

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROURB CE

PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE ASSARÉ

RELATÓRIO GERAL

VOLUME 2 MEMÓRIA DE CÁLCULO

TALVEG
Engenharia

FORTALEZA
MAIO DE 1996



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROURB/CE

PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE ASSARÉ

RELATÓRIO GERAL

VOLUME 2 - MEMORIAL DE CÁLCULOS

TALVEG
ENGENHARIA

Lote: 02201 - Prep () Scan () Index ()

Projeto Nº 0202/02

Volume

Qtd. A4 52

Qtd. A3

Qtd. A2

Qtd. A1

Qtd. A0

Outros

FORTALEZA
MAIO/96



Apresentação



000003

APRESENTAÇÃO

O presente relatório versa sobre o projeto executivo da adutora de Assaré elaborado no âmbito do contrato Nº 020/95 PROURB/CE/COGERH. O relatório geral é apresentado em edição provisória, conforme orientação do Edital Nº 013/96, na forma de relatório geral composto dos seguintes volumes.

- Volume 1 - Descrição do Projeto;
- Volume 2 - Memorial de Cálculos;
- Volume 3 - Planilha Orçamentária;
- Volume 4.1 - Especificações Técnicas;
- Volume 4.2 - Especificações Técnicas para tubos e conexões - versão em inglês;
- Volume 5 - Desenhos;
- Volume 6 - Normas de Medição.

Sumário

000005

SUMÁRIO

1 - FLUTUANTE	01/44
1.1 - Verificação da Estabilidade Vertical do Flutuante	02/44
1.2 - Dimensões do Flutuante	03/44
2 - ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS: CURVAS DE FUNCIONAMENTO	04/44
2.1 - Perdas de Carga na Tubulação	05/44
2.2 - Perdas de Carga Localizadas	06/44
2.3 - Estação Elevatória Flutuante	06/44
2.3.1 - Perdas Localizadas	07/44
2.4 - Estação Elevatória Intermediária - EEI	13/44
3 - OBRAS CIVIS: DIMENSIONAMENTO	16/44
3.1 - Blocos de Ancoragem	17/44
3.1.1 - Blocos da Saída da EEI ($C = 90^\circ$)	17/44
3.1.2 - Ancoragem da válvula de retenção no barrilete da estação intermediária	17/44
3.1.3 - Ancoragem da válvula de retenção no barrilete da estação flutuante	19/44
3.2 - Determinação do volume do poço de sucção	20/44
3.2.1 - Volume útil do reservatório	20/44
4 - TRANSIENTES HIDRÁULICOS	21/44
5.-ETA: DIMENSIONAMENTO	29/44
5.1 - Dados do projeto	30/44
5.2 - Cálculo dos filtros	30/44
5.3 - Taxa de filtração	30/44
5.4 - Produtos Químicos	31/44
5.4.1 - Sulfato de alumínio	31/44
5.4.2 - Cloração	32/44
5.4.3 - Fluorsilicato de sódio	33/44
5.4.4 - Alcalinização	34/44
5.5 - Lavagem de Filtros	34/44
5.5.1 - Parâmetros	34/44
5.5.2 - Vazão do conjunto motor-bomba para lavagem	34/44
5.5.3 - Consumo de água na lavagem	34/44
5.5.4 - Demais Características do Sistema	35/44
5.6 - Reservatório Apoiado	35/44
6 - MÉTODO DO CÁLCULO ESTRUTURAL	37/44
6.1 - Cálculo Estrutural	38/44
6.1.1 - Critérios de dimensionamento	38/44

6.1.1.1 - Reservatório cilíndricos	39/44
6.1.1.2 - Caixas retangulares	39/44
6.1.2 - Bibliografia	40/44
7 - PROJETO ELÉTRICO: MEMORIAL DE CÁLCULO	41/44
7.1 - Estações Elevatórias: EEF e EEI	42/44
7.1.1 - Transformador	42/44

1. Flutuante

000068

Obra	Adutora de Assaré		Assunto	CAPTAÇÃO - FLUTUANTE	
Calculo	Visto	UAC	Data	Folha	02 de 44

1.1 VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE VERTICAL DO FLUTUADOR

- PESO DO CORPO FLUTUANTE

. PERFIL L, 4" x 2" x 1/4"	38,60 Kg
. CRANTONEIRA, 2" x 2" x 1/4"	31,50 Kg
. CHAPA 14, FOLHA (2x1,0)	108,90 Kg
. CHAPA 1/8", FOLHA (2x1,20)	306,87 Kg
SUBTOTAL 485,87 Kg	

- PESO DOS Equipamentos Hidromecânicos

. Conjunto motor. bomba	250 Kg
. Tocos. FoFo, ϕ 150 mm	40 Kg
. Tocos. FoFo, ϕ 100 mm	20 Kg
. REDUÇÃO EXCENTRICA, ϕ 150 x 125 mm	16 Kg
. REDUÇÃO CONCENTRICA, ϕ 100 x 80 mm	15,5 Kg
. CURVA 90°, ϕ 150 mm	18 Kg
. CURVA 90°, ϕ 100 mm	11 Kg
. VÁLVULA DE RETENÇÃO	08 Kg
. VÁLVULA DE PÉ C/CRIVO	49 Kg
SUBTOTAL 427,50 Kg	

TOTAL = 913,37 Kg

- PESO OPERADOR

$P_0 = 150 \text{ Kg}$

TOTAL GERAL = 913,37 + 150 = 1063,37 Kg

Obra Adutora de Assaré		Assunto	
Cálculo	Visto WEC	Data	Folha 03 de 44

1.2 Dimensões do Flutuante

$$W_T = 913 \text{ Kg.}$$

$$\frac{V_{cil}}{2} \times 1000 = W_T$$

$$\frac{V_{cil}}{2} = \frac{\pi D^2}{4} \times 3,00 \times Z \times \frac{1}{Z}$$

$$\frac{\pi D^2}{4} \cdot L = \frac{1063}{1000} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{1,063 \times 4}{3,00 \times \pi}} = 0,67$$

Diâmetro adotado $\cong 700 \text{ mm}$

2. Estações Elevatórias: curvas de funcionamento

000011

Obra Adutora de Assaré		Assunto Captação - Flutuante	
Calculo	Visto MCC	Data	Folha 05 de 44

2.1 Perdas de carga nas tubulações

As perdas de carga nas tubulações foram calculadas através da fórmula universal, também conhecida como fórmula de Darcy-Weisbach, que expressa a seguinte relação entre as perdas de carga e os parâmetros característicos das tubulações:

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

A determinação das perdas h_f , foi obtida a partir do cálculo de f utilizando-se a fórmula de Colebrook White, válida em todo o domínio dos escoamentos turbulentos:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{K}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

O cálculo foi feito através de procedimento iterativo, adotando-se para o parâmetro rugosidade K , as seguintes valores, para os diversos tipos de materiais:

ferro fundido: $K = 0.00065 \text{ m}$
 tubos plásticos: $K = 0.00010 \text{ m}$

f - fator de atrito
 g - gravidade
 D - diâmetro interno do tubo
 Re - N^o de Reynolds
 K - rugosidade

Obra Adutos de Assurê		Assunto Captação Flutuante	
Cálculo	Visto WEC	Data	Folha 06 de 44

2.2 Perdas de carga localizadas

Uma vez que a perda de carga na passagem por conexões, registros, vãos e a velocidade de fluxo, tal qual acontece em trechos retilíneos de encanamentos, pode-se exprimir as perdas localizadas em funções de comprimentos virtuais de canalizações:

$$L_v = \frac{K \cdot D}{f}, \text{ onde}$$

- L_v - comprimento equivalente
- K - coeficiente de perdas
- D - diâmetro
- f - fator de fricção

Serão utilizadas as tabelas elaboradas para diferentes conexões e válvulas, existentes nos manuais de hidráulica.

2.3. ESTACÃO FLUTUANTE: PERDAS DE CARGA E CURVAS DE FUNCIONAMENTO

O cálculo das perdas de carga será realizado para os dois conjuntos motor-bombas, previstos para operarem nas posições ilustradas na planta AD 1.2. Denominou-se estação F1, a que deverá operar na posição 01, entre as cotas 370 e 381,50, distante 150m da EE-01. A

Obra ADUTORA DE ASSARÉ		Assunto CAPTAÇÃO - Flutuante	
Cálculo	Visto	Data	Folha 07 de 44

estação F2, será fixada na posição 02 a 275 m da EE-01, entre as cotas 360 e 370. Os conjuntos são iguais, entretanto as tubulações em PEAD serão, para F1, de 110,8 mm (diâmetro interno) e, para F2, de 141,8 mm.

2.3.1 PERDAS Localizadas

A seguir serão relacionadas as peças especiais e conexões que compõem o lay-out do sistema de bombeamento e adução. Os equipamentos são iguais para ambas as unidades flutuantes, ver planta AB-1.3.

