

MÓDULO V
PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE ITAÍPOCA

VOLUME III – DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO

TOMO 2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

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

ÍNDICE

ÍNDICE

<u>APRESENTAÇÃO</u>	4
<u>1 - INTRODUÇÃO</u>	7
<u>2 - MEMÓRIA DE CÁLCULO</u>	11
<u>2.1 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA-I (EEAB-I)</u>	12
<u>2.1.1 - Dimensionamento do Flutuante</u>	12
<u>2.1.2 - Dimensionamento dos Conjuntos motobomba</u>	12
<u>2.2 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA-II (EEAB-II)</u>	22
<u>2.2.1 - Dimensionamento dos Conjuntos motobomba</u>	22
<u>2.3 - ADUÇÃO</u>	35
<u>2.3.1 - Definição dos Diâmetros</u>	35
<u>2.3.2 - Blocos de Ancoragem</u>	35
<u>2.3.3 - Movimento de Terra</u>	35
<u>2.3.4 - Avaliação do Transiente Hidráulico e Equipamento de Proteção</u>	36
<u>2.4 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA DE BARRENTO- ETA</u>	37
<u>2.4.1 - Generalidades</u>	37
<u>2.4.2 - Dimensionamento dos Filtros</u>	38
<u>2.4.3 - Volume do Reservatório Apoiado (VRa)</u>	40
<u>2.4.4 - Carga Hidráulica para lavagem do filtro</u>	40
<u>2.4.5 - Dimensionamento da Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT)</u>	42
<u>2.4.6 - Quantidade de Produtos Químicos</u>	44
<u>2.5 - RESERVAÇÃO</u>	44
<u>2.5.1 - Critérios de Reservação</u>	44
<u>2.5.2 - Dimensionamento da Reservação</u>	44
<u>2.6 - PROJETO ELÉTRICO DA EEAB-I E EEAB-II</u>	46
<u>2.6.1 - Sistema Elétrico da COELCE</u>	46
<u>2.6.2 - Memória de Cálculo do Projeto Elétrico</u>	46
<u>2.7 - MEMÓRIA DE CÁLCULO DO PROJETO ELÉTRICO DA ETA DE BARRENTO</u>	61
<u>2.7.1 - Dimensionamento dos Cabos e Disjuntores do QGBT (Casa de Química)</u>	61
<u>2.7.2 - Dimensionamento dos Cabos e Disjuntores do QDLF (EEAT)</u>	68
<u>ANEXO-I – ESTABILIDADE DO FLUTUANTE</u>	72
<u>ANEXO-II – TRANSIENTE HIDRÁULICO</u>	76

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 Itaipoca*, e é parte integrante do *Módulo V*.

1 - INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório trata da Memória de Cálculo do Detalhamento do Projeto Executivo da Adutora do Sistema de Abastecimento D'água do município de Itapipoca.

O projeto em referência, tem por objetivo suprir a cidade de Itapipoca e o distrito de Barrento – pertencente àquele município – de água tratada, atendendo às exigências de garantia de suprimento dentro dos padrões de potabilidade da legislação específica vigente.

A cidade de Itapipoca situa-se na Meso Região Norte Cearense, latitude de 3° 30', longitude 39° 35', altitude de 98 m. Limita-se ao Norte com o oceano Atlântico, ao Sul com o município de Itapajé, a leste com os municípios de Trairi, Tururu e Uruburetama e a Oeste com os municípios de Miraíma e Amontada. Dista 141,0 km de Fortaleza, com acesso pelas rodovias BR 222 e CE 085 (Costa do Sol Poente).

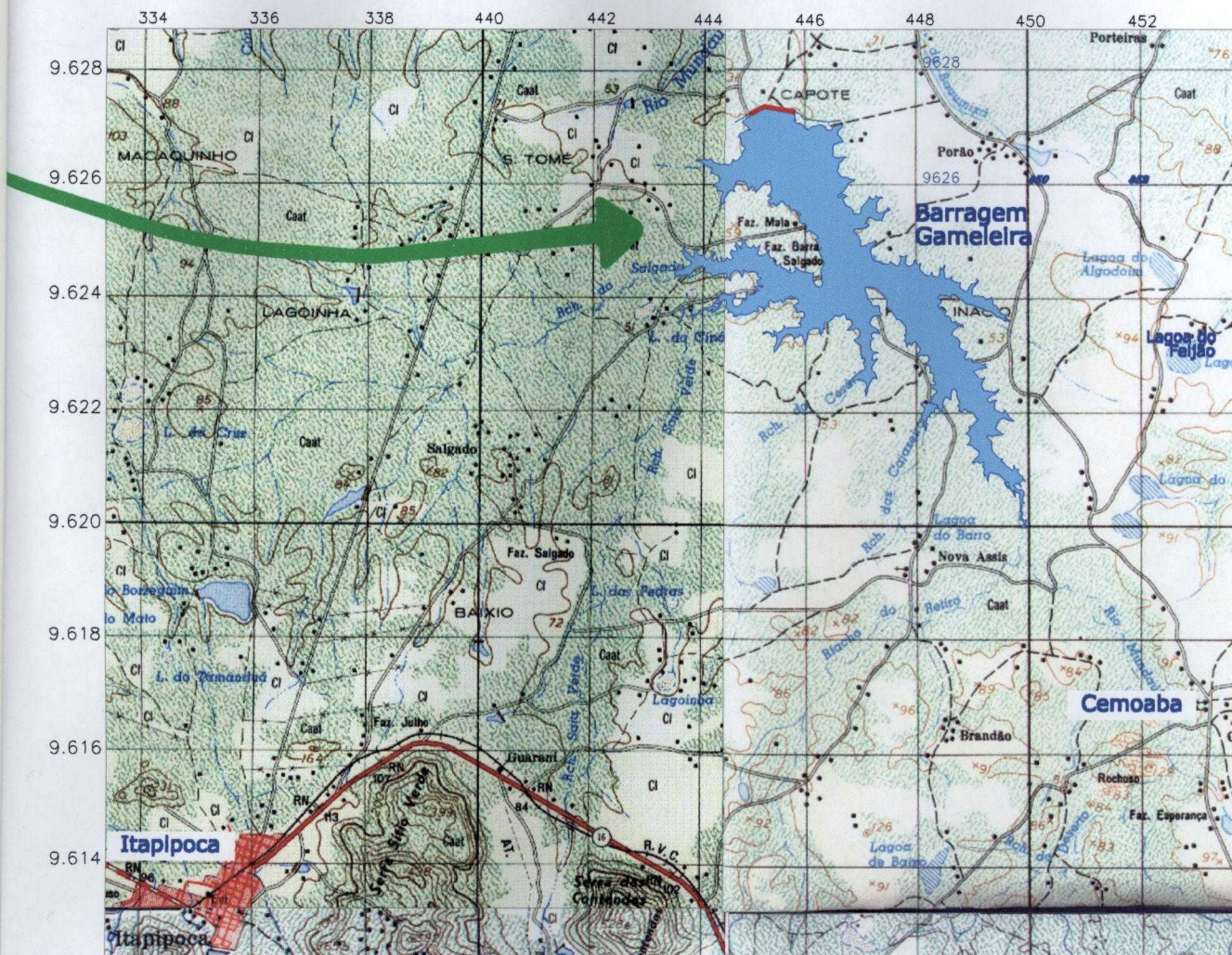
O distrito de Barrento, está localizado à margem da rodovia denominada Estruturante (Costa do Sol Poente: CE-085) e do rio Mundaú, a 22,0 km da Sede do município.

O manancial que dará suporte ao sistema objeto deste relatório é o açude Gameleira, cujo barramento se situa no local de mesmo nome.

Na Figura 1.0 é apresentado um mapa onde se visualiza a localização da Barragem Gameleira, Cidade de Itapipoca e sede do distrito de Barrento.

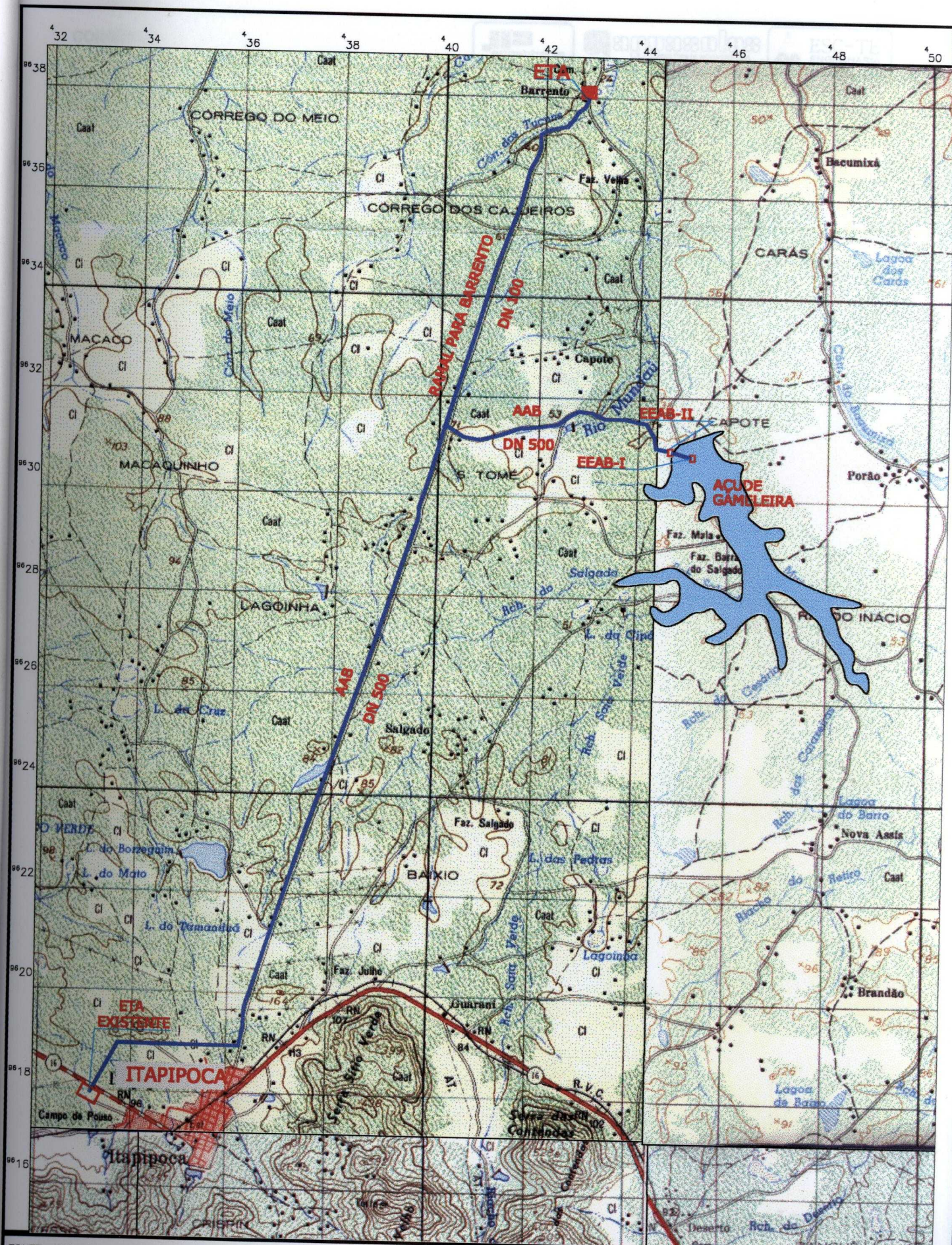
A Figura 2.0 mostra o traçado da adutora, e indicação das localidades beneficiadas pela mesma.

Figura 1.0
Mapa de Localização e Acesso



FONTE: Folha S. L. Curu / Paracuru / Itaipoca / Irauçuba
 SA.24-Y-D-VI / SA.24-Y-D-III / SA.24-Y-D-II /
 SA.24-Y-D-V SUDENE, 1978

ESCALA: 1/125.000



FONTE: Folha S. L. Curu / Paracuru / Itaipocá / Irauçuba
 SA.24-Y-D-VI / SA.24-Y-D-III / SA.24-Y-D-II /
 SA.24-Y-D-V SUDENE, 1978

LEGENDA: — CAMINHAMENTO DA ADUTORA

ESCALA:

DATA:

FIGURA 2.0
ADUTORA DE ITAIPOCÁ

2 - MEMÓRIA DE CÁLCULO

2 - MEMÓRIA DE CÁLCULO

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

2.1.1 - Dimensionamento do Flutuante

No anexo 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);

λ = viscosidade cinemática do líquido (m^2/s);

- L = comprimento do trecho (m);
- V = velocidade da água (m/s);
- g = aceleração da gravidade (m/s²).

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

O diâmetro nominal da tubulação de recalque será de 355mm, definido em estudos anteriores.

b) Perda de carga localizada (h_l)

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 1.0 apresenta os respectivos valores de h_l e h_d em função das vazões requeridas nas três etapas do projeto.

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

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	250	62,16	1,27	0,10	73,88	1,51	0,10	85,71	1,75	0,20
Toco L=1,00m		250	62,16	1,27	0,10	73,88	1,51	0,10	85,71	1,75	0,10
Curvas de 90°	0,40	250	62,16	1,27	0,10	73,88	1,51	0,10	85,71	1,75	0,10
Redução excêntrica	0,15	200	62,16	1,98	0,10	73,88	2,35	0,10	85,71	2,73	0,10
Total na sucção					0,40			0,40			0,50
Redução normal	0,30	150	62,16	3,52	0,20	73,88	4,18	0,30	85,71	4,85	0,40
Curvas de 90°	0,40	200	62,16	1,98	0,10	73,88	2,35	0,20	85,71	2,73	0,20
Toco L=1,20m		200	62,16	1,98	0,10	73,88	2,35	0,10	85,71	2,73	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	62,16	1,98	0,10	73,88	2,35	0,20	85,71	2,73	0,20
Toco L=0,60m		200	62,16	1,98	0,10	73,88	2,35	0,10	85,71	2,73	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	62,16	1,98	0,10	73,88	2,35	0,20	85,71	2,73	0,20
Válvula de retenção	2,50	200	62,16	1,98	0,50	73,88	2,35	0,80	85,71	2,73	1,00
Registro de gaveta	0,20	200	62,16	1,98	0,10	73,88	2,35	0,10	85,71	2,73	0,10
Tubulação FoFo L=1,20m		200	62,16	1,98	0,10	73,88	2,35	0,10	85,71	2,73	0,10
2xCurva de 45°	0,15	200	62,16	1,98	0,10	73,88	2,35	0,10	85,71	2,73	0,10
Ampliação	0,15	300,0	62,16	0,88	0,10	73,88	1,05	0,10	85,71	1,21	0,10
Tubulação PEAD L=300m		355,0	62,16	0,87	0,62	73,88	1,03	0,86	85,71	1,19	1,14
Total no barrilete e tubulação de recalque					2,22			3,16			3,74

c) Desnível geométrico (Dg)

- Nível mínimo do plano d'água no açude (NA mínimo).....28,00
- Nível máximo do plano d'água no açude (NA máximo).....37,00
- Cota do terreno natural na EEAB-II (TN.EEAB-II).....41,00

- Altura do reservatório apoiado (H.Ra)..... 3,50m

$$D_g = (41,00 + 3,50) - 28,00 = 16,5 \text{ m}$$

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:

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

Onde:

P = Potência (CV);

γ = Peso específico da água (1000kgf/cm³);

Q = Vazão máxima diária (m³/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.

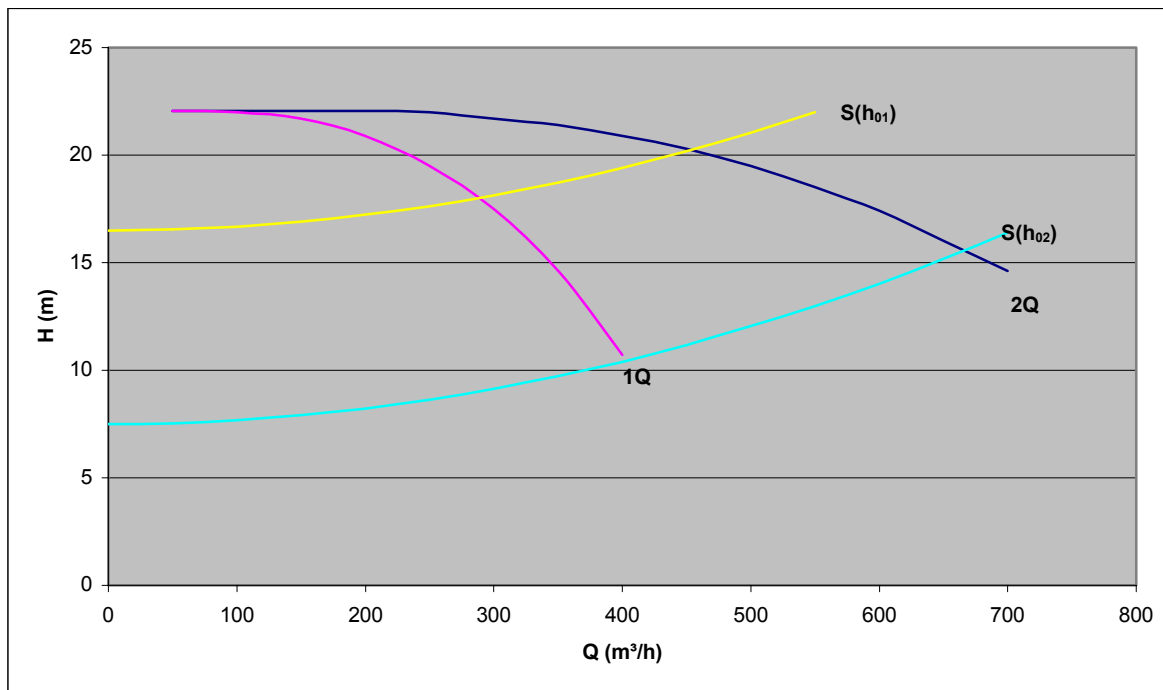
QUADRO 2.0 - Dimensionamento das Bombas da EEAB-I

