

SECRETARIA DOS RECURSOS
HÍDRICOS - SRH

GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

ADUTORA DE PALMATÓRIA (ITAPIÚNA)

VOLUME 2 PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA

RELATÓRIO GERAL

TOMO I - TEXTO

SHS - NORDESTE Consultoria
e Projeto de Engenharia

FORTALEZA- CE
JUNHO DE 1997

ADUTORA DE PALMATÓRIA (ITAPIUNA)

VOLUME 2 - PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE PALMATÓRIA

RELATÓRIO GERAL TOMO I - TEXTO

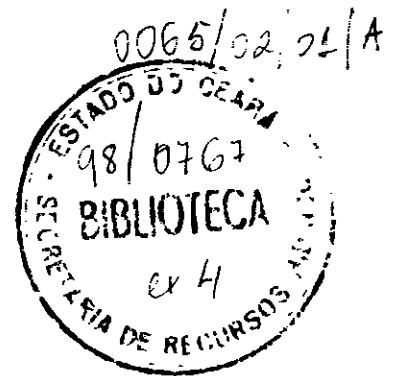
JUNHO/1997

Lote: 00502 - Prep Scan () Index ()
Projeto Nº 0065/02/01/A
Volume 1
Qtd. A4 _____ Qtd. A3 _____
Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____
Qtd. A0 _____ Outros _____

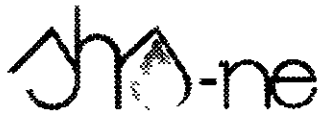
0065/02/01/A
ex.4

SHS-NORDESTE - Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda.

ShA-ne



SUMÁRIO



SUMÁRIO

	PÁGINAS
1- INTRODUÇÃO.....	4
2 - MEMORIAL DESCRITIVO.....	6
2.1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	7
2.2 - FONTE HÍDRICA.....	9
2.3 - PARÂMETROS DO PROJETO.....	9
2.4 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA.....	11
2.4.1 - Adução de Água Tratada.....	14
2.4.2 - Estação Elevatória (EE-1).....	15
2.4.3 - Estação Elevatória (EE-2).....	15
2.4.4 - Reservação.....	16
3 - MEMORIAL DE CÁLCULO.....	18
3.1 - DIMENSIONAMENTO DA ADUTORA POR GRAVIDADE - TRECHO 1: ETA - EE-1	19
3.2 - DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO DA ADUTORA - TRECHO 2 : EE-1 - TP.....	19
3.3 - DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EE-1.....	21
3.3.1 - Curva Característica da Tubulação.....	22
3.3.2 - Curva Característica da Bomba.....	25
3.4 - DIMENSIONAMENTO DA ADUTORA POR GRAVIDADE - TRECHO 3 : TP - EE-2.....	28
3.5 - DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO DA ADUTORA - TRECHO 4 : EE-2 - RSE-1.....	29
3.6 - DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EE-2.....	30
3.6.1 - Curva Característica da Tubulação.....	31
3.6.2 - Curva Característica da Bomba.....	35

3.7 - ESTUDO DE GOLPE DE ARÍETE NAS INSTALAÇÕES DE RECALQUE	37
3.7.1 - Trecho 2 - EE-1 até TP	39
3.7.2 - Trecho 4 - EE-2 até RSE-1.....	45
4 - PROJETO ELÉTRICO.....	51
4.1 - INTRODUÇÃO.....	52
4.2 - POTÊNCIA DAS SUBESTAÇÕES - DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO	52
4.2.1 - Captação.....	52
4.2.2 - Estação de Tratamento (EE-FILTROS).....	53
4.2.3 - Estação Elevatória 2 (EE-2)	53
4.2.4 - Subestação Padrão 15 kVA - Condutores e Proteção.....	54
4.3 - MOTORES ELÉTRICOS.....	55
4.3.1 - Motor 12,5 CV	55
4.3.2 - Motor 7,5 CV	55
4.3.3 - Motor 4 CV	56
5 - PROJETO ESTRUTURAL.....	57
5.1 - HIPÓTESE DE CARREGAMENTO	58
5.2 - CÁLCULO DOS ESFORÇOS.....	58
5.2.1 - Cálculo das Lajes.....	58
5.2.2 - Cálculo das Vigas e Paredes.....	58
5.2.3 - Cálculo das Fundações	58
5.3 - DIMENSIONAMENTO	58
5.3.1 - Lajes	58
5.3.2 - Vigas e Paredes.....	59
ANEXO - MEMÓRIA DO CÁLCULO ESTRUTURAL	60

