DE CÁLCULO

### 2.1 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA (EEAB)

#### 2.1.1 - Dimensionamento do Flutuante

No Anexo-I ao presente relatório encontram-se os dados para dimensionamento do flutuante e verificação de sua estabilidade.

#### 2.1.2 - Dimensionamento dos Conjuntos Motobomba

##### 2.1.2.1 - Altura Manométrica Total: AMT

###### a) Perda de carga distribuída ( $h_d$ )

Para o cálculo das perdas de carga distribuídas ( $h_d$ ) do sistema foram usadas 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:

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

- \* Equação da continuidade:

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

Onde:

F = fator de Colebrook;

D = diâmetro (m);

K = coeficiente de rugosidade (mm);

$\lambda$  = viscosidade cinemática do líquido ( $m^2/s$ );

L = comprimento do trecho (m);

V = velocidade da água (m/s);

g = aceleração da gravidade ( $m/s^2$ ).

A tubulação de recalque compreende 2 trechos:

- tubulação PEAD, DN 250; extensão: 80 m
- tubulação PVC DEFOFO, DN 200, extensão: 147 m

O valor do coeficiente de rugosidade adotado para as tubulações foi de 0,06.

b) Perda de carga localizada (h<sub>l</sub>)

Para o cálculo das perdas de carga localizadas (h<sub>l</sub>) do sistema foi usada a seguinte fórmula:

$$h_l = k \times \frac{V^2}{2g}$$

O Quadro 1.0 apresenta, na coluna: H<sub>f</sub> (m), os respectivos valores de h<sub>l</sub> e h<sub>d</sub> em função das vazões requeridas nas três etapas do projeto.

**QUADRO 1.0 - Perdas de Carga distribuídas e localizadas da EEAB**

PEÇA	K	D (mm)	1ª Etapa			2ª Etapa			3ª Etapa		
			Q(l/s)	V.(m/s)	Hf (m)	Q(l/s)	V.(m/s)	Hf (m)	Q(l/s)	V.(m/s)	Hf (m)
Válvula de pé com Crivo	0,75	200	30,94	0,98	0,10	35,84	1,14	0,10	40,82	1,30	0,10
Toco L=0,80m		200	30,94	0,98	0,10	35,84	1,14	0,10	40,82	1,30	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	30,94	0,98	0,10	35,84	1,14	0,10	40,82	1,30	0,10
Redução excêntrica	0,15	200x150	30,94	1,75	0,10	35,84	2,03	0,10	40,82	2,31	0,10
Total na sucção					0,40			0,40			0,40
Redução normal	0,30	200x100	30,94	3,94	0,30	35,84	4,56	0,40	40,82	5,20	0,50
Curvas de 90°	0,40	200	30,94	0,98	0,10	35,84	1,14	0,10	40,82	1,30	0,10
Toco L=1,00m		200	30,94	0,98	0,10	35,84	1,14	0,10	40,82	1,30	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	30,94	0,98	0,10	35,84	1,14	0,10	40,82	1,30	0,10
Toco L=1,00m		200	30,94	0,98	0,10	35,84	1,14	0,10	40,82	1,30	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	30,94	0,98	0,10	35,84	1,14	0,10	40,82	1,30	0,10
Válvula de retenção	2,50	200	30,94	0,98	0,20	35,84	1,14	0,20	40,82	1,30	0,30
Registro de gaveta	0,20	200	30,94	0,98	0,10	35,84	1,14	0,10	40,82	1,30	0,10
Toco L=1,00m		200	30,94	0,98	0,10	35,84	1,14	0,10	40,82	1,30	0,10
Curva de 45° (2)	0,30	200	30,94	0,98	0,10	35,84	1,14	0,10	40,82	1,30	0,10
Ampliação	0,15	200x250	30,94	0,63	0,10	35,84	0,73	0,10	40,82	0,83	0,10
Tubulação L=227m		250	30,94	0,63	0,73	35,84	0,73	0,96	40,82	0,83	1,23
Total no barrilete e tubulação de recalque					2,13			2,46			2,93

c) Desnível geométrico (Dg)

- Nível mínimo do plano d'água no açude (NA mínimo) .....251,50
- Nível máximo do plano d'água no açude (NA máximo) .....260,00
- Cota do terreno natural na ETA (TN.ETA).....263,00
- Altura da câmara de carga da ETA (Hcc).....7,00m

Dg= (263,00+7,00) – 251,50 =18,50 m

#### d) Determinação da AMT

Para o cálculo da altura manométrica total foi usada a seguinte fórmula:

$$AMT=(h_l)+(h_d)+(D_g)$$

#### 2.1.2.2 - Potência dos Motores

A potência dos conjuntos motobomba foi calculada pela expressão:

$$P = \frac{y \times Q \times AMT}{75 \times n} \times f$$

Onde:

P = Potência (CV);

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

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

AMT = Altura manométrica total (m);

n = Rendimento da bomba (%);

f = fator de potência.

O Quadro 2.0 apresenta o dimensionamento dos conjuntos motobomba para cada etapa do projeto, assim como suas características operacionais.

## QUADRO 2.0

## 2.1.2.3 - Curva da bomba x curva do sistema

1º ESTÁGIO DE BOMBEAMENTO: EEAB (Flutuante) → ETA/EEAT

- 1ª Etapa

Curva da Bomba (Dados)

Q (m <sup>3</sup> /h)	H (m)
0,0	24,0
50,0	24,0
100,0	23,0
150,0	19,3
200,0	13,0

Curva do Sistema

$$H_{man} = H_0 + kQ^2$$

$$Q=111,38 \text{ m}^3/\text{h}$$

Característica do sistema

$$K=0,0002821$$

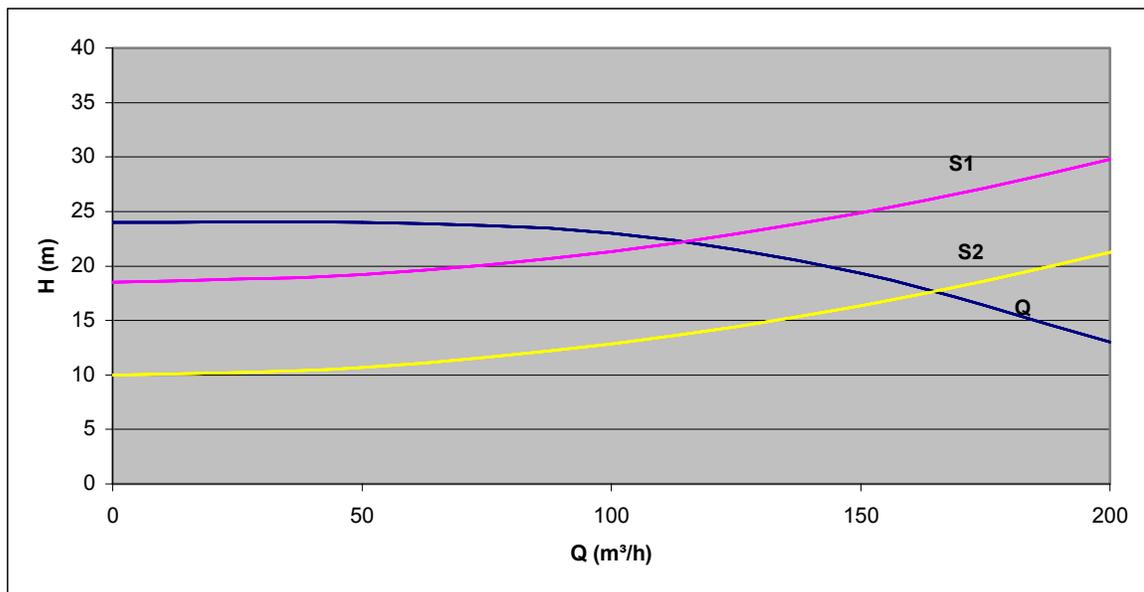
Curva do sistema para  $H_0=18,50$  m (Dados): Nível mínimo do plano d'água no açude.

Q (m <sup>3</sup> /h)	H <sub>man</sub>
0	18,50
50	19,20
100	21,32
111,38	21,99
150	24,85
200	29,78
250	36,13

Curva do sistema para  $H_0=10,0$  m (Dados): Nível máximo do plano d'água no açude.