ETAPA	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
VAZÃO TOTAL(l/s)	124,32	147,76	171,42
NÚMERO DE BOMBAS	2	2	2
VAZÃO POR BOMBA(l/s)	62,16	73,88	85,71
CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA			
SUCÇÃO			
Desnível geométrico(m)	0,80	0,80	0,80
Perdas em tocos e conexões(m)	0,40	0,40	0,50
Altura vacuométrica(m)	1,20	1,20	1,30
RECALQUE			
Perdas de carga(m)	2,22	3,16	3,74
Desnível geométrico	15,70	15,70	15,70
Altura manométrica(m)	17,92	18,86	19,44
Altura manométrica total(m)	19,12	20,06	20,74
Altura manométrica adotada(m.c.a)	20,00	21,00	21,00
CARACTERÍSTICAS DA BOMBA ADOTADA			
Tipo	Centrífuga	Centrífuga	Centrífuga
Vazão unitária(l/s)	62,16	73,88	85,71
Altura manométrica total(m.c.a)	20,00	21,00	21,00
Rendimento (%)*	82	79	78
Potência do motor calculada(CV)	22,24	28,80	33,84
NPSH disponível(m)	8,12	8,12	8,02
NPSH requerido(m)	2,00	2,50	3,00
Rotor (mm)	330	400	400
CARACTERÍSTICAS DO MOTOR			
Potência do motor adotada(CV)	25	30	40
RPM	1750	1750	1750
POLO	IV	IV	IV

2.1.2.3 - Curva da bomba x curva do sistema

- 1ª Etapa

Curva da Bomba x Curva do Sistema



Curva da Bomba (Dados)

Q (m^3/h)	H (m)
50	22,05
100	22,00
150	21,70
200	20,90
250	19,50
300	17,50
350	14,60
400	10,70

Curva do Sistema

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

Característica do sistema (k)

$$k = \frac{H_{man} - H_0}{Q^2}$$

$$k = \frac{20,0 - 16,5}{(447,558)^2} \therefore k = 1,7473 \times 10^{-5}$$

Curva do sistema para $h_{01} = 16,50$ (Dados)

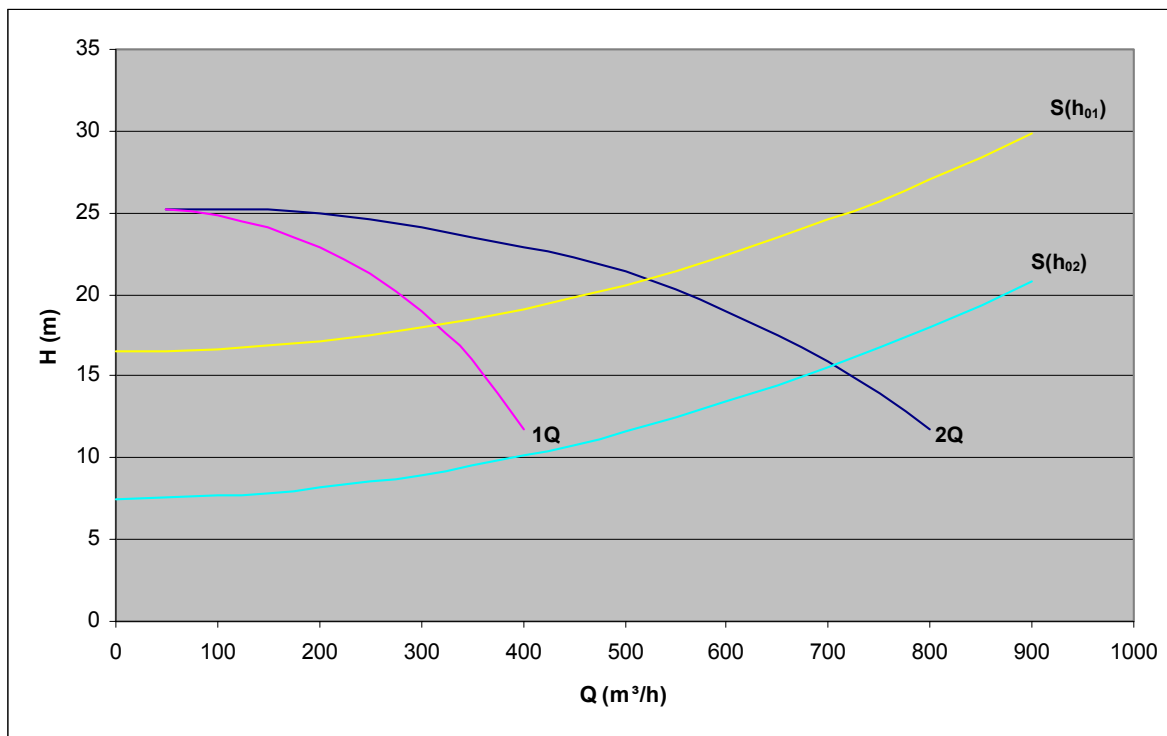
Q (m ³ /h)	Hman (m)
0	16,50
50	16,54
100	16,68
150	16,90
200	19,20
250	17,60
300	18,07
350	18,64
400	19,30
450	20,04
500	20,87
550	21,78

Curva do sistema para $h_{02} = 7,50$ m (Dados)

Q (m ³ /h)	Hman (m)
0	7,50
50	7,54
100	7,67
150	7,89
200	8,20
250	8,59
300	9,07
350	9,64
400	10,30
450	11,04
500	11,90
550	12,78
600	13,79
650	14,88
700	16,06

- 2ª Etapa

Curva da Bomba x Curva do Sistema



Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	H (m)
50	25,2
100	24,8
150	24,1
200	22,9
250	21,3
300	19,0
350	16,0
400	11,80

Curva do Sistema

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

Característica do sistema (k)

$$k = \frac{H_{man} - H_0}{Q^2}$$

$$k = \frac{21,0 - 16,5}{(531,936)^2} \therefore k = 1,5904 \times 10^{-5}$$

Curva do sistema para $h_0 = 16,50$ (Dados)

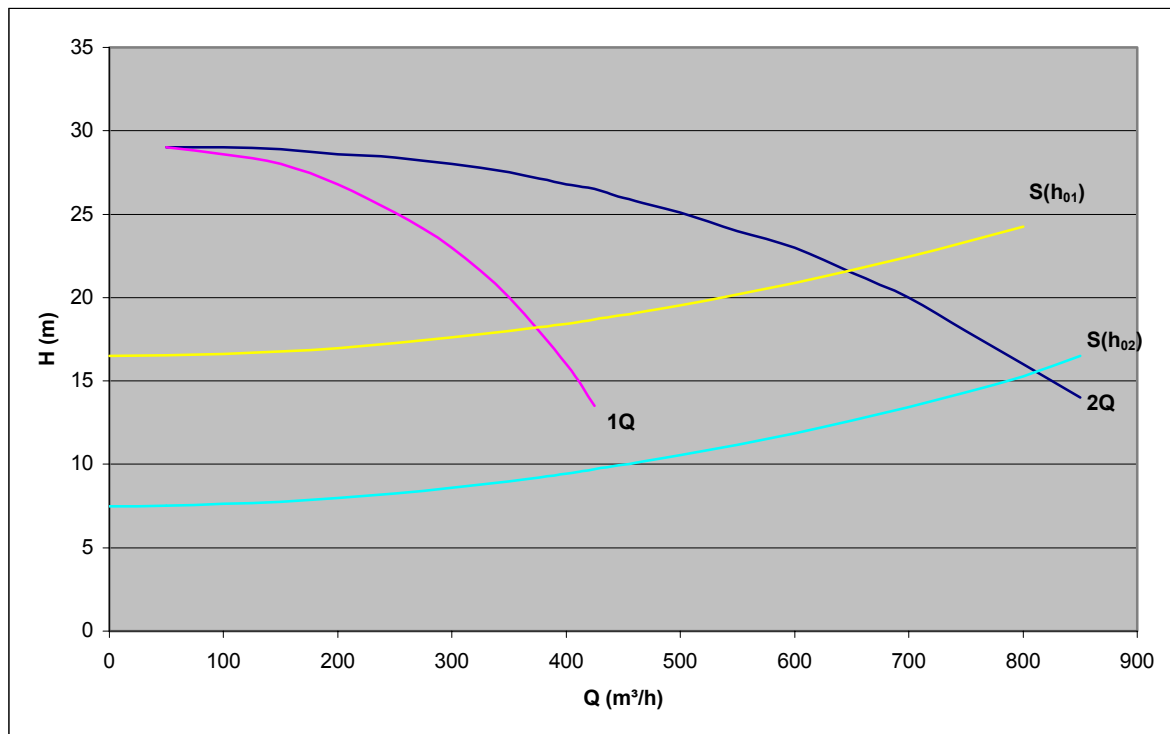
Q (m³/h)	Hman (m)
0	16,50
50	16,54
100	16,66
150	16,87
200	17,14
250	17,49
300	17,93
350	18,44
400	19,04
450	19,72
500	20,47
550	21,31
600	22,22
650	23,33
700	24,30
750	25,44
800	26,67
850	27,99
900	29,38

Curva do sistema para $h_0 = 7,50$ m (Dados)

Q (m³/h)	Hman (m)
0	7,50
50	7,54
100	7,66
150	7,86
200	8,13
250	8,50
300	8,93
350	9,44
400	10,04
450	10,72
500	11,47
550	12,31
600	13,22
650	14,22
700	15,30
750	16,44
800	17,68
850	19,00
900	20,40

- 3ª Etapa

Curva da Bomba x Curva do Sistema



Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	H (m)
50	29,0
100	28,6
150	28,0
200	26,8
250	25,1
300	23,0
350	20,0
400	16,0
425	10,0

Curva do Sistema

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

Característica do sistema (k)

$$k = \frac{H_{man} - H_0}{Q^2}$$

$$k = \frac{21,0 - 16,5}{(617,112)^2} \therefore k = 1,1816 \times 10^{-5}$$

Curva do sistema para $h_{01} = 16,50$ (Dados)

Q (m³/h)	Hman (m)
0	16,50
50	16,53
100	16,62
150	16,77
200	16,97
250	17,24
300	17,60
350	17,94
400	18,40
450	18,90
500	19,45
550	20,07
600	20,75
650	21,50
700	22,30
750	23,15
800	24,06
850	25,03

Curva do sistema para $h_{02} = 7,50$ m (Dados)

Q (m³/h)	Hman (m)
0	7,50
50	7,53
100	7,62
150	7,77
200	7,97
250	8,24
300	8,56
350	8,95
400	9,40
450	9,89
500	10,45
550	11,07
600	11,75
650	12,50
700	13,30
750	14,15
800	15,06

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 2.0:

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

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

$$\text{NPSH(d) da 3ª ETAPA} = 8,02 \text{ m}$$

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 BRUTA-II (EEAB-II)

2.2.1 - Dimensionamento dos Conjuntos motobomba

2.2.1.1 - Altura Manométrica Total – AMT

a) Perda de carga distribuída (h_d) 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.

Nos Quadros 3.0 a 5.0 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 3.0 Cota

QUADRO 4.0 - CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA E DAS COTAS PIEZOMÉTRICAS DA ADUTORA DE ITAÍPOCA - 2ª ETAPA

TRECH	ESTACA		TN	ESTACA		TN	DIST. (m)	VAZÃO (l/s)	DIAM. NOMINAL (mm)	DIAM. INT. (mm)	VEL. (m/s)	PERDA CARGA UNIT.(m)	PERDA CARGA TOTAL(m)	DESN. (m)	COTA PIEZ. (m)		CARGA (mca)			
														INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL			
T R E C H O I	0	+	0,00	40,486	12	+	0,00	40,375	240,00	147,76	500	492,5	0,78	0,000927	0,222	-0,11	140,08	139,86	99,60	99,49
	12	+	0,00	40,375	36	+	8,00	26,818	488,00	147,76	500	492,5	0,78	0,000927	0,452	-13,56	139,86	139,41	99,49	112,59
	19	+	12,50	26,818	67	+	0,00	46,104	947,50	147,76	500	492,5	0,78	0,000927	0,878	19,29	139,41	138,53	112,59	92,43
	67	+	0,00	46,104	78	+	0,00	46,626	220,00	147,76	500	492,5	0,78	0,000927	0,204	0,52	138,53	138,33	92,43	91,70
	78	+	0,00	46,626	98	+	0,00	50,333	400,00	147,76	500	492,5	0,78	0,000927	0,371	3,71	138,33	137,96	91,70	87,62
	98	+	0,00	50,333	116	+	13,00	36,813	373,00	147,76	500	492,5	0,78	0,000927	0,346	-13,52	137,96	137,61	87,62	100,80
	116	+	13,00	36,813	150	+	0,00	54,008	667,00	147,76	500	492,5	0,78	0,000927	0,618	17,20	137,61	136,99	100,80	82,99
	150	+	0,00	54,008	166	+	0,00	64,159	320,00	147,76	500	492,5	0,78	0,000927	0,296	10,15	136,99	136,70	82,99	72,54
	166	+	0,00	64,159	180	+	0,00	66,433	280,00	147,76	500	492,5	0,78	0,000927	0,259	2,27	136,70	136,44	72,54	70,00
	180	+	0,00	66,433	200	+	0,00	74,506	400,00	147,76	500	492,5	0,78	0,000927	0,371	8,07	136,44	136,07	70,00	61,56
200	+	0,00	74,506	239	+	0,00	80,271	780,00	147,76	500	492,5	0,78	0,000927	0,723	5,77	136,07	135,34	61,56	55,07	
239	+	0,00	80,271	284	+	15,50	63,190	915,50	147,76	500	492,5	0,78	0,000927	0,848	-17,08	135,34	134,50	55,07	71,31	
T R E C H O I	284	+	15,50	63,190	338	+	0,00	76,282	1.064,50	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,966	13,09	134,50	133,53	71,31	57,25
	338	+	0,00	76,282	373	+	0,00	93,190	700,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,635	16,91	133,53	132,89	57,25	39,70
	373	+	0,00	93,190	425	+	0,00	84,011	1.040,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,944	-9,18	132,89	131,95	39,70	47,94
	425	+	0,00	84,011	465	+	0,00	62,955	800,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,726	-21,06	131,95	131,22	47,94	68,27
	465	+	0,00	62,955	499	+	0,00	53,883	680,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,617	-9,07	131,22	130,61	68,27	76,72
	499	+	0,00	53,883	525	+	0,00	49,819	520,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,472	-4,06	130,61	130,13	76,72	80,32
	525	+	0,00	49,819	552	+	0,00	57,037	540,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,490	7,22	130,13	129,64	80,32	72,61
	552	+	0,00	57,037	566	+	0,00	49,025	280,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,254	-8,01	129,64	129,39	72,61	80,36
	566	+	0,00	49,025	602	+	0,00	60,092	720,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,654	11,07	129,39	128,74	80,36	68,64
	602	+	0,00	60,092	621	+	0,00	61,791	380,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,345	1,70	128,74	128,39	68,64	66,60
	621	+	0,00	61,791	641	+	0,00	72,350	400,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,363	10,56	128,39	128,03	66,60	55,68
	641	+	0,00	72,350	662	+	0,00	61,784	420,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,381	-10,57	128,03	127,65	55,68	65,86
	662	+	0,00	61,784	696	+	0,00	80,676	680,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,617	18,89	127,65	127,03	65,86	46,35
	696	+	0,00	80,676	746	+	0,00	82,848	1.000,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,908	2,17	127,03	126,12	46,35	43,27
	746	+	0,00	82,848	800	+	0,00	86,314	1.080,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,980	3,47	126,12	125,14	43,27	38,83
	800	+	0,00	86,314	835	+	0,00	81,736	700,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,635	-4,58	125,14	124,51	38,83	42,77
	835	+	0,00	81,736	879	+	0,00	100,005	880,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,799	18,27	124,51	123,71	42,77	23,70
	879	+	0,00	100,005	904	+	0,00	110,844	500,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,454	10,84	123,71	123,25	23,70	12,41
	904	+	0,00	110,844	967	+	0,00	91,948	1.260,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	1,144	-18,90	123,25	122,11	12,41	30,16
967	+	0,00	91,948	1019	+	1,00	106,153	1.041,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,945	14,21	122,11	121,16	30,16	15,01	
1024	+	0,00	106,153	1051	+	0,00	117,655	540,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,490	11,50	121,16	120,67	15,01	3,02	
1051	+	0,00	117,655	1118	+	5,00	84,127	1.345,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	1,221	-33,53	120,67	119,45	3,02	35,33	
1118	+	5,00	84,127	1159	+	3,00	91,290	818,00	146,17	500	492,5	0,77	0,000908	0,743	7,16	119,45	118,71	35,33	27,42	
TOTAL							23.419,50					21,374								

QUADRO 5.0 - CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA E DAS COTAS PIEZOMÉTRICAS DA ADUTORA DE ITAPIOCA - 3ª ETAPA