TUBOS E CONEXÕES	QUANT.	Ø (mm)	COEFICIENTE DE PERDAS (K)
<u>SUCCÃO</u>			
• VÁLVULA DE PÉ C/CRIVO	01	150	1,75
• TUBO, L=0,90m, Ø	01	150	—
• CURVA 90°	01	150	0,40
• TOCO, L=0,25	01	150	—
• REDUÇÃO EXCÊNTRICA	01	150x125	0,15*
<u>RECALQUE</u>			
• Ampliação Gradual	01	80x150	0,30*
• CURVA de 90°	01	150	0,40
• VÁLVULA de Retenção	01	150	2,50
• TOCO de tubo, L=0,25m	02	150	—
• CURVA de 45°	02	150	0,20
• TOCO DE TUBO, L=2,10m	01	150	—
• Redução Gradual	01	150x110,8	0,15*

* com base na velocidade da menor seção

**

TALVEG ENGENHARIA LTDA

000014

Obra		Assunto	
Cálculo	Visto	Data	Folha
			08 de 44

TUBOS E CONEXÕES	QUANT	φ mm	COEFICIENTE DE PERDAS (K)
<u>BARRILETE DE LIGAÇÃO</u>			
• TOCO DE TUBO, L=0,25m	02	150	—
• CURVA de 90°	03	150	0,40
• TÊ NORMAL	01	150 x 150	1,30
• TOCO DE TUBO, L=0,54m	01	150	—
• VÁLVULA DE RETENÇÃO	01	150	2,50
• TOCO DE TUBO, L=0,25m	02	150	—
• REGISTRO DE GAUETA	01	150	0,20
• TOCO DE TUBO, L=0,50m	01	150	—
• Ampliação gradual	01	110,8 x 150	0,30*
• Ampliação gradual	01	141,8 x 150	0,30*

- Elaboração da equação geral da curva

fórmula:

$$H = f \cdot \frac{L_T}{D} \frac{V^2}{2g} + K \frac{V^2}{2g}$$

$$H \sim f(Q) \Rightarrow H = f \cdot \frac{L_T \cdot Q^2 \cdot 8}{D^5 \pi^2 \cdot g} + \frac{K \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot g}$$

L_T - comprimento total da tubulação, incluindo tocos

Para emprego na fórmula universal o valor de f será prefixado em 0,018, considerando tratar-se de tubos plásticos, e também considerando que a faixa de variações de f é pouco expressiva, diminuindo lentamente na razão dos aumentos de vazões.

* com base na velocidade da menor seção.

Obra		Assunto	
Cálculo	Visto	Data	Folha
			09 de 44

• EXPRESSIONO DA SUCCÃO (H')

$$\Delta H' = \frac{0,018 (0,90 + 0,25) Q^2 \cdot 8}{\pi^2 (0,15)^5 \cdot 9,81} + (1,75 + 0,40) \frac{Q^2 \times 8}{\pi^2 (0,15)^4 \cdot 9,81} + \frac{0,15 Q^2 \times 8}{\pi^2 (0,125)^4 \cdot 9,81}$$

$$\Delta H' = 22,52 Q^2 + 350,90 Q^2 + 50,76 Q^2$$

$$\Delta H' = \underline{\underline{424,18 Q^2}}$$

• EXPRESSIONO REVALQUE (H''), apenas barrilete)

$$\Delta H'' = \frac{0,30 \times 8,0 \times Q^2}{\pi^2 (0,08)^4 \cdot 9,81} + \frac{(0,40 + 2,50 + 0,40) \times 8,0 \times Q^2}{\pi^2 (0,15)^4 \cdot 9,81} + \frac{0,15 \times 8 \times Q^2}{\pi^2 (0,1108)^4 \cdot 9,81} + \frac{0,018 \times (2,35) \times Q^2 \times 8}{\pi^2 (0,15)^5 \cdot 9,81}$$

$$\Delta H'' = 605,17 Q^2 + 538,6 Q^2 + 82,23 Q^2 + 46,02 Q^2$$

$$\Delta H'' = \underline{\underline{1272,02 Q^2}}$$

• EXPRESSIONO DE PERDAS NO BARRILETE DE JUNÇÃO DAS TUBULAÇÕES DE $\phi 110,8$ e $\phi 140,8$ mm.

$$\Delta H''' = \frac{0,018 (0,23 + 0,54 + 0,25 + 0,50) \times 8 \times Q^2}{\pi^2 \cdot (0,15)^5 \cdot 9,81} + \frac{(0,40 + 1,30 + 2,50 + 0,2) \times 8 \times Q^2}{\pi^2 (0,15)^4 \cdot 9,81}$$

$$\Delta H''' = 20,16 Q^2 + 718,14 Q^2 = \underline{\underline{748,30 Q^2}}$$

Obra		Assunto	
Cálculo	Visto	Data	Folha 10 de 44

• EQUAÇÃO GERAL: POSIÇÃO F1 (TUBO PEAD, $\phi = 110,8 \text{ mm}$)

$$\Delta H_T = H' + H'' + H''' + H^{IV} + H^V + H^{VI}$$

$$H^{IV} = \frac{0,018 (86) \times 8 \times Q^2}{\pi^2 \times (0,1108)^5 \times 9,81} = 7659,37 Q^2 \quad (\text{TUBO PEAD, } \phi 110,8 \text{ mm})$$

$$H^V = \frac{0,30 \times 8 \times Q^2}{\pi^2 (0,1108)^4 \times 9,81} = 164,46 Q^2 \quad (\text{Ampliação } 110,8 \times 150 \text{ mm})$$

$$H^{VI} = \frac{0,034 \times (62) \times Q^2 \times 8}{\pi^2 (0,15)^5 \times 9,81} = 2.293,69 Q^2 \quad (\text{TRECHO BARR./EE-01, Fc6})$$

$$\Delta H_T = 424,18 Q^2 + 1272,02 Q^2 + 748,30 Q^2 + 7659,37 Q^2 + 164,46 Q^2 + 2293,69 Q^2$$

$$\Delta H_T \equiv \underline{\underline{12562 Q^2}}$$

$$\rightarrow H_T = H_g + 12562 Q^2$$

H_g — desnível geométrico

• Posição F1.1 (COTA 370) $\Rightarrow H_{T1} = 21,55 + 12562 Q^2$

• Posição F1.2 (COTA 381,50) $\Rightarrow H_{T2} = 10,05 + 12562 Q^2$

• EQUAÇÃO GERAL POSIÇÃO F2 (TUBO PEAD, $\phi = 141,8 \text{ mm}$)

$$\Delta H_T = H' + H'' + H''' + H^{VI} + H^{VII} + H^{VIII}$$

Obra		Assunto	
Cálculo	Visto	Data	Folha 11 de 44

$$H^{VI} = \frac{0,30 \times 8 \times Q^2}{\pi^2 (0,1418)^4 \times 9,81} = 61,31 Q^2$$

$$H^{VII} = \frac{0,018 (221) Q^2 \times 8}{\pi^2 (0,1418)^5 \times 9,81} = 5733,30 Q^2$$

$$\Delta H_T = 424,18 Q^2 + 1272,02 Q^2 + 748,30 Q^2 + 2293,69 Q^2 + 61,31 Q^2 + 5733,30 Q^2$$

$$\Delta H_T = 10532,8 Q^2$$

$$\rightarrow H_T = H_g + 10532,8 Q^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} H - \text{expresso em m.c.a.} \\ Q - \text{expresso em m}^3/\text{s} \end{array} \right.$$

- POSIÇÃO F2.1 (COTA 360) $\Rightarrow H_T = 31,55 + 10532,8 Q^2$
- POSIÇÃO F2.2 (COTA 370) $\Rightarrow H_T = 21,55 + 10532,8 Q^2$