Q (m <sup>3</sup> /h)	H <sub>man</sub>
0	10,00
50	10,70
100	12,82
111,38	13,49
150	16,35
200	21,28
250	27,63

CURVA DA BOMBA X CURVA DO SISTEMA



## - 2ª ETAPA

## Curva da Bomba (Dados)

Q (m <sup>3</sup> /h)	H (m)
0,0	25,3
50,0	26,2
100,0	25,7
129,4	24,0
150,0	22,4
200,0	16,0

## Curva do Sistema

$$H_{man} = H_0 + kQ^2$$

$$Q=129,02 \text{ m}^3/\text{h}$$

## Característica do sistema

$$K=0,0002103$$

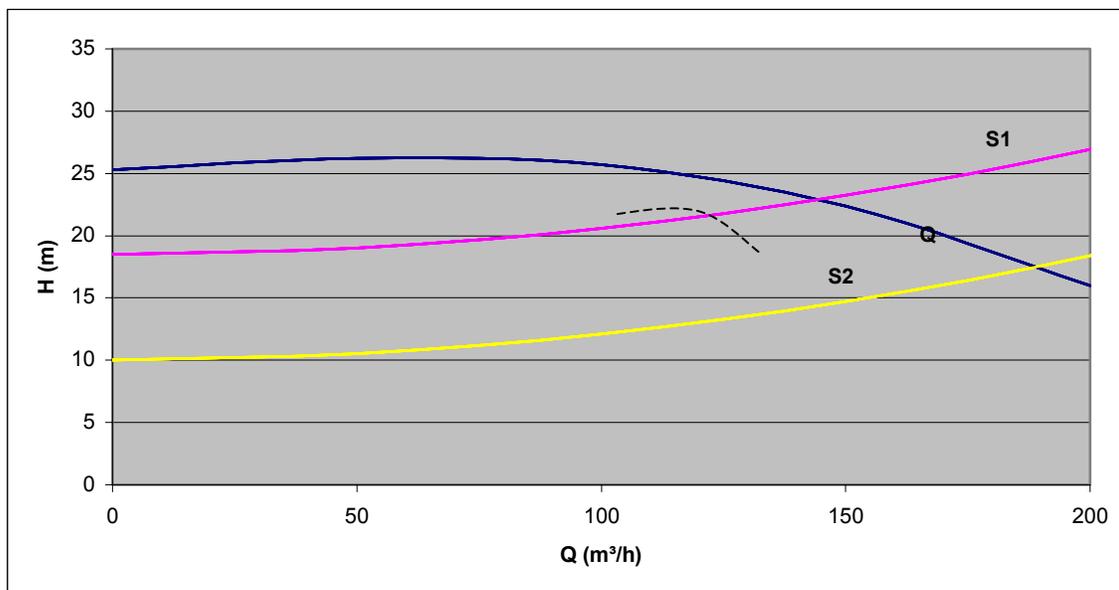
Curva do sistema para  $h_0=18,50$  m (Dados) :Nível mínimo do plano d'água no açude.

Q (m <sup>3</sup> /h)	H <sub>man</sub>
0	18,50
50	19,03
100	20,60
150	23,23
200	26,91
250	31,64

Curva do sistema para  $h_0=10,00\text{m}$  (Dados): Nível máximo do plano d'água no açude.

Q (m <sup>3</sup> /h)	H <sub>man</sub>
0	10,00
50	10,53
100	12,50
150	14,73
200	18,41
250	23,14

CURVA DA BOMBA X CURVA DO SISTEMA



## - 3ª ETAPA

## Curva da Bomba (Dados)

Q (m <sup>3</sup> /h)	H (m)
0,0	25,3
50,0	26,2
100,0	25,7
146,9	22,7
150,0	22,4
200,0	16,0

## Curva do Sistema

$$H_{man} = H_0 + kQ^2$$

$$Q=146,95 \text{ m}^3/\text{h}$$

## Característica do sistema

$$K=0,0001621$$

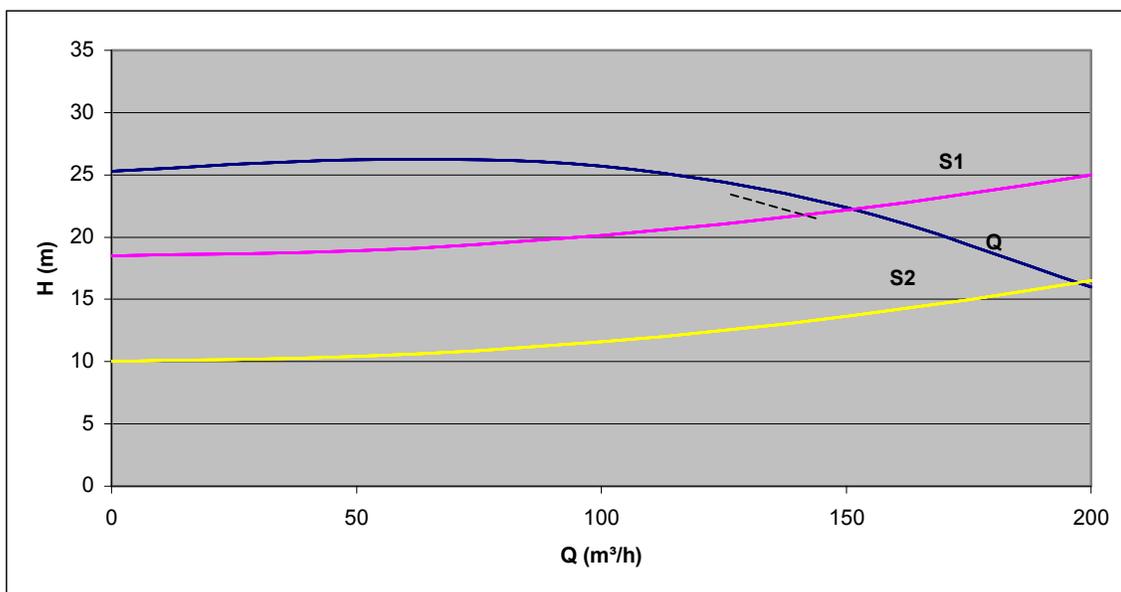
Curva do sistema para  $h_0=18,50$  m (Dados): Nível mínimo do plano d'água no açude.

Q (m <sup>3</sup> /h)	H <sub>man</sub>
0	18,50
50	18,90
100	20,12
150	22,15
200	24,98
250	28,63

Curva do sistema para  $h_0=10,00\text{m}$  (Dados): Nível máximo do plano d'água no açude.

Q (m <sup>3</sup> /h)	H <sub>man</sub>
0	10,00
50	10,40
100	11,62
150	13,65
200	16,48
250	20,13

CURVA DA BOMBA X CURVA DO SISTEMA



### 2.1.2.4 - Cavitação

Para um bom funcionamento do sistema de recalque é necessário que se verifiquem as seguintes condições:

a) Condição I

$$\text{N.P.S.H. (d)} \geq \text{N.P.S.H. (r)} + 0,50$$

b) Condição II

$$\text{N.P.S.H. (d)} \geq \text{N.P.S.H. (r)} \times 1,20$$

O cálculo do N.P.S.H.(d) é feito a partir da seguinte expressão:

$$\text{N.P.S.H. (d)} = \pm Z + \left[ \frac{P_a - P_v}{\gamma} \right] - h_s$$

Conforme o Quadro 3.0:

$$\text{NPSH(d) da 1ª ETAPA} = 8,12 \text{ m}$$

$$\text{NPSH(d) da 2ª ETAPA} = 8,12 \text{ m}$$

$$\text{NPSH(d) da 3ª ETAPA} = 8,12 \text{ m}$$

Z = altura de sucção

Pa = pressão atmosférica

Pv = pressão de vapor

y = peso específico da água

hs = perda de carga na sucção

Logo temos:

- Verificação quanto as condições operacionais da 1ª ETAPA

$$8,12 > 2,00 + 0,50 = 2,50$$

$$8,12 > 2,00 \times 1,20 = 2,40$$

- Verificação quanto as condições operacionais da 2ª ETAPA

$$8,12 > 2,50 + 0,50 = 3,00$$

$$8,12 > 2,50 \times 1,20 = 3,00$$

- 3 Verificação quanto as condições operacionais da 3ª ETAPA

$$8,02 > 3,00 + 0,50 = 3,50$$

$$8,02 > 3,00 \times 1,20 = 3,60$$

Conclui-se portanto que todas as condições foram atendidas.

## 2.2 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA (EEAT)

### 2.2.1 - Dimensionamento dos Conjuntos motobomba

#### 2.2.1.1 - Altura Manométrica Total: AMT

a) Perda de carga na sucção e barrilete ( $h_l$  e  $h_d$ )

Para o cálculo das perdas de carga localizadas ( $h_l$ ) do sistema foi usada a seguinte fórmula:

$$h_l = k \times \frac{V^2}{2g}$$

O Quadro 3.0 apresenta, na coluna  $H_f(m)$ , os respectivos valores de  $h_l$  e  $h_d$ , referentes à sucção e ao barrilete, em função das vazões requeridas nas três etapas do projeto.

**QUADRO 3.0 - Perdas de Carga Localizadas na EEAT**

PEÇA	K	DN (mm)	1ª Etapa			2ª Etapa			3ª Etapa		
			Q(l/s)	V.(m/s)	Hf (m)	Q(l/s)	V.(m/s)	Hf (m)	Q(l/s)	V.(m/s)	Hf (m)
Crivo	0,75	200	30,37	0,97	0,10	35,18	1,12	0,10	40,05	1,27	0,10
Toco L=0,70m		200	30,37	0,97	0,10	35,18	1,12	0,10	40,05	1,27	0,10
Registro de gaveta	0,20	200	30,37	0,97	0,10	35,18	1,12	0,10	40,05	1,27	0,10
Redução excêntrica	0,15	150	30,37	1,72	0,10	35,18	1,99	0,10	40,05	2,27	0,10
<b>Total na sucção</b>					<b>0,40</b>			<b>0,40</b>			<b>0,40</b>
Redução normal	0,30	100	30,37	3,87	0,30	35,18	4,48	0,40	40,05	5,10	0,40
Curvas de 90°	0,40	200	30,37	0,97	0,10	35,18	1,12	0,10	40,05	1,27	0,10
Junta de desmonte		200	30,37	0,97	0,10	35,18	1,12	0,10	40,05	1,27	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	30,37	0,97	0,10	35,18	1,12	0,10	40,05	1,27	0,10
Toco L=1,50m		200	30,37	0,97	0,10	35,18	1,12	0,10	40,05	1,27	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	30,37	0,97	0,10	35,18	1,12	0,10	40,05	1,27	0,10
Válvula de retenção	2,50	200	30,37	0,97	0,20	35,18	1,12	0,20	40,05	1,27	0,30
Registro de gaveta	0,20	200	30,37	0,97	0,10	35,18	1,12	0,10	40,05	1,27	0,10
Toco L=2,00m		200	30,37	0,97	0,10	35,18	1,12	0,10	40,05	1,27	0,10
Curva de 90°	0,30	200	30,37	0,97	0,10	35,18	1,12	0,10	40,05	1,27	0,10
Toco L=5,0m		200	30,37	0,97	0,10	35,18	1,12	0,10	40,05	1,27	0,15
Válvula de macromedicação	2,50	200	30,37	1,00	0,20	35,18	1,12	1,20	40,05	1,27	1,50
Registro de gaveta	0,20	200	30,37	0,97	0,10	35,18	1,12	0,10	40,05	1,27	0,10
<b>Total no barrilete</b>					<b>1,70</b>			<b>2,80</b>			<b>3,25</b>

b) Perda de carga distribuída ( $h_d$ ) na adutora e desnível geométrico ( $D_g$ )

As perdas de carga distribuídas ( $h_d$ ) do sistema foram determinadas a partir da fórmula universal com fator de atrito calculado pela fórmula de Colebrook, ambas apresentadas anteriormente no sub-item 2.1.1.1.

