

GOVERNO DO ESTADO



**CEARÁ**  
AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH**

**PROJETO EXECUTIVO DAS ADUTORAS  
DE IBARETAMA E DOS DISTRITOS DE  
OITICICA E PIRANGI**

**TOMO IV RELATÓRIO GERAL**  
**VOLUME II MEMÓRIA DE CÁLCULO**

**TSA**  
SERVIÇO TÉCNICO E ADMINISTRATIVOS LTDA

**FORTALEZA- CE**  
**ABRIL DE 1999**

GOVERNO DO ESTADO



# GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

## SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

### PROJETO EXECUTIVO DAS ADUTORAS DE IBARETAMA E DOS DISTRITOS DE OITICICA E PIRANGI

#### TOMO IV - RELATÓRIO GERAL

#### VOLUME 2 - MEMORIAL DE CÁLCULO

0237/04/02/A  
ex.2

Lote 02476 - Pre (X) Scan ( ) Index ( )  
Projeto Nº 0237/04/02  
Volume 1  
Qtd A4 \_\_\_\_\_ Qtd A3 \_\_\_\_\_  
Qtd A2 \_\_\_\_\_ Qtd A1 \_\_\_\_\_  
Qtd A0 \_\_\_\_\_ Outros \_\_\_\_\_

GOVERNO DO ESTADO



**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH**

**PROJETO EXECUTIVO DAS ADUTORAS  
DE IBARETAMA E DOS DISTRITOS DE  
OITICICA E PIRANGI**

**TOMO IV - RELATÓRIO GERAL**  
**VOLUME 2 - MEMORIAL DE CÁLCULO**



**ÍNDICE**

## ÍNDICE

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>1 – DEMOGRAFIA .....</b>	<b>6</b>
<b>2 – VAZÃO DE DIMENSIONAMENTO DO PROJETO (Q) .....</b>	<b>8</b>
<b>3 – DETERMINAÇÃO DE DIÂMETRO .....</b>	<b>11</b>
3 1 - Trecho comum Flutuante → Est 47	12
3 2 - Ramal 1 (material PVC rígido)	12
3 3 - Ramal 2 (material PVC rígido)	15
<b>4 – DIMENSIONAMENTO DO EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO .....</b>	<b>17</b>
<b>5 - TRANSIENTES HIDRÁULICOS .....</b>	<b>34</b>
<b>6 – CHAMINÉS DE EQUILÍBRIO .....</b>	<b>42</b>
<b>7 – TRATAMENTO D'ÁGUA .....</b>	<b>46</b>
<b>8 - RESERVAÇÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>9 – BLOCOS DE ANCORAGEM .....</b>	<b>55</b>

000005

## APRESENTAÇÃO

## APRESENTAÇÃO

A TSA – Projetos de Engenharia Ltda. apresenta a seguir o Projeto Executivo das Adutoras de Ibareta e dos Distritos de Oiticica e Pirangi, no Município de Ibareta, Estado do Ceará, objeto do Contrato Nº 18/98 firmado entre esta Empresa e a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará

Os relatórios que constituem este projeto, compreendem

**TOMO I - Estudos Básicos**

Estudo de Alternativas de Traçado

Estudos Básicos

**TOMO II - Estudos Básicos Complementares**

**TOMO III - Estudos de Concepção**

**TOMO IV - Relatório Geral**

Volume 1 - Relatório Geral

Volume 2 - Memorial de Cálculo

Volume 3 - Quantitativos e Custos

Volume 4 - Especificações Técnicas

Volume 5A – Plantas A 01/51 à A 25/51

Volume 5B – Plantas A 26/51 à A 51/51

Este relatório refere-se ao **TOMO IV – Relatório Geral**

Volume 2 - Memorial de Cálculo

## 1 – DEMOGRAFIA



## 1 – DEMOGRAFIA

Estimativa da população no ano de 2019 horizonte do Projeto

$$P_n = P_0 (1 + i)^n$$

Onde.  $P_n$  = população no horizonte do proj ano 2019

$P_0$  = população no ano de 1999

$n$  = 20 anos

<b>LOCALIDADE</b>	<b><math>P_0</math></b>	<b><math>i</math></b>	<b><math>P_n</math></b>
Ibaretama	1659	4,5	4001
Pirangi	726	3,0	1311
Oiticica	450	2,5	738
Triunfo	265	2,5	434
Barreiro/Lajedo	140	2,0	208
Posto São Paulo	75	2,0	112
<b>TOTAL</b>			<b>6 804</b>

## 2 – VAZÃO DE DIMENSIONAMENTO DO PROJETO (Q)

## 2 – VAZÃO DE DIMENSIONAMENTO DO PROJETO (Q)

$$Q = \frac{1,2 \times 1,04 \times P_n \times C}{t}$$

$$Q = \frac{1,2 \times 1,04 \times 6804 \times 150}{72000s}$$

$$Q = 17,69 \text{ l/s}$$

Q = vazão em l/s

1,2 = coeficiente de majoração referente ao dia de maior consumo

1,04 = coeficiente de majoração relativo ao consumo d'água para lavagem de filtros

C = consumo "per capita" 150 l/hab/dia

P<sub>n</sub> = População no horizonte do projeto (nº de hab ) 6 804

t = tempo de operação do sistema 72 000s (20h)

( Ver quadro 01 Evolução da população e projeção da demanda d'água, no período 1999-2019)

**QUADRO 1 - Evolução da População e Projeção da Demanda d' água, no período 1999-2019**

Ano	Ibaretama		Pirangi		Oiticica		Trunfo		Barreiro		S. Paulo		Total (1+...+6)x1,04
	População	Vazão	População	Vazão	População	Vazão	População	Vazão	População	Vazão	População	Vazão	
1999	1659	4,147	726	1,815	450	1,125	265	0,662	140	0,35	75	0,187	8,286
2000	1734	4,334	748	1,869	461	1,153	272	0,679	143	0,357	76	0,191	8,583
2001	1812	4,529	770	1,925	473	1,182	278	0,696	146	0,364	78	0,195	8,891
2002	1893	4,733	793	1,98	485	1,2141	285	0,713	148	0,371	79	0,199	9,207
2003	1978	4,946	827	2,043	497	1,242	292	0,731	151	0,379	81	0,203	9,544
2004	2067	5,168	841	2,104	509	1,273	300	0,75	154	0,386	83	0,207	9,888
2005	2160	5,401	867	2,167	522	1,305	307	0,768	158	0,394	84	0,211	10,246
2006	2258	5,644	892	2,232	535	1,337	315	0,787	161	0,402	86	0,215	10,617
2007	2359	5,898	919	2,299	548	1,371	323	0,807	164	0,410	88	0,220	11,005
2008	2465	6,164	947	2,37	562	1,405	331	0,827	167	0,418	90	0,224	11,408
2009	2576	6,441	975	2,439	576	1,44	339	0,848	170	0,426	91	0,228	11,822
2010	2692	6,731	1005	2,512	590	1,476	348	0,869	174	0,435	93	0,233	12,256
2011	2713	7,032	1035	2,588	605	1,513	356	0,891	177	0,444	95	0,238	12,706
2012	2940	7,35	1066	2,665	620	1,551	365	0,913	181	0,453	97	0,243	13,175
2013	3072	7,681	1098	2,745	636	1,589	374	0,936	185	0,462	100	0,247	13,660
2014	3211	8,026	1131	2,828	652	1,629	384	0,959	188	0,471	101	0,252	14,165
2015	3355	8,387	1165	2,912	668	1,670	393	0,983	192	0,480	103	0,257	14,689
2016	3506	8,76	1200	3,000	685	1,712	403	1,008	196	0,490	105	0,262	15,232
2017	3664	9,16	1236	3,090	702	1,755	413	1,033	200	0,500	107	0,268	15,806
2018	3829	9,57	1273	3,183	719	1,798	423	1,059	204	0,510	109	0,273	16,393
2019	4001	10,00	1311	3,278	738	1,845	434	1,085	208	0,520	112	0,280	17,008

000012

### 3 – DETERMINAÇÃO DE DIÂMETRO

### 3 – DETERMINAÇÃO DE DIÂMETRO

#### 3.1 - Trecho comum: Flutuante → Est. 47

$$\varnothing L = 200,00 \text{ m}$$

Material tubo de polietileno de alta densidade

Pela expressão de Bresse

$$D = 1,2 \sqrt{Q}, \quad \text{obtem-se, para } Q = 17,69 \text{ l/s}$$

$$D = 1,2 \sqrt{0,0177}$$

$$D = 0,1596 \text{ ou } 159,6 \text{ mm}$$

Adotado o diâmetro comercial, DN = 200 mm

$$DI = 163,6 \text{ mm}$$

Velocidade

$$V = \frac{VQ}{\pi D^2}$$

$$V = \frac{4 \times 0,0177}{\pi (0,1636)^2} \quad \therefore V = 0,84 \text{ m/s}$$

#### 3.2 - Ramal 1 (material: PVC rígido)

- Trecho Est 47 → Est 264

$$\varnothing L = 4340 \text{ m}$$

$$D = 1,2 \sqrt{Q} \text{ (Bresse)} \quad p/ Q = 12,13 \text{ l/s}$$

$$D = 1,2 \sqrt{0,01213}$$

$$Q = 0,1322 \text{ m ou } 132,2 \text{ mm}$$

$$\text{Adotado } \left\{ \begin{array}{l} DN = 150 \text{ mm} \\ DI = 156,4 \text{ mm} \end{array} \right\} \quad V = 0,63 \text{ m/s}$$

- Trecho Est 264 → Est 443

$$L = 3580 \text{ m}$$

$$D = 1,2 \sqrt{Q} \quad p/Q = 10,285 \text{ l/s}$$

$$D = 1,2 \sqrt{0,010285}$$

$$D = 0,1217 \text{ mm ou } 122 \text{ mm}$$

$$\text{Adotado} \left\{ \begin{array}{l} DN = 150\text{mm} \\ DI = 156,4\text{mm} \end{array} \right\} \quad V = 0,53\text{m/s}$$

- Trecho Est 443 → Est 740 + 12,8 m

$$L = 5952,8 \text{ m}$$

$$D = 1,2 \sqrt{Q} \quad p/Q = 10,0 \text{ l/s}$$

$$D = 1,2 \sqrt{0,01}$$

$$D = 0,12 \text{ mm ou } 120 \text{ mm}$$

$$\text{Adotado} \left\{ \begin{array}{l} DN = 150\text{mm} \\ DI = 156,4\text{mm} \end{array} \right\} \quad V = 0,52\text{m/s}$$

Obs A perda de carga supera o ganho de carga com adoção de diâmetro comercial imediatamente inferior, em todo o trecho, pois tem-se