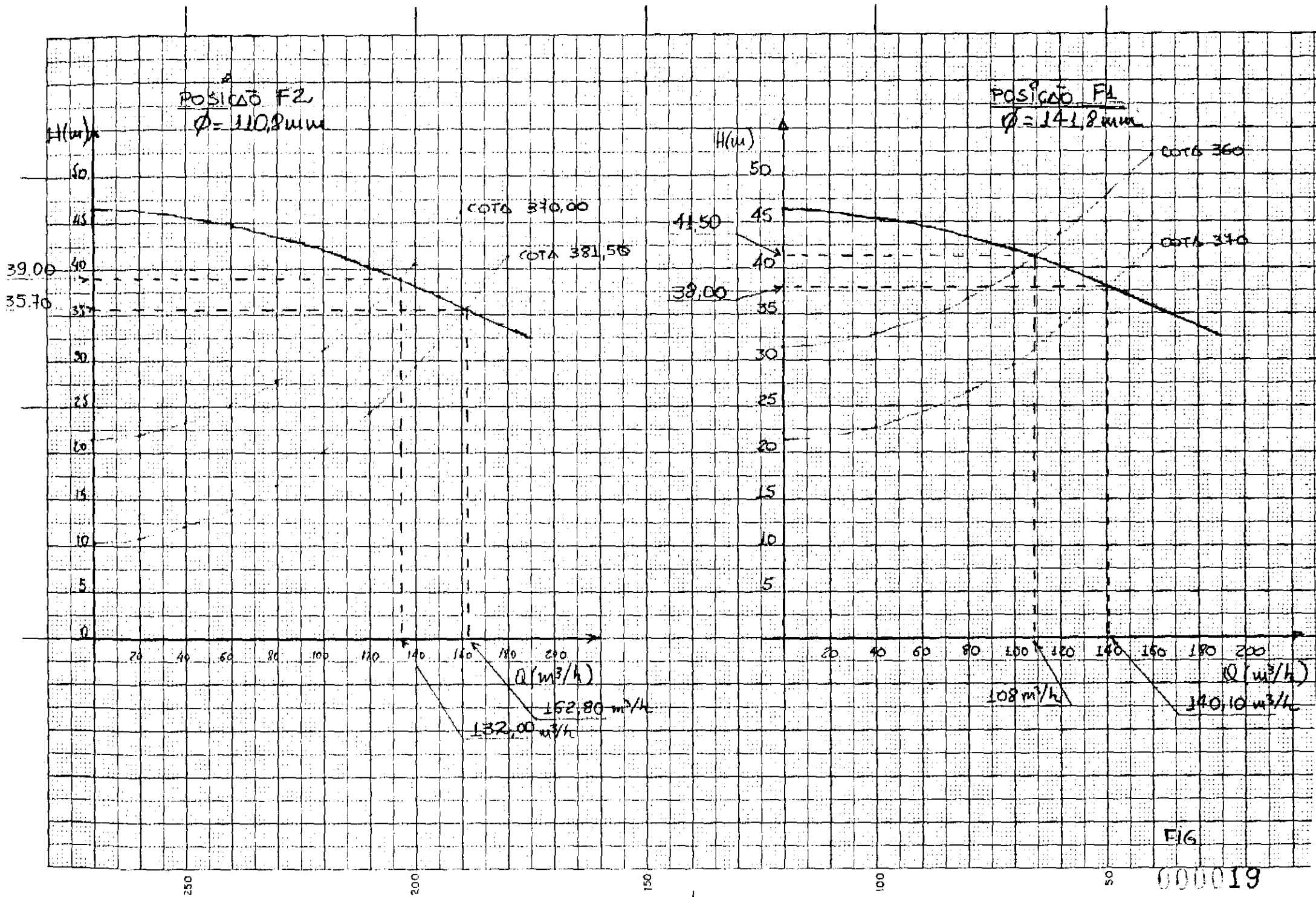
Os desníveis geométricos são relativos à cota 391,55, que corresponde ao nível máximo d'água no poço de sucção da EE-01.

A tabela abaixo reúne os pontos da curva característica da bomba, tirada do catálogo do fabricante

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Q (m ³ /h)	0,00	50	60	100	150	190
H (m.c.a.)	46,50	45,0	44,50	42,0	37,0	32,5

A seguir serão mostradas as curvas do sistema e o quadro resumo operacional

000018



FIG

000019

Obra		Assunto	
Cálculo	Visto	Data	Folha
			13 de 44

2.4 Estações Elevatória Intermediária - EEI

A estação de bombeamento EE-01, responsável pelo recalque das águas até a estação de tratamento, foi projetada para operar com apenas uma unidade de bombeamento, objetivando a diminuição de serviços de manutenções e assistência técnica. A curva do recalque foi dimensionada como se segue:

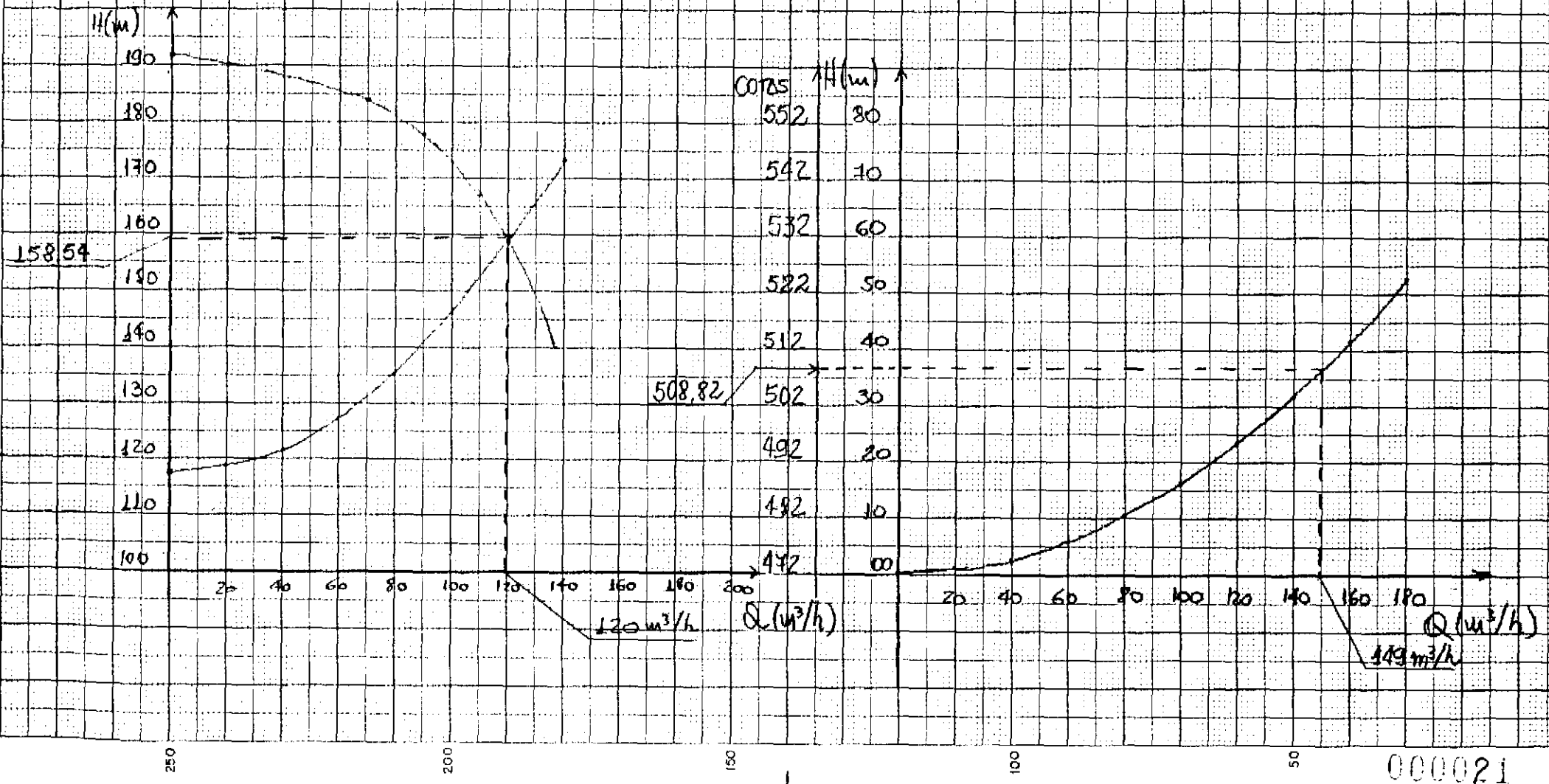
2.4.1 Pendas localizadas:

PEÇAS	QUANT	COEFICIENTE DE PERDAS (K)
<u>SUCÇÃO</u>		
• REGISTRO DE GAUETA ABERTO, $\phi 150$ mm	01	0,20
• REDUÇÃO EXCÊNTRICA, (150x80 mm)	01	0,15*
• TOCO DE TUBO, L=0,60, $\phi 150$ mm	01	—
• TOCO DE TUBO, L=0,35, $\phi 150$ mm	01	—
<u>RECALQUE</u>		
• AMPLIAÇÃO GRADUAL, 50x75 mm	01	0,30*
• AMPLIAÇÃO GRADUAL, 75x100 mm	01	0,30*
• VÁLVULA DE RETENÇÃO, $\phi 100$ mm	01	2,50
• REGISTRO DE GAUETA ABERTO, $\phi 100$ mm	01	0,20
• TÊ, SAÍDA LATERAL, 100x150x150 mm	01	1,30
• CURVA 90°, $\phi 150$ mm	02	0,40
• CURVA 45°, $\phi 150$ mm	02	0,20
• VÁLVULA DE RETENÇÃO, $\phi 150$ mm	01	2,50
• REGISTRO DE GAUETA ABERTO, $\phi 150$ mm	01	0,20
• AMPLIAÇÃO GRADUAL $\phi 150$ x 200 mm	01	0,30*
• TOCO DE TUBO, $\phi 150$ mm, L=1,0 m	01	—
• TOCO DE TUBO, $\phi 150$ mm, L=0,65 m	01	—
• TOCO DE TUBO, $\phi 150$ mm, L=0,80 m	01	—
• ENTRADA NO RESERVATÓRIO	01	1,0