APRESENTAÇÃO

O presente documento apresenta os serviços realizados no âmbito do contrato N° 54/95 - firmado entre SRH - Secretana dos Recursos Hídricos e a SHS Nordeste Consultora e Projetos de Engenharia Ltda, para a Elaboração do Projeto Executivo da Adutora de Palmatória

Os estudos realizados, conforme os termos de referência, são apresentados nos seguintes volumes, integrantes do acervo do projeto executivo

Vol 1 - Estudos Preliminares e Concepção Básica

Vol 2 - Projeto Executivo da Adutora de Palmatória

Relatório Geral

- **Tomo I - Textos**
- **Tomo II - Desenhos**
- **Tomo III - Quantitativos e Custos**
- **Tomo IV - Especificações Técnicas**
- **Tomo V - Normas de Medição e Pagamento**

1- INTRODUÇÃO

O presente documento constitui o relatório do Projeto Executivo da Adutora de Palmatoria situada no município de Itapiuna, a qual abastecerá de água a localidade de Palmatoria

A finalidade e o conteúdo do relatório são descritos a seguir

- Descrever sumariamente localização e acesso, principais características da fonte hídrica a ser utilizada,
- Apresentar os parâmetros do projeto,
- Descrever o sistema proposto,
- Descrever as várias metodologias e critérios utilizados no dimensionamento das obras e equipamentos,
- Desenvolver a solução adotada nos Estudos Preliminares a nível de Projeto Executivo,
- Apresentar os cálculos desenvolvidos,
- Fornecer desenhos necessários à execução do projeto do sistema de abastecimento d'água

2 - MEMORIAL DESCRITIVO

2.1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O município de Itapiuna, criado em 1957, tem uma área territorial de 562 km², está insendo na micro-região Batunté e na meso-região Sertão Central. Está apresentado na Figura 2.1 o mapa de localização do município no Estado do Ceará.

A sede do município com altitude de 133,33 m tem as seguintes coordenadas geográficas

LATITUDE	4°33'52"
LONGITUDE	38°55'20"