TRECH	ESTACA		TN	ESTACA		TN	DIST. (m)	VAZÃO (l/s)	DIAM. NOMINAL (mm)	DIAM. INT. (mm)	VEL. (m/s)	PERDA CARGA UNIT.(m)	PERDA CARGA TOTAL(m)	DESN. (m)	COTA PIEZ. (m)		CARGA (mca)			
						INICIAL									FINAL	INICIAL	FINAL			
T R E C H O I	0	+	0,00	40,486	12	+	0,00	40,375	240,00	171,42	500	492,5	0,90	0,001227	0,295	-0,11	146,43	146,14	105,95	105,76
	12	+	0,00	40,375	36	+	8,00	26,818	488,00	171,42	500	492,5	0,90	0,001227	0,599	-13,56	146,14	145,54	105,76	118,72
	19	+	12,50	26,818	67	+	0,00	46,104	947,50	171,42	500	492,5	0,90	0,001227	1,163	19,29	145,54	144,37	118,72	98,27
	67	+	0,00	46,104	78	+	0,00	46,626	220,00	171,42	500	492,5	0,90	0,001227	0,270	0,52	144,37	144,10	98,27	97,48
	78	+	0,00	46,626	98	+	0,00	50,333	400,00	171,42	500	492,5	0,90	0,001227	0,491	3,71	144,10	143,61	97,48	93,28
	98	+	0,00	50,333	116	+	13,00	36,813	373,00	171,42	500	492,5	0,90	0,001227	0,458	-13,52	143,61	143,16	93,28	106,34
	116	+	13,00	36,813	150	+	0,00	54,008	667,00	171,42	500	492,5	0,90	0,001227	0,819	17,20	143,16	142,34	106,34	88,33
	150	+	0,00	54,008	166	+	0,00	64,159	320,00	171,42	500	492,5	0,90	0,001227	0,393	10,15	142,34	141,94	88,33	77,79
	166	+	0,00	64,159	180	+	0,00	66,433	280,00	171,42	500	492,5	0,90	0,001227	0,344	2,27	141,94	141,60	77,79	75,17
	180	+	0,00	66,433	200	+	0,00	74,506	400,00	171,42	500	492,5	0,90	0,001227	0,491	8,07	141,60	141,11	75,17	66,60
T R E C H O I	200	+	0,00	74,506	239	+	0,00	80,271	780,00	171,42	500	492,5	0,90	0,001227	0,957	5,77	141,11	140,15	66,60	59,88
	239	+	0,00	80,271	284	+	15,50	63,190	915,50	171,42	500	492,5	0,90	0,001227	1,124	-17,08	140,15	139,03	59,88	75,84
	284	+	15,50	63,190	338	+	0,00	76,282	1.064,50	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	1,280	13,09	139,03	137,75	75,84	61,47
	338	+	0,00	76,282	373	+	0,00	93,190	700,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	0,842	16,91	137,75	136,91	61,47	43,72
	373	+	0,00	93,190	425	+	0,00	84,011	1.040,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	1,251	-9,18	136,91	135,66	43,72	51,65
	425	+	0,00	84,011	465	+	0,00	62,955	800,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	0,962	-21,06	135,66	134,69	51,65	71,74
	465	+	0,00	62,955	499	+	0,00	53,883	680,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	0,818	-9,07	134,69	133,88	71,74	79,99
	499	+	0,00	53,883	525	+	0,00	49,819	520,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	0,625	-4,06	133,88	133,25	79,99	83,43
	525	+	0,00	49,819	552	+	0,00	57,037	540,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	0,649	7,22	133,25	132,60	83,43	75,57
	552	+	0,00	57,037	566	+	0,00	49,025	280,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	0,337	-8,01	132,60	132,27	75,57	83,24
	566	+	0,00	49,025	602	+	0,00	60,092	720,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	0,866	11,07	132,27	131,40	83,24	71,31
	602	+	0,00	60,092	621	+	0,00	61,791	380,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	0,457	1,70	131,40	130,94	71,31	69,15
	621	+	0,00	61,791	641	+	0,00	72,350	400,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	0,481	10,56	130,94	130,46	69,15	58,11
	641	+	0,00	72,350	662	+	0,00	61,784	420,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	0,505	-10,57	130,46	129,96	58,11	68,17
	662	+	0,00	61,784	696	+	0,00	80,676	680,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	0,818	18,89	129,96	129,14	68,17	48,46
	696	+	0,00	80,676	746	+	0,00	82,848	1.000,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	1,202	2,17	129,14	127,94	48,46	45,09
	746	+	0,00	82,848	800	+	0,00	86,314	1.080,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	1,299	3,47	127,94	126,64	45,09	40,32
	800	+	0,00	86,314	835	+	0,00	81,736	700,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	0,842	-4,58	126,64	125,80	40,32	44,06
	835	+	0,00	81,736	879	+	0,00	100,005	880,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	1,058	18,27	125,80	124,74	44,06	24,73
	879	+	0,00	100,005	904	+	0,00	110,844	500,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	0,601	10,84	124,74	124,14	24,73	13,29
904	+	0,00	110,844	967	+	0,00	91,948	1.260,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	1,515	-18,90	124,14	122,62	13,29	30,67	
967	+	0,00	91,948	1019	+	1,00	106,153	1.041,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	1,252	14,21	122,62	121,37	30,67	15,22	
1024	+	0,00	106,153	1051	+	0,00	117,655	540,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	0,649	11,50	121,37	120,72	15,22	3,07	
1051	+	0,00	117,655	1118	+	5,00	84,127	1.345,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	1,617	-33,53	120,72	119,10	3,07	34,98	
1118	+	5,00	84,127	1159	+	3,00	91,290	818,00	169,57	500	492,5	0,89	0,001202	0,984	7,16	119,10	118,12	34,98	26,83	
TOTAL							23.419,50							28,311						

b) Perda de carga localizada (h_l)

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 6.0 apresenta os respectivos valores de h_l em função das vazões requeridas nas três etapas do projeto.

QUADRO 6.0 - Perdas de Carga na EEAB-II

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	31,08	0,99	0,10	36,94	1,18	0,10	42,85	1,36	0,10
Toco L=0,70m		200	31,08	0,99	0,10	36,94	1,18	0,10	42,85	1,36	0,10
Registro de gaveta	0,20	200	31,08	0,99	0,10	36,94	1,18	0,10	42,85	1,36	0,10
Redução excêntrica	0,15	150	31,08	1,76	0,10	36,94	2,09	0,10	42,85	2,43	0,10
Total na sucção					0,40			0,40			0,40
Redução normal	0,30	100	31,08	3,96	0,30	36,94	4,70	0,40	42,85	5,46	0,50
Curvas de 90°	0,40	150	31,08	1,76	0,10	36,94	2,09	0,10	42,85	2,43	0,20
Toco L=1,00m		150	31,08	1,76	0,10	36,94	2,09	0,10	42,85	2,43	0,10
Curvas de 90°	0,40	150	31,08	1,76	0,10	36,94	2,09	0,10	42,85	2,43	0,20
Toco L=1,00m		150	31,08	1,76	0,10	36,94	2,09	0,10	42,85	2,43	0,10
Curvas de 90°	0,40	150	31,08	1,76	0,10	36,94	2,09	0,10	42,85	2,43	0,20
Válvula de retenção	2,50	150	31,08	1,76	0,40	36,94	2,09	0,60	42,85	2,43	0,80
Registro de gaveta	0,20	150	31,08	1,76	0,10	36,94	2,09	0,10	42,85	2,43	0,10
Tubulação L=3,82m		150	31,08	1,76	0,10	36,94	2,09	0,10	42,85	2,43	0,10
Curva de 22°	0,30	150	31,08	1,76	0,10	36,94	2,09	0,10	42,85	2,43	0,10
Ampliação 150x300	0,15	300	31,08	0,44	0,10	147,76	2,09	0,10	171,42	2,43	0,15
Curva de 45°	0,40	300	31,08	0,44	0,10	36,94	0,52	0,10	42,85	0,61	0,10
Ampliação 300x400	0,15	400	31,08	0,25	0,10	36,94	0,29	0,10	42,85	0,34	0,10
Tubulação L=8,00m		400	124,32	0,99	0,10	147,76	1,18	0,10	171,42	1,36	0,10
Ampliação 400x500	0,00	400	124,32	0,99	0,00	147,76	1,18	0,00	171,42	1,36	0,00
Válvula de retenção	2,50	400	124,32	0,99	0,20	147,76	1,18	0,20	171,42	1,36	0,30
Válvula borboleta	0,20	400	124,32	0,99	0,10	147,76	1,18	0,10	171,42	1,36	0,10
Tubulação L=3,00m		400	124,32	0,99	0,10	147,76	1,18	0,10	171,42	1,36	0,10
Macro-medidor		300	124,32	1,76	1,00	147,76	2,09	1,00	171,42	2,43	1,00
Total no barrilete					3,30			3,60			4,35

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 de cálculo de potência apresentada anteriormente.

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.

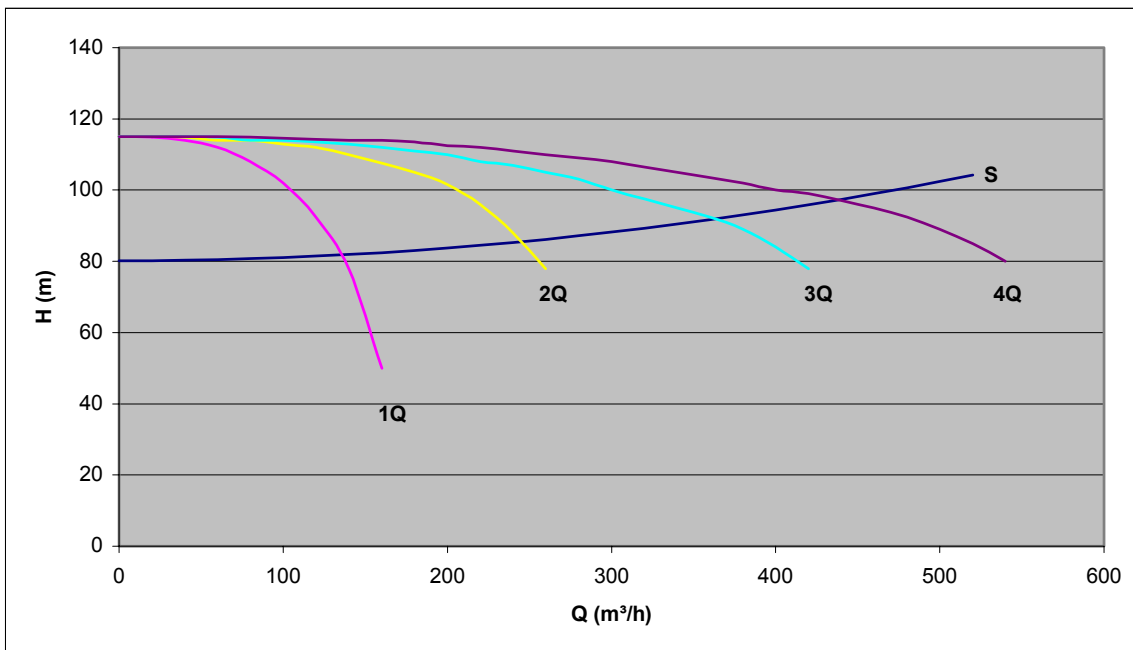
QUADRO 7.0 - Dimensionamento das Bombas da EEAB-II

ETAPA	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
VAZÃO TOTAL(l/s)	124,32	147,76	171,42
NÚMERO DE BOMBAS	4	4	4
VAZÃO POR BOMBA(l/s)	31,08	36,94	42,85
CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA			
SUCÇÃO			
Desnível geométrico(m)	0,00	0,00	0,00
Perdas em tocos e conexões(m)	0,40	0,40	0,40
Altura vacuométrica(m)	0,40	0,40	0,40
RECALQUE			
Perdas no barrilete(m)	3,30	3,60	4,35
Carga na saída da adutora (m)	94,21	99,60	105,95
Altura manométrica(m)	97,51	103,20	110,30
Altura manométrica total(m)	97,91	103,60	110,70
Altura manométrica adotada(m.c.a)	98,00	104,00	111,00
CARACTERÍSTICAS DA BOMBA ADOTADA			
Tipo	Centrífuga	Centrífuga	Centrífuga
Vazão unitária(l/s)	31,08	36,94	42,85
Altura manométrica total(m.c.a)	98	104	110
Rendimento (%)	72	70	70
Potência do motor calculada(CV)	62,04	80,49	99,67
NPSH disponível(m)	8,92	8,92	8,92
NPSH requerido(m)	2,80	3,00	3,40
Rotor (mm)	330	380	400
CARACTERÍSTICAS DO MOTOR			
Potência do motor adotada(CV)	75	100	100
RPM	1750	1750	1750
POLO	IV	IV	IV

QUADRO 3.0 - CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA E DAS COTAS PIEZOMÉTRICAS DA ADUTORA DE ITAPIOCA - 1ª ETAPA

TRECH	ESTACA		TN	ESTACA		TN	DIST. (m)	VAZÃO (l/s)	DIAM. NOMINAL (mm)	DIAM. INT. (mm)	VEL. (m/s)	PERDA CARGA UNIT.(m)	PERDA CARGA TOTAL(m)	DESN. (m)	COTA PIEZ. (m)		CARGA (mca)			
	+	0,00		+	0,00										INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
T R E C H O I	0	+	0,00	40,486	12	+	0,00	40,375	240,00	124,32	500	492,5	0,65	0,000669	0,161	-0,11	134,70	134,53	94,21	94,16
	12	+	0,00	40,375	36	+	8,00	26,818	488,00	124,32	500	492,5	0,65	0,000669	0,327	-13,56	134,53	134,21	94,16	107,39
	19	+	12,50	26,818	67	+	0,00	46,104	947,50	124,32	500	492,5	0,65	0,000669	0,634	19,29	134,21	133,57	107,39	87,47
	67	+	0,00	46,104	78	+	0,00	46,626	220,00	124,32	500	492,5	0,65	0,000669	0,147	0,52	133,57	133,43	87,47	86,80
	78	+	0,00	46,626	98	+	0,00	50,333	400,00	124,32	500	492,5	0,65	0,000669	0,268	3,71	133,43	133,16	86,80	82,83
	98	+	0,00	50,333	116	+	13,00	36,813	373,00	124,32	500	492,5	0,65	0,000669	0,250	-13,52	133,16	132,91	82,83	96,10
	116	+	13,00	36,813	150	+	0,00	54,008	667,00	124,32	500	492,5	0,65	0,000669	0,446	17,20	132,91	132,46	96,10	78,46
	150	+	0,00	54,008	166	+	0,00	64,159	320,00	124,32	500	492,5	0,65	0,000669	0,214	10,15	132,46	132,25	78,46	68,09
	166	+	0,00	64,159	180	+	0,00	66,433	280,00	124,32	500	492,5	0,65	0,000669	0,187	2,27	132,25	132,06	68,09	65,63
	180	+	0,00	66,433	200	+	0,00	74,506	400,00	124,32	500	492,5	0,65	0,000669	0,268	8,07	132,06	131,79	65,63	57,29
	200	+	0,00	74,506	239	+	0,00	80,271	780,00	124,32	500	492,5	0,65	0,000669	0,522	5,77	131,79	131,27	57,29	51,00
239	+	0,00	80,271	284	+	15,50	63,190	915,50	124,32	500	492,5	0,65	0,000669	0,613	-17,08	131,27	130,66	51,00	67,47	
T R E C H O I	284	+	15,50	63,190	338	+	0,00	76,282	1.064,50	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,698	13,09	130,66	129,96	67,47	53,68
	338	+	0,00	76,282	373	+	0,00	93,190	700,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,459	16,91	129,96	129,50	53,68	36,31
	373	+	0,00	93,190	425	+	0,00	84,011	1.040,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,682	-9,18	129,50	128,82	36,31	44,81
	425	+	0,00	84,011	465	+	0,00	62,955	800,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,524	-21,06	128,82	128,30	44,81	65,34
	465	+	0,00	62,955	499	+	0,00	53,883	680,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,446	-9,07	128,30	127,85	65,34	73,97
	499	+	0,00	53,883	525	+	0,00	49,819	520,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,341	-4,06	127,85	127,51	73,97	77,69
	525	+	0,00	49,819	552	+	0,00	57,037	540,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,354	7,22	127,51	127,16	77,69	70,12
	552	+	0,00	57,037	566	+	0,00	49,025	280,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,184	-8,01	127,16	126,97	70,12	77,95
	566	+	0,00	49,025	602	+	0,00	60,092	720,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,472	11,07	126,97	126,50	77,95	66,41
	602	+	0,00	60,092	621	+	0,00	61,791	380,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,249	1,70	126,50	126,25	66,41	64,46
	621	+	0,00	61,791	641	+	0,00	72,350	400,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,262	10,56	126,25	125,99	64,46	53,64
	641	+	0,00	72,350	662	+	0,00	61,784	420,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,275	-10,57	125,99	125,71	53,64	63,93
	662	+	0,00	61,784	696	+	0,00	80,676	680,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,446	18,89	125,71	125,27	63,93	44,59
	696	+	0,00	80,676	746	+	0,00	82,848	1.000,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,656	2,17	125,27	124,61	44,59	41,76
	746	+	0,00	82,848	800	+	0,00	86,314	1.080,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,708	3,47	124,61	123,90	41,76	37,59
	800	+	0,00	86,314	835	+	0,00	81,736	700,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,459	-4,58	123,90	123,45	37,59	41,71
	835	+	0,00	81,736	879	+	0,00	100,005	880,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,577	18,27	123,45	122,87	41,71	22,86
	879	+	0,00	100,005	904	+	0,00	110,844	500,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,328	10,84	122,87	122,54	22,86	11,70
	904	+	0,00	110,844	967	+	0,00	91,948	1.260,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,826	-18,90	122,54	121,71	11,70	29,77
	967	+	0,00	91,948	1019	+	1,00	106,153	1.041,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,682	14,21	121,71	121,03	29,77	14,88
1024	+	0,00	106,153	1051	+	0,00	117,655	540,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,354	11,50	121,03	120,68	14,88	3,02	
1051	+	0,00	117,655	1118	+	5,00	84,127	1.345,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,882	-33,53	120,68	119,80	3,02	35,67	
1118	+	5,00	84,127	1159	+	3,00	91,290	818,00	122,98	500	492,5	0,65	0,000656	0,536	7,16	119,80	119,26	35,67	27,97	
TOTAL							23.419,50					15,435								

2.2.1.3 - Curva da bomba x curva do sistema
 - 1ª Etapa
 Curva da Bomba x Curva do Sistema



Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	H (m)			
	1Q	2Q	3Q	4Q
0	115,0			
20	114,8	115,0		
40	114,0	114,8		
60	112,0		114,8	
80	108,0	114,0		114,8
100	102,0			
120	92,5	112,0	114,0	
140	78,0			
160	50,0	108,0		114,0
180			112,0	
200		102,0		
220				
240		92,5	108,0	112,0
260				
280		78,0		
300			102,0	
320				108,0
340				
360			92,5	
380				
400				102,0
420			78,0	
440				
460				
480			50,0	92,5
500				
520				
540				
560				78,0