EE-01

CURVA DO ENCAMBAMENTO
PONTO DE TRABALHO

TRECHO GRANITARIO: CHAMINE / STA
CURVA DE PERFORMANCE



Obra		Assunto	
Cálculo	Visto	Data	Folha
			14 de 44

• EXPRESSÃO DA SUÇÃO : $\Delta H'$

$$\Delta H' = \frac{0,20 \times 8 \times Q^2}{\pi^2 \times (0,15)^4 \times 9,81} + \frac{0,15 \times 8 \times Q^2}{\pi^2 \times (0,08)^4 \times 9,81} + \frac{0,0348 (1,95) Q^2}{\pi^2 \times (0,15)^5 \times 9,81} =$$

$$\Delta H' = 32,64 Q^2 + 302,58 Q^2 + 43,83 Q^2$$

$$\Delta H' = \underline{\underline{409,05 Q^2}}$$

• EXPRESSÃO DO PERDAS : $\Delta H''$

$$\begin{aligned} \Delta H'' = & \frac{0,30 \times Q^2 \times 8}{\pi^2 \times (0,05)^4 \times 9,81} + \frac{0,30 \times Q^2 \times 8}{\pi^2 \times (0,075)^4 \times 9,81} + \frac{0,30 \times Q^2 \times 8}{\pi^2 \times (0,15)^4 \times 9,81} + \\ & + \frac{0,0348 (2,50) Q^2 \times 8}{\pi^2 \times (0,15)^5 \times 9,81} + \frac{(4,00) \times Q^2 \times 8}{\pi^2 \times (0,10)^4 \times 9,81} + \frac{(3,90) Q^2 \times 8}{\pi^2 \times (0,15)^4 \times 9,81} \\ & + \frac{0,018 (6080) Q^2 \times 8}{\pi^2 \times (0,20)^5 \times 9,81} + \frac{(1,0) \times Q^2 \times 8}{\pi^2 \times (0,2)^4 \times 9,81} \end{aligned}$$

$$\Delta H'' = 3966 Q^2 + 783,42 Q^2 + 48,96 Q^2 + 94,66 Q^2 + 3305,07 Q^2 + 636,53 Q^2 + 28258,38 + 51,64 Q^2$$

$$\Delta H'' = 37144,59$$

EQUAÇÃO GERAL DA CURVA DO ENCHIMENTO

$$H_T = H_g + 37144,59 Q^2$$

$$H_g = (508,82 - 389,55) = 117,27$$

$$H_T = \underline{\underline{117,27 + 37144,59 Q^2}}$$

Obra		Assunto	
Cálculo	Visto	Data	Folha
			16 de 44

2.5 CURVA DO ENCANAMENTO; TRECHO GRAVITÁRIO

- COTA DE CHEGADA = 472,000
- COMPRIMENTO DE CHEGADA: 4520m
- COTA DE SAÍDA (NÍVEL DA CHAMINÉ) = 508,82 m
- PERDAS LOCALIZADAS

$$\Delta H_L = \frac{(1,9) \times Q^2 \times 8}{\pi^2 (0,2)^5 \times 9,81} = 98,11 Q^2$$

- PERDAS NA TUBULAÇÃO

$$\Delta H_T = \frac{0,018 (4520) Q^2 \times 8}{\pi^2 (0,20)^5 \times 9,81} = \underline{\underline{21008 Q^2}}$$

$$\Delta H_{TOTAL} = 21008 Q^2$$

- CARGA HIDRÁULICA DISPONÍVEL

$$\Delta H_D = 508,82 - 472,00 = 36,82$$

$$36,82 = 21008 Q^2 \Rightarrow Q \cong 42,00 \text{ l/s}$$

Obs.: Será necessário, no início da operação do sistema promover o equilíbrio de cargas e vazões na chaminé, através da válvula borboleta situada na saída da tubulação da mesma.

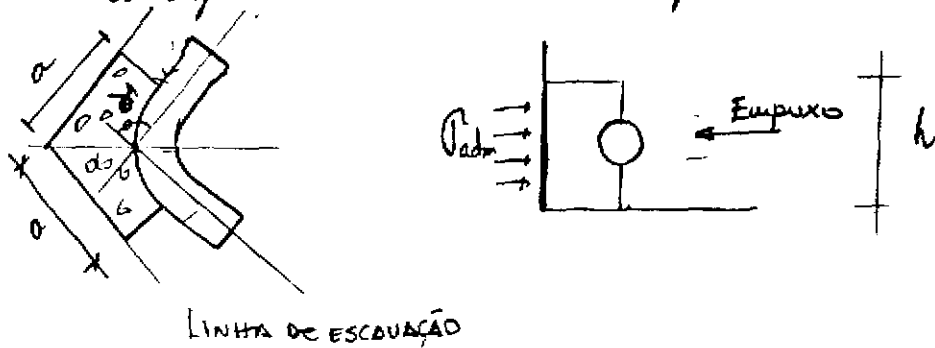
3. Obras Civis: dimensionamento

000024

Obra	Adutora de Assaré	Assunto	Bloco de Ancoragem
Cálculo	Visto WEC	Data	Mai/96
		Folha	17 de 44

3.1. Blocos de ANCORAGEM

Ancoragem nas curvas com apoio contra o terreno natural



$$a = \frac{S \cdot P}{\sigma \cdot b} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

S → secas do tubo

σ → tensões admissíveis do terreno, kg/cm^2

h → altura do bloco

α → ângulo da curva

P → pressões de serviço c/ sobreprensões

3.1.1 Bloco da saída da EEI (CURVA 90°)

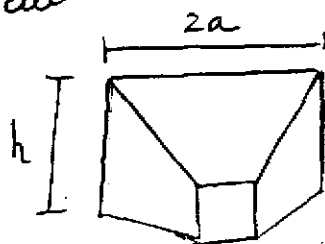
$$a = \frac{S \cdot P}{\sigma \cdot b} \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ}{2} = \frac{314,15 \times 22,0}{1,50 \text{ kg} \times 100 \frac{\text{cm}^2}}{\text{cm}^2} \operatorname{tg} 45^\circ = 47 \text{ cm}$$

$$a \cong 50 \text{ cm}$$

$$h = 100 \text{ cm}$$

Volume do bloco

$$V = 0,225 \text{ m}^3$$



3.1.2 Ancoragem da Válvula de retenção da EEI

Obra Adutora de Assaré		Assunto Blocos de Ancoragem	
Cálculo	Visto MEC	Data Maio/96	Folha 18 de 44

A ancoragem dimensionada por atrito entre o bloco e o solo de assentamento;

$$P \geq \frac{E}{\operatorname{tg} \varphi_{\max}}$$

P - o peso do bloco

E → empuxo (incluindo a sobreprensão)

φ_{\max} = ângulo de atrito do solo de fundação

Assim:

$$E = P \cdot A = 22,00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \times 314,15 = 6911,30 \text{ Kg}$$

$$\varphi_{\max} = 35^\circ \text{ (pedregulho arenoso)}$$

$$P = \frac{6911,30}{\operatorname{tg} 35^\circ} = 9870,35 \text{ Kg}$$

Como o bloco resultou em dimensões muito grandes, tomaremos partido de uma caixa de concreto armado ancorada no solo, com as seguintes dimensões:

$$\sigma_{adm} \cdot A = P \cdot S \Rightarrow A = \frac{P \cdot S}{\sigma_{adm}} = \frac{22 \times 314,15}{1,5} = 4607,53 \text{ cm}^2$$

$$A = 4607,53 \text{ cm}^2$$

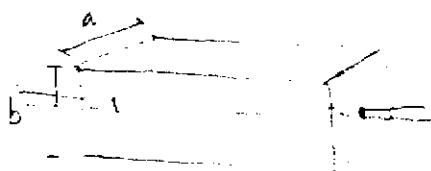
$$A = a \cdot b$$

$$\text{Adou-}x \quad a = 100 \text{ cm}$$

$$b = \frac{4607,53}{100}$$

$$b = 46,07 \text{ cm}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$



Obra	Adutora de Assaré	Assunto	Blocos de Ancoragem
Cálculo	Visto	Data	Folha
	wee	Maio 196	19 de 44