Nos Quadros 4.0 a 6.0 são apresentadas as perdas de carga ao longo da adutora, assim como o desnível geométrico e o cálculo das cotas piezométricas e das pressões necessárias para o funcionamento do sistema em cada etapa.

## QUADRO 4.0 Cota

## QUADRO 5.0

## QUADRO 6.0

### c) Determinação da AMT

Para o cálculo da altura manométrica total foi usada a seguinte fórmula:

$$AMT = (h_l) + (h_d) + (D_g)$$

#### 2.2.1.2 - Potência dos Motores

A potência dos motores foi determinada pela fórmula apresentada anteriormente no sub-item 2.1.1.2.

O Quadro 7.0 apresenta o dimensionamento dos conjuntos moto-bomba para cada etapa do projeto, assim como suas características operacionais. Na Figura 3.0 é apresentado o gráfico das cotas piezométricas para cada etapa do projeto.

## QUADRO 7.0

FIGURA 3.0 (Cota Piezometrica)

2.2.1.3 - Curva da bomba x curva do sistema

2º ESTÁGIO DE BOMBEAMENTO

EEAT (ETA) → Reservatório Apoiado de Distribuição - RAd

- 1ª Etapa

Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	H (m)
0,0	117,0
50,0	114,2
100,0	108,0
109,3	106,0
150,0	94,0
200,0	72,0
250,0	42,0

Curva do Sistema

$$H_{man} = H_0 + kQ^2$$

$$H_0 = 90,58 \text{ m}$$

$$Q = 109,33 \text{ m}^3/\text{h}$$

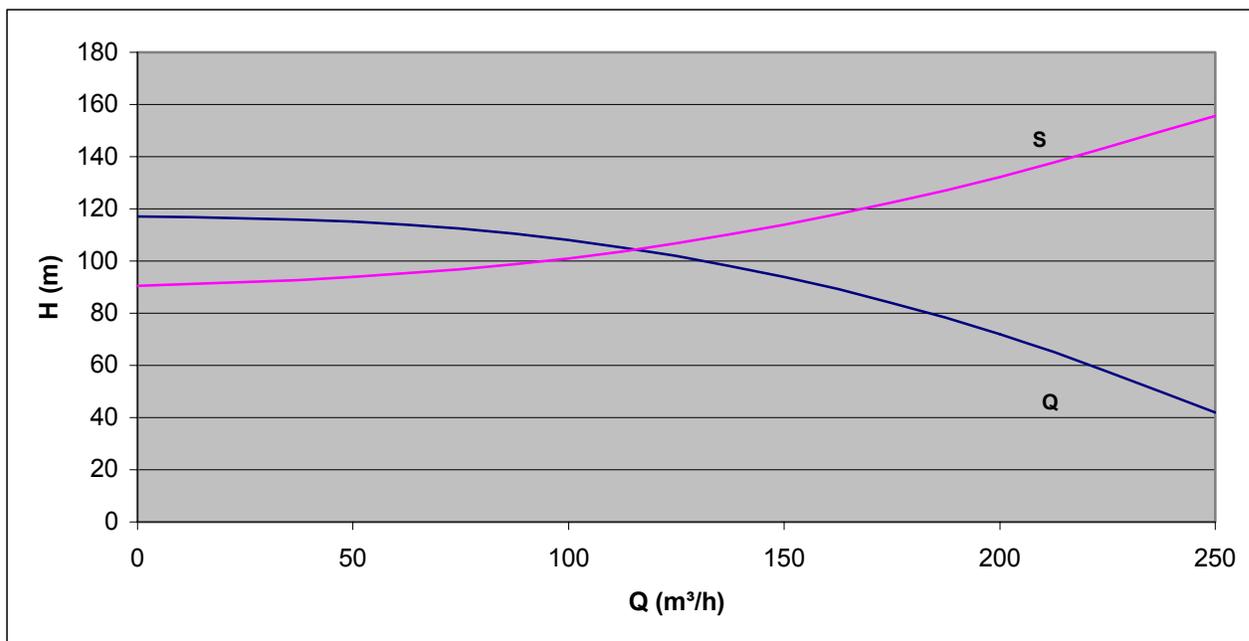
Característica do sistema

$$K = 0,0010391$$

Curva do sistema (Dados)

Q (m³/h)	H <sub>man</sub>
0	90,58
50	93,18
100	100,97
109,33	103,00
150	114,00
200	132,14
250	155,52

CURVA DA BOMBA X CURVA DO SISTEMA



- 2ª ETAPA

Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	H (m)
0,0	125,00
50,0	122,00
100,0	117,20
126,6	112,00
150,0	104,00
200,0	83,60
250,0	55,00

Curva do Sistema

$$H_{man} = H_0 + kQ^2$$

$$H_0 = 90,58 \text{ m}$$

$$Q = 126,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

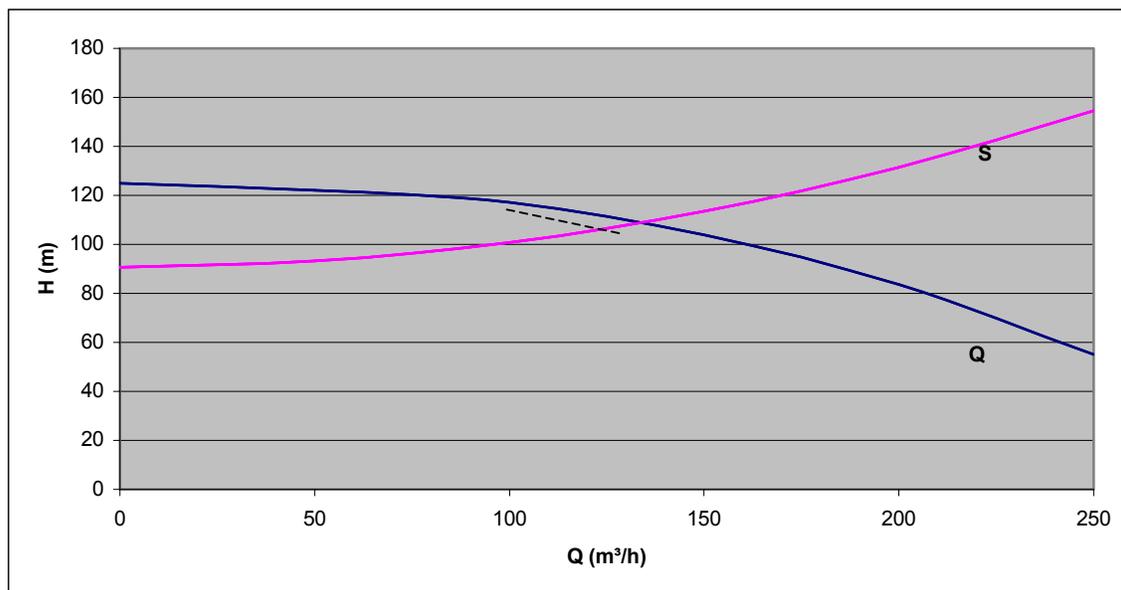
Característica do sistema

$$K = 0,0010237$$

Curva do sistema (Dados)

Q (m <sup>3</sup> /h)	H <sub>man</sub>
0	90,58
50	93,14
100	100,82
126,65	107,00
150	113,61
200	131,53
250	154,56

CURVA DA BOMBA X CURVA DO SISTEMA



- 3ª ETAPA

Curva da Bomba (Dados)

Q (m <sup>3</sup> /h)	H (m)
0,0	133,0
50,0	131,0
100,0	125,8
144,2	114,5
150,0	112,8
200,0	92,5
250,0	66,0