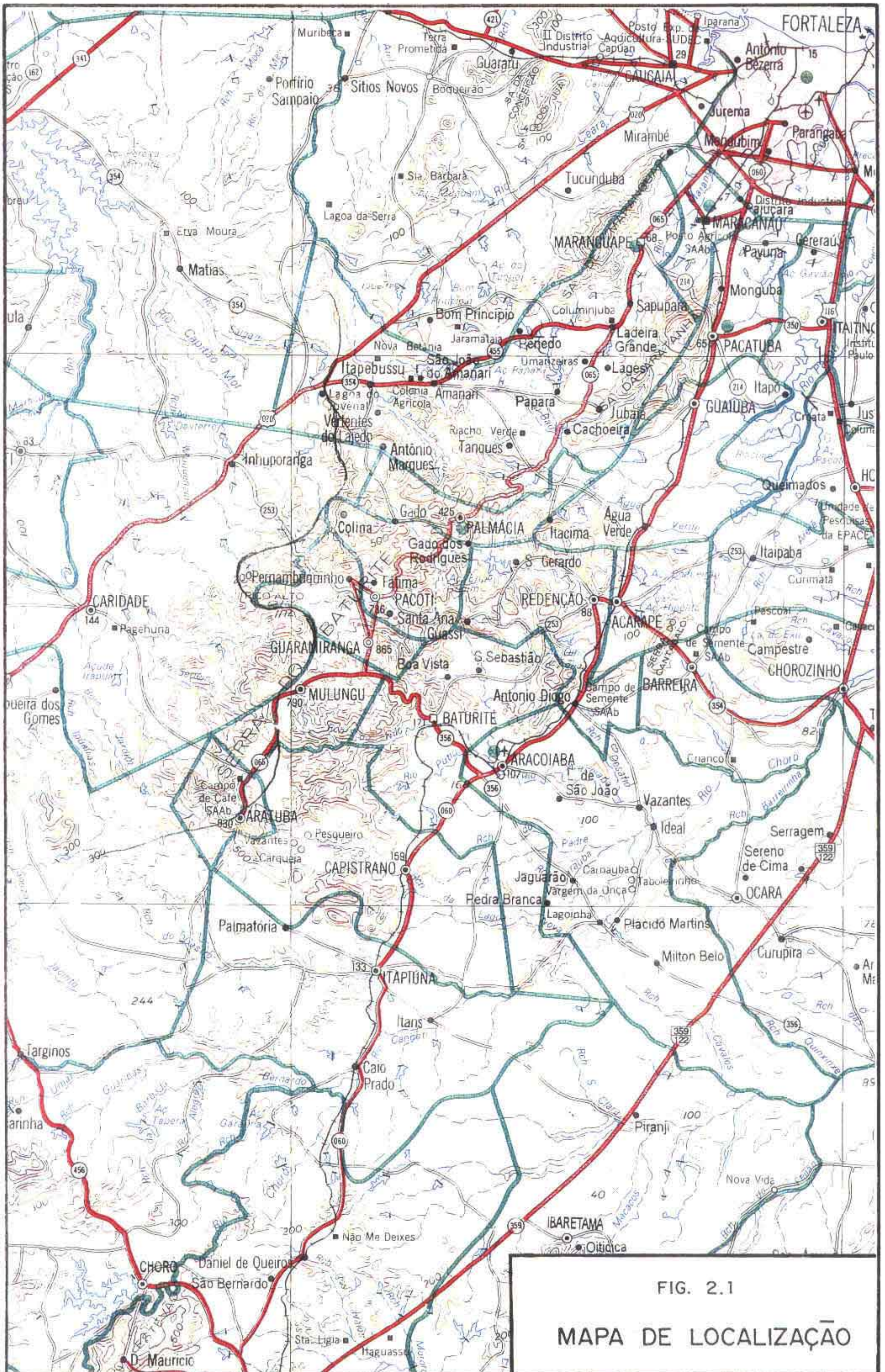
O município tem os seguintes limites

NORTE	Capistrano
SUL	Quixadá
LESTE	Batunté e Ibareta
OESTE	CE-060

O acesso ao município se dá pela CE-060

A sua sede tem as seguintes distâncias de Fortaleza

Rodoviária (km)	99,0
Ferrovária (km)	136,0
Em linha reta (km)	94,1



2.2 - FONTE HÍDRICA

A localidade de Palmatóna terá como fonte de abastecimento o Açude Castro, pois a mesma e uma complementação ao sistema de adutoras de Caio Prado, Itapiuna, Capistrano e Aracoiaba, e terá captação de água já tratada em Itapiuna

- Abastecimento D'água Existente (Dados de 1992, fornecidos pela CAGECE)

Ligações de Água	567
População Beneficiada	2 067
Rede de Distribuição (m)	6 114
<u>Volume Produzido (m³)</u>	<u>156 560</u>

FONTE CAGECE

2.3 - PARÂMETROS DO PROJETO

Para o desenvolvimento e dimensionamento das partes que compõe o projeto executivo da adutora de Palmatóna (Itapiuna), foram utilizados os seguintes parâmetros