Perda de carga pelo desnível geométrico

$$\text{Est } 740 + 12,8 \rightarrow \text{Cota } 145,017$$

$$\text{Est } 443 \quad \rightarrow \text{Cota } \underline{119,913} \quad (\text{Est } 443 \text{ ponto de menor cota do trecho}$$

$$25,104$$

Utilizando a expressão de Haren Willians

$$h_f = 10,64 \left( \frac{Q}{C} \right)^{1,85} D^{-4,87} L, \quad C = 140$$

e considerando tubo DN = 100mm

$$DI = 108,4\text{mm, vem}$$

Perda de carga por atrito

$$h_f = 10,64 \left( \frac{0,01}{140} \right)^{1,85} (0,1084)^{-4,87} 5952,8$$

$$h_f = 67,72 \text{ m}$$

carga na est 443      62,50 m

Então

Carga disponível	+ 62,80
Perda de carga p/ desnível geométrico	- 25,104
Perda de carga por atrito	<u>- 67,720</u>
	- 30,024

Pode-se, no entanto, substituir os 1000 m finais por tubulação DN = 100 mm, tendo-se então

Extensão total do trecho = 5952,8 m

Extensão do trecho c/ DN 150 = 4952,8 m

Extensão do trecho c/ DN 100 = 1000,0 m

Então,

Perda de carga c/ DN 150mm e L = 4952,8m

$$h_f = 10,64 \left( \frac{0,01}{140} \right)^{1,85} (0,1564)^{-4,87} 4952,8$$

$$h_f = 9,452 \text{ m}$$

Perda de carga c/ DN 100 mm e L = 1000

$$h_f = 10,64 \left( \frac{0,01}{140} \right)^{1,85} (0,1084)^{-4,87} 1000$$

$$h_f = 11,376 \text{ m}$$



## Conclusão

Carga disponível na est 443	62,800
Perda de carga p/ desnível geométrico	25,104
Perda de carga por atrito(9,452+11,376)	20,828
Perda de carga total	<u>- 45,924</u>
Carga disponível na Est 740 + 12,8 m	16,876 m

Como se requer uma carga mínima de 15,0 m, no ponto de entrega d'água no reservatório elevado, conclui-se pela conveniência de adotar esta solução

### 3.3 - Ramal 2 (material: PVC rígido)

- Trecho Est 0 → Est 334

$$L = 6680 \text{ m}$$

$$D = 1,2 \sqrt{Q}, \quad p/Q = 4,36$$

$$D = 1,2 \sqrt{0,00436}$$

$$D = 0,079 \text{ m ou } 79 \text{ mm}$$

Adotado DN = 100mm

$$V = 0,47 \text{ m/s}$$

DI - 108,4 mm

Trecho Est 334 → Est 732

$$L = 7960 \text{ m}$$

$$D = 1,2 \sqrt{Q}, \quad p/Q = 3,28 \text{ l/s}$$

$$D = 1,2 \sqrt{0,00328}$$

$$D = 0,069$$

Obs o valor do diâmetro econômico obtido indicaria o diâmetro nominal de 75mm

No entanto, deve-se considerar

- a) A inexistência de tubos comerciais desse diâmetro em PVC com a classe de pressão requerida, no caso, correspondente a 100 mca,
- b) O diâmetro nominal de 75mm em toda extensão do trecho resultaria em perda de carga superior a carga disponível (desnível geométrico),
- c) O emprego de tubo RPVC, em fração do trecho, teoricamente possível (tem a classe de pressão requerida e é DE fofo), resulta em custo mais elevado

Diante de tais circunstâncias adota-se o tubo PVC DN 100, 1Mpa, então

Adotado DN = 100mm                      V = 0,36 m/s  
DI - 108,4 mm

Obs Se adotado o tubo RPVC DN 75 mca (DI = 72,1) classe 10 (100mca), em fração do trecho, ter-se-ia

V = 0,94 m/s (velocidade condizente com o diâmetro econômico)

O preço do tubo RPVC DN 75 é, porém, 46% mais elevado que o tubo PVC rígido DN 100 a preços atuais, ambos com classe de pressão correspondente a 100mca, que é a pressão de serviço requerida no trecho adutor considerado

## 4 – DIMENSIONAMENTO DO EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO

## 4 - DIMENSIONAMENTO DO EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO

a) Flutuante

a 1) Cálculo das Perdas de Carga

- Sucção

Peças (fofo, flangeadas)

Item	Discriminação	Quantidade	DN (mm)	lcq
01	Válvula de pé com crivo	1	200	52,00
02	Toco, L = 1,20 m	1	200	1,20
03	Curva 90°	1	200	3,30
04	Redução excêntrica	1	200/100	1,20
05	Redução excêntrica	1	100/80	0,60

Perda de Carga (Hs)

Itens 01 a 03

$$hs = 10,64 \left( \frac{0,0177}{100} \right)^{1,85} (0,2052)^{-4,87} = 56,50$$

$$hs_1 = 0,1540 \text{ m}$$

$$Q = 0,0177 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C = 100$$

$$DE = 222,0 \text{ mm}$$

$$DI = 205,2 \text{ mm}$$

Item 4

$$hs_2 = 10,64 \left( \frac{0,0177}{100} \right)^{1,85} (0,1058)^{-4,87} = 1,20$$

$$hs_2 = 0,0823 \text{ m}$$

$$DE = 118,0 \text{ mm}$$

$$DI = 105,8 \text{ mm}$$

Item 5

DE = 80,0 mm

DI = 86,0 mm

$$hs_3 = 10,64 \left( \frac{0,0177}{100} \right)^{1,85} (0,086)^{-4,87} 0,60$$

$$hs_3 = 0,1129 \text{ m}$$

- Barrilete

Peças

Item	Discriminação	Quantidade	DN (mm)	l.eq.
06	Redução Concêntrica	1	100/50	0,70
07	Curva 90°	3	100	4,80
08	Tôco, L = 0,10 m	1	100	0,10
09	Tôco, L = 0,50 m	1	100	0,50
10	Tôco, L = 0,20 m	1	100	0,20
11	Junta Gibault	1	100	0,00
12	Tôco, L = 0,30	1	100	0,30
13	Registro Gaveta Chato	1	100	0,70
14	Curva 45°	1	100	1,50
15	Junção 45°	1	100	3,00
16	Tôco, L = 0,70 m	1	100	0,70
17	Curva 45°	2	100	3,00

Perda de Carga (Hb)

Item 6

$$hb_1 = 10,64 \left( \frac{0,0177}{100} \right)^{1,85} (0,0528)^{-4,87} 0,70$$

DE = 66,0 mm

DI = 52,8 mm

$$hb_1 = 1,4176 \text{ m}$$

itens 07 a 17

$$hb_2 = 10,64 \left( \frac{0,0177}{100} \right)^{1,85} (0,1058)^{-4,87} 14,80$$

$$hb_2 = 1,0156 \text{ m}$$

$$Hb = hb_1 + hb_2$$

000021

hb = 2,4332 m

- Adutora

Trecho tubulação flexível

Material Polietileno de Alta Densidade (PEAD PN 10)

Diâmetro Externo 200 mm (DI = 163,60 m)

Extensão 200 m

Perda de Carga (Haf)

$$Haf = 10,64 \left( \frac{0,0177}{140} \right)^{1,85} (0,1636)^{-4,87} 200$$

$$Haf = 0,8816 \text{ m}$$

- Equipamento Hidromecânico de Controle e Proteção

Peças (fofo, flangeadas)

Item	Discriminação	Quantidade	DN (mm)	leq
18	Redução Concêntrica	1	200/150	2,40
19	Extremidade flange ponta, L = 0,38 m	3	150	1,14
20	Junta Gibault	1	150	0,00
21	Válvula de retenção	1	150	20,00
22	Registro gaveta	1	150	1,10
23	Tôco, L = 0,30 m	1	150	0,30
24	Curva 45°	1	200	1,50
25	Curva 11°15'	1	200	0,38

Perda da Carga (Hecp)

Itens 18 a 23

$$Hecp_1 = 10,64 \left( \frac{0,0177}{100} \right)^{1,85} (0,1574)^{-4,87} 24,94$$

000022

$$H_{\text{cep}_1} = 0,2473 \text{ m}$$

Itens 24 a 25

$$H_{\text{cep}_2} = 10,64 \left( \frac{0,0177}{100} \right)^{1,85} (0,2092)^{-4,87} 1,88$$

$$H_{\text{cep}_2} = 0,0047 \text{ m}$$

Conexão Equipamento de controle e proteção – Câmara de Carga (Hecc)

Item	Discriminação	Quantidade	DN (mm)	leq
26	Tubo, L = 1,20 m	1	150	1,20
27	Tubo, L = 5,80 m	1	150	5,80
28	Curva 90°	2	150	5,00
29	Tê	1	150	10,00

$$H_{\text{ecc}} = 10,64 \left( \frac{0,0177}{100} \right)^{1,85} (0,1574)^{-4,87} 22,00$$

$$H_{\text{ecc}} = 0,2181 \text{ m}$$

a 2) Altura Manométrica (Hman)

$$H_g = 10,50 \text{ m (Cota 122,50 – Cota 112,00)}$$

$$H_s = 0,3492 \text{ m (} h_{s_1} + h_{s_2} + h_{s_3} \text{)}$$

$$H_r = 3,7849 \text{ m (} h_{b_1} + h_{b_2} + H_{af} + h_{\text{cep}_1} + h_{\text{cep}_2} + h_{\text{ecc}} \text{)}$$

$$H_{cc} = 7,00 \text{ m (câmara de Carga)}$$

$$H_{\text{man}} = H_g + H_s + H_r + H_{cc}$$

$$H_{\text{man}} = 21,63 \text{ m}$$

a 3) Potência do Equipamento de Bombeamento

Potência da Bomba (Pb)

$$P_b = \frac{1000 \times 0,0177 \times 21,63}{75 \times 0,65}$$

$$P_b = 7,85$$

Potência do Motor (P<sub>m</sub>)

$$P_m = 1,2 P_b$$

$$P_m = 1,2 \times 7,85$$

$$P_m = 9,42 \text{ cv}$$

b) Ramal 1

b 1) Cálculo das perdas de carga

- Sucção

Peças (fofo, flangeadas)

Item	Discriminação	Quantidade	DN (mm)	leq
01	Válvula de pé com cnvo	1	150	39,0
02	Tubo, L = 2,72 m	1	150	2,72
03	Junta Gibrault	1	150	0,00
04	Registro Gaveta	1	150	1,10
05	Redução	1	150/100	1,80

Perda de Carga (h<sub>s</sub>)

$$h_s = 10,64 \left( \frac{0,01213}{100} \right)^{1,85} (0,1544)^{-4,87} 44,62$$

$$DE = 170,0 \text{ mm}$$

$$DI = 154,4 \text{ mm}$$

$$h_s = 0,2415 \text{ m}$$

- Barrilete

Peças (Fofo, flangeadas)



Item	Discriminação	Quantidade	DN (mm)	leq
06	Redução	1	100/80	0,60
07	Curva 90°	3	100	4,80
08	Tubo, L = 0,75 m	1	100	0,72
09	Tubo; L = 1,90 m	1	100	1,90
10	Toco, L = 0,80 m	1	100	0,80
11	Junta Gibault	1	100	0,00
12	Válvula de Retenção	1	100	13,00
13	Registro de Gaveta	1	100	0,70
14	Curva 45°	1	100	0,70
15	Tubo, L = 1,72 m	1	100	1,72
16	Junção 45°	1	100	3,00
17	Redução	1	150/100	1,80