Curva do Sistema

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

Característica do sistema (k)

$$k = \frac{H_{man} - H_0}{Q^2}$$

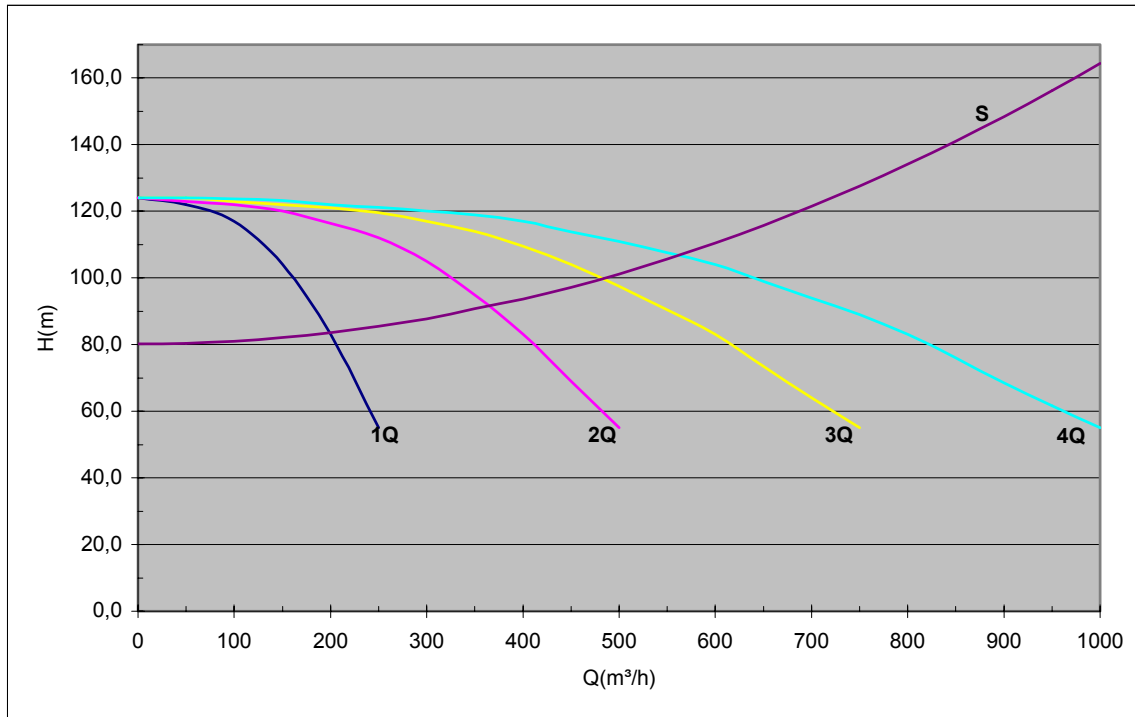
$$k = \frac{98,0 - 80,164}{(447,552)^2} \therefore k = 8,9 \times 10^{-5}$$

Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	Hman (m)
0	80,16
20	80,20
40	80,30
60	80,50
80	80,73
100	81,05
120	81,45
140	81,90
160	82,44
180	83,05
200	83,72
220	84,47
240	85,29
260	86,18
280	87,14
300	88,18
320	89,28
340	90,45
360	91,70
380	93,02
400	94,41
420	95,87
440	97,40
460	99,00
480	100,68
500	102,42
520	104,24

- 2ª Etapa

Curva da Bomba x Curva do Sistema



Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	H (m)			
	1Q	2Q	3Q	4Q
0	124			
50	122			
100	117	122		
150	104		122	
200	83	117		112
250	55			
300		104	117	
350				
400		83		117
450			104	
500		55		
550				
600			83	104
650				
700				
750			55	
800				83
850				
900				
950				
1000				55

Curva do Sistema

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

Característica do sistema (k)

$$k = \frac{H_{man} - H_0}{Q^2}$$

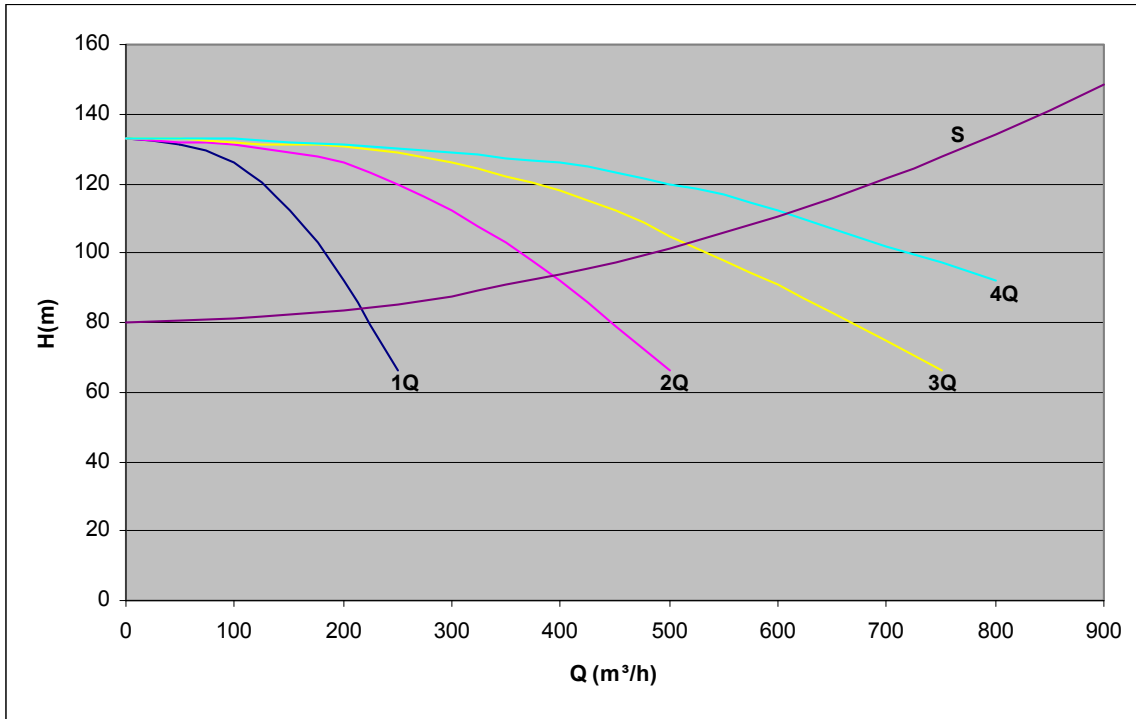
$$k = \frac{104,0 - 80,164}{(531,936)^2} \therefore k = 8,42 \times 10^{-5}$$

Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	Hman (m)
0	80,16
50	80,37
100	81,00
150	82,06
200	83,53
250	85,43
300	87,74
350	90,48
400	93,64
450	97,22
500	101,22
550	105,65
600	110,49
650	115,75
700	121,44
750	127,55
800	134,07
850	141,03
900	148,40
950	156,19
1000	164,40

- 3ª Etapa

Curva da Bomba x Curva do Sistema



Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	H (m)			
	1Q	2Q	3Q	4Q
0	133			
50	131			
100	126	131		
150	112,4		131	
200	92	126		131
250	66			
300		112,4	126	
350				
400		92		126
450			112,4	
500		66		
550				
600			92	112,4
650				
700				
750			66	
800				92
850				
900				
1000				66

Curva do Sistema

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

Característica do sistema (k)

$$k = \frac{H_{man} - H_0}{Q^2}$$

$$k = \frac{111,0 - 80,164}{(617,04)^2} \therefore k = 8,1 \times 10^{-5}$$

Curva do Sistema (Dados)

Q (m³/h)	Hman (m)
0	80,16
50	80,37
100	80,97
150	81,99
200	83,40
250	85,22
300	87,45
350	90,08
400	93,12
450	95,56
500	100,41
550	104,66
600	109,32
650	114,38
700	119,85
750	125,72
800	132,00

2.3 - ADUÇÃO

2.3.1 - Definição dos Diâmetros

O diâmetro do sistema adutor foi definido no estudo de concepção do projeto (ver item 7.2.1 do respectivo relatório).

2.3.2 - Blocos de Ancoragem

Procedeu-se ao cálculo da ancoragem da adutora considerando:

a) o valor do empuxo dado por:

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

onde: E = Empuxo, Kg;

S = Seção da tubulação em cm²;

P = Pressão interna em kg/cm²;

θ = Ângulo da curva.

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

onde: A = área de contato, cm²;

E = Empuxo, Kg;

σ_{adm} = taxa admissível do terreno, Kg/cm²;

As dimensões dos blocos de ancoragem para cada conexão da adutora, constam na planta nº III-5-O-22/25-000.

2.3.3 - Movimento de Terra

A tubulação adutora será assentada numa vala de dimensões médias – profundidade de 1,20 m e largura de 1,00 m, no trecho EEAB-II – Sede do município. No trecho da adutora que abastece a localidade de Barrento as dimensões médias da vala são: profundidade de 1,00 m e largura de 0,60 m.

Em ambos os casos, a tubulação assentar-se-á sobre camada de areia fina de 0,10 m de espessura, quando a escavação for em material de 2ª ou 3ª categoria.

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

Categoria	Volume (m ³)	%
1 ^a	26.032,52	70
2 ^a	7.829,33	20
3 ^a	3.914,66	10

2.3.4 - Avaliação do Transiente Hidráulico e Equipamento de Proteção

Preliminarmente procedeu-se a avaliação do transiente hidráulico sem considerar a utilização de dispositivos de proteção, para em seguida, observados seus efeitos sobre o sistema, eleger, dimensionar e localizar os dispositivos necessários e suficientes a sua proteção.

O Anexo I compreende o “Relatório dos Estudos de Transientes Hidráulicos para a Adutora de Itapipoca - Ce”, elaborado pelo professor Francisco Osny_Enéas da Silva, da Universidade de Fortaleza, no qual se constata que a utilização de três dispositivos de controle: um tanque unidirecional (one way), uma chaminé de equilíbrio e um reservatório de transição (descarga livre) evitarão os problemas, tais como observados na Figura 1.0 do citado relatório (Anexo I).

Tipo, dimensões e localização dos dispositivos indicados são os seguintes:

DISPOSITIVO	DIMENSÕES		LOCALIZAÇÃO ESTACA
	DI (m)	H (m)	
Tanque Unidirecional	2,50	10,00	375+5E
Chaminé de Equilíbrio	2,50	14,20	904
Reservatório de Transição	-	-	-

Por outro lado, pela observação da Figura 2.0 verifica-se que, no trecho compreendido entre os locais de posicionamento da chaminé de equilíbrio e o reservatório de transição sugerido, as envoltórias das cotas piezométricas apresentam afastamentos de pequena magnitude em relação à linha piezométrica no regime permanente podendo-se concluir que a supressão do reservatório de transição à estaca 1051, não trará maiores problemas para a segurança do sistema.

Em face disso, resolveu-se eliminar este último dispositivo, com o que sua função será substituída pela descarga livre existente na entrada dos filtros da ETA em Itapipoca (estaca 1.159+3,0); providência que redundará em evidente economia e permite obter na chaminé de equilíbrio carga suficiente para acionamento do pressostato que comandará o desligamento das bombas da EEAB-II, em Gameleira.

Assim sendo, a proteção do sistema será garantida pelo tanque unidirecional (one way) e pela chaminé de equilíbrio, conforme indicações mencionadas, fora as ventosas de tríplice função.

2.4 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA DE BARRENTO– 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), um filtro de corrente ascendente, também conhecido por clarificador de contato 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 25/09/2001 no rio Mundaú, a qual está apresentada no Quadro 8.0.

QUADRO 8.0 – CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MUNDAÚ EM BARRENTO (ITAPIPOCA)

Parâmetros	Índice	
	Amostra	Limite
Turbidez	293,0 UT	5
Cor	280,0 Uh	15
Odor	Inodoro	Inodoro
pH	6,88	6,8 - 7,5
Alcalinidade Hidróxidos	0	
Alcalinidade Carbonatos	0	
Alcalinidade Bicarbonatos	52,0mg CaCO ³ /L	
Dureza	76,0mg CaCO ³ /L	500
Cálcio	10,4 mg Ca/L	
Magnésio	12,0 mg Mg/L	150
Condutividade	612,0 mS/cm	750
Cloretos	137,0 mg Cl-/L	250
Cloro residual	Ausência	0,5
Sulfatos	12,02mg S0=4/L	250
Ferro	4,43 mg Fe/L	0,10
O2 consumido	7,25 mg O2/L	1,5
Sódio	65,7 mg Na/L	
Potássio	6,6 mg K/L	
Nitritos	0,51 mg N-N0-2/L	0
Nitratos	2,63 mg N-N0-3/L	45
Amônia	0,40 mg N-NH-3/L	0
Sólidos Totais	318,0 mg STD/L	500

FONTE: CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

De acordo com esta análise pode-se dizer que a água do referido rio é utilizável, 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 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 pequenas poças, 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.

Submetida a um processo de tratamento a base de filtração e cloração, precedidas de aeração 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).....1,34 L/s; 0,00131 m³/s
- Q (2ª Etapa)1,59 L/s; 0,00156 m³/s
- Q (3ª Etapa)1,84 L/s; 0,00182 m³/s
- Tempo Máximo Diário de Operação da ETA (td).....20 horas
- Taxa de Filtração Máxima Diário (Tf).....120 m³/m² x dia

2.4.2.2 - Área Filtrante Total(Aft)

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

$$= \frac{0,00134 \times 72000}{120} = 0,80 \text{ m}^2 \quad (1^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

$$= \frac{0,00159 \times 72000}{120} = 0,95 \text{ m}^2 \quad (2^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

$$= \frac{0,00184 \times 72000}{120} = 1,11 \text{ m}^2 \quad (3^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

2.4.2.3 - Número Mínimo de Unidades Filtrantes(N)

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

$$c = \frac{72000 \times 1,11}{1.000.000} = 0,08 \text{ milhões de l/dia (3ª Etapa)}$$

$$N = 1,4 \sqrt{0,08} = 0,40 \text{ (3ª Etapa)}$$

Adotou-se 1 filtro.

2.4.2.4 - Área de Cada Filtro (Af)

$$A_f = \frac{A_{ft}}{N} = \frac{1,11}{1} = 1,11 \text{ m}^2 \text{ (3ª Etapa)}$$

2.4.2.5 - Diâmetro de cada Filtro (Df)

$$D_f = \sqrt{(4 * A_f) / \pi} = 1,19 \text{ m}$$

Adotou-se o diâmetro de 2,20 m, com área filtrante de 3,80 m²(Afa).

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

$$T_f(3ª \text{ Etapa}) = ((Q/1000) * T_d * 3600) / (A_{fa} * N) = 34,92 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$$

2.4.2.7 - Vazão de lavagem (q)

$$q = v \times A$$

onde:

v - velocidade de lavagem (m/s)

A - área do filtro (m²)

Sabe-se que:

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

Adotou-se v = 0,80 m/min

Então:

$$q = \frac{0,80 \times 3,80}{60} = 0,051 \text{ m}^3/\text{s}$$

Adotou-se q = 51 L/s.

2.4.2.8 - 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:

$$V = 0,051 \times 15 \times 60 = 45,61 \text{ m}^3.$$

Adotado: 46,0 m³.

2.4.3 - Volume do Reservatório Apoiado (VRa)

O reservatório apoiado deverá compensar o volume resultante da diferença entre o tempo de funcionamento do sistema adutor e o tempo de bombeamento para o reservatório elevado, consideradas as respectivas vazões, acrescido do volume necessário para a lavagem do filtro, conforme se observa o Quadro 9.0.

QUADRO 9.0 – Volume do Reservatório Apoiado

ETAPAS DO PROJETO	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Tempo de oferta d'água (sistema adutor) (h)	20	20	20
Vazão de oferta d'água (m ³ /h)	7,09	8,00	8,92
Tempo de bombeamento p/ RE (h)	12	12	12
Volume ofertado durante o tempo de bombeamento (m ³)	85,06	96,00	107,01
Volume destinado à lavagem (m ³)	45,61	45,61	45,61
Volume diário destinado à população	96,15	114,39	132,74
Volume da RA (m ³)	56,70	64,00	71,34
Vazão de bombeamento (m ³ /h)	11,81	13,33	14,86
Volume do reservatório apoiado			75,00

2.4.4 - Carga Hidráulica para lavagem do filtro

Utilização da carga disponibilizada pelo reservatório elevado para lavagem do filtro.

Cotejo: Carga necessária – Carga disponível

1) Perda da carga no leito filtrante (h_{fr})

Leito filtrante: areia (densidade relativa → S_s = 2,65;

porosidade inicial → P_ó = 0,42)

Altura do leito não expandido (lo): 2,0m

Então:

$$h_{fr} = l_o (S_s - 1) \cdot (1 - P_o)$$

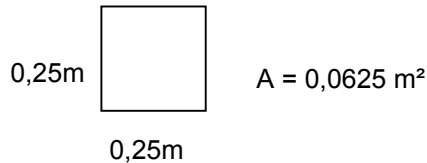
$$h_{fr} = 2 (2,65 - 1) (1 - 0,42)$$

$$h_{fr} = 1,91$$

2) Altura da camada suporte: 0,80m → Perda de carga estimada $h_{fs} = 0,60m$

3) Perda de carga no conduto central (h_{fc})

Seção do conduto



Seção circular
(área equivalente)

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \Rightarrow D = 0,2822m$$

$$h_{fc} = 10,64 \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} \cdot D^{-4,87} \cdot L$$

$$Q = 0,051 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$DI = 0,2822 \text{ m}$$

$$h_{fc} = 10,64 \cdot \left(\frac{0,051}{120}\right)^{1,85} \cdot (0,2822)^{-4,87} \cdot 2,20$$

$$L = 2,20 \text{ m}$$

$$h_{fc} = 0,0023 \text{ m}$$

4) Perda de carga na tubulação perfurada (h_{fp})

$$h_{fp} = 10,64 \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} \cdot D^{-4,87} \cdot L \cdot F$$

$$Q = 0,051 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$DI = 0,0528 \text{ m}$$

$$h_{fp} = 10,64 \cdot \left(\frac{0,00352}{100}\right)^{1,85} \cdot (0,0528)^{-4,87} \cdot 0,80 \cdot 0,41$$

$$L = 0,80 \text{ m}$$

$$F = 0,410$$

$$h_{fp} = 0,0335 \text{ m}$$

5) Desnível geom. entre o nível de entrada e de saída d'água no filtro: 3,60 (hg)

6) Perda de carga na interligação Reservatório Elevado → Filtro (h_{fi})

PLANTA	ITEM	PEÇA	DN	Qt	L.eq
16/25	20	Extremidade flange ponta; L =	200	1	0,75
	21	Tubo c/flange L =	200	1	4,5
	22	Tubo c/flange e ponta L =	200	1	5,8
	23	Curva c/bolsa	200	1	3,3
09/25	5	Tubo Ponta/Ponta L =	200	1	5,2
	6	Curva 450 c/bolsa	200	1	1,5
	7	Tubo com flange e Ponta; L =	200	1	1
12/25	14	Tê c/flange	200	1	13
	16	Toco c/flange; L =	200	1	0,25
	18	Toco c/flange; L =	200	1	0,25
	19	Reg. Gav. chato c/flange	200	1	1,4
	9	Tê de redução	200	1	4,3
	10	Extremidade c/flange L =	200	1	0,4
				TOTAL	41,65

$$h_{fi} = 10,64 (0,051/100)^{1,81} \cdot (0,2624)^{4,81} \cdot 41,65$$

$$h_{fi} = 0,2428$$

7) Carga total necessária para lavagem do filtro(Hz)

$$H_z = h_{ff} + h_{fs} + h_{fc} + h_{fp} + h_g + h_{fi}$$

$$H_z = 6,39 \text{ m}$$

8) Carga disponível: 10m, correspondente ao fuste do Reservatório elevado existente.