Curva do Sistema

$$H_{man} = H_0 + kQ^2$$

$$H_0 = 90,58 \text{ m}$$

$$Q = 144,18 \text{ m}^3/\text{h}$$

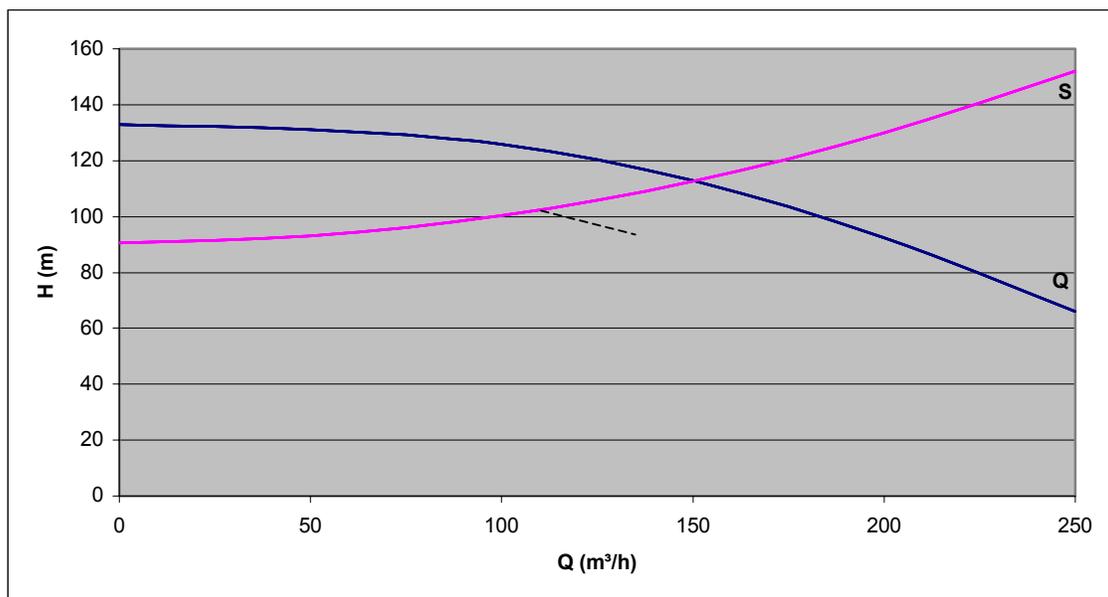
Característica do sistema

$$k = 0,0009823$$

Curva do sistema (Dados)

Q (m <sup>3</sup> /h)	H <sub>man</sub>
0	90,58
50	93,03
100	100,40
144,18	110,99
150	112,68
200	129,87
250	151,97

CURVA DA BOMBA X CURVA DO SISTEMA



## 2.3 - ADUÇÃO

### 2.3.1 - Definição dos Diâmetros

O diâmetro do sistema adutor foi estabelecido em função da análise econômica efetuada no estudo de concepção do projeto e do delineamento final adotado na presente fase do projeto executivo (Ver Vol. III, Tomo I, Fig. 3.0).

### 2.3.2 - Blocos de Ancoragem

Procedeu-se ao cálculo da ancoragem da adutora considerando:

a) o valor do empuxo hidráulico dado por:

$$E = 2 S P \operatorname{sen} \frac{\theta}{2}, \text{ onde:}$$

onde: E = Empuxo Hidráulico, Kg;  
S = Seção da tubulação em cm<sup>2</sup>;  
P = Pressão interna em kg/cm<sup>2</sup>;  
 $\theta$  = Ângulo da curva.

b)  $A = \frac{E}{\sigma_{adm}}$ , onde:

onde: A = área de contato, cm<sup>2</sup>;  
E = Empuxo, Kg;  
 $\sigma_{adm}$  = taxa admissível do terreno, Kg/cm<sup>2</sup>;

As dimensões dos blocos de ancoragem para cada conexão da adutora, constam da planta nº III-5-O-15/21-001.

### 2.3.3 - Avaliação do Transiente Hidráulico e Equipamento de Proteção

Segundo os estudos do Anteprojeto decidiu-se pela instalação de um reservatório apoiado em um ponto elevado (cota 348,575) a 8.089,0 metros do ponto de captação (cota 263,000), a partir do qual o fluxo far-se-á por gravidade até os pontos de entrega d'água. Fez-se então a avaliação do transiente hidráulico para este trecho que se estende da ombreira esquerda da Barragem Jenipapeiro, onde se situa a Estação Elevatória de Água Tratada-EEAT, ao Reservatório Apoiado de distribuição - RAD, localizado este último na estaca 15+8,40 m, do caminhamento do trecho em aclave, que tem origem na estaca 390+15,0 do levantamento do trecho Xique-xique (local da Barragem) à estaca 292+14, correspondendo esta última à estaca 488 do eixo adutor principal: Umari-Baixio-Ipaumirim.

A avaliação, procedida resultou na indicação de 2 (duas) obras para proteção do sistema:

- a) Um tanque unidirecional na estaca 221 (cota 305,897);
- b) Uma chaminé de equilíbrio localizada na estaca 14 (cota 310,730).

No Anexo II descreveram-se os procedimentos seguidos na avaliação do transiente hidráulico.

## 2.4 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA

### 2.4.1 - Generalidades

Para este sistema integrado de abastecimento de água foi projetada uma ETA compacta do tipo filtração direta ascendente, composta de uma câmara de carga (torre piezométrica), três filtros e casa de química.

A filtração direta é um processo que exclui a decantação, e no qual a água quimicamente coagulada é encaminhada diretamente para os filtros rápidos. Nesse caso os filtros devem, portanto, remover não só as impurezas que causam a cor e a turbidez, mas também os produtos deixados pelos reagentes químicos empregados no processo. Para o bom funcionamento do mesmo, a água bruta deve ser de boa qualidade (relativamente limpa) e as dosagens dos reagentes relativamente baixas.

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 20/05/2002 no rio Jenipapeiro, a qual está apresentada no Quadro 8.0.

**QUADRO 8.0 – Caracterização da Qualidade da Água do rio Jenipapeiro, Próximo ao Local do Barramento (Barragem Jenipapeiro)**

Parâmetros	Índice	
	Amostra	Limite
Turbidez	28 UT	5
Cor	60 uH	15
Odor	vegetal	inodoro
pH	7,37	6,0 - 9,5
Alcalinidade Hidróxidos	0	
Alcalinidade Carbonatos	0	
Alcalinidade Bicarbonatos	84,0mgCaCO <sup>3</sup> /L	
Dureza	73,0mg CaCO <sup>3</sup> /L	500
Cálcio	18,8 mg Ca/L	
Magnésio	6,0 mg Mg/L	150
Condutividade	215,0 mS/cm	750
Cloretos	20,0 mg Cl-/L	250
Cloro residual	Ausência	0,2

Parâmetros	Índice	
	Amostra	Limite
Sulfatos	10,2mg S0=4/L	250
Ferro	0,44 mg Fe/L	0,30
O <sub>2</sub> consumido	15,2 mg O <sub>2</sub> /L	1,5
Sódio	18,8 mg Na/L	200
Potássio	5,1 mg K/L	
Nitritos	0,50 mg N-N0-2/L	1,0
Nitratos	2,01 mg N-N0-3/L	10
Amônia	0,74 mg N-NH-3/L	1,5
Sólidos Totais	112,0 mg STD/L	1000
Alumínio	0,01	0,2

FONTE: CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

De acordo com esta análise pode-se dizer que a água do referido rio é utilizável, desde que submetida a tratamento adequado, tendo em vista alguns elementos excederem os limites toleráveis, que são: cor, turbidez, ferro, nitrito, O<sub>2</sub> consumido. Os altos teores desses elementos, caracterizam uma alta presença de matéria orgânica, possivelmente resultado da pouca quantidade de água no leito do rio, na ocasião da coleta, quando a água se encontrava estocada em poças e sem correnteza, onde se desenvolve intensa atividade microbiana. 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.

Por outro lado, convém lembrar, que a captação será feita por meio de “flutuante” e que a movimentação d’água à superfície do lago, promovida pela ação do vento, propiciará a oxigenação da mesma, contribuindo para baixar o nível do teor de ferro constatado na amostra.

Submetida a um processo de tratamento à 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 é a filtração direta ascendente com coagulação, floculação e desinfecção.

## 2.4.2 - Dimensionamento dos Filtros

### 2.4.2.1 - Parâmetros Adotados

- Q (1ª Etapa).....30,94 L/s; 0,00131 m<sup>3</sup>/s
- Q (2ª Etapa) .....35,84 L/s; 0,00156 m<sup>3</sup>/s

- Q (3ª Etapa) .....40,82 L/s; 0,00182 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

2.4.2.2 - Área Filtrante Total(Aft)

$$A_{ft} = \frac{Q}{Tf}$$

$$= \frac{0,03094 \times 72000}{120} = 18,56 \text{ m}^2 \quad (1^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

$$= \frac{0,03584 \times 72000}{120} = 21,50 \text{ m}^2 \quad (2^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

$$= \frac{0,04082 \times 72000}{120} = 24,49 \text{ m}^2 \quad (3^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

2.4.2.3 - Número Mínimo de Unidades Filtrantes(N)

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

$$c = \frac{72000 \times 24,49}{1.000.000} = 1,76 \text{ milhões de l/dia (3ª Etapa)}$$

$$N = 1,4 \sqrt{1,76} = 1,86 \quad (3^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

Para atendimento diário de oferta d'água projetada no horizonte do projeto há necessidade, portanto de no mínimo 2 (dois) filtros. Adotaram-se, no entanto, 3 (três) filtros, tendo em vista as vantagens seguintes:

- a) permitir modulação na instalação e operação da ETA;
- b) Minimizar a potência das bombas de lavagem e capacidade do reservatório elevado da ETA.

2.4.2.4 - Área de cada Filtro (Af)

$$A_f = \frac{A_{ft}}{N} = \frac{24,49}{3} = 8,16 \text{ m}^2 \quad (3^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

2.4.2.5 - Diâmetro de cada Filtro (Df)

$$D_f = \sqrt{(4 * A_f)/\pi} = 3,22\text{m}$$

Adotou-se o diâmetro de 3,20m, com área filtrante de 8,04m<sup>2</sup>(AFa).