### Perda de Carga (hb)

$$hb = 10,64 \left( \frac{0,01213}{100} \right)^{1,85} (0,1036)^{-4,87} 29,74$$

DE = 118,0 mm

DI = 103,6 mm

$$hb = 1,1236 \text{ m}$$

### Adutora (ha)

$$ha = 10,64 \left( \frac{0,01213}{140} \right)^{1,85} (0,1564)^{-4,87} 4340$$

Trecho Est 47 a Est 264

Material PVC rígido

Diâmetro DN 150 mm

DE 170

DI 156,4

Extensão 4 340 m

$$ha = 11,8387 \text{ m}$$

### b.2) Altura manométrica (Hman)

$$Hg = 63,019 \text{ m}$$

desnível geométrico

$$Hs = 0,2419 \text{ m}$$

perda de carga na sucção

$$Hb = 1,1236 \text{ m}$$

perda de carga no barrilete

$$Ha = 11,8387$$

perda de carga no Trecho adutor

$$Hce = 4,0000$$

carga na chaminé de equilíbrio

$$H_{man} = H_s + H_b + H_a + H_{ce} + H_g$$

$$H_{man} = 0,2415 + 1,1236 + 11,8387 + 4,0 + 63,019$$

$$H_{man} = 80,2228$$

### b 3 ) Potência do Equipamento de Bombeamento

#### Potência de Bomba (Pb)

$$P_b = \frac{1000 \times 0,01213 \times 80,2228}{75 \times 0,65}$$

$$P_b = 19,96$$

#### Potência do motor (pm)

$$P_m = 1,2 P_b$$

$$P_m = 1,2 \times 19,96$$

$$P_m = 23,95 = 25 \text{ cv}$$

### C) Ramal 2

$$Q = 12,13 \text{ l/s}$$

$$DN = 100 \text{ mm}$$

#### c 1) Cálculo das perdas de carga

$$DE = 118,0 \text{ mm}$$

$$DI = 105,8 \text{ mm}$$

#### - Sucção

#### Peças (Fofo, flangeadas)

Item	Discriminação	Quantidade	DN (mm)	l <sub>cq</sub>
01	Válvula de pé com crvo	1	100	23,00
02	Tubo, L = 2,32	1	100	2,32
03	Junta Gibrault	1	100	0,00
04	Registro Gaveta	1	100	0,70
05	Redução	1	100/80	0,60

## Perda de Carga

Itens 01 a 04

$$h_{s_1} = 10,64 \left( \frac{0,00436}{100} \right)^{1,85} (0,1058)^{-4,87} 26,02$$

$$h_{s_1} = 0,1336 \text{ m}$$

Item 05

$$h_{s_2} = 10,64 \left( \frac{0,00436}{100} \right)^{1,85} (0,086)^{-4,87} 0,60$$

$$h_{s_2} = 0,0085 \text{ m}$$

- Barrilete

Peças (Fofo, flangeadas)

Item	Discriminação	Quantidade	DN (mm)	l.eq
06	Redução	1	80/50	0,60
07	Curva 90°	3	80	3,90
08	Tubo, L = 0,72 m	1	80	0,72
09	Tubo, L = 1,92 m	1	80	1,92
10	Toco, L = 0,80 m	1	80	0,80
11	Junta Gibrault	1	80	0,00
12	Válvula de Retenção	1	80	10,00
13	Registro de Gaveta	1	80	0,50
14	Curva 45°	1	80	0,60
15	Tubo	1	80	2,00
16	Junção 45°	1	80	0,60
17	Redução	1	80	0,60

Item 06

$$hb_1 = 10,64 \left( \frac{0,00436}{100} \right)^{1,85} (0,054)^{-4,87} 0,60$$

$$hb_1 = 0,0815 \text{ m}$$

Item 07 a 17

$$hb_2 = 10,64 \left( \frac{0,00436}{100} \right)^{1,85} (0,086)^{-4,87} 21,04$$

$$hb_2 = 0,2965 \text{ m}$$

Adutora (ha)

Trecho Est 0 a Est 60

Material PVC rígido

Diâmetro DN 100

DE 118

DI 108,4

Extensão 1200 m

Perda de Carga

$$ha = 10,64 \left( \frac{0,00436}{140} \right)^{1,85} (0,1084)^{-4,87} 1200$$

$$ha = 2,939 \text{ m}$$

c 2) Altura manométrica (Hman)

$$hg = 19,509 \text{ m, Cota } 141,845 \text{ (Est } 60) - \text{ Cota } 122,336 \text{ (Est } 0)$$

$$hce = 4,00 \text{ m (chaminé de equilíbrio)}$$

$$Hman = hs_1 + hs_2 + hb_1 + hb_2 + ha + hg + hce$$

$$Hman = 0,1336 + 0,0085 + 0,0815 + 0,2965 + 2,939 + 19,509 + 4,00$$

$$Hman = 26,968 \text{ m}$$

000028

### c 3 ) Potência do Equipamento

Potência da Bomba (Pb)

$$P_b = \frac{1000 \times 0,00436 \times 27}{75 \times 0,65}$$

$$P_b = 2,41$$

Potência do motor (Pm)

$$P_m = 1,3 P_b$$

$$P_m = 1,3 \times 2,41$$

$$P_m = 3,13 \rightarrow 5,0 \text{ cv}$$

### d) Curvas de Bomba x Curva do Sistema

#### d 1) Flutuante

$$Q = 63,72 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{man} = 21,63 \text{ m}$$

$$H_0 = 10,50 \text{ m} \quad (\text{situação mais desfavorável})$$

Curva do Sistema

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

$$H_{man} = 10,50 + K (63,72)^2$$

Característica do Sistema (K)

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

$$K = \frac{21,63 - 10,50}{(63,72)^2}$$

$$K = 0,0027$$

000029

### Curva do Sistema

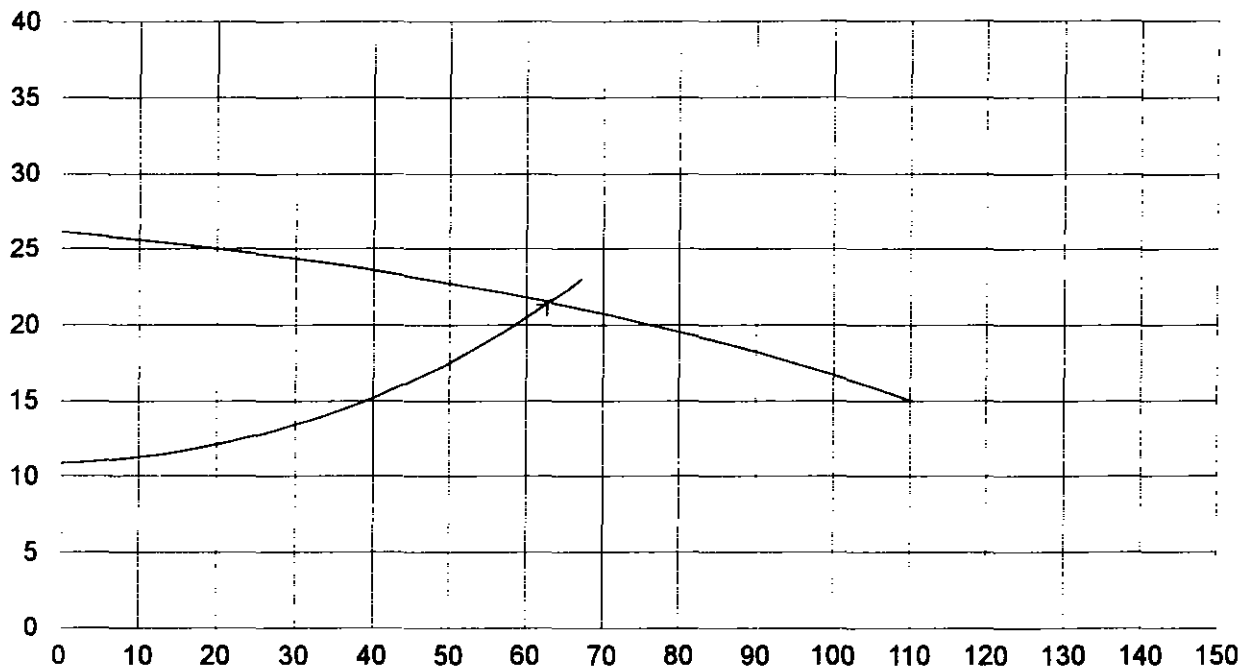
Q (m³/h)	Ho (m)	K	KQ² (m)	Hman (m)
0				10,5
10			0,27	10,77
20			1,09	11,59
30			2,46	12,96
40			4,38	14,88
50	10,5	0,0027	6,85	17,35
60			9,86	20,36
63,72			11,13	21,63
70			13,43	23,93
80			17,54	28,04
90			22,20	32,70
100			27,41	37,91
110			33,17	43,66

### Curva da bomba

Q (m³/h)	H (m)
0	26,27
10	26,13
20	25,90
30	25,45
40	24,64
50	23,86
60	22,95
63,72	22,50
70	21,72
80	20,36
90	18,86
100	17,27
110	15,45

000030

**CURVA DA BOMBA X CURVA DO SISTEMA DO FLUTUANTE**



d 2) Ramal 1

$$Q = 43,668 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{man} = 80,0 \text{ m}$$

$$H_o = 63,0 \text{ m}$$

- Curva do Sistema

$$H_{man} = H_o + K Q^2$$

$$H_{man} = 63 + K (43,668)^2$$

Característica do Sistema (K)

$$K = \frac{H_{man} - H_o}{Q^2}$$

$$K = \frac{80 - 63}{(43,668)^2}$$

$$K = 0,0089$$

006031

**Obtenção da Curva do Sistema**

Q (m³/h)	Ho (m)	K	KQ² (m)	Hman (m)
0			0,00	63,00
10				63,89
20				66,56
30				71,02
40	63	0,0089		77,26
43,668				80,00
50				85,28
60				95,09
70				106,68
80				120,05
90				135,21