Conclusão: A carga hidráulica disponibilizada pelo reservatório elevado existente é suficiente para a operação de lavagem do filtro.

2.4.5 - Dimensionamento da Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT)

No Quadro 10.0 estão apresentados o dimensionamento e as características dos conjuntos motobomba de recalque para o reservatório elevado (EEAT).

QUADRO 10.0 - Dimensionamento das Bombas da EEAT (ETA de Barrento)

ETAPAS	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
VAZÃO TOTAL(l/s)	3,28	3,70	4,13
NÚMERO DE BOMBAS	1	1	1
VAZÃO POR BOMBA(l/s)	3,28	3,70	4,13
CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA			
SUCÇÃO			
Desnível geométrico(m)	0,00	0,00	0,00
Perdas em tocos e conexões(m)	0,40	0,40	0,40
Altura vacuométrica(m)	0,40	0,40	0,40
RECALQUE			
Perdas de carga(m)	1,40	1,50	1,60
Altura do reservatório elevado	15,50	15,50	15,50
Altura manométrica(m)	16,90	17,00	17,10
Altura manométrica total(m)	17,99	18,10	18,20
Altura manométrica adotada(m.c.a)	18,00	18,00	19,00
CARACTERÍSTICAS DA BOMBA ADOTADA			
Tipo	Centrífuga	Centrífuga	Centrífuga
Vazão unitária(l/s)	3,28	3,70	4,13
Altura manométrica total(m.c.a)	18,00	18,00	19,00
Rendimento (%)*	65	70	71
Potência do motor calculada(CV)	1,45	1,52	1,77
NPSH disponível(m)	8,92	8,92	8,92
NPSH requerido(m)	1,80	1,90	2,00
Rotor (mm)	110	110	115
CARACTERÍSTICAS DO MOTOR			
Potência do motor adotada(CV)	1,50	2,00	2,00
RPM	3500	3500	3500
POLO	II	II	II

2.4.6 - Quantidade de Produtos Químicos

A quantidade de produtos químicos necessária para o tratamento d'água deverá seguir os valores apresentados no Quadro 12.0.

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 prevêm 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 só a partir do início da 3ª Etapa.

QUADRO 11.0- Volumes de Reservação Existentes e Necessários

LOCALIDADE	EXISTENTE			NECESSÁRIO			COMPLEMENTAÇÃO		
	RA	RE	TOTAL	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Sede do município	3.300,00	227,00	3527,00	2.951,62	3.508,03	4.069,79	-575,38	-18,97	542,79
Barrento	0,00	135,00	135,00	32,05	38,13	44,25	-102,95	-96,87	-90,75
TOTAL				2.983,67	3.546,16	4.114,04	-678,33	-115,84	452,04

Em relação aos volumes a armazenar, levando em conta os dados constantes do quadro anterior, recomenda-se a construção, na 3ª etapa, de um reservatório complementar de 500,00 m³ para a cidade de Itapipoca. Para a localidade de Barrento, a capacidade do reservatório elevado existente supera com larga margem o volume d'água diário ofertado para aquele povoado, no horizonte do projeto (ano 2033).

QUADRO 12.0 - Quantidade de Produtos Químicos

1 - Volume diário de água a ser tratada (Vt)	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA	UND.
$Vt=Q(3^a \text{ etapa}) \cdot 3,6 \cdot Td$	96,15	114,39	132,74	m3
2 - Consumo de Sulfato de Alumínio				
2.1 - Dosagem média (Dm)	25,00	25,00	25,00	g/m3
2.2 - Consumo diário (Cd) $Cd=Vt \cdot (Dm/1000)$	2,40	2,86	3,32	kg/dia
2.3 - Consumo do produto comercial c/ 90% de pureza (Pc) $Pc=Cd/90\%$	2,67	3,18	3,69	kg/dia
2.4 - Tempo de armazenamento (Ta)	30	30	30	dias
2.5 - Quantidade armazenado por mês (Qp) $Qp=Pc \cdot Ta$	80,12	95,33	110,62	kg/mês
2.6 - Quantidade de sacos de 50 kg (Qs) $Qs=Qp/50$	2,00	2,00	3,00	sacos
2.7 - Solução a 5%	53,42	63,55	73,75	L/dia
3 - Consumo de Cal Hidratada				
3.1 - Dosagem média (Dm)	15,00	15,00	15,00	g/m3
3.2 - Consumo diário (Cd) $Cd=Vt \cdot (Dm/1000)$	1,44	1,72	1,99	kg/dia
3.3 - Consumo do produto comercial c/ 70% de pureza (Pc) $Pc=Cd/70\%$	2,06	2,45	2,84	kg/dia
3.4 - Tempo de armazenamento (Ta)	30	30	30	dias
3.5 - Quantidade armazenado por mês (Qp) $Qp=Pc \cdot Ta$	61,81	73,54	85,33	kg/mês
3.6 - Quantidade de sacos de 20 kg (Qs) $Qs=Qp/20$	4,00	4,00	5,00	sacos
2.7 - Solução a 5%	41,21	49,02	56,89	L/dia
2.10 - Diâmetro do tanque de solução	1,80	1,80	1,80	m
4 - Consumo de Fluorossilicato de Sódio Granulado				
4.1 - Pureza mínima (Pm)	90,00	90,00	90,00	%
4.2 - Riqueza em flúor (Rf)	60,70	60,70	60,70	%
4.3 - Dosagem média (Dm)	0,80	0,80	0,80	g/m3
4.4 - Consumo diário de flúor (Cf) $Cf=Vt \cdot (Dm/1000)$	0,08	0,09	0,11	kg/dia
4.5 - Consumo de fluorossilicato de flúor de sódio (Cfs) $Cfs=Cf/Rf$	0,13	0,15	0,17	kg/dia
4.3 - Consumo do produto comercial (Pc) $Pc=Cd/Pm\%$	0,14	0,17	0,19	kg/dia
4.4 - Tempo de armazenamento (Ta)	30	30	30	dias
4.5 - Quantidade armazenado por mês (Qp) $Qp=Pc \cdot Ta$	4,22	5,03	5,83	kg/mês
4.6 - Quantidade de sacos de 50 kg (Qs) $Qs=Qp/50$	1,00	1,00	1,00	sacos
2.7 - Solução a 5%	2,82	3,35	3,89	L/dia
5 - Cloro Gasoso				
5.1 - Demanda média (Dm)	3,00	3,00	3,00	g/m3
5.2 - Residual após a desinfecção (Rc)	5,00	5,00	5,00	g/m3
5.3 - Quantidade de cloro aplicada (Qa) $Qa=Dm+Rc$	8,00	8,00	8,00	g/m3
5.4 - Consumo diário (Cd) $Cd=Vt \cdot (Qa/1000)$	0,77	0,92	1,06	kg/dia
5.5 - Tempo de armazenamento (Ta)	30,00	30,00	30,00	dias
5.6 - Quantidade armazenado por mês (Qp) $Qp=Cd \cdot Ta$	23,08	27,45	31,86	kg/mês
5.7 - Quantidade de cilindros de 45 kg (Qc) $Qc=Qp/45$	1,00	1,00	1,00	cilindros

2.6 - PROJETO ELÉTRICO DA EEAB-I e EEAB-II

2.6.1 - Sistema Elétrico da COELCE

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

Para os cálculos usamos os seguintes dados:

Tensão primária: 13.800V

Tensão secundária trifásica: 380V

Tensão secundária monofásica: 220V

Freqüência: 60 Hz.

2.6.2 - Memória de Cálculo do Projeto Elétrico

2.6.2.1 - Alimentação do Circuito 1: CCM 1 (EEAB I) Alimentação dos Motores do Flutuante: 25CV(1ª ETAPA) /30CV(2ª ETAPA) e 40CV(3ª ETAPA)

a) Dados

1. Circuitos alimentadores dos motores:

1ª ETAPA(25CV)	2ª ETAPA(30CV)	3ª ETAPA(40CV)
$I_M = 35,15^A$	$I_M = 43,00^A$	$I_M = 56,65^A$
$I_T = 1,25 \times 35,15 = 43,94A$	$I_T = 1,25 \times 43,00 = 53,75A$	$I_T = 1,25 \times 56,65 = 70,81A$
$I_P = 6,0 \times 35,15 = 210,90A$	$I_P = 7,6 \times 43,00 = 326,80A$	$I_P = 6,4 \times 56,65 = 362,56A$
L = 300m	L = 300m	L = 300m
U = 380V	U = 380V	U = 380V
Cabo estimado: 70mm ²	Cabo estimado: 95mm ²	Cabo estimado: 120mm ²

2. Circuito alimentador do CCM 1: (2 motores ativos e 1 reserva).

1ª ETAPA(25CV)	2ª ETAPA(30CV)	3ª ETAPA(40CV)
$I_M = 35,15^A$	$I_M = 43,00^A$	$I_M = 56,65^A$
$I_{ccm} = (1,25 \times 35,15) + 35,15 = 79,08^A$	$I_{ccm} = (1,25 \times 43,00) + 43,00 = 96,75^A$	$I_{ccm} = (1,25 \times 56,65) + 56,65 = 127,46A$
L = 30m	L = 30m	L = 30m
U = 380V	U = 380V	U = 380V
Cabo estimado: 25mm ²	Cabo estimado: 35mm ²	Cabo estimado: 50mm ²

b) Queda de tensão pela Corrente Nominal dos Motores

1. Circuitos alimentadores dos motores:

1ª ETAPA (25CV)	$\Delta U = \frac{43,94 \times \sqrt{3} \times 300 \times 0,86}{56 \times 70} = 5,00V$	$\Delta U\% = \frac{5,00}{380} \times 100 = 1,32\%$
2ª ETAPA (30CV)	$\Delta U = \frac{53,75 \times \sqrt{3} \times 300 \times 0,84}{56 \times 95} = 4,40V$	$\Delta U\% = \frac{4,40}{380} \times 100 = 1,16\%$
3ª ETAPA (40CV)	$\Delta U = \frac{70,81 \times \sqrt{3} \times 300 \times 0,85}{56 \times 120} = 4,65V$	$\Delta U\% = \frac{4,65}{380} \times 100 = 1,22\%$

2. Circuito alimentador do CCM 1:

1ª ETAPA (25CV)	$\Delta U = \frac{79,08 \times \sqrt{3} \times 30 \times 0,86}{56 \times 25} = 2,52V$	$\Delta U\% = \frac{2,52}{380} \times 100 = 0,66\%$
2ª ETAPA (30CV)	$\Delta U = \frac{96,75 \times \sqrt{3} \times 30 \times 0,84}{56 \times 35} = 2,15V$	$\Delta U\% = \frac{2,15}{380} \times 100 = 0,56\%$
3ª ETAPA (40CV)	$\Delta U = \frac{127,46 \times \sqrt{3} \times 30 \times 0,85}{56 \times 50} = 2,00V$	$\Delta U\% = \frac{2,00}{380} \times 100 = 0,52\%$

c) Pela Corrente de Partida dos Motores (partida direta)

1. Circuitos alimentadores dos motores.

1ª ETAPA (25CV)	$\Delta U = \frac{210,90 \times \sqrt{3} \times 300 \times 0,86}{56 \times 70} = 24,00V$	$\Delta U\% = \frac{24,00}{380} \times 100 = 6,32\%$
2ª ETAPA (30CV)	$\Delta U = \frac{326,80 \times \sqrt{3} \times 300 \times 0,84}{56 \times 95} = 26,78V$	$\Delta U\% = \frac{26,78}{380} \times 100 = 7,04\%$
3ª ETAPA (40CV)	$\Delta U = \frac{362,56 \times \sqrt{3} \times 300 \times 0,85}{56 \times 120} = 23,80V$	$\Delta U\% = \frac{23,80}{380} \times 100 = 6,26\%$

2. Circuito alimentador do CCM 1.(Situação com 1 motor em funcionamento e outro partindo)

1ª ETAPA (25CV)	$\Delta U = \frac{254,84 \times \sqrt{3} \times 30 \times 0,86}{56 \times 25} = 8,12V$	$\Delta U\% = \frac{8,12}{380} \times 100 = 2,13\%$
--------------------	--	---

2ª ETAPA (30CV)	$\Delta U = \frac{380,55 \times \sqrt{3} \times 30 \times 0,84}{56 \times 35} = 8,46V$	$\Delta U\% = \frac{8,46}{380} \times 100 = 2,22\%$
3ª ETAPA (40CV)	$\Delta U = \frac{433,37 \times \sqrt{3} \times 30 \times 0,85}{56 \times 50} = 6,82V$	$\Delta U\% = \frac{6,82}{380} \times 100 = 1,79\%$

Como a queda de tensão máxima admissível em regime é 2% e na partida é 15% adotaremos:

1. Circuitos alimentadores dos motores:

Para 1ª etapa cabo de cobre isolado de 70mm² para fases e 35mm² para proteção .

Para 2ª etapa cabo de cobre isolado de 95mm² para fases e 50mm² para proteção .

Para 3ª etapa cabo de cobre isolado de 120mm² para fases e 70mm² para proteção .

2. Circuito alimentador do CCM 1:

Para 1ª etapa cabo de cobre isolado de 25mm² para fases, 25mm² para neutro e 16mm² para proteção .

Para 2ª etapa cabo de cobre isolado de 35mm² para fases, 25mm² para neutro e 16mm² para proteção .

Para 3ª etapa cabo de cobre isolado de 50mm² para fases, 25mm² para neutro e 16mm² para proteção .

d) Cálculo da Proteção do Motor

1. Circuitos alimentadores dos motores:

1ª ETAPA (25CV)	Fusível = 35,15 x 1,75 = 61,51A	Disjuntor = 35,15 x 1,50 = 52,72A
--------------------	---------------------------------	--------------------------------------

2ª ETAPA (30CV)	Fusível = $43,00 \times 1,75 = 75,25A$	Disjuntor = $43,00 \times 1,50 = 64,50A$
3ª ETAPA (40CV)	Fusível = $56,65 \times 1,75 = 99,14A$	Disjuntor = $56,65 \times 1,50 = 84,97A$

Para 1ª etapa será adotado disjuntor termomagnético de 55A/5KA e fusível NH retardado de 65A.

Para 2ª etapa será adotado disjuntor termomagnético de 65A/5KA e fusível NH retardado de 80A.

Para 3ª etapa será adotado disjuntor termomagnético de 85A/5KA e fusível NH retardado de 100A.

2. Circuito alimentador do CCM 1:

1ª ETAPA (25CV)	Fusível = $70,30 \times 1,25 = 87,87A$	Disjuntor = $70,30 \times 1,10 = 77,33A$
2ª ETAPA (30CV)	Fusível = $86,00 \times 1,25 = 107,50A$	Disjuntor = $86,00 \times 1,10 = 94,60A$
3ª ETAPA (40CV)	Fusível = $113,30 \times 1,20 = 135,96A$	Disjuntor = $113,30 \times 1,10 = 124,63A$

Para 1ª etapa será adotado disjuntor termomagnético de 80A/10KA e fusível NH retardado de 90A.

Para 2ª etapa será adotado disjuntor termomagnético de 95A/10KA e fusível NH retardado de 110A.