#### 2.4.2.6 - Taxa de Filtração Máxima Diária na 3ª Etapa (Tf)

$$Tf(3^{\text{a}} \text{ Etapa}) = ((Q/1000) * Td * 3600) / (Afa * N) = 121,80 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$$

#### 2.4.2.7 - Volume para o Reservatório Apoiado (Vf)

O reservatório apoiado deverá estocar no mínimo o volume de meia hora de filtração, conforme cálculo a seguir:

$$Vf = (Q \text{ 3}^{\text{a}} \text{ etapa}) * 1,8 = 73,0 \text{ m}^3$$

### 2.4.3 - Dimensionamento da Estação Elevatória de Lavagem dos Filtros (EELF)

#### 2.4.3.1 - 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:

$$q = \frac{0,80 \times 8,04}{60} = 0,107 \text{ m}^3/\text{s}$$

Adotou-se q = 107 L/s.

#### 2.4.3.2 - Volume de lavagem (VI)

$$VI = q \times T$$

onde:

T - tempo de lavagem (s)

Sabe-se que:

$T \geq 15$  min (NBR 12.216), então:

$$V = 0,107 \times 15 \times 60 = 96,51 \text{ m}^3.$$

Adotado: 100,0 m<sup>3</sup>.

#### 2.4.3.3 - Volume do Reservatório Elevado (VRe)

O reservatório elevado deverá estocar o volume necessário para lavagem dos filtros mais 50 m<sup>3</sup> destinados ao abastecimento da localidade de Xique-xique e demais componentes da ETA (Casa de Química, Escritório, Gramado, etc).

$$VRe = 100 + 50 = 150 \text{ m}^3$$

#### 2.4.3.4 - Vazão da Bomba de Recalque (Qre)

Tre = tempo de enchimento do Re = 90,0 min

$$Qre = Vre / Tre \times 60 = 0,028 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ou } 28,0 \text{ L/s}$$

#### 2.4.3.5 - Potência dos Motores

No Quadro 9.0 estão apresentados o dimensionamento e as características dos conjuntos motobomba de lavagem dos filtros.

## QUADRO 9.0

## 2.4.4 - Quantidade de Produtos Químicos

A quantidade de produtos químicos necessária para o tratamento d'água deverá seguir os valores apresentados no Quadro 10.0.

## 2.5 - RESERVAÇÃO

### 2.5.1 - 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.

### 2.5.2 - Dimensionamento da Reservação

#### 2.5.2.1 - Fórmula Utilizada

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

onde: Q - vazão máxima diária (L/s);

Td – Tempo máximo de funcionamento diário.

#### 2.5.2.2 - Reservação Complementar

No Quadro 11.0 fez-se uma comparação entre a reservação existente e a necessária, onde se constata a necessidade de ampliação já no início da 1ª Etapa da estrutura de reservação das cidades e localidades beneficiadas pelo presente projeto.

### QUADRO 11.0- Volumes de Reservação Existentes e Déficit em m<sup>3</sup>

LOCALIDADE	EXISTENTE			RESERVA NECESSÁRIA			DEFICIT		
	RA	RE	TOTAL	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Ipaumirim	0,00	200,00	200,00	299,29	342,56	386,25	99,29	142,56	186,25
Baixio	0,00	100,00	100,00	192,68	222,41	252,44	92,68	122,41	152,44
Umari	0,00	100,00	100,00	213,71	252,35	291,36	113,71	152,35	191,36
Baixio Grande	0,00	0,00	0,00	23,25	26,93	31,20	23,25	26,93	31,20
Xique-Xique	0,00	0,00	0,00	13,66	15,82	18,33	13,66	15,82	18,33
<b>TOTAL</b>				<b>742,58</b>	<b>860,08</b>	<b>979,58</b>	<b>342,58</b>	<b>460,08</b>	<b>579,58</b>

RA - Reservatório apoiado

RE - Reservatório elevado

Os Quadros 12.0 e 13.0 apresentam os valores obtidos para o volume de água fluante, que corresponde ao volume diário prontamente disponível para distribuição gravitativamente, geralmente disposto em reservatório elevado, que juntamente com a reservação armazenada em reservatório apoiado, perfazem, em conjunto, o 1/3 do volume d'água diário que deve estar disponível à população.

## QUADRO 10.0

### QUADRO 12.0 – Percentagem de Água Flutuante

HORAS	(%) CONS.MÉDIO	(%) CONS. NO INTERVALO	ÁGUA ADUZIDA - horas		Balanço Superrávit/Déficit	
			24	20	+	-
0 - 2	40	3,33	8,33			-3,33
2 - 4	40	3,33	8,33	10,00	6,67	
4 - 6	60	5,00	8,33	10,00	5,00	
6 - 8	110	9,17	8,33	10,00	0,83	
8 - 10	145	12,08	8,33	10,00		-2,08
10 - 12	140	11,67	8,33	10,00		-1,67
12 - 14	145	12,08	8,33	10,00		-2,08
14 - 16	130	10,83	8,33	10,00		-0,83
16 - 18	140	11,67	8,33	10,00		-1,67
18 - 20	115	9,58	8,33	10,00	0,42	
20 - 22	75	6,25	8,33	10,00	3,75	
22 - 24	60	5,00	8,33			-5,00
					16,67	-16,67

### QUADRO 13.0 – Volume Flutuante – m<sup>3</sup>

LOCALIDADE	VOLUME FLUTUANTE		
	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Ipaumirim	49,88	57,09	64,37
Baixio	32,11	37,07	42,07
Umari	35,62	42,06	48,56
Baixio Grande	3,87	4,49	5,20
Xique-Xique	2,28	2,64	3,06
TOTAL	123,76	143,35	163,26

A análise dos Quadros nº 11.0 e 13.0 conduz às seguintes constatações e recomendações; com respeito a cada um dos pontos de entrega d'água.

- a) Ipaumirim: O reservatório elevado atual de 200m<sup>3</sup>, já comporta com larga margem o volume flutuante previsto para o ano de 2033 (horizonte do projeto), que é de 64,37 m<sup>3</sup>; porém com a expansão da área urbana, certamente, pontos de cota mais elevada não serão atendidos pelo citado reservatório.

Por outro lado, já a partir do ano inicial de operação do projeto (2003), o volume d'água diário a ofertar já ultrapassa a capacidade do atual reservatório elevado em 28,2%. Outrossim, em relação à capacidade do mesmo reservatório, o déficit de armazenamento seria de 48,22% no horizonte do projeto (ano de 2033).

Face ao exposto o projeto preconiza a execução de um reservatório apoiado de 200m<sup>3</sup>, em ponto localizado nas proximidade do Santuário de São Sebastião, na periferia da área urbana daquela cidade, estando referido ponto situado altimetricamente 16,4 m acima do ponto do terreno natural em que se localiza o atual reservatório elevado de 200m<sup>3</sup>.

- b) Em relação a Umari e Baixio, a exemplo do que ocorre para Ipaumirim, os reservatórios elevados disponíveis comportam, com folga, o volume d'água flutuante previsto para o ano de horizonte do projeto (2033); sendo igualmente insuficiente sua capacidade de acumulação para o volume ofertado diário, desde o início do projeto (2003).

Em face disso, fração do volume diário a ofertar deverá ser acumulada no Rad – Reservatório Apoiado de Distribuição – mencionado no item 5.1 do tomo 1, Volume III, que foi dimensionado com capacidade de acumulação de 400m<sup>3</sup>, para atender à solicitação complementar de oferta d'água no horizonte do projeto que é de 191,36m<sup>3</sup> para Umari e de 152,44m<sup>3</sup> para Baixio, perfazendo um total de 343,80.

- c) Para a localidade de Xique-xique, o volume de 18,33m<sup>3</sup> será estocado no reservatório elevado de 150 m<sup>3</sup> da ETA, que terá também a função de armazenar água para a lavagem dos filtros e abastecer a casa de química. Para Baixio Grande deverá ser construído um reservatório de 75 m<sup>3</sup>, ao qual estará conectado um chafariz.

## 2.6 - PROJETO ELÉTRICO

### 2.6.1 - Objetivo

A presente memória de cálculo tem por objetivo a determinação das demandas previstas para o sistema, incluindo os principais equipamentos e acessórios.

### 2.6.2 - Sistema Elétrico da COELCE

Tensão primária: 13.800V

Tensão secundária trifásica: 380V

Tensão secundária monofásica: 220V

Frequência: 60 Hz.

### 2.6.3 - Memória de Cálculo da Casa de Química (Iluminação)

#### 2.6.3.1 - Alimentação do Circuito 1 : Iluminação Interna

##### a) Dados

Carga: 9 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W/220V.....576 W.

2 luminárias com 1 lâmpada pl de 15W/220V.....30 W.

Carga total:.....606 W.

$$I_{IL} = 2,89 \text{ A}$$

$$L = 30 \text{ m}$$

$$U = 220\text{V}$$

Cabo estimado: 1,5mm<sup>2</sup>

##### b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{2,89 \times 30 \times 0,95}{56 \times 1,5} = 0,98\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,98}{220} \times 100 = 0,44\%$$

Logo o condutor adotado será 1,5mm<sup>2</sup> para fase, 1,5mm<sup>2</sup> para neutro e 1,5mm<sup>2</sup> para proteção.

##### c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 2,89 = 3,32 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 15 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V.

#### 2.6.3.2 - Alimentação do Circuito 2 : Iluminação Externa

##### a) Dados

Carga: 6 luminárias com 1 lâmpada pl de 25W/220V.....150 W.

Carga total:.....150 W.

$$I_{IL} = 0,72 \text{ A}$$

$$L = 30 \text{ m}$$

$$U = 220\text{V}$$

Cabo estimado: 1,5mm<sup>2</sup>

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,72 \times 30 \times 0,95}{56 \times 1,5} = 0,24\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,24}{220} \times 100 = 0,11\%$$

Logo o condutor adotado será 1,5mm<sup>2</sup> para fase, 1,5mm<sup>2</sup> para neutro e 1,5mm<sup>2</sup> para proteção.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 0,72 = 0,83 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 15 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V.