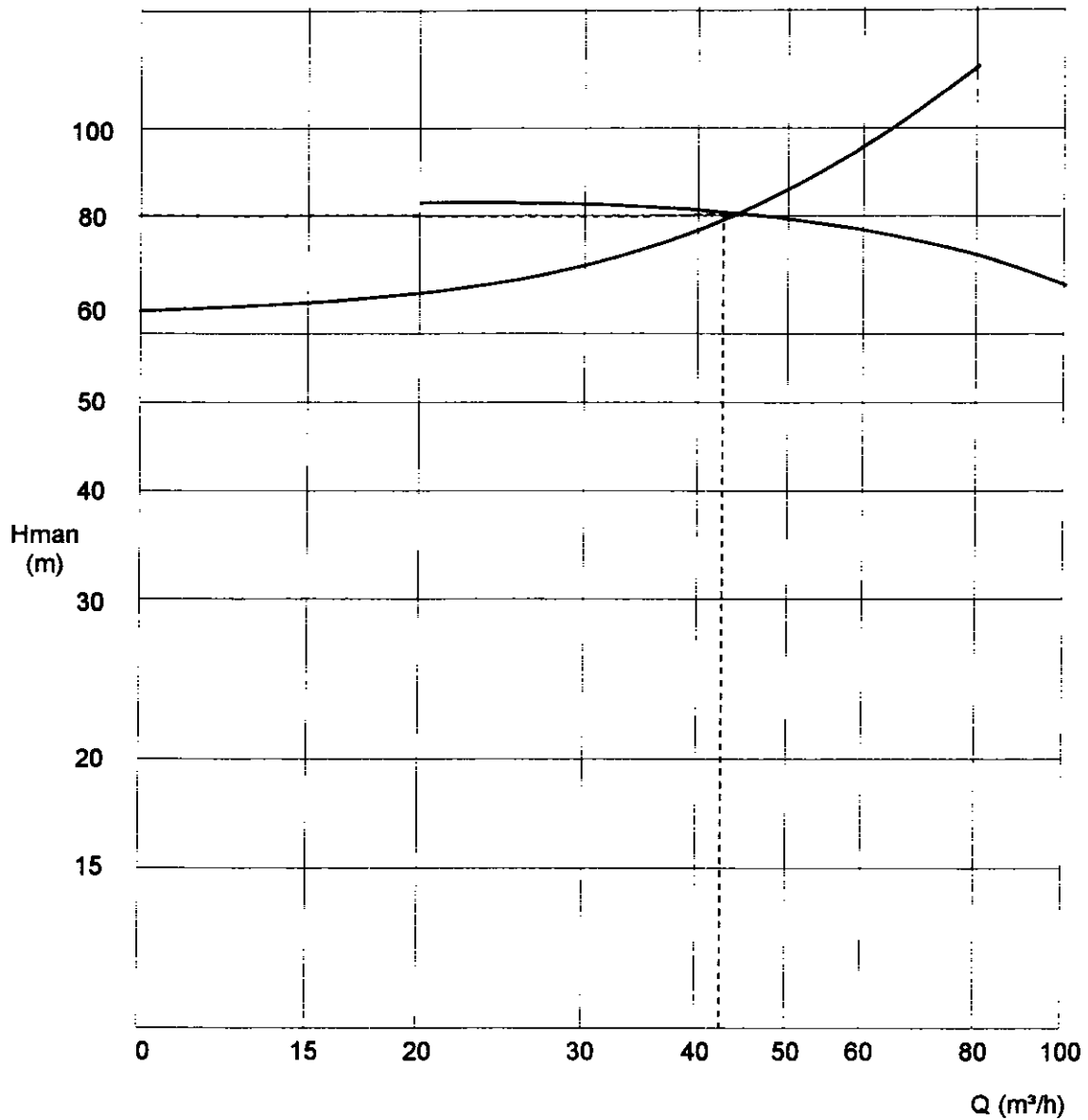
**Curva da Bomba (Q x Hman)**

Q (m³/h)	H (m)
20	82,50
30	81,33
40	80,50
43,668	80,00
50	78,75
60	77,50
80	73,12
100	67,50

000032



**CURVA DA BOMBA X CURVA DO SISTEMA - RAMAL 1**



**d 3) Ramal 2**

$Q = 15,696 \text{ m}^3/\text{h}$

$H_{man} = 27,0 \text{ m}$

$H_o = 19,51$

**Curva do Sistema**

$H_{man} = H_o + KQ^2$

000053

### Característica do Sistema

$$K = \frac{H_{man} - H_o}{Q^2}$$

$$K = \frac{27,0 - 19,51}{(15,696)^2}$$

$$K = 0,0304$$

### Curva do Sistema

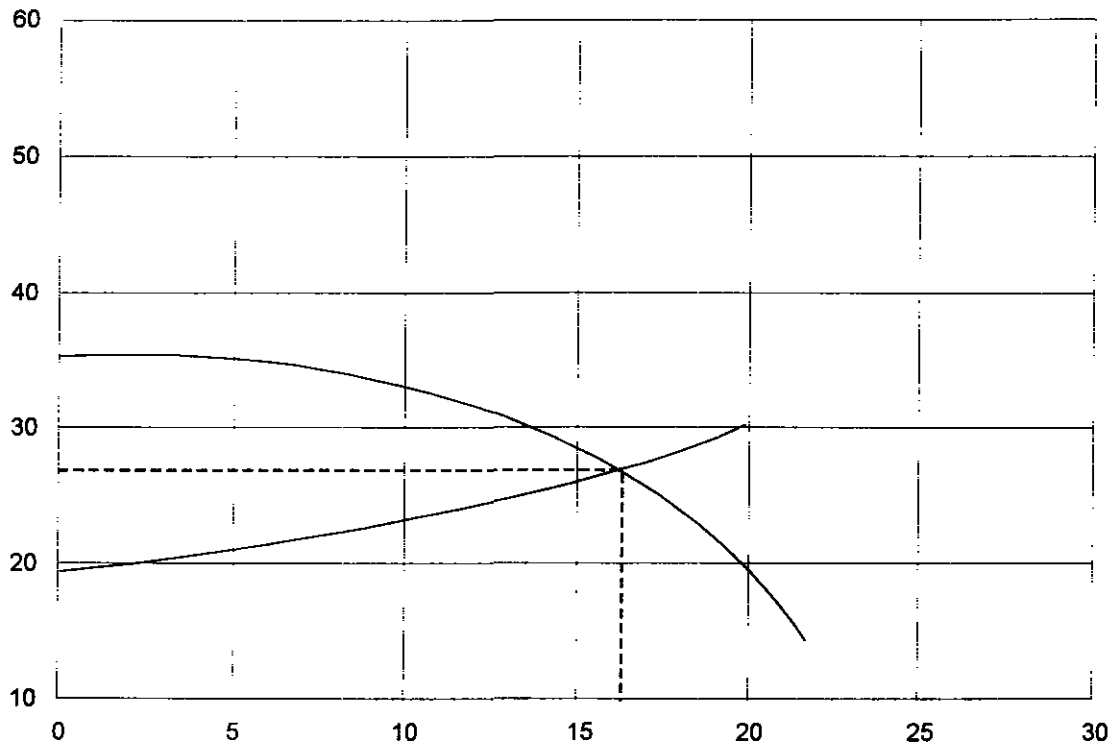
Q (m³/h)	Ho (m)	K	KQ² (m)	Hman (m)
0				19,51
2				19,63
4				19,99
6				20,60
8	19,51	0,0304		21,45
10				22,55
12				23,88
14				25,47
15,696				27,00
16				27,29
18				29,35
20				31,67

### Curva da Bomba

Q (m³/h)	H (m)
0	35,0
2	34,79
4	34,38
6	33,76
8	32,88
10	31,84
12	30,66
14	28,85
15,696	27,00
16	26,42
18	23,42
20	19,55

000054

**CURVA DA BOMBA X CURVA DO SISTEMA DO FLUTUANTE – RAMAL 2**



e) verificação do NPSH disponível para a bomba do flutuante

$$NPSH = \left( \frac{P_a - P_v}{\gamma_a} \times 10 \right) - (h_f + z)$$

$P_a$  pressão atm local  
1,0 kg/m<sup>2</sup>

$P_v$  pressão de vapor  
a 28° C 0,036 kg/m<sup>2</sup>

$$h_f = 10,64 \left( \frac{0,0177}{p_0} \right)^{1,85} (0,2112)^{-4,87} = 5,30$$

$h_f$  perda de carga na sucção

$$h_f = 0,0126$$

$\gamma_a$  = peso específico da água  
1,0

$$NPSH = \left( \frac{1 - 0,036}{1} \times 10 \right) - (0,0126 + 2,0)$$

1 eq

$$HPSH_{disp} = 7,627 \text{ m}$$

Curva 90°,  $\phi$  200 mm 3,30 m  
L = 1 825 m (2,0 m)

$\phi = 211,2 \text{ mm}$

$$HPSH_{req} = 3,0 \text{ m}$$

0.00035

## 5 - TRANSIENTES HIDRÁULICOS

000056

## 5 - TRANSIENTES HIDRÁULICOS

Ramal 1

Trecho em Recalque

Est 47 – Est 264

Na impossibilidade de adotar método de cálculo que leve em conta o momento de inércia das massas girantes, estima-se o golpe de ariete máximo sobre a válvula de retenção junto à bomba (ver justificativa no Estudo de Concepção do Projeto)

Então

a) Celeridade da onda (a)

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 18 \left( \frac{D}{e} \right)}}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 18 \left( \frac{0,1564}{0,0068} \right)}}$$

Tubo PVC

DI = 156,4 mm

e = 6,8

$$a = 460 \text{ m/s}$$

b) sobre-pressão máxima (ha)

$$h_a = \frac{CV}{g}$$

$$h_a = \frac{460 \times 0,63}{9,81}$$

$$h_a = 29,54 \text{ m}$$

000037

c ) Período da tubulação (T)

$$T = \frac{2 L}{a}$$

$$T = \frac{2 \times 4340}{460}$$

$$T = 18,86 \rightarrow 19,0 \text{ s}$$

a) Tempo mínimo de fechamento para que a sobre-pressão não ultrapasse a pressão de serviço da tubulação

Faz  $h_a = PS - H_e$   
 $h_a = 100 - 63$   
 $h_a = 37,0 \text{ m}$

PS = 1MPa (pressão de serviço)  
 $H_e = 63,0 \text{ m}$  Carga estática

Da fórmula de Michaud  $h_a = \frac{CV}{g} \frac{T}{t}$ , vem

$$t = \frac{CV}{g} \frac{T}{h_a}$$

$$t = 29,54 \times \frac{19}{37}$$

$$t = 29,54 \times \frac{19}{37}$$

$$t = 15 \text{ s}$$

e ) Ponto até ao qual se estendem os efeitos do golpe de ariete máximo

$$t = \frac{2L''}{a}$$

$$L'' = \frac{at}{2}$$

$$L'' = \frac{460 \times 15}{2}$$

$$L'' = 3450 \text{ m}$$

000008

$$L' = L - L''$$

$$L' = 4340 - 3450$$

$$L' = 890$$

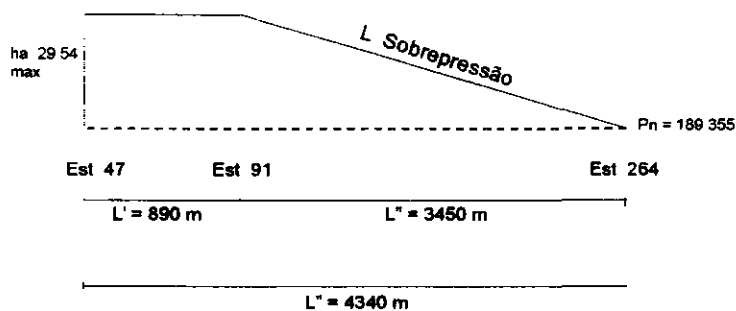
$$x = \text{Est } 47 + 890 \text{ m}$$

$$x = \text{Est. } 91 + 10 \text{ m}$$

f) Cotas piezométricas e carga de pontos significativos quando, da ocorrência do golpe de ariete máximo