- População urbana atual de Palmatóna (1995)	1 159
- Ano horizonte do projeto	2015
- População estimada para o ano 2015	1 971 hab
- Coeficiente do dia de maior consumo (K_1)	1,2
- Coeficiente do hora de maior consumo (K_2)	1,5
- Consumo "per capita"	150 l/hab dia

- VAZÕES DE DIMENSIONAMENTO

- VAZÃO MÉDIA

A vazão média do projeto foi determinada pela expressão

$$Q = \frac{P \times q}{86\,400 \text{ s}}$$

onde P = População abastecível a ser considerada no projeto,

q = Consumo "per capita" em l/hab dia,

Q = Vazão média em l/s

Para o presente projeto tem-se

$$Q = \frac{1.971 \times 150 \text{ L / hab}}{86.400 \text{ s}} \quad Q = 3,42 \text{ L / s} = 12,31 \text{ m}^3/\text{h}$$

- VAZÃO DO DIA DE MAIOR CONSUMO

$$Q_1 = K_1 \times Q$$

onde K_1 = Coeficiente do dia de maior consumo ($K_1 = 1,2$)

Q_1 = Vazão do dia de maior consumo

Tem-se

$$Q_1 = 1,2 \times 3,42 = 4,11 \text{ l/s} = 14,79 \text{ m}^3/\text{h}$$

- VAZÃO DO DIA DE MAIOR CONSUMO NA HORA DE MAIOR DEMANDA

$$Q_2 = K_2 \times Q_1$$

onde K_2 = Coeficiente da hora de maior consumo ($K_2 = 1,5$)

Q_2 = Vazão do dia de maior consumo na hora de maior demanda

Tem-se

$$Q_2 = 1,5 \times 4,11 = 6,16 \text{ l/s} = 22,18 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.4 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O projeto do sistema de abastecimento proposto para a localidade denominada Palmatona prevê um alcance futuro de 20 anos e deverá contemplar uma população de até 1 971 habitantes

Este projeto será uma complementação ao Projeto do Sistema de Adutoras para Abastecimento D'água de Caio Prado, Itapiúna, Capistrano e Aracoiaba. No dimensionamento da Estação Elevatória Principal, Estação de Tratamento, Reservação de Água Tratada e Obras Cíveis das Reelevatórias daquele Projeto previu-se a inclusão futura do abastecimento da localidade Palmatona