2.6.3.3 - Alimentação do Circuito 3 : Tomadas Uso Comum

a) Dados

Carga: 17 tomadas 15 A/220V, 2P+T.....1.700 W.

Carga total:.....1.700 W.

$$I_{IL} = 8,13 \text{ A}$$

$$L = 30 \text{ m}$$

$$U = 220\text{V}$$

Cabo estimado: 2,5mm<sup>2</sup>

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{8,13 \times 30 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 1,65\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,65}{220} \times 100 = 0,75\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm<sup>2</sup> para fase, 2,5mm<sup>2</sup> para neutro e 2,5mm<sup>2</sup> para proteção.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 8,13 = 9,35 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V.

2.6.3.4 - Alimentação do Circuito 4 : Tomadas Trifásicas

a) Dados

Carga: 5 tomadas 15 A/220V, 3P+T.....500 W.

Carga total:.....500 W.

$$I_{IL} = 0,80 \text{ A}$$

$$L = 20 \text{ m}$$

$$U = 380\text{V}$$

Cabo estimado: 2,5mm<sup>2</sup>

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,80 \times \sqrt{3} \times 20 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 0,19 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,19}{220} \times 100 = 0,05\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm<sup>2</sup> para fase, 2,5mm<sup>2</sup> para neutro e 2,5mm<sup>2</sup> para proteção.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 0,80 = 0,92 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V.

### 2.6.3.5 - Alimentador Geral (QGBT ao QDLF2)

#### a) Dados

$$I_T = 12,54A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 40m$$

Cabo estimado: 4 mm<sup>2</sup>

#### b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{12,54 \times \sqrt{3} \times 40 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 3,68V$$

$$\Delta U\% = \frac{3,68}{380} \times 100 = 0,96\%$$

Logo o condutor adotado será 4 mm<sup>2</sup> para fase, 4 mm<sup>2</sup> para neutro e 4mm<sup>2</sup> para proteção.

#### c) Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 12,54 \times 1,15 = 14,42 A$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 20A / 750V / 5KA em caixa moldada.

## 2.6.4 - Memória de Cálculo da ETA/EEAT (Iluminação)

### 2.6.4.1 - Alimentação do Circuito 1 : Iluminação Interna

#### a) Dados

Carga: - 5 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W/220V.....320 W.

Carga total:.....320 W.

$$I_{IL} = 1,53 A$$

$$L = 15 m$$

$$U = 220V$$

Cabo estimado: 1,5mm<sup>2</sup>

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{1,53 \times 15 \times 0,95}{56 \times 1,5} = 0,25V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,25}{220} \times 100 = 0,11\%$$

Logo o condutor adotado será 1,5mm<sup>2</sup> para fase, 1,5mm<sup>2</sup> para neutro e 1,5mm<sup>2</sup> para proteção.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 1,53 = 1,76 A$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 15 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V.

2.6.4.2 - Alimentação do Circuito 2 : Iluminação Externa

a) Dados

Carga: 6 luminárias com 1 lâmpada pl de 25W/220V.....150 W.

Carga total:.....150 W.

$$I_{IL} = 0,72 A$$

$$L = 30 m$$

$$U = 220V$$

Cabo estimado: 1,5mm<sup>2</sup>

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,72 \times 30 \times 0,95}{56 \times 1,5} = 0,24V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,24}{220} \times 100 = 0,11\%$$

Logo o condutor adotado será 1,5mm<sup>2</sup> para fase, 1,5mm<sup>2</sup> para neutro e 1,5mm<sup>2</sup> para proteção.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 0,72 = 0,83 A$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 15 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V.

### 2.6.4.3 - Alimentação do Circuito 3 : Iluminação Externa Pátio

a) Dados

Carga: 9 luminárias com 1 lâmpada VM de 250W/220V.....2.250 W.

Carga total:.....2.250 W.

$$I_{IL} = 10,76 \text{ A}$$

$$L = 80 \text{ m}$$

$$U = 220\text{V}$$

Cabo estimado: 2,5mm<sup>2</sup>

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{10,76 \times 80 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 5,84\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{5,84}{220} \times 100 = 2,65\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm<sup>2</sup> para fase, 2,5mm<sup>2</sup> para neutro e 2,5mm<sup>2</sup> para proteção.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 10,76 = 12,37 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 15 A /250V.

### 2.6.4.4 - Alimentação do Circuito 4 : Tomadas Uso Comum

a) Dados

Carga: 2 tomadas 15 A/220V, 2P+T.....200 W.

Carga total:.....200 W.

$$I_{IL} = 0,96 \text{ A}$$

$$L = 10 \text{ m}$$

$$U = 220\text{V}$$

Cabo estimado: 2,5mm<sup>2</sup>

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,96 \times 10 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 0,065V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,065}{220} \times 100 = 0,03\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm<sup>2</sup> para fase, 2,5mm<sup>2</sup> para neutro e 2,5mm<sup>2</sup> para proteção.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 0,96 = 1,10 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V.

2.6.4.5 - Alimentação do Circuito 5 : Tomada de Força

a) Dados

Tomada de força 32 A / 500 V = ..... 10.000 W

TOTAL = ..... 10.000 W

$$I_{IL} = 16,01 \text{ A}$$

$$L = 10 \text{ m}$$

$$U = 380V$$

Cabo estimado: 4,0mm<sup>2</sup>

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16,01 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 1,17 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,17}{220} \times 100 = 0,30\%$$

Logo o condutor adotado será 4,0mm<sup>2</sup> para fase, 4,0mm<sup>2</sup> para neutro e 4,0mm<sup>2</sup> para proteção.

c) Proteção do Circuito

$$I_p = 1,50 \times 16,01 = 24,01 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 28 A, escolhemos o disjuntor termo magnético trifásico 20 A /750V/2KA, em caixa moldada.

2.6.4.6 - Alimentador Geral (QGBT ao QDLF1)

a) Dados

$$I_T = 29,98A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 5,0m$$

Cabo estimado: 6 mm<sup>2</sup>

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{29,98 \times \sqrt{3} \times 5,0 \times 0,95}{56 \times 6,0} = 0,73V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,73}{380} \times 100 = 0,19\%$$

Logo o condutor adotado será 6 mm<sup>2</sup> para fase, 6 mm<sup>2</sup> para neutro e 6mm<sup>2</sup> para proteção.

c) Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 29,98 \times 1,15 = 34,47 A$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 30A / 750V / 5KA em caixa moldada.

**2.6.5 - Memória de Cálculo da EEAB/EEAT (CCM)**

2.6.5.1 - Alimentação do Circuito 1 - Iluminação e Tomada de Força do Flutuante

a) Dados

Carga: 4 luminárias com 1 lâmpada pl de 18W/220V.....72 W.

Tomada de força 32 A / 500 V = .....10.000 W.

Carga total:.....10.072 W.

$$I_{IL} = 16,12 A$$

$$L = 360 m$$

$$U = 380V$$

Cabo estimado: 16mm<sup>2</sup>

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16,12 \times \sqrt{3} \times 360 \times 0,95}{56 \times 16} = 10,64 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{10,64}{220} \times 100 = 2,80\%$$

Logo o condutor adotado será 16mm<sup>2</sup> para fase, 16mm<sup>2</sup> para neutro e 16mm<sup>2</sup> para proteção.

c) Proteção do Circuito

$$I_p = 1,50 \times 16,12 = 24,18 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 68 A, escolhemos o disjuntor termo magnético trifásico 25 A /750V/2KA, em caixa moldada.

2.6.5.2 - Alimentação do Circuito 2 - Alimentação dos Motores CCM1 (Flutuante)

(15 CV - 1ª etapa), (20CV – 2ª etapa), (20CV – 3ª etapa)

a) Dados

15CV(1ª ETAPA)	20CV(2ª ETAPA)	20CV(3ª ETAPA)
$I_M = 19,86\text{A}$	$I_M = 26,48\text{A}$	$I_M = 26,48\text{A}$
$I_M = (1,25 \times 19,86) = 24,83\text{A}$	$I_M = (1,25 \times 26,48) = 33,10\text{A}$	$I_M = (1,25 \times 26,48) = 33,10\text{A}$
$L = 360\text{m}$	$L = 360\text{m}$	$L = 360\text{m}$
$U = 380\text{V}$	$U = 380\text{V}$	$U = 380\text{V}$
Cabo estimado = 35mm <sup>2</sup>	Cabo estimado = 50mm <sup>2</sup>	Cabo estimado = 50mm <sup>2</sup>

b) Pela Corrente Nominal dos Motores

15CV(1ª ETAPA)	$\Delta U = \frac{19,86 \times \sqrt{3} \times 360 \times 0,95}{56 \times 35} = 5,99\text{V}$	$\Delta U\% = \frac{5,99}{380} \times 100 = 1,57\%$
20CV(2ª ETAPA)	$\Delta U = \frac{26,48 \times \sqrt{3} \times 360 \times 0,95}{56 \times 50} = 5,59\text{V}$	$\Delta U\% = \frac{5,59}{380} \times 100 = 1,47\%$
20CV(3ª ETAPA)	$\Delta U = \frac{26,48 \times \sqrt{3} \times 360 \times 0,95}{56 \times 50} = 5,59\text{V}$	$\Delta U\% = \frac{5,59}{380} \times 100 = 1,47\%$

c) Pela Corrente de Partida dos Motores (Partida Soft-Starter).