Est	PR	TN	He	ha	Linha de Sobrepressão	Carga Máxima (Htmax)
47	189,355	122,336	67,019	29,54	218,895	96,559
70		130,359	58,996	29,54	218,895	88,536
82+5		118,245	71,110	29,54	218,895	100,65
134		147,574	41,781	22,00	211,355	63,781
172+4		140,831	44,524	16,00	201,355	60,524
210		170,946	18,409	9,00	198,355	27,409
234		161,745	27,610	5,00	194,355	32,610
264		185,355	4,000	0,00	189,355	4,00

$$PR = TN (\text{cota } 185,355) + 4,0 \text{ m (carga na chaminé de equilíbrio)}$$

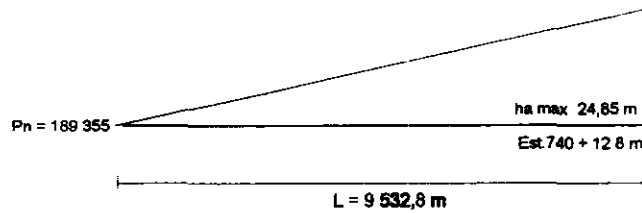


### Trecho Gravitativo

Adotados a marcha de cálculo referente ao trecho em recalque, (considerando porém o tempo de fechamento do registro junto ao reservatório elevado da cidade de Ibaretama igual ao período (T) da tubulação (41s), conforme visto no Estudo de

0.00039

Concepção) e os dados correspondentes a este trecho, obtêm-se o gráfico e a planilha vistos a seguir



Est	PR	TN	He	ha	Linha de Sobrepressão	Carga máxima (Htmáx)
264	189,355 <sup>1</sup>	185,355	4,00	0,00	189,355	4,00
280		170,937	18,418	1,0	190,355	19,418
345+10		134,690	54,665	4,0	193,355	58,665
359		138,885	50,470	5,00	194,355	55,470
417		124,640	64,715	7,80	197,155	72,515
420		127,118	62,737	8,00	197,355	70,237
443		119,913	69,442	9,00	198,355	78,443
478+9		100,804	88,551	11,00	200,355	99,551
493		101,514	87,841	12,00	201,355	99,841
560		128,430	60,925	15,00	204,355	75,925
581		134,539	54,816	16,50	205,855	71,316
630		111,975	77,380	18,50	207,855	95,880
641		119,790	69,565	19,00	208,355	88,565
654		110,578	78,777	20,00	209,355	98,777
705+19		115,853	73,502	22,50	211,855	96,002
740+12,8		145,017	44,338	24,85	214,205	69,188

PR = TN (cota 185,355) + 4,0 m (carga na chaminé de equilíbrio)

### Notação

$$He = PR - TN$$

$$Ht = He + ha$$

He = Carga estática

Pr = Plano de referência

TN = Terreno natural

000040



ha = sobrepressão no golpe de ariete, no ponto considerado

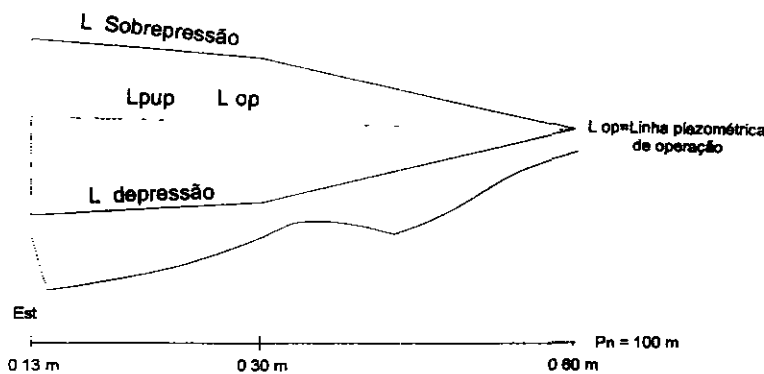
Ht = pressão total no ponto quando da ocorrência do golpe de ariete máximo

**Ramal 2**

**Trecho em recalque**

Neste trecho adotou-se o método de Kinno-Kennedy verificação do transiente hidráulico, levando em conta o momento de inércia das massas girantes do conjunto motor+bomba (Ver Estudo de Concepção do Projeto)

O resultado é visto em gráfico e planilha, mostrados a seguir



**CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO**

NORMAL			SOBRE PRESSÃO			DEPRESSÃO		
Est	TN	Cota piez	valor da sobrepressão	Cota da L S	Carga	Valor da depressão	Cota da L D	Carga
0	122,336	148,628	38,120	160,456	38,120	7,887	130,223	7,887
15	111,519	148,600	38,023	160,302	48,783	7,944	130,280	18,761
30	127,124	147,426	33,650	155,986	28,862	10,516	132,852	5,728
60	141,845	146,226	0,000	146,226	4,381	0,000	146,226	4,381

Lpop = linha piezométrica de operação

L S = linha de sobre-pressão (retorno da onda de pressão)

L D = linha de depressão (paralisação da bomba)

000041

Obs  $H_{man} = 26,29$

- $H_{max}$  - Junto à bomba  $1,45 H_{man}$ 
  - No meio do trecho  $1,28 H_{man}$
- $H_{min}$  - Junto à bomba  $0,30 H_{man}$ 
  - No meio do trecho  $0,40 H_{man}$

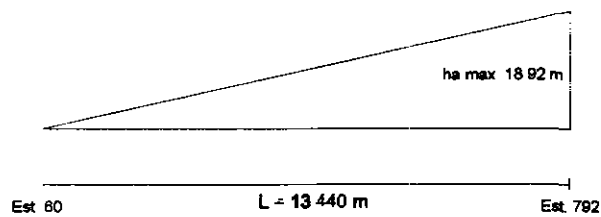
### Trecho gravitativo

Adotado procedimento de cálculo idêntico ao seguido para o trecho gravitativo do ramal 1, tendo em conta

Período da tubulação,  $T = 58$  s

Sobre-pressão máxima no golpe de ariete,  $h_{amax} = 18,92$  m

obtêm-se o gráfico e a planilha apresentados a seguir



000042

**Cota piezométrica e carga de pontos significativos, no golpe de ariete máximo**

<b>Est.</b>	<b>PR</b>	<b>TN</b>	<b>He</b>	<b>ha</b>	<b>Cota Piezométrica</b>	<b>Carga Máxima (Htmáx)</b>
60	145,845	141,845	4,00	0,00	145,845	4,00
73		141,375	4,47	1,00	146,745	5,47
135		126,907	18,938	1,90	147,745	20,838
142		129,383	16,462	2,00	147,845	18,462
188		118,504	27,341	3,50	149,345	30,841
215		126,533	19,312	4,20	150,045	23,512
271		102,724	43,121	5,80	151,645	48,921
296+10		93,493	52,352	6,50	152,345	58,852
334		105,130	40,715	7,50	153,345	48,215
352		105,375	40,470	8,00	153,845	48,470
360		110,007	35,838	8,70	154,545	44,538
420		87,553	58,292	10,00	155,845	68,292
448		103,692	42,153	10,80	156,645	57,953
496		86,048	59,797	12,00	157,840	71,797
505		85,101	60,744	12,30	158,145	73,044
539		98,194	47,651	13,20	159,045	60,851
574		82,456	63,389	14,10	159,945	77,489
604		94,476	51,369	15,00	160,845	66,369
640		93,535	52,310	16,00	161,845	68,310
660		87,232	58,613	16,80	162,645	75,413
706+14	76,077	69,768	17,90	163,745	87,668	
712	83,605	62,240	18,10	163,945	80,340	
732	90,810	55,035	18,92	164,765	73,995	

000043

## 6 – CHAMINÉS DE EQUILÍBRIO

000044

## 6 – CHAMINÉS DE EQUILÍBRIO

Ramal 1 (Est 264)

a) Oscilação do Nível d'água no interior da chaminé

Tendo

tubulação adutora, Est 47 a Est 264

$$L = 4340 \text{ m}$$

$$DN = 150 \text{ mm}, \quad DI = 156,4, \quad A = 0,0192 \text{ m}^2$$

$$Q = 12,13 \text{ l/s}, \quad V = 0,63 \text{ m/s}$$

Fazendo diâmetro da chaminé ( $\phi$ ) = 3,0 m

$$F = 7,065 \text{ m}^2 \text{ (área da seção transversal)}$$

Então,

c) Oscilação do nível d'água ( $y$ ) no interior da chaminé

$$y = \pm \sqrt{\frac{L A}{g f}} \times V_0$$

$$y = \pm \sqrt{\frac{4340 \times 0,0192}{9,81 \times 7,065}} \times 0,63$$

$$y = \pm 0,87 \text{ m}$$

b) Volume mínimo da chaminé (vol )

$$Vol = 2 k_1 \sqrt{F},^{(1)}$$

$$\text{onde } k_1 = V_0 \sqrt{\frac{L A}{g}}$$

$$Vol = 2 \times 1,836 \sqrt{7,065},$$

$$k_1 = 0,63 \sqrt{\frac{4340 \times 0,0192}{9,81}}$$

$$Vol = 9,76 \text{ m}^3$$

$$k_1 = 1,836$$

000045

Obs volume efetivo

$$\text{Vol} = \Pi \frac{D^2}{4} \times h, \quad \text{como } \phi 3,0 \text{ m}$$

$$h = 4,0 \text{ m}$$

$$\text{Vol} = 28,26 \text{ m}^3$$

Ramal 2 (Est 60)

Tubulação Adutora Est 0 e Est 60

$$L = 1200 \text{ m}$$

$$\text{DN} = 100 \text{ mm}, \quad \text{DI} = 108,4 \text{ mm}, \quad A = 0,0092 \text{ m}^2$$

$$Q = 4,36 \text{ l/s}, \quad v = 0,47 \text{ m/s}$$

Fazendo diâmetro da chaminé ( $\phi$ ) = 2,0 m

$$F = 3,14 \text{ m}^2$$

Tem-se então.

a) Oscilação do nível d'água ( $y$ )

$$y = \pm \sqrt{\frac{LA}{gF}} V_0$$

$$y = \pm \sqrt{\frac{1200 \times 0,0092}{9,81 \times 3,14}} \times 0,47$$

$$y = \pm 0,41 \text{ m}$$

b) volume mínimo da chaminé

$$\text{Vol} = 2 k_1 \sqrt{F}, \quad k_1 = v_0 \sqrt{\frac{LA}{g}}$$

$$\text{Vol} = 2 \times 0,4986 \sqrt{3,14}, \quad k_1 = 0,47 \sqrt{\frac{1200 \times 0,0092}{9,81}}$$

$$\text{Vol} = 1,76 \text{ m}^3 \quad k_1 = 0,4986$$

000046

Obs volume efetivo

$$\begin{aligned} \text{tendo } \phi &= 2,0 \text{ m} \\ h &= 4,0 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{vol} = 12,56 \text{ m}^3$$