3.1.3 Ancoragem da valvula de retenção no barrilete da estação flutuante.

$$\rho_{adm} = P \cdot S$$

$$S = (150\text{mm}) = 176,71\text{cm}^2$$

$$P = 5\text{kg/cm}^2$$

$$\rho_{adm} = 1,5\text{kg/cm}^2$$

$$A = \frac{5 \times 176,71}{1,5} = 589\text{cm}^2$$

$$A = a \cdot b \geq 589\text{cm}^2$$

Dimensões adotadas:

$$a = 50\text{cm}$$

$$b = 100\text{cm}$$

(por razões construtivas)

Os blocos de ancoragem para as curvas da adutora foram calculadas para os trechos abaixo indicados, utilizando-se o terreno como elemento de equilíbrio. A taxa admissível considerada nos cálculos provou-se interpretar as condições do sub-solo no traçado da adutora. A taxa de $1,5\text{kg/cm}^2$ está associada a solos areno-argilosos que preponderam na região.

trecho 1 → EST 11 a EST 165

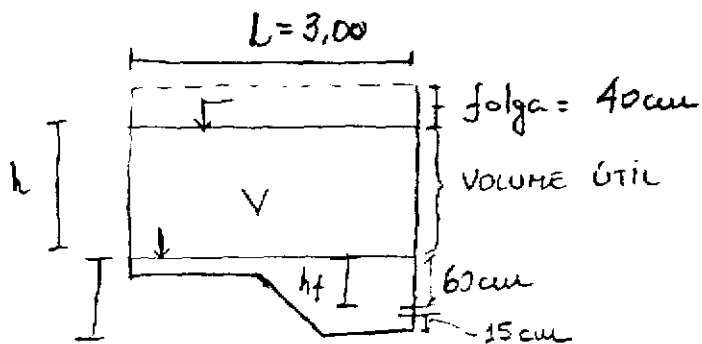
trecho 2 → EST 165 a EST 315

trecho 3 → EST 315 a EST 541

As dimensões dos blocos foram calculadas para as curvas 90° , 45° e $22^\circ 30'$. As curvas de $11^\circ 15'$ não foram consideradas, uma vez que os estacas nos justificam a implantação de blocos de ancoragem. A tabela com as dimensões dos blocos encontra-se na planta AD3.1

Obra	ADUTORNA DE ASSARÉ		Assunto	RESERVATÓRIO DE SUCCÃO DA EE-01
Cálculo	Visto	MEC	Data	Maio 196
			Folha	20 de 44

3.2 Determinação do volume do poço de sucção



$$h_f \geq \frac{v^2}{2g} + 0,20 \Rightarrow h_f = \frac{(1,86)^2}{2 \times 9,81} + 0,20 = 0,37 \text{ m}$$

$$h_{f \text{ adotado}} = 60 \text{ cm}$$

3.2.1 Volume útil no reservatório (V_u)

$$V_u = Q_p \times t_p^*$$

Q_p - o vazão de projeto

t_p - tempo de parada da captação flutuante

$$t_p = 12 \text{ min} = \frac{10}{60} = 0,16 \text{ hora}$$

$$Q_p = 118,80 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_u = 118,80 \times 0,166 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{\text{h}}{\text{K}} = 19,72 \text{ m}^3 \approx 20 \text{ m}^3$$

$$V_u \text{ (adotado)} = 20 \cdot \text{m}^3$$

Dimensões h

$$h = \frac{20}{3,5 \times 2,7} = 2,08 \Rightarrow h = 2,00 \text{ m}$$

* $t_p = 10$ min, tempo recomendado pelo fabricante entre a parada e o reaquecimento do conjunto motor-bomba.

4. Transientes Hidráulicos

000029

Obra <i>Adutora de Assaré</i>		Assunto <i>Transientes Hidráulicos</i>	
Calculo	Visto <i>WCC</i>	Data <i>Mai 196</i>	Folha <i>22 de 44</i>

4. Cálculo dos Transitórios Hidráulicos

a) Cálculo da celeridade da onda (C):

$$c = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \frac{D}{e}}} \quad (1)$$

onde,

C - celeridade da onda, em m/s

k - coeficiente que leva em conta os módulos de elasticidade = 5 (estimado para tubo de PRFV);

D - diâmetro da tubulação = 0,2 m

e - espessura do tubo = $5,5 \times 10^{-3}$ m

Os valores de k, D e e, resultam numa celeridade da ordem de 652 m/s.

b) Cálculo das pressões e vazões resultantes do transiente hidráulico

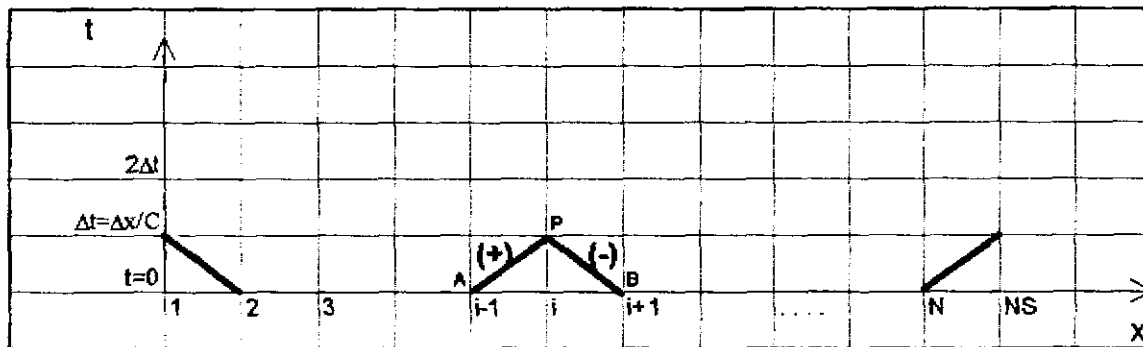
De uma perturbação qualquer no escoamento permanente, submetido a determinadas condições iniciais, acarreta uma situação transitória deve-se determinar as funções $p(x,t)$ ou $H(x,t)$ e $V(x,t)$, isto é, as pressões, ou cargas e as velocidades em dada seção da tubulação definida pela abscissa x e em cada instante t. São impostas condições hidráulicas operacionais para os equipamentos (bombas, válvulas, ventosas, etc.) durante a ocorrência da situação transitória - Condições de Contorno.

A solução do problema transitório envolve, portanto, a determinação das variáveis dependentes p (x,t) e V (x,t) ou, H (x,t) - carga e Q (x,t) - vazão, em função das variáveis independentes x e t.

Para a solução das equações envolvidas no cálculo dos transientes hidráulicos foi empregado o método das características.

Para a solução pelo método das características a tubulação é dividida em N trechos de extensão Δx como indicado na figura seguinte:

Obra	Adutora de Assaré	Assunto	Tavantes Hidráulicos	
Calculo	Visto	Data	Folha	
	WEC	Mais 196	23 de 44	



No regime transitório as condições de um ponto depende das condições dos pontos adjacentes no tempo anterior, conforme pode ser observado na figura anterior.

As seguintes equações devem ser resolvidas:

$$(+): \mathcal{H}_i = C_p - B \mathcal{Q}_i \quad (2)$$

$$(-): \mathcal{H}_i = C_m + B \mathcal{Q}_i \quad (3)$$

onde,

$$C_p = \mathcal{H}_{i-1} + B \mathcal{Q}_{i-1} - B \mathcal{Q}_{i-1} - A h_s(2_{i-1}) \quad (4)$$

$$C_m = B \mathcal{Q}_{i+1} - B \mathcal{Q}_{i+1} - A h_s(2_{i+1}) \quad (5)$$

$$A = \frac{f L h_s}{2g D^5} \quad (6)$$

$$B = \frac{c}{g D} \quad (7)$$

Os valores das variáveis são os seguintes:

$$D = 0,2 \text{ m}; f = 0,0018524; \Delta x = 6080 \text{ m} / 31 \text{ trechos} = 196,12 \text{ m}; g = 9,806 \text{ m/s}^2; c = 652 \text{ m/s}; A = 0,031 \text{ m}^2$$

Obra Adutora de Assaré		Assunto Transientes Hidráulicos	
Cálculo	Visto Urec	Data Mai 196	Folha 24 de 44

que resultam em $R = 939,7754$ e $\beta = 2116,434$;

O intervalo de tempo Δt considerado foi de 0,3 seg ($\Delta x/c = 196 \text{ m} / 652 \text{ m/s}$).

Sempre que as pressões no interior da tubulação atingiram a pressão de vapor, calculou-se o volume da cavidade resultante.