Para 3ª etapa será adotado disjuntor termomagnético de 125A/10KA e fusível NH retardado de 140A.

e) Correção do Fator de Potência

1ª ETAPA (25CV)	Potência do Motor (PM) =18.400 W FP do motor ($\Phi 1$) = 0,86 FP do corrigido ($\Phi 2$) = 0,95	$Q = P_M \times Tg(\arccos \Phi 1 - \arccos \Phi 2) = kVar$ $Q = 18,40 \times 0,22 = 4,05kVar$
2ª ETAPA (30CV)	Potência do Motor (PM) =22.080 W FP do motor ($\Phi 1$) = 0,84 FP do corrigido ($\Phi 2$) = 0,95	$Q = 22,08 \times 0,26 = 5,74kVar$
3ª ETAPA (40CV)	Potência do Motor (PM) =29.440 W FP do motor ($\Phi 1$) = 0,85 FP do corrigido ($\Phi 2$) = 0,95	$Q = 29,44 \times 0,24 = 7,07kVar$

Adotaremos um banco de capacitor trifásico, 380V :

- 1ª etapa: de 5kVar.
- 2ª etapa e 3ª etapa : de 7,5kVar, que deve fazer parte do CCM com proteção e fiação

2.6.2.2 - Alimentação do Circuito 2: CCM 2 (EEAB II) Alimentação dos Motores da EEABII: 75CV(1ªETAPA) /100CV(2ª e 3ª ETAPAS)

a) Dados:

1. Circuitos alimentadores dos motores.

1ª ETAPA(75CV)	2ª e 3ª ETAPA(100CV)
$I_M = 101,40^A$	$I_M = 137,76^A$
$I_T = 1,25 \times 101,40 = 126,75^A$	$I_T = 1,25 \times 137,76 = 172,20A$
$I_P = 6,7 \times 101,40 = 679,38^a$	$I_P = 7,8 \times 137,76 = 1.074,53A$
L = 10m	L = 10m
U = 380V	U = 380V
Cabo estimado: 50mm ²	Cabo estimado: 95mm ²

2. Circuito alimentador do CCM 2: (4 motores ativos mais 1 reserva)

1ª ETAPA(75CV)	2ª e 3ª ETAPA (100CV)
$I_M = 101,40^A$	$I_M = 137,76^A$
$I_{ccm} = (1,25 \times 101,40) + (3 \times 101,40) = 430,95^A$	$I_T = (1,25 \times 137,76) + (3 \times 137,76) = 585,48A$
$I_P = (6,7 \times 101,40) + (3 \times 101,40) = 983,58^a$	$I_P = (7,8 \times 137,76) + (3 \times 137,76) = 1.487,81A$
L = 30m	L = 30m
U = 380V	U = 380V
Cabo estimado: 2 x 120mm ²	Cabo estimado: 2 x 185mm ²

b) Pela Corrente Nominal dos Motores

1. Circuitos alimentadores dos motores.

1ª ETAPA (75CV)	$\Delta U = \frac{126,75 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,88}{56 \times 50} = 0,69V$	$\Delta U\% = \frac{0,69}{380} \times 100 = 0,18\%$
2ª ETAPA (100CV)	$\Delta U = \frac{172,20 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,86}{56 \times 95} = 0,48V$	$\Delta U\% = \frac{0,48}{380} \times 100 = 0,13\%$

2. Circuito alimentador do CCM 2:

1ª ETAPA (75CV)	$\Delta U = \frac{215,47 \times \sqrt{3} \times 30 \times 0,88}{56 \times 120} = 1,46V$	$\Delta U\% = \frac{1,46}{380} \times 100 = 0,38\%$
2ª ETAPA (100CV)	$\Delta U = \frac{292,74 \times \sqrt{3} \times 30 \times 0,86}{56 \times 185} = 1,26V$	$\Delta U\% = \frac{1,26}{380} \times 100 = 0,33\%$

c) Pela Corrente de Partida dos Motores (partida direta)

1. Circuitos alimentadores dos motores

1ª ETAPA (75CV)	$\Delta U = \frac{679,38 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,88}{56 \times 50} = 3,69V$	$\Delta U\% = \frac{3,69}{380} \times 100 = 0,97\%$
2ª e 3ª ETAPA (100CV)	$\Delta U = \frac{1.074,53 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,86}{56 \times 95} = 3,00V$	$\Delta U\% = \frac{3,00}{380} \times 100 = 0,78\%$

2. Circuito alimentador do CCM 2:

1ª ETAPA (75CV)	$\Delta U = \frac{491,78 \times \sqrt{3} \times 30 \times 0,88}{56 \times 120} = 3,34V$	$\Delta U\% = \frac{3,34}{380} \times 100 = 0,87\%$
2ª e 3ª ETAPA (100CV)	$\Delta U = \frac{743,90 \times \sqrt{3} \times 30 \times 0,86}{56 \times 185} = 3,20V$	$\Delta U\% = \frac{3,20}{380} \times 100 = 0,84\%$

Como a queda de tensão máxima admissível em regime é 2% e na partida é 15% adotaremos:

1. Circuitos alimentadores dos motores:

Para 1ª etapa cabo de cobre isolado de 50mm² para fases e 35mm² para proteção .

Para 2ªe 3ª etapas cabo de cobre isolado de 95mm² para fases e 50mm² para proteção.

2. Circuito alimentador do CCM 2::

Para 1ª etapa 2 cabos de cobre isolado de 120mm² para fases, 1 cabo de cobre isolado de 120mm² e 35mm² para proteção .

Para 2ªe 3ª etapas 2 cabos de cobre isolado de 185mm² para fases, 1 cabo de cobre isolado de 185mm² e 50mm² para proteção .

d) Cálculo da Proteção do Motor

1. Circuitos alimentadores dos motores:

1ª ETAPA (75CV)	Fusível = 101,40 x 1,3 = 131,82A	Disjuntor = 101,40 x 1,10 = 111,54A
2ª ETAPA (100CV)	Fusível = 137,76 x 1,3 = 179,08A	Disjuntor = 137,76 x 1,10 =151,53A

Para 1ª etapa será adotado disjuntor termomagnético de 125A/10KA e fusível NH retardado de 150A.

Para 2ª e 3ª etapas será adotado disjuntor termomagnético de 175A/5KA e fusível NH retardado de 180A.

2. Circuito alimentador do CCM 2:

1ª ETAPA (75CV)	Fusível = $202,80 \times 1,2 = 243,36A$	Disjuntor = $202,80 \times 1,10 = 223,08A$
2ª ETAPA (100CV)	Fusível = $275,52 \times 1,2 = 330,62A$	Disjuntor = $275,52 \times 1,10 = 303,07A$

Para 1ª etapa será adotado disjuntor termomagnético de 225A/10KA e fusível NH retardado de 250A.

Para 2ª e 3ª etapas será adotado disjuntor termomagnético de 310A/5KA e fusível NH retardado de 350A.

e) Correção do Fator de Potência

1ª ETAPA (75CV)	Potência do Motor (PM) = 55.200W FP do motor ($\Phi 1$) = 0,88 FP do corrigido ($\Phi 2$) = 0,95	$Q = 55,20 \times 0,18 = 9,94kVar$
2ª e 3ª ETAPAS (100CV)	Potência do Motor (PM) = 73.600W FP do motor ($\Phi 1$) = 0,86 FP do corrigido ($\Phi 2$) = 0,95	$Q = 73,60 \times 0,22 = 16,19kVar$

Adotaremos um banco de capacitor trifásico, 380V :

- 1ª etapa: de 10kVar.
- 2ª etapa e 3ª etapa : de 17kVar, que deve fazer parte do CCM com proteção e fiação

2.6.2.3 - Alimentação do Circuito 3 : Iluminação interna

a) Dados

- Carga: - 6 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W/220V.....384W
- Carga total:.....384W

$I_{IL} = 1,83 \text{ A}$
 $L = 15 \text{ m}$
 $U = 220\text{V}$
 Cabo estimado: $1,5\text{mm}^2$

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{1,83 \times 15 \times 0,95}{56 \times 1,5} = 0,31\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,31}{220} \times 100 = 0,14\%$$

Logo o condutor adotado será $1,5\text{mm}^2$ para fase e $1,5\text{mm}^2$ para neutro.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,5 \times 1,83 = 2,74 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 15 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10A/220V/5kA, em caixa moldada.

2.6.2.4 - Alimentação do Circuito 4 : Iluminação Externa

a) Dados

Carga:

- 8 Luminárias públicas com 1 lâmpada PL de 45W 360 W.
- Carga total: 360 W.

$I_{It} = 1,72 \text{ A}$
 $L = 100 \text{ m}$
 $U = 220\text{V}$
 Cabo estimado: $2,5\text{mm}^2$

b) Pela queda de tensão

$$\Delta U = \frac{1,72 \times 100 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 1,16\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,16}{220} \times 100 = 0,53\%$$

Logo o condutor adotado será $2,5\text{mm}^2$ para fase e $2,5\text{mm}^2$ para neutro.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,5 \times 1,72 = 2,58 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10A/220V/5kA, em caixa moldada.

2.6.2.5 - Alimentação do Circuito 5 : Bomba de dreno

a) Dados

- 1 motor trifásico de 1 CV/380V.....736 W.

- Total =736 W.

$$I_{lt} = 1,40 \text{ A}$$

$$L = 10,0 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{1,4 \times \sqrt{3} \times 10,0 \times 0,8}{56 \times 2,5} = 0,138 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,138}{380} \times 100 = 0,036\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro e 2,5 mm² para proteção.

c) Proteção do Circuito

$$I_p = 1,5 \times 1,40 = 2,1 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21 A, escolhemos o disjuntor termo magnético trifásico 15 A /380V/5KA, em caixa moldada.

2.6.2.6 - Alimentação do Circuito 6 : Tomada de força

a) Dados

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

- Total =10.000 W

$I_{lt} = 16,01 \text{ A}$
 $L = 5,0 \text{ m}$
 $U = 380\text{V}$
 Cabo estimado: $4,0\text{mm}^2$

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16,01 \times \sqrt{3} \times 5,0 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 0,58 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,58}{380} \times 100 = 0,15\%$$

Logo o condutor adotado será $4,0\text{mm}^2$ para fase, $4,0\text{mm}^2$ para neutro e $4,0\text{mm}^2$ para proteção.

c) Proteção do Circuito

$$I_p = 1,15 \times 16,01 = 18,41 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 28 A , escolhemos o disjuntor termo magnético trifásico $20 \text{ A} / 380\text{V}/5\text{KA}$, em caixa moldada.

2.6.2.7 - Alimentação do Circuito 7 : Tomadas de Uso Comum

a) Dados

Carga:

- 3 tomadas $10\text{A}/220\text{V}$, 2P + T.....300 W.
- Carga total:300 W.

$I_{lt} = 1,43 \text{ A}$
 $L = 10 \text{ m}$
 $U = 220\text{V}$
 Cabo estimado: $2,5\text{mm}^2$

b) Pela queda de tensão

$$\Delta U = \frac{1,96 \times 10 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 0,09\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,09}{220} \times 100 = 0,044\%$$

Logo o condutor adotado será $2,5\text{mm}^2$ para fase, $2,5\text{mm}^2$ para neutro e $2,5\text{mm}^2$ 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 10A/250V/5kA, em caixa moldada.

2.6.2.8 - Dimensionamento dos Cabos e Disjuntores do QDLF 1

Alimentação do Circuito 1 : Iluminação do Abrigo

a) Dados

- Carga: - 1 luminária com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W/220V.....64W
- 2 luminária com 1 lâmpada incandescente de 60 W/220V..... 120W
- Carga total:.....184W

$$I_{IL} = 0,88 \text{ A}$$

$$L = 15 \text{ m}$$

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

$$\text{Cabo estimado: } 1,5\text{mm}^2$$

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,88 \times 15 \times 0,95}{56 \times 1,5} = 0,15\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,15}{220} \times 100 = 0,067\%$$

Logo o condutor adotado será 1,5mm² para fase e 1,5mm² para neutro.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 0,88 = 1,32 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 15 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10A/220V/5kA, em caixa moldada.

Alimentação do Circuito 2 : Tomadas de Uso Comum Abrigo

a) Dados

Carga:

- 4 tomadas 10A/220V, 2P + T.....400 W.
- Carga total:.....400 W.

$$I_{It} = 1,91 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela queda de tensão

$$\Delta U = \frac{1,91 \times 10 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 0,13\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,13}{220} \times 100 = 0,06\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro e 2,5mm² para proteção.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,5 \times 1,91 = 2,86 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10A/220V/5kA, em caixa moldada.

Alimentador Geral do QDLF1

a) Dados

$$I_T = 2,79 \text{ A}$$

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

$$L = 40\text{m}$$

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{2,79 \times 40 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 0,75\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,75}{220} \times 100 = 0,34\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5 para o neutro e 2,5mm² para proteção.

c) Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 2,79 \times 1,15 = 4,18 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 15A/220V/5KA em caixa moldada.

2.6.2.9 - Alimentador Geral do QGBT

- Dimensionamento do Transformador

De acordo com a NT 002/2002 da COELCE usaremos a seguinte fórmula :

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

onde:

D = Demanda total da instalação em kVA;

a – Demanda das potências, em kW , para iluminação e tomadas de uso geral

b – Demanda de todos os aparelhos de aquecimento, em kVA;

c – Demanda de todos os aparelhos de ar condicionado, em kW

d – Potência Nominal, em kW, das bombas d'água;

e – Demanda de todos os elevadores, em kW;

FP – Fator de potência da instalação de iluminação e tomadas;

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

P_{nm} – Potência nominal dos motores em CV;

F_u- Fator de utilização dos motores;

F_s- Fator de simultaneidade dos motores;

g - Outras cargas não relacionadas em KVA.

2.6.2.9.1 Dimensionamento para 1ª etapa:

$$a = 1,628\text{kW}$$

$$FP = 0,95$$

$$b = 0$$

$$c = 0$$

$$d = 0,736$$

$$e = 0$$

$$g = 0$$

$$f = (0,87 \times 2 \times 25 \times 1,00 \times 1,00) + (0,87 \times 4 \times 75 \times 1,00 \times 1,00) = 304,50$$

$$D = \frac{0,77 \times 1,628}{0,95} + 0,736 + 304,50 + 10 = 316,55 \text{ kVA}$$

Na 1ª Etapa será instalado de imediato um Transformador de 300 KVA.

2.6.2.9.2 Dimensionamento para 2ª etapa:

$$a = 1,628 \text{ kW}$$

$$FP = 0,95$$

$$b = 0$$

$$c = 0$$

$$d = 0,736$$

$$e = 0$$

$$g = 0$$

$$f = (0,87 \times 2 \times 35 \times 1,00 \times 1,00) + (0,87 \times 4 \times 100 \times 1,00 \times 1,00) = 408,90$$

$$D = \frac{0,77 \times 1,628}{0,95} + 0,736 + 408,90 + 10 = 420,95 \text{ kVA}$$

Na 2ª Etapa será instalada uma subestação aérea de 600 kVa (2 x 300).

2.6.2.9.3 Dimensionamento para 3ª etapa:

$$a = 1,628 \text{ kW}$$

$$FP = 0,95$$

$$b = 0$$

$$c = 0$$

$$d = 0,736$$

$$e = 0$$

$$g = 0$$

$$f = (0,87 \times 2 \times 40 \times 1,00 \times 1,00) + (0,87 \times 4 \times 100 \times 1,00 \times 1,00) = 417,60$$

$$D = \frac{0,77 \times 1,628}{0,95} + 0,736 + 417,60 + 10 = 429,65 \text{ kVA}$$

Na 3ª Etapa não haverá necessidade de ampliação da Subestação.

2.7 - MEMÓRIA DE CÁLCULO DO PROJETO ELÉTRICO DA ETA DE BARRENTO

2.7.1 - Dimensionamento dos Cabos e Disjuntores do QGBT (Casa de Química)

2.7.1.1 - Alimentação do Circuito 1 : Iluminação

a) Dados

Carga: - 6 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W/220V.....384W
 - 2 luminária com 1 lâmpada incandescente de 60 W/220V..... 120W
 - Carga total:.....504W

$$I_{IL} = 2,41 \text{ A}$$

$$L = 15 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 1,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{2,41 \times 15 \times 0,95}{56 \times 1,5} = 0,40\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,40}{220} \times 100 = 0,18\%$$

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,50 \times 2,41 = 3,93 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 15 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10A/220V/5kA, em caixa moldada.

2.7.1.2 - Alimentação do Circuito 2: Iluminação Externa Pátio

a) Dados

Carga: - 1 luminária com 5 lâmpada PL de 45/220V.....255W.
 - Carga Total:.....255W.

$$I_{IL} = 1,07 \text{ A}$$

$$L = 100 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 1,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{1,07 \times 100 \times 0,95}{56 \times 1,5} = 1,21\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,21}{220} \times 100 = 0,55\%$$

Logo o condutor adotado será 1,5mm² para fase, 1,5mm² para neutro e 1,5mm² para proteção.

c) Proteção do Circuito

$$I_p = 1,5 \times 1,07 = 1,60 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 25 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10A/220V/5kA, em caixa moldada.

2.7.1.3 - Alimentação do Circuito 3 : Tomadas de Uso Comum

a) Dados

Carga:

- 17 tomadas 10A/220V, 2P + T.....1.700 W.

- Carga total:1.700 W.

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

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

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

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela queda de tensão

$$\Delta U = \frac{8,13 \times 10 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 0,55\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,55}{220} \times 100 = 0,25\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro e 2,5mm² para proteção.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,5 \times 8,13 = 12,19 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 15A/220V/5kA, em caixa moldada.

2.7.1.4 - Alimentação do Circuito 4 : Tomadas do Laboratório

a) Dados

- 6 Tomada de pino 2P+T 15 A/250 V = 600 W.

- Total = 600 W.

$$I_{lt} = 2,87 \text{ A}$$

$$L = 10,0 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{2,87 \times \sqrt{3} \times 10,0 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 0,33 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,33}{380} \times 100 = 0,088\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro.

c) Proteção do Circuito

$$I_p = 1,5 \times 2,87 = 4,30 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21 A, escolhemos o disjuntor termo magnético monofásico 10 A /250V/5KA, em caixa moldada.

2.7.1.5 - Alimentação do Circuito 5 : Ar Condicionado 1

a) Dados

1 Ar Condicionado de 12.000 BTU..... 1.900 W

Total..... 1.900 W

$$I_{lt} = 9,09 \text{ A (} 1,25 \times 9,09 = 11,36\text{A)}$$

$$L = 15 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{11,36 \times 15,0 \times 0,80}{56 \times 2,5} = 0,97 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,97}{220} \times 100 = 0,44\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro e 2,5mm² para proteção.

c) Proteção do Circuito

$$I_p = 1,5 \times 11,36 = 17,04 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21 A, escolhemos o disjuntor termo magnético monofásico 20A/250V/5KA, em caixa moldada.

2.7.1.6 - Alimentação do Circuito 6 : Ar Condicionado 2

a) Dados

1 Ar Condicionado de 12.000 BTU.....1.900 W

Total.....1.900 W

$$I_{it} = 9,09 \text{ A (} 1,25 \times 9,09 = 11,36\text{A)}$$

$$L = 15 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{11,36 \times 15,0 \times 0,80}{56 \times 2,5} = 0,97 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,97}{220} \times 100 = 0,44\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro e 2,5mm² para proteção.

c) Proteção do Circuito

$$I_p = 1,5 \times 11,36 = 17,04 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21 A, escolhemos o disjuntor termo magnético monofásico 20A/250V/5KA, em caixa moldada.

2.7.1.7 - Alimentação do Circuito 7 : Kit Dosador 1

a) Dados

Carga:

- 1 motor elétrico trifásico de até 1 CV.....736 W.
- Carga total:.....736 W.

$$I_{lt} = 1,12 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela queda de tensão

$$\Delta U = \frac{1,12 \times 10 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 0,076\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,076}{220} \times 100 = 0,34\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro e 2,5 mm² para proteção.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,5 \times 1,12 = 1,68 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21 A, escolhemos o disjuntor trifásico de 15A/380V/5kA, em caixa moldada.

2.7.1.8 - Alimentação do Circuito 7 : Kit Dosador 8

a) Dados

Carga:

- 1 motor elétrico trifásico de até 1 CV.....736 W.
- Carga total:.....736 W.

$I_{lt} = 1,12 \text{ A}$
 $L = 10 \text{ m}$
 $U = 380\text{V}$
 Cabo estimado: $2,5\text{mm}^2$

b) Pela queda de tensão

$$\Delta U = \frac{1,12 \times 10 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 0,076\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,076}{220} \times 100 = 0,34\%$$

Logo o condutor adotado será $2,5\text{mm}^2$ para fase, $2,5\text{mm}^2$ para neutro e $2,5\text{mm}^2$ para proteção.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,5 \times 1,12 = 1,68 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21 A, escolhemos o disjuntor trifásico de 15A/380V/5kA, em caixa moldada.