Calculo da Oscilação do nível d'água na câmara de Carga

$$L = 220 \text{ m}$$

$$DI = 0,1636 \text{ m}$$

$$\gamma = \pm \sqrt{\frac{LA}{gF}} v_0$$

$$\gamma = \pm \sqrt{\frac{220 \times 0,021}{9,81 \times 3,14}} \times 0,84$$

$$\gamma = \pm 0,3549 \text{ m}$$

Volume mínimo para a câmara de carga

$$\text{Vol} = 2K_1 \sqrt{F}$$

$$\text{Vol} = 2 \times 0,549 \sqrt{3,14}$$

$$\text{Vol} = 1,946 \text{ m}^3$$

$$V_0 = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$V_0 = \frac{4 \times 0,0177}{\pi (0,1636)^2}$$

$$V_0 = 0,8424 \text{ m/s}$$

$$F = \pi \frac{D^2}{4}$$

$$F = 3,14 \text{ m}^2$$

$$A = \pi \frac{D^2}{4}$$

$$A = \pi \frac{(0,1636)^2}{4}$$

$$A = 0,021 \text{ m}^2$$

$$K_1 = 0,84 \sqrt{\frac{200 \times 0,021}{9,81}}$$

$$K_1 = 0,549$$

000047

## 7 – TRATAMENTO D'ÁGUA

000048



## 7 – TRATAMENTO D'ÁGUA

### a) Capacidade de tratamento da ETA

Área filtrante (Af)

$$Af = \frac{Q t}{T} \quad Q = 63,72 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Af = \frac{63,72 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 20 \text{ h}}{120 \text{ m}^3/\text{h}} \quad t = 20 \text{ h (tempo de bombeamento de água$$

bruta)

$$Af = 10,62$$

$$T = 120 \text{ m}^3/\text{h (Taxa média de filtração)}$$

Nº de filtros adotado 2

$$\phi_i = 3,0 \text{ m}$$

$$A = 7,065 \text{ m}^2 \text{ (área da seção transversal de uma unidade)}$$

$$At = 14,13 \text{ m}^2 \text{ (área filtrante total)}$$

### b) Velocidade e vazão de lavagem dos filtros

- Velocidade (VL)

Taxa de lavagem adotada (TL)	1,388 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
------------------------------	--------------------------------------

Tempo de lavagem considerado (TL)	8,0 min
-----------------------------------	---------

área filtração total (A t)	14,13 m <sup>2</sup>
----------------------------	----------------------

Vol de água para lavagem em 8 mm (vol <sub>1</sub> )	19,61 m <sup>3</sup>
--	----------------------

Então,

$$\text{Faz } Ac = Cv Af \quad (Cv = 0,497 \text{ coef de vazios da areia fina})$$

$$D = 3,0 \text{ m}$$

e tendo que

$$\text{Vol}_2 = 2,451 \text{ (volume escoado em 1,0min), vem}$$

$$\text{Vol}_2 = Ac h$$

0.00049

$$h = \frac{\text{vol}_2}{A_c}$$

$$h = \frac{\text{vol}_2}{C_v A_f}$$

$$h = \frac{2,451}{0,497 \Pi \frac{3^2}{4}}$$

$$h = 0,69 \text{ m/min} \quad \text{ou} \quad v_L = 0,69 \text{ m/min}$$

**c) Expansão do leito filtrante provocada pela retro-lavagem**

Dados considerados

$d = 0,72 \text{ mm} \Rightarrow 0,072 \text{ cm}$  (diâmetro das partículas)

$S_s = 1,65$  (densidade relativa)

$P_o = 0,497$  (porosidade natural)

$\lambda = 0,00839 \text{ cm}^2 / \text{s}$  (velocidade cinemática)

$V = 0,69 \text{ m / min} \rightarrow 1,45 \text{ cm/s}$

- nº de Galileu (Ga)

$$Ga = \frac{g(S_s - 1) d^3}{\lambda^2}, \quad Ga = \frac{9,81(1,65 - 1)(0,072)^3}{(0,00839)^2}$$

$$Ga = 3381$$

Nº de Reynolds (Re)

$$Re = \alpha \text{ Ga}^m$$

$$Re = 0,5321 (3381)^{0,5554}$$

$$Re = 48,53$$

Velocidade de sedimentação (Vs) e  $\frac{1}{n}$

Velocidade de sedimentação

000050

$$V_s = \frac{\lambda Re}{d}, \quad V_s = \frac{0,00839 \times 48,53}{0,072}$$

$$V_s = 5,65 \text{ cm/s}$$

$$\frac{1}{n}$$

$$\frac{1}{n} = \beta Re^\theta$$

$$\frac{1}{n} = 0,1254 (48,53)^{0,1947}$$

$$\frac{1}{n} = 0,267$$

Porosidade Expandida (Pe)

$$Pe = \left( \frac{V}{V_s} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad Pe = \left( \frac{1,15}{5,65} \right)^{0,267}$$

$$Pe = 0,65$$

Cálculo da expansão (  $\varepsilon$  )

$$\varepsilon = \frac{Pe - P_o}{1 - Pe}$$

$$\varepsilon = \frac{0,65 - 0,497}{1 - 0,65}$$

$$\varepsilon = 0,43 \quad 43\%$$

Conclusão expansão dentro da faixa admissível 25 a 50 %

d) Bomba para lavagem dos filtros

vazão (Q)

$$Q = \frac{1,388 \text{ m}^3 \text{ m}^2 \times 14,13 \text{ m}^2}{480 \text{ s}},$$

000051

$$Q = 0,0409 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Altura manométrica (Hman)} = 12 \text{ m}$$

Potência de bomba (Pb)

$$P_b = \frac{1000 \times 0,0409 \times 12,0}{75 \times 0,65},$$

$$P_b = 10,0 \text{ cv}$$

Potência do motor (Pm)

$$P_m = 1,15 \times 10$$

$$P_m 11,50 = 12,5 \text{ cv}$$

000052

## 8 - RESERVAÇÃO

00053

## 8 - RESERVAÇÃO

8.1 – Reservatório apoiado da ETA = Reservatório de Sucção da EB  
Dimensionamento de sua capacidade e autonomia

a) Demanda de água do sistema adutor ( $Q_a$ )

$$Q_a = 0,0177 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s/h} = 63,72 \text{ m}^3/\text{h}$$

b) Reserva para lavagem de filtros ( $V_L$ )

$V_L$  = Taxa de lavagem x área filtrante

$$V_L = 1,388 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 14,13 \text{ m}^2$$

$$V_L = 19,61 \text{ m}^3$$

c) Dimensões adotadas para o reservatório de sucção ( $V_s$ )

$$a = 5,70$$

$$b = 5,20$$

$$h = 2,0 \text{ (altura útil)} \quad V_s = 59,28 \text{ m}^3$$

d) Tempo de bombeamento da EB após paralisação da bomba do flutuante, considerando todas as unidades em operação à exceção da bomba de lavagem dos filtros

$$t = \frac{V_s - V_L}{Q_a}$$

$$t = \frac{59,28 - 19,61}{Q_a}$$

$$t = 37 \text{ min}$$

000054

## 8.2 – Reservatório apoiado de Oiticica

Este reservatório é alimentado diretamente pela chaminé de Equilíbrio à Est 264 (Ramal 1)

Dimensionamento do tubo de alimentação

- a) Vazão (Q) 1,85 l/s (demanda de Oiticica)
- b) Carga considerada (diferença de nível entre o nível d'água na chaminé e no reservatório apoiado (h) = 1,0m
- c) Coeficiente de descarga adotado (Ca) 0,82

Tem-se

$$Q = C_d S \sqrt{2gh} \quad Q \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$S \text{ (m}^2\text{)}$$

$$h \text{ (m)}$$

$$S = \sqrt{\frac{Q^2}{C_d^2 2gh}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(0,00185)^2}{(0,82)^2 2 \times 9,81}}$$

$$S = 0,0005 \text{ m}^2$$

$$S = \pi \frac{D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4s}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4s}{\pi}}$$

$$D = 0,02547 \text{ m ou } 2,54 \text{ cm} \Rightarrow \phi 1''$$

000055

8.3 – Dimensionamento da capacidade de acumulação dos reservatórios elevados e apoiados e/ou semi-enterrados do sistema de reservação de água tratada das comunidades servidas pelo sistema ora projetado

Conforme critérios descritos no Relatório Geral deste projeto executivo e nos Estudos de Concepção do mesmo

000056



## 9 – BLOCOS DE ANCORAGEM

000057

## 9 – BLOCOS DE ANCORAGEM

### 9.1 - Adutora

#### Ramal 1

$$DN = 150 \text{ mm}, P = 10 \text{ kg/cm}^2$$

Curva 90°

Empuxo Hidráulico (E)

$$E = 2 PA \sin \frac{\theta}{2}$$

$$A = \pi \frac{15^2}{4}$$

$$E = 2 \times 10 \times 176,63 \times 0,707$$

$$A = 176,63 \text{ cm}^2$$

$$E = 2497,54 \rightarrow 2500 \text{ kg}$$

$$\text{Sen } 45^\circ = 0,707$$

Dimensões do bloco

$$a = 0,85$$

$$\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3 \text{ (Peso específico do conc simples)}$$

$$c = 0,80$$

$$l = 0,80$$

$$y = 0,544 \text{ m}^3$$

Peso do bloco (P)

$$P = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,544 \text{ m}^3$$

$$P = 1305,6 \text{ kg}$$

Peso do reaterro (w)

$$W = \gamma_s a c l$$

$$W = 1800 \text{ kg/m}^3 \times 0,85 \text{ m} \times 0,80 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$$

$$W = 244,8 \text{ kg}$$

Peso do bloco + reaterro (p + w)

000058

$$P + W = 1550,40 \text{ kg}$$

## Verificação da Estabilidade

### a) Quanto ao Tombamento

#### Momento de Tombamento (Mt)

$$Mt = 2500 \text{ kg} \times 0,165 \text{ m}$$

$$Mt = 412,5 \text{ kg m}$$

#### Momento estabilizador (Me)

$$Me = 1550,4 \times 0,40$$

$$Me = 620,16 \text{ kg m}$$

$$\text{Condição de estabilidade} = 1,5 \leq \frac{Me}{Mt} = 2,0$$

$$\frac{Me}{Mt} = \frac{620,16}{420,50}$$

$$\frac{Me}{Mt} = 1,50 \quad (\text{estável})$$

### b) Quanto ao deslizamento

#### Condição de estabilidade

$$\theta \leq \frac{\varphi}{n}, \quad \text{no caso } \varphi = 21^\circ 48', \quad n = 1,2$$

$$\theta \leq \frac{21^\circ 48'}{n}$$

$$\theta \leq 18^\circ 10'$$

$$\theta = \text{arc tg } \frac{\Sigma H}{\Sigma V}$$

0.01059

$$\theta = \arctg \frac{2500}{1550,4}$$

$$\theta = \arctg \frac{2500}{1550,4}$$

$$\theta = \arctg 1,61$$

$$\theta = 58^{\circ} 29' \quad (\text{instável})$$

c) Resistência do solo s/ a face vertical do bloco (F)

$$\text{Área de contato } 85 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} = 6800 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = 0,60 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = \sigma \cdot A$$

$$F = 0,60 \text{ kg/cm}^2 \times 6800 \text{ cm}^2$$

$$F = 4080 \text{ kg}$$

Curva 45°

Empuxo Hidráulico (E)

$$E = 2 \cdot PA \cdot \text{sen} \frac{\theta}{2}$$

$$\Delta = 176,63 \text{ cm}^2$$

$$E = 2 \times 10 \text{ kg} \times 176,63 \text{ m}^3 \times 0,3827$$

$$\text{Sen } 22^{\circ}30' = 0,3827$$

$$E = 1352 \text{ kg}$$

Dimensões de bloco

$$a = 0,75 \text{ m}$$

$$c = 0,65$$

$$l = 0,70 \text{ m}$$

$$v = 0,3413 \text{ m}^3$$

Peso do bloco (p)

$$P = 0,75 \text{ m} \times 0,65 \text{ m} \times 0,70 \text{ m} \times 2400 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$P = 819 \text{ kg}$$