• Condições de contorno

Para determinar as variáveis H e Q nos extremos da adutora foram utilizadas as equações 2 e 3, juntamente com as equações de contorno do elemento situado no extremo (bomba, reservatório a jusante com nível constante e válvula de retenção).

a) Reservatório a jusante

$$H_{pi} = P_r = 509,82$$

$$Q_{pi} = (C_p - P_r) / \beta$$

b) Bomba

$$\eta = \frac{P_n}{1 + \frac{P_n}{\omega_n^2 \cdot W R^2} \cdot g}$$

onde,

P_n - rotação nominal = 3550 rpm;

P - potência nominal = 8619 kgm/s;

ω_n - rotação angular nominal = 371,76;

WR^2 - momento de inércia das massas girantes = 1,553 kgm.m²;

T - tempo, segundos;

$$Q = \frac{(\beta - \beta_a) \pm \sqrt{(\beta - \beta_a)^2 - 4a(ca^2 - CM_2 + P_0)}}{2a}$$

Obra	Adutora de Assaré			Assunto	Transientes Hidráulicos		
Cálculo	Visto	MAC	Data	Maio/96	Folha	25 de 44	

onde,

a, b e c - coeficientes da curva da bomba ($H = aQ^2 + bQ + c$) - $a = -0,0042$, $b = 0,2099$, $c = 190,28$;

α - N_1/N_2 ;

Z_0 - nível d'água na sucção = 390 m;

Os resultados obtidos no regime permanente e os valores extremos resultantes dos transientes hidráulicos são os seguintes:

Obra	Adutora de Assaré		Assunto	Trausente Hidráulico			
Calculo	Visto	WEE	Data	Maio 196		Folha	26 de 44

Tempo (s)	N (rpm)	Alfa	Pontos	0	1	2	3	4	6	6	7	8	
0	3550	1	H(m)	547,56	540,47	539,45	538,43	537,41	536,39	535,36	534,34	533,32	
			Q(m ³ /s)	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
			Pressão(mca)	156,00	132,96	122,30	120,23	116,23	112,87	105,53	101,57	97,42	
			Cav(m ³)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tempo (s)	N (rpm)	Alfa	Pontos	9	10	11	12	13	14	16	16	17	
0	3550	1	H(m)	532,30	531,28	530,26	529,23	528,21	527,19	526,17	525,15	524,13	
			Q(m ³ /s)	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
			Pressão(mca)	87,82	76,56	83,66	82,26	75,75	64,31	43,54	36,55	33,76	
			Cav(m ³)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tempo (s)	N (rpm)	Alfa	Pontos	18	19	20	21	22	23	24	26	26	
0	3550	1	H(m)	523,10	522,08	521,06	520,04	519,02	517,99	516,97	515,95	514,93	
			Q(m ³ /s)	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
			Pressão(mca)	36,94	36,49	31,19	25,08	26,72	41,54	50,34	47,54	40,33	
			Cav(m ³)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tempo (s)	N (rpm)	Alfa	Pontos	27	28	29	30	31
0	3550	1	H(m)	513,91	512,89	511,86	510,84	509,82
			Q(m ³ /s)	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
			Pressão(mca)	28,68	20,42	14,00	9,67	4,00
			Cav(m ³)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Pontos	0	1	2	3	4	6	6	7	8
H _{max} (mca)	589,81	577,68	575,06	573,16	573,55	573,30	568,10	568,92	560,41
H _{min} (mca)	380,056	396,011	407,648	408,696	411,679	414,018	420,333	423,271	426,399
P _{max} (mca)	200,25	170,17	157,91	154,97	152,37	149,76	138,26	136,15	124,51
P _{min} (mca)	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50
V.Cav.Max(m ³)	0,0025	0,0019	0,0227	0,0123	0,0056	0,0028	0,0026	0,0107	0,0080

Pontos	9	10	11	12	13	14	16	16	17
H _{max} (mca)	580,71	561,02	569,90	570,25	565,94	566,28	564,82	565,25	565,58
H _{min} (mca)	434,976	443,217	437,100	437,470	442,959	453,378	473,132	479,094	480,866
P _{max} (mca)	116,24	108,31	123,30	123,28	113,49	103,40	82,18	76,66	75,22
P _{min} (mca)	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50
V.Cav.Max(m ³)	0,0017	0,0136	0,0034	0,0027	0,0004	0,0015	0,0125	0,0618	0,1334

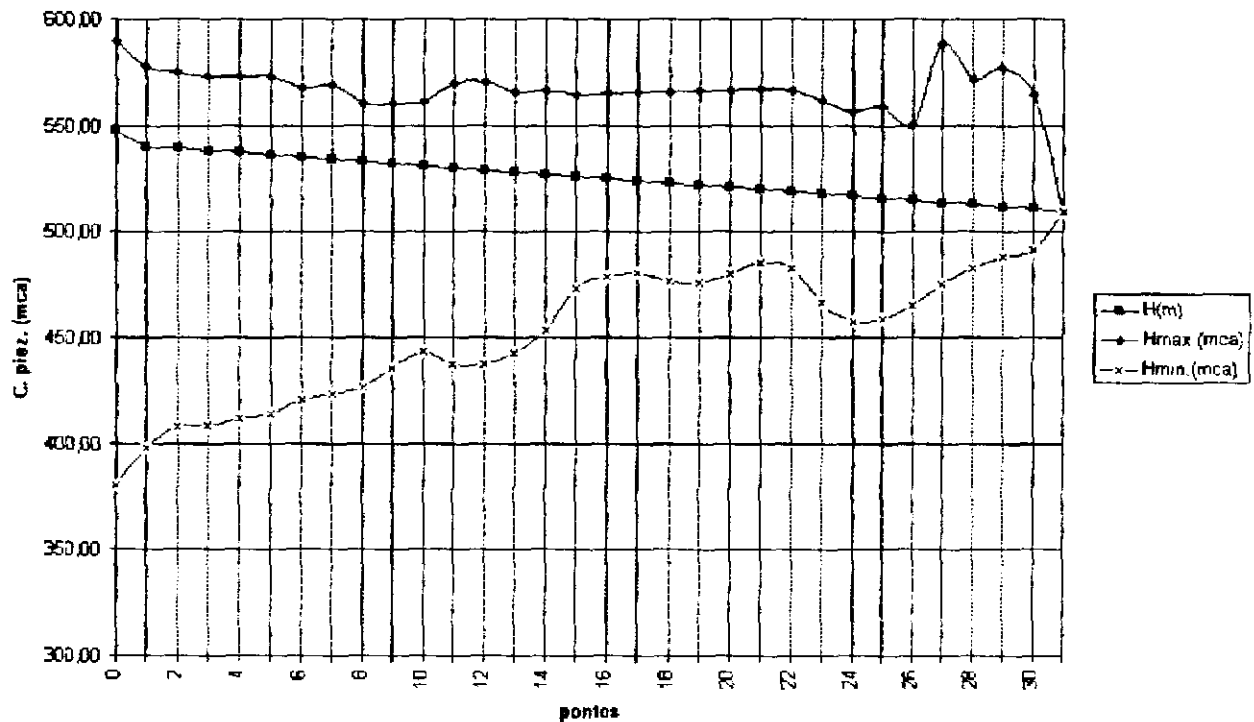
Pontos	18	19	20	21	22	23	24	26	26
H _{max} (mca)	565,91	566,24	566,57	566,90	566,46	561,79	566,36	559,10	550,47
H _{min} (mca)	476,665	476,088	480,367	485,461	482,801	466,952	457,126	458,907	465,099
P _{max} (mca)	79,75	80,65	76,71	71,94	74,16	85,34	89,73	90,69	75,87
P _{min} (mca)	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50
V.Cav.Max(m ³)	0,0069	0,0022	0,0122	0,2568	0,1645	0,0091	0,0088	0,0143	0,0032

Pontos	27	28	29	30	31
H _{max} (mca)	588,32	571,00	576,96	564,49	509,82
H _{min} (mca)	475,725	482,962	486,361	491,673	509,820
P _{max} (mca)	103,09	79,44	79,10	63,32	4,00
P _{min} (mca)	-9,50	-9,50	-9,50	-9,50	4,00
V.Cav.Max(m ³)	0,0122	0,0106	0,0261	0,0113	0,0000

Obra	Adutora de Assaré		Assunto	Transientes Hidráulicos	
Cálculo	Visto	wec	Data	maio/96	
				27 de 44	

Na figura que vem a seguir é ilustrado graficamente os resultados apresentados no quadro anterior.