2.7.1.9 - – Alimentação da EEAT: Motores 1,5CV(1ªETAPA) /2,0CV(2ª ETAPA) e 2,0CV(3ªETAPA)

a) Dados (Calculos feitos com motor de 2CV)

- 1 motor de 2CV.....	1.472W.
- 1 luminaria com 2 lampadas de 32W.....	64W.
- Tomadas de uso comum.....	200W.
- Tomada de força.....	10.000W.
Carga total:.....	11.736W.

$I_m = 3,37 \text{ A}$
 $I_{if} = 16,43 \text{ A}$
 $I_c = 3,37 \times 1,25 + 16,43 = 20,64 \text{ A.}$
 $L = 50\text{m.}$
 $U = 380\text{V.}$
 Cabo estimado: $4,0 \text{ mm}^2$.

b) Pela queda de tensão

$$\Delta U = \frac{20,64 \times \sqrt{3} \times 50 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 7,57V$$

$$\Delta U\% = \frac{7,57}{380} \times 100 = 1,99\%$$

Logo o condutor adotado será 4,0mm² para fase, 4,0mm² para neutro e 4,0 mm² para proteção.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,20 \times 20,64 = 24,76 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 28 A, escolhemos o disjuntor trifásico de 25A/380V/5kA, em caixa moldada.

2.7.1.10 - Alimentador Geral do QGBT

Obs.: Cálculos feitos para a 3ª etapa (motor de 2CV).

a) Dados

$$I_T = 60,08 \text{ A}$$

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

$$L = 15\text{m}$$

$$\text{Cabo estimado: } 16,0 \text{ mm}^2$$

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{60,08 \times \sqrt{3} \times 15 \times 0,79}{56 \times 16,0} = 1,37V$$

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

Logo o condutor adotado será 16,0 mm² para fase e 16,0 mm² para neutro e 16,0mm² para proteção.

c) Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 60,08 \times 1,15 = 69,09 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 70A / 380V / 5KA em caixa moldada.

2.7.2 - Dimensionamento dos Cabos e Disjuntores do QDLF (EEAT).

2.7.2.1 - Alimentação do Circuito 1 : CCM

a) Dados

– Alimentação dos Motores : 1,5CV(1ªETAPA) /2,0CV(2ª ETAPA) e 2,0CV(3ªETAPA)

1ª ETAPA(1,5CV)	2ª ETAPA(2,0CV)	3ª ETAPA(2,0CV)
$I_M = 2,61^A$	$I_M = 3,37A$	$I_M = 3,37A$
$I_T = 1,25 \times 2,61 = 3,26A$	$I_T = 1,25 \times 3,37 = 4,21A$	$I_T = 1,25 \times 3,37 = 4,21A$
$I_P = 5,8 \times 2,61 = 15,14A$	$I_P = 6,8 \times 3,37 = 22,92A$	$I_P = 6,8 \times 3,37 = 22,92A$
$L = 10m$	$L = 10m$	$L = 10m$
$U = 380V$	$U = 380V$	$U = 380V$
Cabo estimado: 2,5mm ²	Cabo estimado: 2,5mm ²	Cabo estimado: 2,5mm ²

b) Pela Corrente Nominal dos Motores

1ª ETAPA (1,5CV)	$\Delta U = \frac{3,26 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,79}{56 \times 2,5} = 0,32V$	$\Delta U\% = \frac{0,32}{380} \times 100 = 0,08\%$
2ª ETAPA (2,0CV)	$\Delta U = \frac{4,21 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,79}{56 \times 2,5} = 0,41V$	$\Delta U\% = \frac{0,41}{380} \times 100 = 0,11\%$

c) Pela Corrente de Partida dos Motores (partida direta)

1ª ETAPA (1,5CV)	$\Delta U = \frac{15,14 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,79}{56 \times 2,5} = 1,48V$	$\Delta U\% = \frac{1,48}{380} \times 100 = 0,39\%$
2ª ETAPA (2CV)	$\Delta U = \frac{22,92 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,79}{56 \times 2,5} = 2,24V$	$\Delta U\% = \frac{2,24}{380} \times 100 = 0,59\%$

Para 1ª etapa cabo de cobre isolado de 2,5mm² para fases e 2,5mm² para proteção .

Para 2ª e 3ª etapas cabo de cobre isolado de 2,5mm² para fases e 2,5mm² para proteção .

d) Cálculo da Proteção do Motor

1ª ETAPA (1,5CV)	Fusível = 2,61 x 1,75 = 4,57A	Disjuntor = 2,61 x 2,00 = 5,22A
2ª ETAPA (2CV)	Fusível = 3,37 x 1,75 = 5,90A	Disjuntor = 3,37 x 2,00 = 6,74A

Para 1ª etapa será adotado disjuntor termomagnético trifásico de 10A/5KA e fusível DZ retardado de 6A/5KA.

Para 2ª etapa será adotado disjuntor termomagnético de 10A/5KA e fusível DZ retardado de 6A/5KA.

- Iluminação Interna

Carga: - 6 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W/220V.....384W
 - 2 luminária com 1 lâmpada incandescente de 60 W/220V.....120W
 - Carga total:.....504W

$$I_{IL} = 2,41 \text{ A}$$

$$L = 15 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 1,5mm²

e) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{2,41 \times 15 \times 0,95}{56 \times 1,5} = 0,40\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,40}{220} \times 100 = 0,18\%$$

f) Proteção do circuito

$$I_p = 1,50 \times 2,41 = 3,93 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 15 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10A/220V/5kA, em caixa moldada.

2.7.2.2 - Alimentação do Circuito 2: Iluminação Interna

a) Dados

Carga: - 1 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W/220V.....64W
 - Carga total:.....64W

$$I_{IL} = 0,30 \text{ A}$$

$$L = 15 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 1,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,30 \times 15 \times 0,95}{56 \times 1,5} = 0,05V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,050}{220} \times 100 = 0,02\%$$

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,50 \times 0,30 = 0,45 A$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 15 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10A/220V/5kA, em caixa moldada.

2.7.2.3 - Alimentação do Circuito 3 : Tomadas de Uso Comum

a) Dados

Carga:

- 4 tomadas 10A/220V, 2P + T.....400 W.

- Carga total:400 W.

$$I_{lt} = 1,91 A$$

$$L = 10 m$$

$$U = 220V$$

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela queda de tensão

$$\Delta U = \frac{1,913 \times 10 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 0,12V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,12}{220} \times 100 = 0,06\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro e 2,5 mm² para proteção.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,5 \times 1,913 = 2,86 A$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 15A/220V/5kA, em caixa moldada.

2.7.2.4 - Alimentação do Circuito 4 : Tomada de Força

a) Dados

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

- Total = 10.000 W

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

$$L = 5,0 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 4,0mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16,01 \times \sqrt{3} \times 5,0 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 0,58 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,58}{380} \times 100 = 0,15\%$$

Logo o condutor adotado será 4,0mm² para fase, 4,0mm² para neutro e 4,0 mm² para proteção.

c) Proteção do Circuito

$$I_p = 1,15 \times 16,01 = 18,41 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 28 A, escolhemos o disjuntor termo magnético trifásico 20 A /750V/5KA, em caixa moldada.

ANEXO-I – ESTABILIDADE DO FLUTUANTE

VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE

1) ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SISTEMA

O sistema de flutuantes será composto basicamente de:

➤ **Flutuante principal**

Módulos tipo celular modelo **TechniFloat**[®] básicos (1,0x1,0x0,6m) de última geração, utilizando materiais de alto desempenho como o Plástico Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) e Poliuretano.

➤ **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	v _{cg} ' (m)	Pxkg	VCG (m)
➤ 03 bombas, com 360 kg de peso líquido cada, com respectivas bases de apoio	1080	1,0	1080	
➤ Pórtico manual para 1 ton SWL com 4 m de altura	120	2,6	312	
➤ Plataforma flutuante, com acessórios (balaustrada, cabeços, vigas transversais,	1450	0,35	507	
➤ Acoplamento (com água nas tubulações)	4323	1,6	6917	
SUBTOTAL	6973		8816	1,26

OBS:

- Não será considerado o efeito estabilizador do sistema de fundeio, com o intuito de se aumentar o coeficiente de segurança no cálculo.
- O calado obtido na condição de carregamento com os pesos acima é de 0,22 m, ou 22 cm.

3) CÁLCULO DA ALTURA METACÊNTRICA (GM)

$$\text{Momento de Inércia Transversal (IT)} = (7 \times 5^3 / 12) = 72,92 \text{m}^4$$

$$\text{GM} = \text{IT} / \text{Volume de Deslocamento} = 72,92 / 6,973 = \mathbf{10,46 \text{ m}}$$

4) 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 (GM₀) não deverá ser inferior ao valor da altura metacêntrica requerida (GM_r), calculada por meio da seguinte expressão:

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

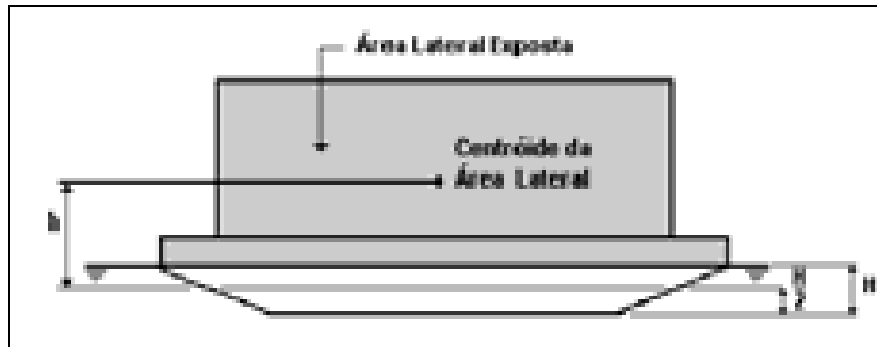


FIGURA 1.0: Caracterização de Parâmetros do Critério de Estabilidade (Barcaças)

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 m²;

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;

Δ = deslocamento da embarcação na condição de carregamento considerada, em t;

θ = ângulo de inclinação entre a metade superior da borda-livre na condição considerada e o canto superior do convés, ou 14° , 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.

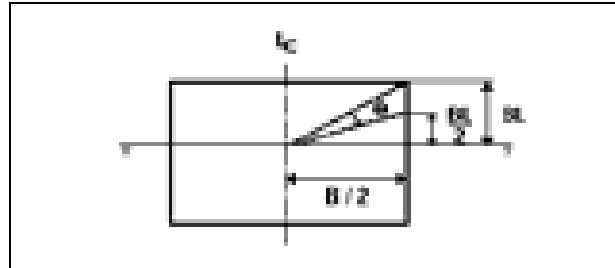


FIGURA 2.0: Determinação do ângulo θ

Logo, temos que:

$$A = \{0,6-0,22 \text{ (calado definido anteriormente)}\} \times 7,0 = 2,66 \text{ m}^2$$

$$P = 0,055 + (L_{pp}/1309)^2 = 0,055 + (7/1309)^2 = 0.055 + 0,00002 = 0,05502$$

$$h = 0,22/2 + 1,37 \text{ (considerando uma carga com centróide de área 1 m acima do convés)} = 1,485$$

$$\Delta = 6,973 \text{ t}$$

$$\text{tg } \theta = (0,38/2) / 2,5 = 0,076$$

e

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

$$GM_r = (0,05502 \times 2,66 \times 1,485) / (6,973 \times 0,076) = 0,41 \text{ m}$$

$$GM_r = 0,41 \text{ m}$$

COMO $GMO = 10,462 \text{ M}$, > QUE $0,41 \text{ M}$, CONCLUÍMOS QUE:

O FLUTUANTE APRESENTA ESTABILIDADE SATISFATÓRIA PARA O SERVIÇO PRETENDIDO

Antonio Paulo Pessoa Bastos, Eng^o Naval, CREA 04558-9.

ANEXO-II – TRANSIENTE HIDRÁULICO

RELATÓRIO DOS ESTUDOS DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS PARA A ADUTORA DE ITAPIPOCA-CE

AUTOR: Prof. FRANCISCO OSNY ENÉAS DA SILVA, Universidade de Fortaleza

SUMÁRIO

<u>1 - INTRODUÇÃO BASE METODOLÓGICA</u>	3
<u>2 - DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE VENTOSAS</u>	4
<u>3 - DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA O GOLPE DE ARIETE</u>	8

1 - INTRODUÇÃO BASE METODOLÓGICA

O presente relatório consiste nos estudos dos transientes hidráulicos na Adutora de Itapipoca-CE, elaborado pela Consultora AGUASOLOS, para a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, através da SOHIDRA- Superintendência de Obras Hidráulicas, órgão vinculado à SRH-CE e responsável pela execução do projeto da adutora.

O sistema compreende uma única linha de adução com extensão de 23.420 m a partir de uma estação elevatória, projetada para funcionar com quatro bombas ativas no modelo INAPI INI 150-125-40/2, 1750 rpm, rotor 400mm, o qual recalca a água desde a cota 40,486 para um reservatório de passagem ou transição, a ser construído em terreno na cota 117,655, situado a cerca de 22.000 m da estação elevatória, a partir do qual a água segue por gravidade até a câmara de descarga da estação de tratamento d'água, que fica a cerca de 1.420m deste reservatório.

O sistema consiste no bombeamento de uma vazão total de 171,4 litros/segundo, com uma altura manométrica em regime operacional de 111,00 mca através de uma adutora de RPVC DN 500 mm com diâmetro interno de 492,5 mm e espessura de parede de 8,6 mm.

O objetivo dos estudos foi avaliar os efeitos adversos do golpe de aríete por ocasião da parada do bombeamento na estação elevatória por alguma condição de falha, a qual é normalmente admitida como proveniente de um corte instantâneo de fornecimento de energia elétrica à estação de bombeamento, o que é, sem dúvida, a pior condição de origem dos transientes hidráulicos em sistemas de bombeamento desse porte.

Os estudos foram desenvolvidos com base no uso de três softwares comerciais de reconhecida performance, sendo o primeiro o airValve Sizing Software Program da ValMatic, para dimensionamento do sistema de ventosas necessárias para proteger a adutora contra efeitos de bloqueio hidráulico e cavitação por ocasião do enchimento ou esvaziamento da mesma e, também, para liberar o ar acumulado dentro da adutora por ocasião de sua operação normal em regime permanente.

O segundo software, foi o Hytran, desenvolvido pela Hytran Solutions, pelo Dr. Norman Lawgun, PhD, da University of Auckland, New Zeland, empregado para verificação do transiente hidráulico por ocasião da parada instantânea do bombeamento e para dimensionar o sistema de proteção mais adequado. Os resultados do Hytran foram então checados pelo DYAGATS da universidade de Valência, Espanha.

2 - DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE VENTOSAS

As ventosas foram dimensionadas empregando-se software específico do fabricante ValMatic, versão 5.0, que permite o cálculo e a seleção das ventosas de acordo com a vazão, tipo de tubulação, diâmetro da linha, perfil topográfico de construção da linha de recalque, e de uma prévia seleção pelo projetista do tipo de ventosa a ser recomendada pelo próprio software.

Os resultados do dimensionamento são apresentados de forma tabular e gráfica de acordo com as opções desejadas pelo projetista, onde são mostradas a seleção da ventosa e o seu respectivo diâmetro, para cada estação ou estaca desejada de acordo com o perfil de assentamento da tubulação; a vazão de ar em pés cúbicos por segundo (cfs). Também é indicada a máxima declividade a partir da qual seriam alteradas as condições do projeto especificado.

Os quadros a seguir mostram o resultado das especificações das ventosas para a linha de recalque. Os desenhos em anexo mostram o posicionamento das ventosas ao longo do perfil das três linhas de recalque. Apresenta-se também o catálogo das ventosas para fins de especificação para compra das mesmas.

No quadro resultante do sistema de dimensionamento das ventosas, apresenta-se na primeira coluna a estação ou distância do ponto de interesse da adutora em relação à estação elevatória. Esta distância é dada em metros. Na segunda coluna, apresenta-se a elevação ou cota topográfica da estação de interesse, a qual foi interpolada a partir do perfil do terreno fornecido. A terceira coluna pode ser desprezada, a não ser que a adutora não mantenha um paralelismo com relação ao terreno natural. A quarta coluna, indica a singularidade da estação de cálculo.

A quinta coluna descreve o diâmetro (em inches = polegadas) e a referência para aquisição da ventosa.

Por exemplo, 2 IN # 202.C2 Single Body Combination significa uma ventosa de tríplice função (liberação no enchimento, na operação normal e admissão de ar), de corpo único, no diâmetro de 2", referência comercial Val Matic nº 202C.

A ventosa do tipo 1 IN # 101 Air/Vacuum, significa uma ventosa de dupla função para liberação e admissão de ar, no diâmetro de 1", referência nº 101 da Val Matic.