000060

Peso do reaterro (W)

$$W = 0,75 \text{ m} \times 0,65 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} \times 1800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$W = 263,25 \text{ kg}$$

Peso do bloco + reaterro (P + W)

$$P + W = 1082,25 \text{ Kg}$$

Verificação da estabilidade

a) Quanto ao tombamento

Momento de tombamento

$$M_t = k \cdot E$$

$$M_t = 0,165 \text{ m} \times 1352 \text{ kg}$$

$$M_t = 223 \text{ Kg m}$$

Momento estabilizador (Me)

$$M_e = \frac{c}{2} (p + w)$$

$$M_e = 0,325 \text{ m} \times 1082,25 \text{ kg}$$

$$M_e = 351,73 \text{ kg m}$$

Condição da Estabilidade

$$1,5 \leq \frac{M_e}{M_t} = 2,0$$

$$\frac{M_e}{M_t} = \frac{351,73}{223} \quad \frac{M_e}{M_t} = 1,57$$

000061

Quanto ao deslizamento

Condição de estabilidade

$$\theta \leq \frac{\varphi}{n}, \quad \text{no caso} \quad \varphi = 21^\circ 48'$$

$$n = 1,2$$

$$\theta \leq \frac{21^\circ 48'}{1,2}$$

$$\theta \leq 18^\circ 10'$$

$$\theta = \text{arc tg } \frac{\Sigma H}{\Sigma V}$$

$$\theta = \text{arc tg } \frac{1352}{1082,25}$$

$$\theta = \text{arc tg } 1,249$$

$$\theta = 51^\circ 19' \text{ (instável)}$$

c) Resistência do solo sobre a face vertical do bloco (F)

Área de contato 5250 cm<sup>2</sup>

$$\sigma = 0,60 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = \sigma \cdot A$$

$$F = 0,60 \text{ kg/cm}^2 \times 5250 \text{ cm}^2$$

$$F = 3150 \text{ kg (estável)}$$

Curva 22° 30'

Empuxo Hidráulico (E)

$$E = 2 \text{ PA sen } \frac{\theta}{2}$$

$$\theta = 176,63 \text{ cm}^2$$

$$E = 2 \times 10 \text{ kg} \times 176,63 \text{ m}^3 \times 0,1951$$

$$\text{sen } 11^\circ 15'$$

$$E = 689,2 \text{ kg}$$

000062

### Dimensões de bloco

$$a = 0,60 \text{ m}$$

$$c = 0,53$$

$$L = 0,50$$

### Peso do bloco (p)

$$P = 0.60 \text{ m} \times 0,53 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 381,60 \text{ kg}$$

### Peso do reaterro (W)

$$W = 0,60 \text{ m} \times 0,53 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \times 1800 \text{ kg / m}^3 = 286,2$$

$$P + W = 667,8 \text{ kg}$$

### Verificação da estabilidade

#### a) Quanto ao tombamento

#### Momento de tombamento

$$Mt = 689,2 \text{ kg} \times 0,165 \text{ m}$$

$$Mt = 113,72 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

#### Momento estabilizador (Me)

$$Me = 667,8 \text{ kg} \times 0,265$$

$$Me = 176,96$$

000063

### Condição de Estabilidade

$$1,5 \leq \frac{Me}{Mt} \leq 2,0 \quad \frac{Me}{Mt} = \frac{176,96}{113,72}$$

$$\frac{Me}{Mt} = 1,55 \text{ (estável)}$$

### Quanto ao deslizamento

#### Condição de estabilidade

$$\theta \leq \frac{\varphi}{n}, \quad \text{no caso} \quad \varphi = 21^\circ 48' \quad n = 1.2$$

$$\theta \leq \frac{21^\circ 48'}{1.2}$$

$$\theta \leq 18^\circ 10'$$

$$\theta = \text{arc tg} \frac{\Sigma H}{\Sigma V}$$

$$\theta = \text{arc tg} \frac{689,2}{667,8}$$

$$\theta = \text{arc tg} 1,037$$

$$\theta = 45^\circ 54'$$

$$\theta = 45^\circ 54' > 18^\circ 10' \text{ ( instável )}$$

### c) Resistência do solo sobre a face vertical do bloco (F)

Área de contato 3000 cm<sup>2</sup>

$$\sigma = 0,60 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = \sigma \cdot A$$

$$F = 0,60 \text{ kg/cm}^2 \times 3000 \text{ cm}^2$$

$$F = 1800 \text{ kg (estável)}$$

000064



Tê

Empuxo Hidráulico (E)

$$E = P \cdot A$$

$$E = 10 \text{ kg/cm}^2 \times 176,63 \text{ cm}^3$$

$$E = 1766,3 \text{ kg}$$

Dimensões

$$a = 0,80$$

$$c = 0,80$$

$$l = 0,72$$

Peso do bloco (P)

$$P = 0,75 \times 0,75 \times 0,70 \cdot 2400 = 945 \text{ kg}$$

Peso do Reaterro (W)

$$W = 0,75 \times 0,75 \times 0,30 \times 1800 = 303,75$$

Peso do bloco + peso do reaterro (P + W)

$$P + W = 1,248,75 \text{ kg}$$

Verificação da estabilidade

a) Quanto ao tombamento

Momento de tombamento (Mt)

$$Mt = k \cdot E$$

$$Mt = 0,165 \text{ m} \times 1766,3 \text{ kg}$$

$$Mt = 291,44 \text{ kg m}$$

000065

b) Momento estabilizador (Me)

$$Me = \frac{c}{2} (P + w)$$

$$Me = 0,375 \text{ m} + 1248,75 \text{ kg}$$

$$Me = 468,28 \text{ kg m}$$

Condição de Estabilidade

$$1,5 \leq \frac{Me}{Mt} \leq 2,0$$

$$\frac{Me}{Mt} = \frac{468,28}{291,4}$$

$$\frac{Me}{Mt} = 1,60$$

Ramal 2

$$DN = 1000$$

$$P = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$DE = 118$$

$$A = \pi \frac{10^2}{4}$$

$$A = 78,5 \text{ cm}^2$$

Curva 90°

Empuxo hidráulico (E)

$$E = K P A$$

$$E = 1.414 \times 10 \times 78,5$$

$$K = 2 \text{ Sen } \frac{90^\circ}{2}$$

$$E = 1110 \text{ kg}$$

$$K = 1.414$$

000066

### Dimensões do bloco

$$a = 0,60 \text{ m}$$

$$c = 0,60$$

$$L = 0,60$$

### Peso do bloco (P)

$$\begin{aligned} P &= (0,6)^3 \cdot 2400 \\ &= 518,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

### Peso do reaterro (w)

$$\begin{aligned} W &= (0,60)^2 \cdot 0,4 \cdot 1800 \\ &= 259,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

### Peso do bloco + reaterro (p + w)

$$P + W = 777,60 \text{ kg}$$

### Verificação da Estabilidade

#### a) Quanto ao Tombamento

#### Momento de Tombamento (Mt)

$$Mt = k E$$

$$Mt = 1110 \text{ kg} \times 0,139 \text{ m}$$

$$Mt = 154,29 \text{ kg m}$$

$$\text{Momento estabilizador } Me = \frac{C}{2} (P + w)$$

$$Me = 0,3 \text{ m} \times 777,60 \text{ kg}$$

$$Me = 233,28 \text{ kg m}$$

000067

Condição de estabilidade  $1,5 \leq \frac{Me}{Mt} = 2,0$

$$\frac{Me}{Mt} = \frac{233,28}{154,29}$$

$$\frac{Me}{Mt} = 1,51 \quad (\text{estável})$$

b) Quanto ao deslizamento

Condição de estabilidade

$$\theta = \frac{\varphi}{n} \quad \text{no caso } \gamma = 21^\circ 48'$$

$$n = 1,2$$

$$\theta \leq \frac{21^\circ 48'}{2}$$

$$\theta \leq \frac{21,8}{1,2}$$

$$\theta \leq 18^\circ 10'$$

$$\theta = \text{arc tg } \frac{1110}{777,6}$$

$$\theta = \text{arc tg } 1,4275$$

$$\theta = 54^\circ 29'$$

$$54^\circ 29' > 18^\circ 10' \quad (\text{logo instável})$$

c) Resistência F do solo sobre a face do bloco

Área de contato

$$A = 60 \text{ cm e } 60 \text{ cm} = 3600 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = 0,60 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = \sigma \cdot A$$

$$F = 0,60 \text{ kg/cm}^2 \times 3600 \text{ cm}^2$$

$$F = 2160 \text{ kg} \quad F > E \quad (\text{logo, estável})$$

000068

Curva 45°

Empuxo hidráulico (E)

$$E = k P A$$

$$k = 2 \operatorname{sen} \frac{45^\circ}{2}$$

$$E = 0,766 \times 10 \times 78,5 \text{ m}^2$$

$$k = 0,766$$

$$E = 601,31$$

$$P = 10 \text{ kg/cm}^2 \quad A = 78,5 \text{ cm}^2$$

Dimensões do bloco

$$a = 0,50 \text{ m}$$

$$c = 0,50$$

$$L = 0,50 \text{ m}$$

Peso do bloco (p)

$$P = (0,5)^3 \cdot 2400 = 300 \text{ kg}$$

Peso do reaterro (w)

$$w = (0,5)^3 \cdot 1800 = 225 \text{ kg}$$

Peso do bloco + reaterro (P + w)

$$P + w = 525 \text{ Kg}$$

Verificação da estabilidade

a) Quanto ao tombamento

Momento de tombamento (Mt)

$$Mt = k E$$

$$Mt = 0,139 \text{ m} \times 601,31 \text{ kg}$$

$$M_t = 83,58 \text{ Kg m}$$

Momento estabilizador (Me)

$$M_e = \frac{c}{2} (P + w)$$

$$M_e = 0,25 \times 525$$

$$M_e = 131,25 \text{ kg m}$$

Condição de Estabilidade

$$1,5 \leq \frac{M_e}{M_t} \leq 2,0$$

$$\frac{M_e}{M_t} = \frac{131,25}{83,58}$$

$$\frac{M_e}{M_t} = 1,57 \text{ (estável)}$$

b) Quanto ao deslizamento

Condição de estabilidade

$$\theta \leq \frac{\varphi}{n}, \quad \text{no caso } \varphi = 21^\circ 48'$$

$$n = 1,2$$

$$\theta \leq \frac{21^\circ 48'}{1,2}$$

$$\theta \leq 18^\circ 10'$$

$$\theta = \text{arc tg } \frac{\Sigma H}{\Sigma V}$$

$$\theta = \text{arc tg } \frac{601,31}{525}$$

$$\theta = \text{arc tg } 1,1454$$

$$\theta = \text{arc tg } 48^\circ 52'$$

000070

$48^{\circ} 52' > 18^{\circ} 10'$  logo, (instável)

c) Resistência F do solo sobre a face do bloco

Área de contato  $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 2500 \text{ cm}^2$