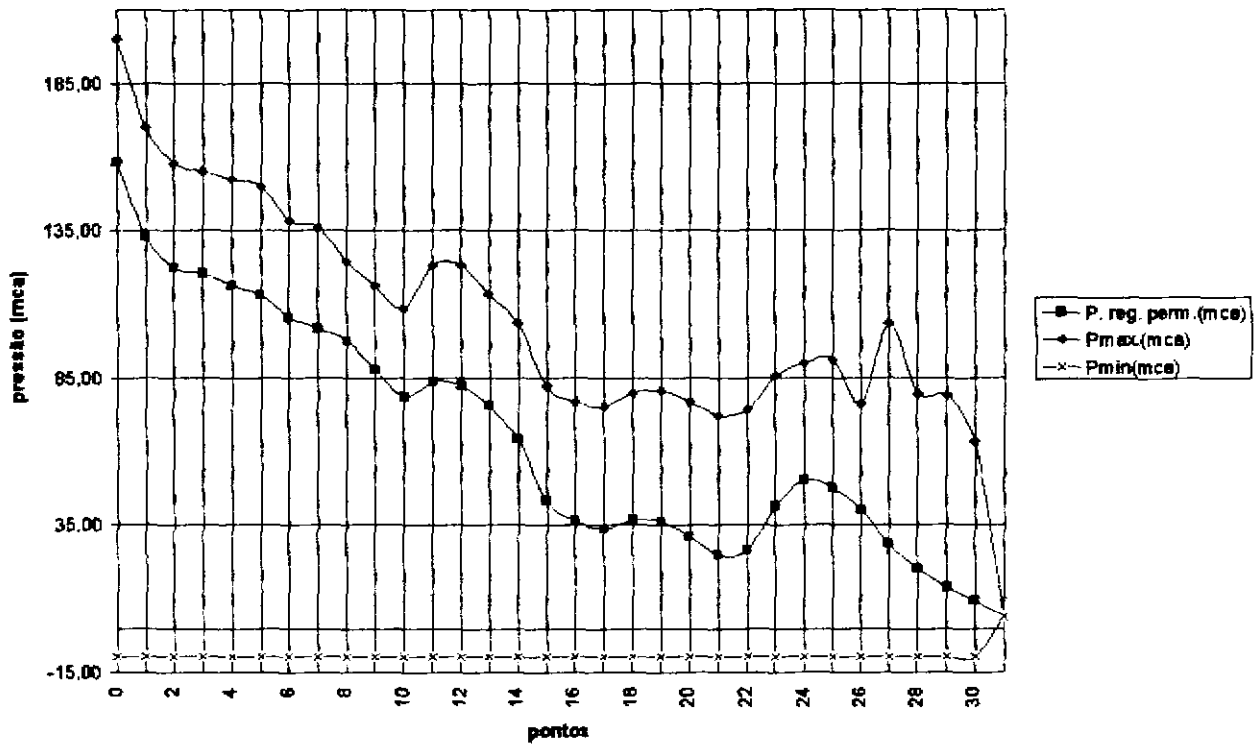
Carga piezométrica no regime permanente e as extremas resultantes dos transientes hidráulicos



Obra	Adutora de Assaré	Assunto	Transiente, Hidráulico
Cálculo	Visto wec	Data	Mai 196
		Folha	28 de 44

A figura que vem a seguir ilustra as pressões no regime permanente e as extremas resultantes dos transitórios hidráulicos.

Pressões no regime permanente e as extremas resultantes dos transitórios hidráulicos



5. ETA: dimensionamento

000037

Obra Adutora de Assaré		Assunto Estação de Tratamento d'Água	
Cálculo T. Christine	Visto WAC	Data maio/96	Folha 30 de 44

5.1 Dados do projeto:

- vazão - - - - - 330 l/s
- tempo de funcionamento - - - 24 h.

5.2 Cálculo dos filtros

número dos filtros - n

$$n = 0,044 \sqrt{Q}, \text{ sendo}$$

$$Q = 2851,20 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$n = 0,044 \sqrt{2851,2}$$

$$n = 2,35$$

será adotado 3 filtros p/que se possa obter uma taxa de filtração dentro dos padrões desejados.

5.3 Taxa de filtração

Adotando-se inicialmente uma taxa de $200 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$, a área necessária será de:

$$A = \frac{2851,20 \text{ m}^3/\text{dia}}{200 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}}$$

$$A = 14,26 \text{ m}^2,$$

adotando-se o filtro circular de diâmetro igual a 3,0m, tem-se para cada filtro uma área equivalente a:

$$A = \pi D^2/4$$

$$A = 7,069 \text{ m}^2$$

Área total efetiva:

$$A_e = 3 \times 7,069 \text{ m}^2$$

$$A_e = 21,21 \text{ m}^2$$

Obra Adutora de Araruama		Assunto Estação de Tratamento d'água	
Cálculo T. Christina	Visto WEC	Data maio/96	Folha 31 de 44

Taxa de filtração efetiva:

$$t = \frac{2.851,20 \text{ m}^3/\text{dia}}{21,21 \text{ m}^2}$$

$$t = 134,43 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{dia}$$

5.4 - Produtos Químicos

Serão adotados kits dosadores de sulfato de alumínio, hipoclorito de cálcio, fluossilicato de sódio e cal hidratada, esse último, quando houver necessidade de corrigir o pH da água filtrada.

5.4.1. Sulfato de alumínio

A dosagem inicial da solução (água + sulfato de alumínio) é de 20ppm, possuindo uma concentração de sulfato de alumínio de 5%. Para uma vazão de 33,0 l/s, ou 118,8 m³/h, encontra-se a seguinte vazão de dosagem:

$$qd = \frac{20 \times 10^{-6} \times 118,8 \text{ m}^3/\text{h}}{5/100}$$

$$qd = 47,52 \text{ l/h}$$

Como o sistema permanecerá em funcionamento durante 24h por dia e pretendendo-se carregar o kit de dosagem uma vez ao dia, este terá um volume de:

$$Vol = \frac{47,52 \text{ l}}{\text{h}} \times 24 \text{ h} = 1.140,48 \text{ l}$$

foi adotado um kit de capacidade comercial de 1500l.

Obra Adutora de Araruama		Assunto Estação de Tratamento d'Água	
Cálculo Tc.	Visto WEC	Data Maio/96	Folha 32 de 44

Características do kit:
 modelo 1500
 diâmetro médio: 1,40m
 altura total: 1,10m
 altura útil: 1,0m
 volume total: 1.650l
 volume útil: 1.500l
 agitador: 0,75CV
 bomba dosadora: 0,75CV

5.4.2. Cloração:

O hipoclorito de cálcio é o produto mais indicado p/ instalações de vazão menor que 5.000 m³/dia, pois além de ser mais barato, possui uma concentração de 1,5% de cloro ativo. Partindo-se com uma dosagem inicial de poluição de 8ppm, tem-se a seguinte vazão de dosagem:

$$qd = \frac{8 \times 10^6 \times 118,8 \text{ m}^3/\text{h}}{1,5/100}$$

$$qd = 15,84 \text{ l/h}$$

Carregando-se o kit uma vez ao dia e mantendo-se o sistema funcionando 24h/dia, o volume necessário do kit será de:

$$Vol = \frac{15,84 \text{ l}}{\text{h}} \times 24 \text{ h} =$$

$$Vol = 380,16 \text{ l}$$

Foi adotado um kit de capacidade comercial de 500l.

Obra Adutora de Araruá		Assunto Estação de Tratamento d'Água	
Cálculo F.C.	Visto WEC	Data maio/96	Folha 33 de 44

Características do kit:

modelo 500

diâmetro médio: 0,80m

altura total: 1,10m

altura útil: 1,0m

volume total: 550 l.

volume útil: 500 l.

agitador: 0,75 CV

bomba dosadora: 0,75 CV

5.4.3 - Fluorossilicato de sódio.

O fluor deve ser aplicado na água já tratada, partindo-se de uma dosagem inicial de 2ppm, com a solução a 3%;

$$qd = \frac{2 \times 10^{-6} \times 118,8 \text{ m}^3/\text{h}}{3/100}$$

$$qd = 7,92 \text{ l/h}$$

A dosagem deve corresponder ao consumo de 24 l/dia, onde o kit deve ser convergado de 2 em 2 dias. O volume necessário será de:

$$Vol = \frac{7,92}{2} \times 48 \text{ h}$$

$$Vol = 380,16 \text{ l.}$$

Foi adotado um kit de capacidade comercial de 500 l, cujas características foram descritas anteriormente p/ o kit do hipoclorito de cálcio.

Obra Adutora de Araruama		Assunto Estação de Tratamento d'Água	
Calculo T.C	Visto UREC	Data maio/96	Folha 34 de 44

5.4.4. Alcalinização

A alcalinização será necessária, quando ao longo da vida útil da estação ocorrer a necessidade de se corrigir o PH da água, tornando-a mais básica. Portanto previu-se a instalação de um kit (tanque e misturador), para a colocação da solução c/cat hidratada na concentração solicitada pela análise laboratorial da água, que deverá ser efetuada se possível, diariamente. O kit adotado será o de modelo 500.