<p>15CV(1ª ETAPA)  <math>I_P = (8,3 \times 19,86)/3 = 54,94A</math></p>	$\Delta U = \frac{54,94 \times \sqrt{3} \times 360 \times 0,95}{56 \times 35} = 16,58V$	$\Delta U\% = \frac{16,58}{380} \times 100 = 4,36\%$
<p>20CV(2ª ETAPA)  <math>I_P = (8,3 \times 26,48)/3 = 73,26A</math></p>	$\Delta U = \frac{73,26 \times \sqrt{3} \times 360 \times 0,95}{56 \times 50} = 15,48V$	$\Delta U\% = \frac{15,48}{380} \times 100 = 4,07\%$
<p>20CV(3ª ETAPA)  <math>I_P = (8,6 \times 33,10)/3 = 94,88A</math></p>	$\Delta U = \frac{73,26 \times \sqrt{3} \times 360 \times 0,95}{56 \times 50} = 15,48V$	$\Delta U\% = \frac{15,48}{380} \times 100 = 4,07\%$

Logo será adotado para os motores :

1ª etapa - cabo de cobre isolado de 35mm<sup>2</sup> para fases; 25mm<sup>2</sup> para o neutro e 25mm<sup>2</sup> para proteção.

2ª etapa - cabo de cobre isolado de 50mm<sup>2</sup> para fases; 25mm<sup>2</sup> para o neutro e 25mm<sup>2</sup> para proteção.

3ª etapa - cabo de cobre isolado de 50mm<sup>2</sup> para fases; 25mm<sup>2</sup> para o neutro e 25mm<sup>2</sup> para proteção.

d) Cálculo da Proteção dos Motores.

15CV(1ª ETAPA)	20CV(2ª ETAPA)	20CV(3ª ETAPA)
Fusível : 1,50 x 19,86A=29,79A	Fusível : 1,50 x 26,48A=39,72A	Fusível : 1,50 x 26,48A=39,72A
Disjuntor: 1,50 x 19,86A=29,79A	Disjuntor: 1,50 x 26,48A=39,72A	Disjuntor: 1,50 x 26,48A=39,72A

Logo será adotado para os motores :

1ª etapa - disjuntor termomagnético tripolar de 30 A /500V/ 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 30 A

2ª etapa -disjuntor termomagnético tripolar de 35 A /500V/ 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 35 A

3ª etapa - disjuntor termomagnético tripolar de 45 A /500V/ 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 45 A

### 2.6.5.3 - Alimentador Geral do CCM1 (Do QGBT ao CCM1) 1 motor de 20CV

OBS: Cálculo feito para Dimensionamento do Alimentador (CCM1) na 3ªEtapa.

#### a) Dados

$$I_T = (1,25 \times 33,10) = 41,37A$$

$$I_T = 41,37A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 1m$$

Cabo estimado: 10 mm<sup>2</sup>

#### b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{41,37 \times \sqrt{3} \times 1 \times 0,95}{56 \times 10} = 0,12V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,12}{380} \times 100 = 0,03\%$$

Logo o condutor adotado será 10mm<sup>2</sup> para fase, 10mm<sup>2</sup> para neutro e 10mm<sup>2</sup> para proteção.

#### c) Proteção Geral do Alimentador do CCM1

$$I_T \times 1,15 = 41,37 \times 1,15 = 47,57 A$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 50A / 750V / 5KA em caixa moldada.

### 2.6.5.4 - Alimentação do Circuito 3 - Alimentação dos Motores CCM2 (EEAT)

(75 CV - 1ª etapa), (100CV – 2ª e 3ª etapa).

OBS: CÁLCULO FEITO PARA DIMENSIONAMENTO DO ALIMENTADOR (CCM2) NA 3ªETAPA.

#### a) Dados

$$I_m = 147,14 A$$

$$I_T = (1,25 \times 147,14) = 183,9A$$

$$L = 5m$$

$$U = 380V$$

Cabo estimado: 120mm<sup>2</sup>

Cabo estimado: 120mm<sup>2</sup>

## b) Pela Corrente Nominal do Motor

$$\Delta U = \frac{183,9 \times \sqrt{3} \times 5 \times 0,92}{56 \times 120} = 0,22V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,22}{380} \times 100 = 0,06\%$$

## c) Pela Corrente de Partida do Motor (Partida Direta).

$$I_M = 147,14$$

$$I_P = (8,8 \times I_M) = (8,8 \times 147,14) = 1.294,8A$$

$$\Delta U = \frac{1.294,8 \times \sqrt{3} \times 5 \times 0,92}{56 \times 120} = 1,54V$$

$$\Delta U\% = \frac{1,54}{380} \times 100 = 0,40\%$$

Logo será adotado cabo de cobre isolado de 120mm<sup>2</sup> para fases; 70mm<sup>2</sup> para o neutro e 70mm<sup>2</sup> para proteção.

## d) Cálculo da Proteção do Motor.

$$I_M = 147,14$$

$$\text{Fusível} = 147,14 \times 1,75 = 257,5A$$

$$\text{Disjuntor} = 58,85 \times 2,0 = 294,3A$$

Será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 270 A /500V/ 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 250 A.

## 2.6.5.5 - - Alimentador Geral do CCM2 (Do QGBT ao CCM2) 1 motores de 100 CV

## a) Dados

$$I_T = 1,25 \times 147,14$$

$$I_T = 183,93 A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 1m$$

Cabo estimado: 120 mm<sup>2</sup>

- Pela Queda de Tensão

Logo o condutor adotado será 2 x 120mm<sup>2</sup> para fase, 120mm<sup>2</sup> para neutro e 60mm<sup>2</sup> para proteção.

b) Proteção Geral do Alimentador do CCM

$$I_T \times 1,15 = 183,93 \times 1,15 = 229,91 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 250A / 750V / 5KA em caixa moldada.

### 2.6.5.6 - Alimentação do Circuito 4 - Alimentação dos Motores CCM3 (EELF)

(15 CV - 1ª etapa), (15CV – 2ª etapa), (15CV – 3ª etapa)

OBS: Cálculo feito para Dimensionamento do Alimentador (CCM3) na 3ª Etapa.

a) Dados

15CV(1ª=2ª=3ª ETAPA)

$$I_M = 19,86^A$$

$$I_M = (1,25 \times 19,86) = 24,83A$$

$$L = 10m$$

$$U = 380V$$

$$\text{Cabo estimado} = 4,0mm^2$$

b) Pela Corrente Nominal dos Motores

15CV	$\Delta U = \frac{19,86 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 1,45V$	$\Delta U\% = \frac{1,45}{380} \times 100 = 0,38\%$
------	--	---

c) Pela Corrente de Partida dos Motores (Partida Soft-Starter).

15CV $I_P = (8,3 \times 19,86)/3 = 54,94A$	$\Delta U = \frac{54,94 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 4,03V$	$\Delta U\% = \frac{4,03}{380} \times 100 = 1,06\%$
---	--	---

Logo será adotado para os motores :

1ª, 2ª e 3ª etapa - cabo de cobre isolado de 4mm<sup>2</sup> para fases; 4mm<sup>2</sup> para o neutro e 4mm<sup>2</sup> para proteção.

d) Cálculo da Proteção dos Motores.

15CV(1ª ETAPA)

Fusível : 1,50 x 19,86A=29,79A

Disjuntor: 1,50 x 19,86A=29,79A

Logo será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 30 A /500V/ 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 30 A.

#### 2.6.5.7 - Alimentador Geral do CCM3 (Do QGBT ao CCM3) 1 motor de 15CV

a) Dados

$$I_T = (1,25 \times 19,86) = 24,83A$$

$$I_T = 24,83A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 1m$$

$$\text{Cabo estimado: } 4,0 \text{ mm}^2$$

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{24,83 \times \sqrt{3} \times 1 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 0,18V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,18}{380} \times 100 = 0,04\%$$

Logo o condutor adotado será 4mm<sup>2</sup> para fase, 4mm<sup>2</sup> para neutro e 4mm<sup>2</sup> para proteção.

c) Proteção Geral do Alimentador do CCM3

$$I_T \times 1,15 = 19,36 \times 1,15 = 22,26 A$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 20A / 750V / 5KA em caixa moldada.

### 2.6.5.8 - Alimentador Geral (Medição ao QGBT)

a) Dados

$$I_T = (1,25 \times 147,14) + 33,10 + 19,86 + 42,86 \text{ A}$$

$$I_T = 279,75 \text{ A}$$

$$U = 380 \text{ V}$$

$$L = 20\text{m}$$

$$\text{Cabo estimado: } 120\text{mm}^2$$

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{279,75 \times \sqrt{3} \times 20 \times 0,95}{56 \times 120} = 1,37\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,37}{380} \times 100 = 0,36\%$$

Logo o condutor adotado será 120mm<sup>2</sup> para fase e 95mm<sup>2</sup> para neutro e 35mm<sup>2</sup> para proteção.

c) Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 279,75 \times 1,15 = 321,71\text{A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 300A / 750V / 5KA em caixa moldada.