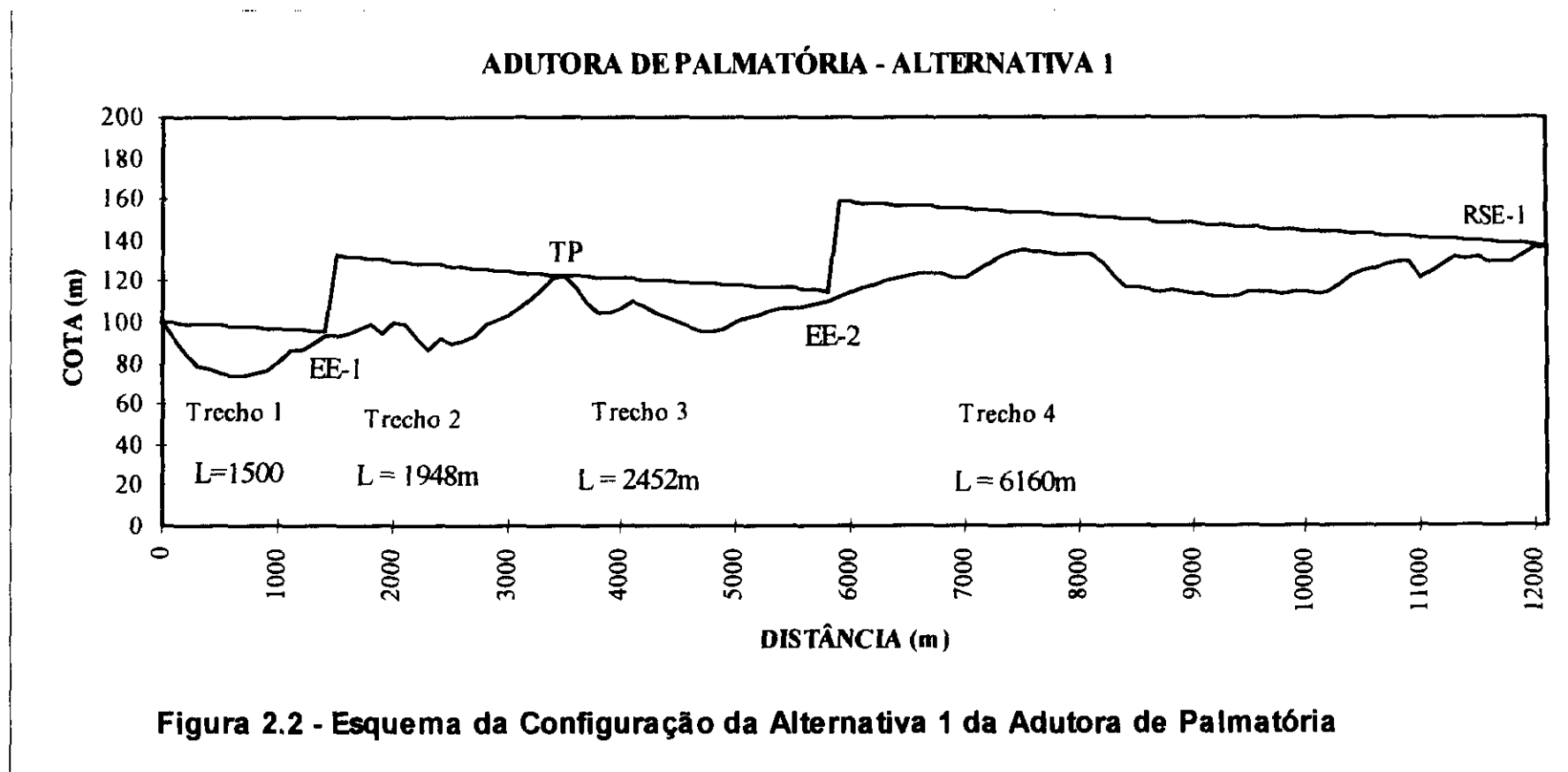
Para a definição do sistema proposto foram estudadas duas alternativas de sistema descritas a seguir

Alternativa 1 A adutora foi dividida em 4 trechos, sendo o primeiro com 1500 metros de comprimento e escoamento por gravidade, iniciando no reservatório de água tratada em Itapiúna, o segundo trecho com 1948 metros de comprimento e o escoamento por recalque, o terceiro com 2452 metros de comprimento e novamente o escoamento por gravidade, finalizando o quarto trecho com 6160 metros de comprimento chegando nas unidades finais de reservação por recalque. Este sistema permite uma maior flexibilização e segurança na utilização da água durante o seu trajeto, a adutora poderá ser toda em tubos de PVC rígido, pois com a divisão da adutora em trechos menores diminui-se as pressões devido ao golpe de arrete

Alternativa 2 A adutora inicia-se com o recalque de água, do reservatório de água tratada em Itapiúna, para as unidades finais de reservação, reservatórios semi-enterrado e elevado localizados em Palmatona. A adutora não poderá ser toda em PVC rígido, deverá ter os 3000 metros iniciais em ferro fundido ou em aço, pois as pressões devido ao golpe são muito grandes e o tubo em PVC não suportaria

Do reservatório elevado a água seguirá para distribuição aos consumidores, estando esta etapa fora da abrangência deste projeto. As configurações deste sistema complementar, das 2 alternativas, estão representadas em croquis na Figura 2.2 e na Figura 2.3

A melhor alternativa, tanto do ponto de vista operacional, técnico e econômico é a alternativa 1. A seguir serão apresentadas as características das principais unidades do sistema proposto na alternativa 1