5.5 Lavagem dos filtros:

5.5.1. Parâmetros: (dados de fabricante)

velocidade de lavagem (v) — 0,90 m/min

taxa de lavagem (t) — 50,0 m³/m²h

área de cada CLA - II-300 (A1) — 7,069 m²

5.5.2. Vazão do conjunto motor - bomba p/ lavagem:

$$q_1 = t \times A_1$$

$$q_1 = \frac{50 \text{ m}^3}{\text{m}^2 \text{ h}} \times 7,069 \text{ m}^2$$

$$q_1 = 353,45 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.5.3. Consumo de água na lavagem por unidade (cl):

tempo de lavagem máximo — 8 min/lavagem

$$C_1 = 353,45 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{8 \text{ min}}{60 \text{ min}}$$

$$C_1 = 47,10 \frac{\text{m}^3}{\text{lav.}} \approx 50 \text{ m}^3/\text{lav.}$$

Obra Adutora de Assand		Assunto Estação de Tratamento de Água	
Cálculo T.C	Visto mrc	Data maio/96	Folha 35 de 44

5.5.4. Demais características do sistema

- perda de carga na lavagem: 12 mca
- característica do conjunto motor bomba de lavagem: potência comercial adotada - 25CV
rotação - 3500 rpm.

5.6 Reservatório Apoiado

Vazão no dia de maior consumo, final do plano:

$$C = 15.702 \text{ hab} \times 150 \text{ l/hab} \times \text{dia} > 4,2$$

$$C = 2.826,36 \text{ m}^3/\text{dia}$$

O volume diário de reservação (V_R) foi calculado como sendo de 1/3 do consumo calculado acima, adotando-se ainda duas horas adicionais de reservação, por medida de segurança, ou seja:

$$V_R = \frac{2.826,36 \text{ m}^3}{\text{dia}} \times 1,08 \times \frac{1}{3}$$

$$V_R = 1.020,63 \text{ m}^3$$

O volume acima deverá ser armazenado tanto no reservatório apoiado como no elevado. Adotando-se um volume a ser armazenado pelo reservatório apoiado (V_{RA}), de aproximadamente 70% do volume total armazenado (V_R), V_{RA} será de:

Obra Adutoria de Assari		Assunto Estação de Tratamento de Água.	
Cálculo TC.	Visto UVEE	Data maio/96	Folha 36 de 44

$$V_{na} = 708,0 \text{ m}^3,$$

onde propõem-se dois reservatórios apoiados com volume útil de $354,0 \text{ m}^3$, cada.

O reservatório elevado, que armazenará o volume restante, deverá ser provido juntamente com a rede de distribuição de água, ambos não se encontrando nos objetivos desse trabalho.

6. Método do cálculo estrutural

000045

Obra ADUTORA DE ASSARÉ		Assunto Projeto Estrutural	
Cálculo	Visto MRC	Data Maio/96	Folha 38 de 44

6.1 Cálculo Estrutural

6.1.1 Critérios de Dimensionamento

6.1.1.1 Reservatórios Cilíndricos

Para os reservatórios cilíndricos apoiados no solo recorremos à teoria dos esforços de membrana, que consiste em dimensionar a parede destes reservatórios considerando os esforços de compressão na direção longitudinal devido ao peso das paredes e os esforços de tração na direção da tangente à parede, esforços estes provenientes da pressão exercida pela água na face interna da parede. Consideramos, também, os esforços gerados pelo enfiamento das paredes com as lajes de fundo e tampa.

A laje de fundo destes reservatórios está dimensionada levando-se em consideração a reação do terreno em sua face superior, reação esta provocada pela água, peso da parede do cilindro, da laje de tampa e da própria laje de fundo.

No caso dos reservatórios cilíndricos semi-enterrados recorremos aos mesmos critérios utilizados para os reservatórios cilíndricos apoiados no solo, sendo que para a parte do reservatório que fica enterrada, consideramos duas situações:

Obra		Assunto	
Adutora de Assaré		Projeto Estrutural	
Cálculo	Visto	Data	Folha
	MAC	Mai/96	39 de 44

a. RESERVATÓRIO CHEIO

Neste caso a parede do reservatório foi dimensionada levando-se em consideração a resultante dos esforços entre a pressão exercida pela água na face interna e o empuxo de terra na face externa da parede.

b. RESERVATÓRIO VAZIO

Neste caso dimensionamos a parede levando-se em consideração o empuxo de terra na face externa da parede.

Em ambas as situações citadas para o reservatório cilíndrico semi-enterrado, verificamos a resistência do mesmo ao estorço provocado no fundo do reservatório devido ao nível do lençol freático (SUBPRESSÃO DA ÁGUA), principalmente no caso em que o reservatório encontra-se vazio.

6.1.1.2 Caixas Retangulares

a. Apoiados no solo

Para este tipo de estrutura consideramos as condições de empastamento entre as paredes e destas com a laje de fundo. Consideramos ainda que a laje de fundo deve resistir aos esforços causados pela reação do terreno devido ao

Obra	Adutora de Assaré		Assunto	Projeto Estrutural
Cálculo	Visto	WEC	Data	Mai/96
			Folha	40 de 44

peso próprio da estrutura e ao peso da água se for o caso.

b. ENTERRADOS ou SEMI-ENTERRADOS

Neste caso, além dos esforços citados no item anterior, verificamos também os esforços provocados pelo empuxo de terra nas paredes e subpressões na laje de fundo causada pelo lençol freático.

6.1.2. BIBLIOGRAFIA

Caputo, Homero Pinto

Mecânica dos solos e suas aplicações

5ª edição revisada e ampliada

Rio de Janeiro - RJ

LTC: LIVROS TÉCNICOS e Científicos Ed. SA. - 1985

Aderson Moreira da Rocha

CURSO Prático de Concreto Armado

1ª Edição

São Paulo - SP

Livraria Nobel SA - 1985

Carlos Antonio Lavand (tradução)

Tratado de Concreto Armado

São Paulo - SP

Hemus Editora Ltda.

7. Projeto Elétrico: memorial de cálculo

000049

Obra	Adutora de Assaré			Assunto	Projeto Elétrico	
Cálculo	Visto	WEC	Data	Mais/96	Folha	42 de 44

7. Projeto Elétrico: memória de cálculo

7.1 Estações Elevatórias: EEF e EEI

7.1.1. Transformador

A - CARGA INSTALADA:

Illuminações / Tomadas	= 7820W
Bombas	= (125 + 30) x 736 = 114080W
TOTAL	121900W

B - Tensão Secundária: 380V

C - Cálculo

$$\eta = 0,9$$

$$\cos \phi \text{ corrigido} = 0,95$$

$$\eta \cdot \cos \phi \text{ corrigido} = 0,85$$

$$C.1: \text{TRAF0} = \frac{114080}{380\sqrt{3} \cdot 0,85} = 204,15 \times 658 = 134,33 \text{ KVA}$$

$$\frac{7820}{380\sqrt{3} \cdot 0,85} = 13,98 \text{ A (illuminações e tomadas)}$$

$$13,98 \times 658 = 9199 = 9,2 \text{ KVA}$$

$$\text{Total} = 134,33 + 9,2 = 143,53$$

Escolhido o TRAF0 de 150 KVA

C.2: DEMANDA

$$D = \frac{0,77a}{F.P.} + F + G$$

Objeto Adutora de Assaré		Assunto Projeto Elétrico.	
Calculo	Visto MAC	Data Maio/96	Folha 43 de 44

Q = iluminações e tomadas (FP = 0,82)

$$F = (0,87 \cdot PNM \cdot Fu) \cdot F_s$$

G = 8,7 KVA (tomadas de solda)

$$D = \frac{0,77 \cdot 0,46}{0,82} [(0,87 \cdot 125 \cdot 1) \cdot 1] = 0,43 + 108,75 + 8,7$$

$$D = 117,88 \text{ KVA}$$

Foi adotado o TRAFÓ de 150 KVA

C.3: IMPEDÂNCIA DO TRAFÓ (Z) = 3,5

C.4: CORRENTE DE CURTO CIRCUITO (IK)

$$I_b = \frac{(KVA) \cdot 1000}{380 \sqrt{3}} = \frac{150000}{658} = 228 \text{ A}$$

$$I_r = \frac{I_b}{Z} \times 100 \times \frac{228}{3,5} \times 100 = 6,5 \text{ KVA}$$

IK adotado = 10 KA

D: DISJUNTOR GERAL

$$I_B = 228 \text{ A}$$

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

$$S = 120 \text{ mm}^2$$

$$\Delta U = \frac{I_B \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot \cos \phi}{57 \cdot S} = \frac{228 \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,95}{57 \cdot 120}$$

$$\Delta U = 0,55 \text{ V}$$

$$\Delta U' = \frac{0,55}{380} \times 100 = 0,15\%$$

Obra	Adutora de Assaré	Assunto	Projeto Elétrico
Calculo	Visto WEC	Data	Mais 196
		Folha	44 de 44

Conforme padrao ODECE foi adotado o cabo single, classe 1KV, # 120mm² e 70mm² para neutro.