VAL-MATIC

airValve® Sizing Software Program

Val-Matic Valve and Manufacturing Corporation
 906 Riverside Drive
 Elmhurst, Illinois 60126 USA

PROJECT INFORMATION

PROJECT: Aduana de Itapipoca
 OWNER: SCHEDRA
 ENGINEER: Fco Oney E. da Silva

MEDIA: Water
 PIPE MATERIAL: Plastic
 PIPE INSIDE DIAMETER: 493.00 mm
 STEEL PIPE THICKNESS: 0.00 mm
 MAX FLOW RATE: 0.17 CMS
 FILL RATE: 0.09 CMS
 SELECTED SAFETY FACTOR: 4.1
 DIFF. PRES. FOR VAC. SIZING: 5.00 Psi
 VALVE RATING: 150 Psig (Class 125 Iron)
 REVERSE FLOW: No
 COMBO. TYPES: Single Body Comb. Air Valves

PIPELINE AIR VALVE SCHEDULE:

STATION NO	ELEV M	EXCAV M	DESCRIPTION	RECOMMENDED VALVE SIZE/MODEL	MAX SLOPE	FLOW RATE CFS
0+0	40.4	0.0	Beginning	No valve necessary	-0.0060	0.00
750+0	35.9	0.0	Long Descent	3 IN #203C-2 Single Body Combination	-0.0060	11.16
1500+0	31.4	0.0	Low Point	No valve necessary	0.0167	0.00
2000+0	39.7	0.0	Long Ascend	1 IN #101 Air/Vacuum	0.0167	3.27
2500+0	48.0	0.0	Desc in Up-Slope	1 IN #101 Air/Vacuum	0.0167	3.27
3125+0	55.1	0.0	Long Ascend	2 IN #102 Air/Vacuum	0.0113	6.06
3750+0	62.3	0.0	Long Ascend	2 IN #102 Air/Vacuum	0.0113	6.06
4375+0	69.5	0.0	Long Ascend	2 IN #102 Air/Vacuum	0.0113	6.06
5000+0	76.3	0.0	Desc in Up-Slope	2 IN #102 Air/Vacuum	0.0113	6.06
5500+0	78.3	0.0	Long Ascend	2 IN #102 Air/Vacuum	0.0041	9.23
6000+0	80.4	0.0	High Point	4 IN #204C-2 Single Body Combination	-0.0009	25.27
6500+0	84.9	0.0	Low Point	No valve necessary	-0.0009	0.00
7150+0	74.4	0.0	Long Ascend	3 IN #103 Air/Vacuum	0.0142	17.11
7853+0	63.6	0.0	Long Ascend	3 IN #103 Air/Vacuum	0.0142	17.11
8500+0	61.3	0.0	High Point	3 IN #203C-2 Single Body Combination	0.0142	17.11
9250+0	62.9	0.0	Long Descent	3 IN #203C-2 Single Body Combination	-0.0138	16.87
10000+0	72.6	0.0	Long Descent	3 IN #203C-2 Single Body Combination	-0.0138	16.87
10750+0	62.3	0.0	Long Descent	3 IN #203C-2 Single Body Combination	-0.0138	16.87
11500+0	51.9	0.0	Low Point	No valve necessary	-0.0138	0.00
12250+0	57.2	0.0	Long Ascend	2 IN #102 Air/Vacuum	0.0071	12.90
13000+0	62.0	0.0	Long Ascend	2 IN #102 Air/Vacuum	0.0071	12.90
13750+0	67.9	0.0	Long Ascend	2 IN #102 Air/Vacuum	0.0071	12.90
14500+0	73.2	0.0	Long Ascend	2 IN #102 Air/Vacuum	0.0071	12.90
15250+0	78.5	0.0	Long Ascend	2 IN #102 Air/Vacuum	0.0071	12.90
16000+0	83.8	0.0	Incr in Up-Slope	No valve necessary	0.0089	0.00
16750+0	90.5	0.0	Long Ascend	3 IN #103 Air/Vacuum	0.0089	13.53
17500+0	97.1	0.0	Long Ascend	3 IN #103 Air/Vacuum	0.0089	13.53
18250+0	103.8	0.0	Long Ascend	3 IN #103 Air/Vacuum	0.0089	13.53
19000+0	110.4	0.0	High Point	3 IN #203C-2 Single Body Combination	-0.0115	15.43
19750+0	101.8	0.0	Long Descent	3 IN #203C-2 Single Body Combination	-0.0115	15.43
20500+0	93.1	0.0	Low Point	No valve necessary	0.0183	0.00

21250.0	105.4	0.0	Long Ascend	3-PI #103 Air/Vacuum	0.0163	18.26
22000.0	117.6	0.0	End	3-PI #203C.2 Single Body Combination	0.0163	18.26


THE MAX SLOPE IS THE GREATER OF THE UPSTREAM OR DOWNSTREAM SLOPE. THE FLOW RATE IS THE LINE-BREAK FLOW IN THE ADJACENT LINE. AT CHANGES IN UPSLOPE OR DOWNSLOPE, THE FLOW RATE IS COMPUTED BY SUBTRACTING THE GRAVITY FLOW IN THE FEEDING LEG FROM THE GRAVITY FLOW IN THE LOWER LEG.

AIR RELEASE VALVE MODEL NUMBERS ARE FOR FULL SIZE CONNECTIONS. SMALLER CONNECTIONS ARE AVAILABLE.

NOTES

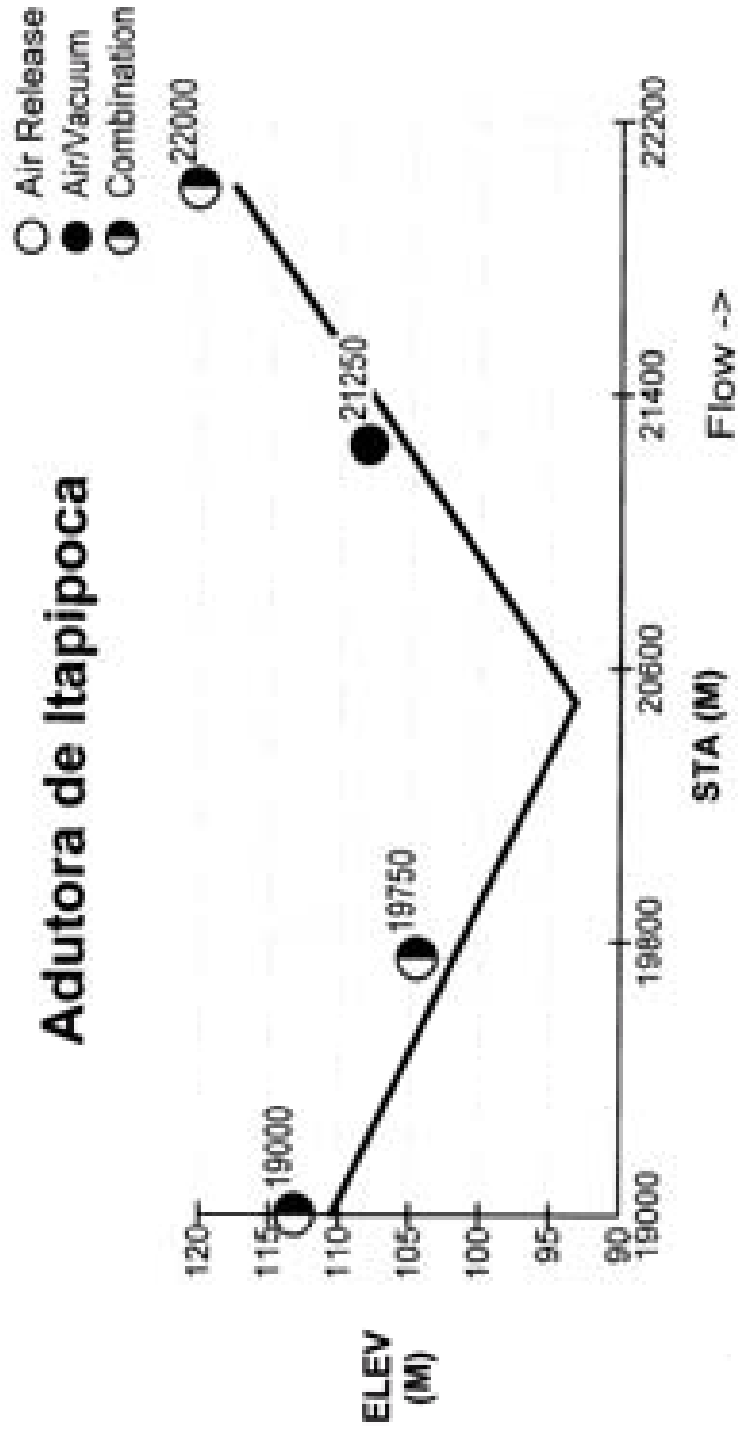
0

PREPARED BY:


 Eng. Gary Eudes de Sá
 R. S. ENGENHARIA CIVIL
 R. CURSOS HORIZONTEIS

DATE: 21/03/20

This Air Valve Sizing Software Program was developed by Val-Matic Valve and Manufacturing Corporation as a convenience to its customers and should be utilized only as a guide for the selection and placement of Air Valves along a pipeline. This software program is not presented as, nor is it intended to be used as, a complete hydraulic transient study. This software program is offered on an as-is basis. All risk regarding the appropriateness of the application are assumed by the user. Val-Matic makes no warranty or representation as to the accuracy or completeness of this software program or its output. Use of this software program or its output should be made under the direction of trained engineers or design professionals exercising their independent judgment regarding the suggested use of the valve types and sizes.



3 - DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA O GOLPE DE ARIETE

Inicialmente foi analisado o transiente hidráulico para a condição da adutora sem nenhuma proteção, sequer com a instalação das ventosas já apresentadas no Item 2.0. Esta avaliação é feita para se ter em conta a gravidade das sobrepressões e subpressões atuantes prevista para uma condição de interrupção instantânea do bombeamento e falha nos mecanismos de proteção, incluindo ventosas.

O Quadro 1 e a Figura 1 a seguir mostram que ocorrem sobrepressões da ordem de 12,6 atmosferas junto ao barrilete da estação elevatória, a qual deverá ser suportada pela válvula de retenção e pela própria tubulação.

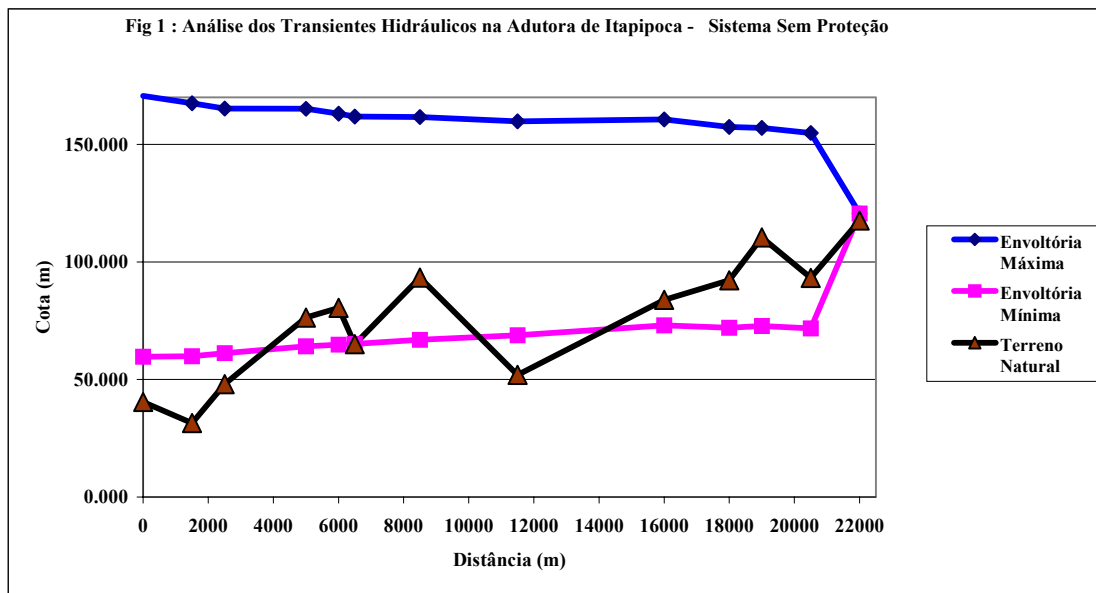
Ainda no mesmo quadro e figura se constata que as subpressões geradas teoricamente ultrapassam a casa de 3,0 atmosferas, ou seja, há formação de vácuo absoluto dentro da tubulação que pode colapsar a tubulação em RPVC e/ou promover o fenômeno de separação de coluna com elevada cavitação e sobrepressão no rejuntamento da coluna. A experiência tem demonstrado que não se deve permitir a geração de subpressões incompatíveis com a tubulação, especialmente quando se trata de tubos em PVC ou RPVC.

ANÁLISE DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS - PROJETO ADUTORA DE ITAIPOCA

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA PRINCIPAL Data: 22/02/2003

Quadro 1 : Resultados da Simulação para Sistema Sem Proteção

Nó	Dist da EE	Cota	Envoltória		Pressão		Observação
		Topogr.	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	
00=EE-1	0	40.486	170.603	59.735	130.117	19.249	EE Principal
1	1500	31.446	167.550	59.896	136.104	28.450	RPVC 500
2	2500	48.090	165.238	61.261	117.148	13.171	RPVC 500
3	5000	76.325	165.187	64.137	88.862	-12.188	RPVC 500
4	6000	80.440	163.094	64.790	82.654	-15.650	RPVC 500
5	6500	64.994	161.921	65.118	96.927	0.124	RPVC 500
6	8500	93.323	161.712	66.877	66.877	-26.446	RPVC 500
7	11500	51.978	159.839	68.828	107.861	16.850	RPVC 500
8	16000	83.883	160.645	73.082	76.762	-10.801	RPVC 500
9	18000	92.237	157.401	72.059	65.164	-20.178	RPVC 500
10	19000	110.464	156.997	72.722	46.533	-37.742	RPVC 500
11	20500	93.185	154.822	71.696	61.637	-21.489	RPVC 500
12	22000	117.655	120.655	120.655	3.000	3.000	Res Transição



Eng. Fco Osny Enéas da Silva
 MSc Recursos Hídricos
 CREA-CE 8487-D

As simulações computacionais levadas a cabo indicaram que a melhor proteção a ser oferecida ao sistema adutor de Itapipoca seria através da intercalação das ventosas apresentadas no item 2.0 ao longo da linha de recalque, conforme mostrado no perfil da mesma naquele item e, a construção imprescindível de um tanque de amortização unidirecional (one-way) e uma chaminé de equilíbrio.

O one way deverá ser construído a cerca de 8500 m da estação elevatória, na cota 93,323 m do terreno natural, consistindo de um reservatório cilíndrico com diâmetro de 2,5m, altura útil de água dentro do mesmo de 10,00 m e tubulações de 500 mm na conexão com a adutora, situando-se no máximo a 5,00 m do ponto de inserção na mesma.

A chaminé de equilíbrio deverá ser construída a 19.000 m da estação elevatória, na cota do terreno 110,464m, devendo ser um reservatório também cilíndrico no diâmetro de 2,5 m, com altura livre para oscilação interna de 14,20 m, devendo ter uma folga de pelo menos 1,5 m para o topo, o qual deverá ter abertura livre para a atmosfera para ventilação, com grade de proteção na abertura. A cota estimada para o topo da chaminé deverá ser a cota 126,10m

O Quadro 2 e a Figura 2 mostram a excelente performance do sistema de proteção sugerido eliminando completamente os efeitos adversos do transiente hidráulico.

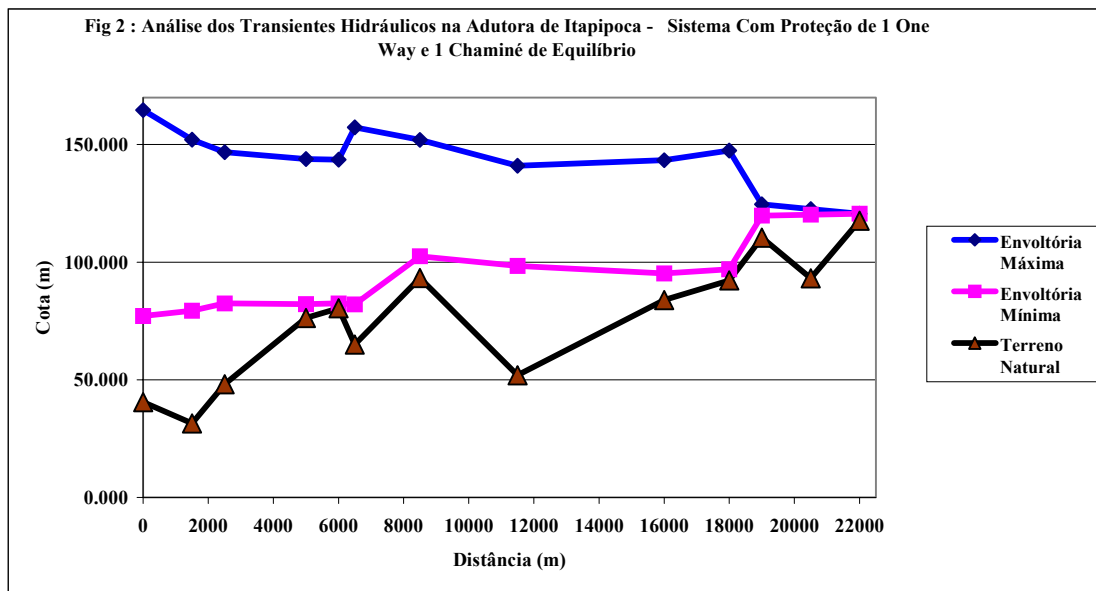
ANÁLISE DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS - PROJETO ADUTORA DE ITAPIPOCA

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA PRINCIPAL Data: 22/02/2003

Quadro 2 : Resultados da Simulação para Sistema Com Proteção de 1 One-Way e 1 Chaminé

Nó	Dist da EE	Cota		Envoltória		Pressão		Observação
		Topogr.	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima		
00=EE-1	0	40.486	164.636	77.126	124.150	36.640		EE Principal
1	1500	31.446	152.102	79.411	120.656	47.965		RPVC 500
2	2500	48.090	146.790	82.518	98.700	34.428		RPVC 500
3	5000	76.325	143.827	82.135	67.502	5.810		RPVC 500
4	6000	80.440	143.560	82.497	63.120	2.057		RPVC 500
5	6500	64.994	157.340	82.106	92.346	17.112		RPVC 500
6=1 OW	8500	93.323	151.987	102.505	58.664	9.182		One Way
7	11500	51.978	140.958	98.436	88.980	46.458		RPVC 500
8	16000	83.883	143.334	95.196	59.451	11.313		RPVC 500
9	18000	92.237	147.452	97.029	55.215	4.792		RPVC 500
10=1 Cham	19000	110.464	124.602	119.805	14.138	9.341		Chaminé
11	20500	93.185	122.629	120.239	29.444	27.054		RPVC 500
12	22000	117.655	120.655	120.655	3.000	3.000		Res Transição

Padrões: 1 One-Way com diâmetro D=2,5 m, altura útil de água de 10,00 m e conexão em tubo DN 500 mm com no máximo 5m de distância da adutora principal; 1 Chaminé de equilíbrio com diâmetro D=2,5m, conexão em 500mm, sem clapet, altura mínima de 14,2 m para oscilação útil, recomendando-se folga de 1,5m. Cota do topo estimada na cota 126,10m.



Eng. Fco Osny Enéas da Silva
MSc Recursos Hídricos
CREA-CE 8487-D