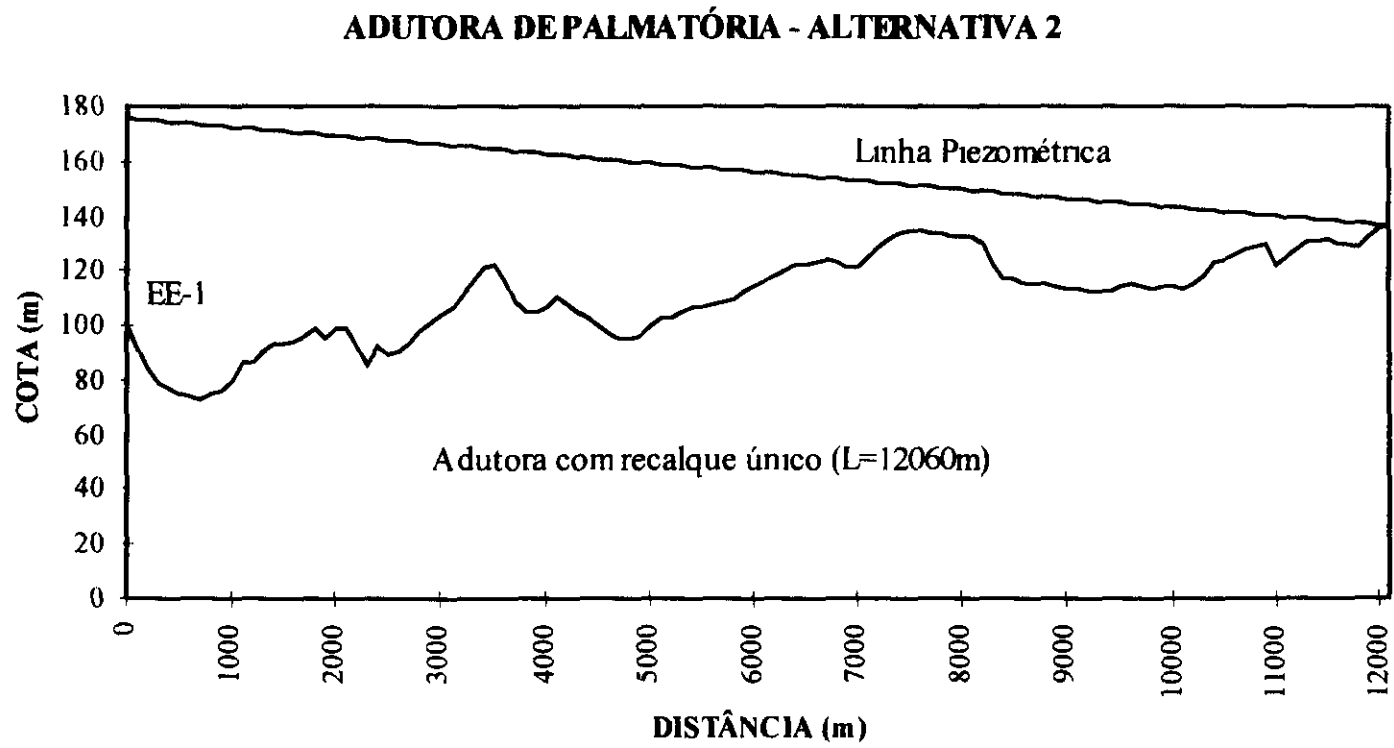


Figura 2.3 - Esquema da Configuração da Alternativa 2 da Adutora de Palmatória

2.4.1 - Adução de Água Tratada

A adução de água tratada será feita por gravidade em dois trechos e em conduto forçado por recalque em dois trechos e terá as seguintes características técnicas

- Trecho 1 (por gravidade)

Material PVC marrom (pressão de trabalho 120 mca)

Diâmetro 100 mm

Extensão 1500 m

- Trecho 2 (por recalque)

Material PVC marrom (pressão de trabalho 120 mca)