### 2.6.6 - Potencia do Transformador de Força

De acordo com a NT 002/91 da Coelce usaremos a seguinte fórmula:

$$D = \left( \frac{0,77a}{FP} + 0,7b + 0,95c + 0,59d + 1,2e + f + g \right)$$

$$a = 5,685$$

$$F_u = 1$$

$$FP = 0,92$$

$$g = 10,0 \text{ KVA}$$

$$b = 0$$

$$F_s = 1$$

$$c = 8,70$$

$$d = 0$$

$$e = 0$$

$$f = \sum (0,87 \times P_{nm} \times F_u) \times F_s$$

$$D = \frac{0,70 \times 5,685}{0,92} + (0,95 \times 8,70) + [(0,87 \times 15 \times 1) \times 1 + (0,87 \times 20 \times 1) \times 1 +$$

$$+ (0,87 \times 100 \times 1) \times 1] + 20,0$$

$$D = 4,75 + 8,265 + 117,45 + 20,0 \Rightarrow D = 150,46 \text{ KVA} \Rightarrow \text{Adotado } 150 \text{ KVA}$$

### 3 - ANEXO I – ESTABILIDADE DO FLUTUANTE

## VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE DO FLUTUANTE

### 1) ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SISTEMA

O sistema de flutuantes será composto basicamente de:

#### ➤ Flutuante principal

Flutuante composto por 16 Módulos tipo celular modelo **TechniFloat**<sup>®</sup> básicos (1,0x1,0x0,6m) de última geração, utilizando materiais de alto desempenho como o Plástico Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) e Poliuretano. Ver desenho III-5-O-02/21-001.

#### ➤ Acessórios:

- Pórtico manual de 4 m de altura, para 1 ton SWL, para manutenção dos sistemas, fabricado em vigas de aço A-36 tratado, com talha manual de corrente.
- Sistema de Ancoragem – 4 pontos para o bloco principal, e um ponto para cada um dos módulos de apoio da tubulação; cada ponto de ancoragem será composto de um bloco de concreto.

### 2) CÁLCULO DO PESO E CENTRO DE GRAVIDADE (P E VCG)

Descrição item	Peso	vcg' (m)	Pxkg	VCG (m)
➤ 2 bombas, com 200 kg de peso líquido cada, com respectivas bases de apoio	400	1,0	400	
➤ Pórtico manual para 1 ton SWL com 4 m de altura	120	2,6	312	
➤ Plataforma flutuante, com acessórios (balaustrada, cabeços, vigas transversais,	960	0,35	336	
➤ Acoplamento (com água nas tubulações)	2.413	1,6	3.861	
<b>SUBTOTAL</b>	<b>3.893</b>		<b>4909</b>	<b>1,26</b>

OBS:

- Não será considerado o efeito estabilizador do sistema de fundeio, com o intuito de se aumentar o coeficiente de segurança no cálculo.

### 3) CÁLCULO DO CALADO (C)

Peso do equipamento com água (Pe) = 2.933 kg

Peso do flutuante (Pf) = 16 módulos x 60 kg = 960 kg

Área do flutuante (A) = 4 x 4 = 16 m<sup>2</sup>

C = (Pe+Pf)/A = (2.933+960)/16 = 243 mm

### 4) CÁLCULO DA ALTURA METACÊNTRICA (GM)

Momento de Inércia Transversal (IT) = (4x4<sup>3</sup>/12) = 21,33m<sup>4</sup>

GM = IT/Volume de Deslocamento = 21,33 / 3,893 = **5,48**

### 5) VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AOS CRITÉRIOS DE ESTABILIDADE ESPECIFICADOS NA NORMAM 2000

Obs: para efeitos de enquadramento na norma, o flutuante foi considerado uma “Barcaça”.

4.1) A altura Metacêntrica inicial (GMo) não deverá ser inferior ao valor da altura metacêntrica requerida (GMr), calculada por meio da seguinte expressão:

$$GM_r = \frac{P \times A \times h}{\Delta \times \text{tg } \theta} \quad (12)$$

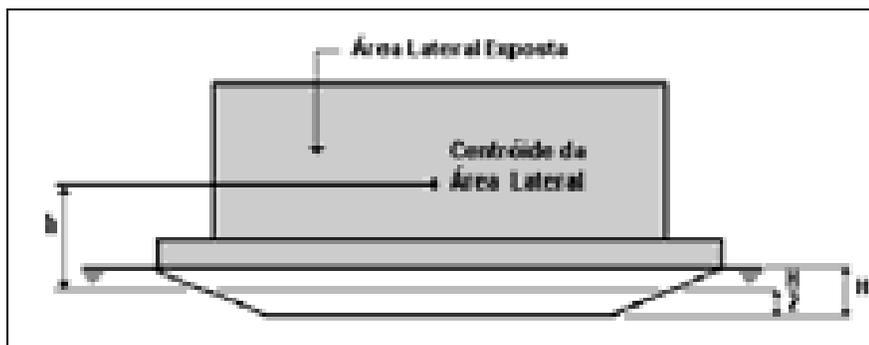


FIGURA 1.0: Caracterização de Parâmetros do Critério de Estabilidade (Barcaças)

onde:

$GM_r$  = altura metacêntrica inicial requerida, em m;

$A$  = área lateral projetada da porção da embarcação acima da linha d'água correspondente à condição de carregamento considerada, conforme indicado na Figura 7-7 em  $m^2$ ;

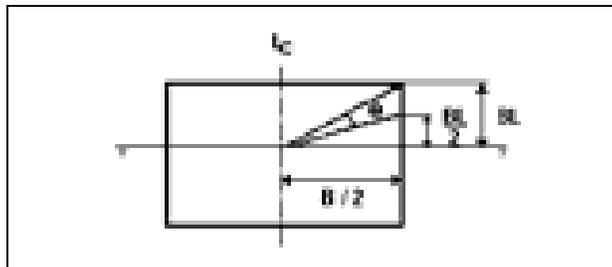
$h$  = distância vertical entre o centróide da área "A" e metade do calado médio para a condição de carregamento considerada, conforme indicado na Figura 1.0 em m;

$\Delta$  = deslocamento da embarcação na condição de carregamento considerada, em t;

$\theta$  = ângulo de inclinação entre a metade superior da borda-livre na condição considerada e o canto superior do convés, ou  $14^\circ$ , adotando-se o menor valor (ver Figura 2.0)

$P = 0.055 + (L_{PP} / 1309)^2$ , em  $t/m^2$ ; e

$L_{PP}$  = comprimento entre perpendiculares, em m.



**FIGURA 2.0: Determinação do ângulo  $\theta$**

Logo, temos que:

$$A = \{0,6 - 0,24 \text{ (calado definido anteriormente)}\} \times 4,0 = 1,44 \text{ m}^2$$

$$P = 0,055 + (L_{pp}/1309)^2 = 0,055 + (4/1309)^2 = 0,055 + 0,000009 = 0,055009$$

$$h = 0,24/2 + 1,37 \text{ (considerando uma carga com centróide de área 1 m acima do convés)} = 1,490$$

$$\Delta = 3,893 \text{ t}$$

$$\text{tg } \theta = (0,36/2) / 2,0 = 0,090 \text{ e}$$

$$GM_r = \frac{P \times A \times h}{\Delta \times \text{tg } \theta} \quad (12)$$

$$GM_r = (0,055009 \times 1,44 \times 1,490) / (3,893 \times 0,090) = 0,34 \text{ m}$$

$$GM_r = 0,34 \text{ m}$$

COMO  $GMO = 5,48 \text{ M}$ , > QUE  $0,34 \text{ M}$ , CONCLUÍMOS QUE:

O FLUTUANTE APRESENTA ESTABILIDADE SATISFATÓRIA PARA O SERVIÇO PRETENDIDO

## 4 - ANEXO II – TRANSIENTE HIDRÁULICO

## TRANSIENTE HIDRÁULICO

Para simulação do transiente hidráulico no setor compreendido entre a Estação Elevatória de Água Tratada-EEAT e o Reservatório Apoiado de Distribuição-RAD foi, o mesmo, dividido em 37 trechos, sendo, portanto, considerados 38 nós.

O software empregado foi o Ctran, versão 7.0.1.

O nó inicial situou-se na estaca 0 (cota 263), onde se localiza a EEAT e o nó extremo de jusante na estaca (15'+8,40), ponto em que se situa o RAD (cota 348,58).

A bomba considerada foi a INAPI, modelo IN125-100-40/2, 1750rpm, rotor diâmetro 400 mm.

Foram geradas, primeiramente, as envoltórias das cotas piezométricas máximas e mínimas para verificação dos efeitos do transitório sobre o sistema sem dispositivo de proteção.

Com este procedimento inicial constatou-se que a envoltória das cotas piezométricas mínimas corta intermitentemente a linha do terreno natural entre os 4.420 m iniciais e o extremo de jusante da adutora. Ver Quadro 1.0 e Figura 1.0.

Após simulações posteriores decidiu-se por utilizar os seguintes dispositivos de proteção:

- a) 1 (um) tanque unidirecional à altura da estaca 221 (nó 18); altura útil:10 m.
- b) 1 (uma) chaminé de equilíbrio no ponto determinado pela estaca 14'; diâmetro interno de 3,00 m; NA, no regime permanente, de 12,42 m.

Pela observação da listagem dos valores do Quadro 2.0 e da Figura 2.0, constata-se que os dispositivos usados darão a segurança necessária ao sistema contra os efeitos do transiente hidráulico.

Anexo II – resultado sem proteção.xls\quadro 1.0

Anexo II – resultado sem proteção.xls\figura 1.0

Anexo II – resultado com proteção.xls\quadro 2.0

Anexo II – resultado com proteção.xls\figura 2.0

## 5 - ANEXO III - CURVA DAS BOMBAS

## 1º ESTÁGIO DE BOMBEAMENTO

1ª ETAPA: ROTOR: 230mm

2ª ETAPA: ROTOR: 240mm

3ª ETAPA: ROTOR: 240mm

ITA 100.260 (XEROX)

## 2º ESTÁGIO DE BOMBEAMENTO

1ª ETAPA: ROTOR: 360mm

2ª ETAPA: ROTOR: 380mm

3ª ETAPA: ROTOR: 400mm

ITA 100.500/2(XEROX)