$\sigma = 0,60 \text{ kg/cm}^2$

$$F = \sigma \cdot A$$

$$F = 0,60 \text{ kg/cm}^2 \times 2500 \text{ cm}^2$$

$$F = 1500 \text{ kg} \quad F > E \text{ (estável)}$$

Curva  $22^{\circ} 30'$

Empuxo Hidráulico (E)

$$E = k P A$$

$$K = 0,39$$

$$E = 0,39 \times 10 \times 78,5$$

$$P = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 306,15 \text{ kg}$$

$$A = 78,5 \text{ cm}^2$$

Dimensões de bloco

$$a = 0,40 \text{ m}$$

$$c = 0,40$$

$$L = 0,40 \text{ m}$$

Peso do bloco (p)

$$P = (0,4)^3 \cdot 2400 = 1536 \text{ kg}$$

Peso do reaterro (w)

$$w = (0,4)^2 \cdot 0,6 \cdot 1800 = 172,8 \text{ kg}$$

Peso do bloco + reaterro (P + w)

$$P + w = 326,4 \text{ Kg}$$

600071

## Verificação da estabilidade

### a) Quanto ao tombamento

#### Momento de tombamento (Mt)

$$Mt = k E$$

$$r = 0,139 \text{ m}$$

$$Mt = 0,139 \text{ m} \times 306,15 \text{ kg}$$

$$Mt = 42,55 \text{ kg m}$$

#### Momento estabilizador (Me)

$$Me = \frac{c}{2} (P + w)$$

$$Me = 0,20 \text{ m} \times 326,4 \text{ kg}$$

$$Me = 65,28 \text{ kg m}$$

#### Condição de Estabilidade

$$1,5 \leq \frac{Me}{Mt} \leq 2,0$$

$$\frac{Me}{Mt} = \frac{65,28}{42,55}$$

$$Me = 1,53 \text{ (estável)}$$

### Quanto ao deslizamento

#### Condição da estabilidade

$$\theta \leq \frac{\varphi}{n}, \quad \text{no caso} \quad \varphi = 21^\circ 48', \quad n = 1,2$$

$$\theta \leq \frac{21^\circ 48'}{1,2}$$

$$\theta \leq 18^\circ 10'$$

000072



$$\theta = \text{arc tg } \frac{\Sigma H}{\Sigma V}$$

$$\theta = \text{arc tg } \frac{306,15}{326,40}$$

$$\theta = \text{arc tg } 0,938$$

$$\theta = 43^\circ 10' > 18^\circ 10' (\text{logo instável})$$

c) Resistência F do solo sobre a face vertical do bloco

$$\text{Área de contato } 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} = 1600 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = 0,60 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = \sigma \cdot A$$

$$F = 0,60 \text{ kg/cm}^2 \times 1600 \text{ cm}^2$$

$$F = 960 \text{ kg (estável)}$$

Tê

Empuxo hidráulico

$$E = k P A$$

$$K = 1,0$$

$$E = 10 \times 78,5$$

$$P = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 785 \text{ kg}$$

$$A = 78,5 \text{ m}^2$$

Dimensões de bloco

$$a = 0,60 \text{ m}$$

$$c = 0,52$$

$$L = 0,50$$

Peso do bloco (p)

$$P = 0,60 \text{ m} \times 0,52 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$P = 374,40 \text{ kg}$$

000073

Peso do reaterro (W)

$$W = 0,60 \text{ m} \times 0,52 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 1800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$W = 280,8 \text{ kg}$$

Peso do bloco + Reaterro (P + w)

$$P + w = 655,20$$

Verificação da estabilidade

a) Quanto ao tombamento

Momento de tombamento (Mt)

$$Mt = k E$$

$$R = 0,139$$

$$Mt = 0,139 \times 785 \text{ m}$$

$$Mt = 109,12 \text{ kg m}$$

Momento estabilizador (Me)

$$Me = \frac{c}{2} (P+w)$$

$$Me = 0,26 \text{ m} \times 655,20 \text{ kg}$$

$$Me = 170,35 \text{ kg m}$$

Condição de Estabilidade

$$1,5 \leq \frac{Me}{Mt} = 2,0$$

$$\frac{Me}{Mt} = \frac{170,35}{109,12}$$

$$\frac{Me}{Mt} = 1.56 \text{ (estável)}$$

607074

Quanto ao deslizamento

Condição de estabilidade

$$\theta \leq \frac{\varphi}{n}, \quad \text{no caso} \quad \varphi = 21^\circ 48', \quad n = 1,2 \text{ tem-se}$$

$$\theta \leq \frac{21^\circ 48'}{1,2}$$

$$\theta \leq 18^\circ 10'$$

$$\theta = \text{arc tg } \frac{\Sigma H}{\Sigma V}$$

$$\theta = \text{arc tg } \frac{785,00}{655,20}$$

$$\theta = \text{arc tg } 1,1981$$

$$\theta = 50^\circ 08' \quad (\text{logo instável})$$

c) Resistência F do solo sobre a face vertical do bloco

Área de contato 60 cm x 50 cm 3 000 cm<sup>2</sup>

$$\sigma = 0,60 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = \sigma \cdot A$$

$$F = 0,60 \text{ kg/cm}^2 \times 3000 \text{ cm}^2$$

$$F = 1800 \text{ kg (estável)}$$

9.2 – Ancoragem dos trechos sujeitos a ação da sub-pressão

Ramal 1 – Est 77 à Est 85 (ver perfil da adutora)

L = 160 m

Profundidade adotada 1,20 m

Considera-se o tubo de PVC de 6,0 m de comprimento ancorado em 3 pontos, equidistantes, dois dos quais próximos às extremidades

Então

$$C = 2\pi r$$

$$r = 0,085 \text{ m (DE = 0,170 m)}$$

$$C = 2 \pi 0,085$$

$$C = 0,5338 \text{ m}$$

Segmento de circunferência considerado

$$\frac{1}{4} c = 0,1335$$

Área da superfície do tubo, entre dois pontos, sujeita à sub-pressão

$$A = \frac{1}{4} C \times \frac{1}{3} l$$

$$(l = 6,0 \text{ m comprimento do tubo})$$

$$A = \frac{1}{12} C l$$

$$A = 0,2670 \text{ m}^2$$

Sub-pressão ( $h_s$ ) à prof considerada, 1,20 m

$$h_s = \gamma_a h$$

$$h_s = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ peso específico da água}$$

$$h_s = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,20 \text{ m}$$

$$h_s = 1200 \text{ kg/m}^2$$

Empuxo ( $F$ ) sobre a extremidade de cada segmento de tubo (considerando carga concentrada)

$$F = \frac{1}{2} h_s A$$

$$F = \frac{1}{2} 1200 \text{ kg/m}^2 \times 0,2670 \text{ m}^2$$

$$F = 160,2 \text{ kg}$$

Faz base do bloco  $A = (0,4)^2 = 0,16 \text{ m}^2$

Empuxo sobre a base do bloco ( $F_2$ )

$$F_2 = \gamma_s A_2$$

$$F_2 = 1\,200 \text{ Kg/m}^2 \times 0,16 \text{ m}^2$$

$$F_2 = 192 \text{ Kg}$$

Então,

Peso do bloco (P)

$$P = F_1 + F_2$$

$$P = 352,2 \text{ Kg}$$

Determinação da altura do bloco, tendo em conta

$$A = 0,16 \text{ m}^2$$

$$\gamma_c = 2250 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico do concreto ciclópico)}$$

$$P = \gamma_c \times v$$

$$P = \gamma_c \times A \times h$$

$$h = \frac{P}{\gamma_c A}$$

$$h = \frac{352,2}{2250 \times 0,16}$$

$$h = 0,978$$

Volume do bloco (V)

$$V = 0,1565 \text{ m}^3$$

Nº de blocos (Nb)

$$Nb = 160/6 \times 3$$

$$Nb = 80 \text{ blocos}$$

000077

Volume total de concreto ( $V_t$ )

$$V_t = N_b \times V$$

$$V_t = 80 \times 0,1565 \text{ m}^3$$

$$V_t = 12,518 \text{ m}^3$$

Ramal 2 (Est 297 a Est 307) (Ver perfil da adutora)

$$L = 200 \text{ m}$$

À semelhança da solução adotada para o ramal 1, tem-se  
prof 1,20 m

$$C = 2\pi r$$

$$C = 0,3705 \quad r = 0,059 \text{ (DE} = 0,118\text{m)}$$

$$1/4C = 0,0926 \text{ m}$$

Área sujeita à sub-pressão A

$$A = 1/12C l \quad (l = 6,0 \text{ m})$$

$$A = 0,1853 \text{ m}^2$$

Sub-pressão ( $h_s$ ) a 1,20 m de profundidade

$$h_s = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,20 \text{ m}$$

$$h_s = 1200 \text{ kg/m}^2$$

Empuxo ( $F$ ) sobre a extremidade de cada segmento de tubo

$$F = \frac{1}{2} h_s A$$

$$F = \frac{1}{2} 1200 \text{ kg/m}^2 \times 0,1853 \text{ m}^2$$

$$F = 111,18 \text{ kg}$$

Faz base do bloco  $A_2 = (0,35)^2 = 0,1225$

000078

Empuxo ( $F_2$ ) sobre a base do bloco

$$F_2 = h_s \times A_2$$

$$F_2 = 1200 \text{ kg/m}^2 \times 0,1225 \text{ m}^2$$

$$F_2 = 147 \text{ kg}$$

Então

Peso do bloco (P)

$$P = F_1 + F_2$$

$$P = 111,18 + 147$$

$$P = 258,18 \text{ kg}$$

Determinação da altura do bloco, tendo em conta

$$A_2 = 0,1225 \text{ m}^2$$

$$\gamma_c = 2250 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico do concreto ciclópico)}$$

$$h = \frac{P}{\gamma_c A_2}$$

$$h = \frac{258,18}{2250 \times 0,1225}$$

$$h = 0,936 \text{ m}$$

Volume do bloco (V)

$$V = 0,1147 \text{ m}^3$$

Nº de blocos (Nb)

$$Nb = 200/6 \times 3$$

$$Nb = 100 \text{ blocos}$$

000079

Volume total de concreto (Vt)

$$Vt = Nb \times V$$

$$Vt = 100 \times 0,1147 \text{ m}^3$$

$$Vt = 11,47 \text{ m}^3$$

Obs Na travessia do rio Piranji, (Est 705 + 8m a Est 707), estando a rocha a 0,60 m da superfície do terreno natural (leito do rio), a vala, após escavação e assentamento da tubulação, será preenchida com concreto ciclópico

000080