Diâmetro 100 mm

Extensão 1948 m

- Trecho 3 (por gravidade)

Material PVC marrom (pressão de trabalho 120 mca)

Diâmetro 100 mm

Extensão 2452 m

- Trecho 4 (por recalque)

Material PVC marrom (pressão de trabalho 120 mca)

Diâmetro 100 mm

Extensão 6160 m

As plantas HD-01 a HD-09 contidas no RELATÓRIO GERAL - VOLUME 2 - TOMO II - DESENHOS mostram o perfil e o caminhamento da adutora

2.4.2 -Estação Elevatória (EE-1)

A estação elevatória (EE-1) recalcará água tratada desde o poço de sucção localizado no final do primeiro trecho por gravidade da adutora (estaca 72+8m) até a Torre Piezométrica (TP), a uma distância de 1948m. O desnível geométrico é igual a 32,05m.

A casa de bombas da estação elevatória EE-1 terá o seu piso na cota 91,40 e abrigará 2 conjuntos moto-bombas, sendo 1 de reserva.

Os conjuntos elevatórios serão compostos por bombas centrífugas de eixo horizontal, instaladas para funcionar separadamente, e deverão ter as seguintes características técnicas:

$$Q = 14,79 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$H_{\text{man}} = 39,35 \text{ mca},$$

$$P_{\text{inst}} = 5 \text{ cv}.$$

$$\text{Rotação} = 1750 \text{ rpm}.$$

$$\text{Tempo de funcionamento} = 24 \text{ horas},$$

$$N_{\text{de conjuntos em funcionamento}} = 1,$$

$$N_{\text{de conjuntos de reserva}} = 1$$

Os detalhes construtivos da estação elevatória EE-1 podem ser vistos na planta HD-10 contida no RELATÓRIO GERAL - VOLUME 2 - TOMO II - DESENHOS.

2.4.3 - Estação Elevatória (EE-2)

A estação elevatória (EE-2) recalcará água tratada desde o poço de sucção localizado no final do segundo trecho por gravidade da adutora (estaca 295) até o reservatório semi-enterrado localizado na estaca 603. O desnível geométrico é igual a 23,60 m.

A casa de bombas da estação elevatória EE-2 terá o seu piso na cota 110,97 e abrigará 2 conjuntos moto-bombas, sendo 1 de reserva.

Os conjuntos elevatórios serão compostos por bombas centrífugas de eixo horizontal, instaladas para funcionar separadamente, e deverão ter as seguintes características técnicas:

$$Q = 14,79 \text{ m}^3/\text{h},$$

$H_{\text{man}} = 46.62$ mca.

$P_{\text{inst}} = 6$ cv ,

Rotação 1750 rpm,

Tempo de funcionamento = 24 horas,

Nº de conjuntos em funcionamento = 1,

Nº de conjuntos de reserva = 1

Os detalhes construtivos da estação elevatória EE-2 podem ser vistos na planta HD-12 contida no RELATÓRIO GERAL - VOLUME 2 - TOMO II - DESENHOS

2.4.4 - Reservação

A reservação no final do sistema se fará em duas unidades, reservatório semi-enterrado e reservatório elevado. Estas unidades, a serem construídas em concreto, terão as seguintes características geométricas

Reservatório Semi-Enterrado

Forma Base retangular

Capacidade 94,65 m³

Dimensões

- Comprimento 8,40m.

- Largura 5,60 m,

- Altura útil 2,00 m.

- Altura total 2,50 m

Reservatório Elevado

Forma da caixa Base retangular

Capacidade 23,67 m³

Dimensões

- Comprimento 3,08 m.

- Largura 3,08 m,

- Altura útil 2,50 m,

- Altura total 3,0 m

O volume total de água reservado representa 1/3 do volume aduzido no dia de maior consumo.

isto é. $\frac{1}{3} \times 14,79 \times 24 = 118,32 \text{ m}^3$

Os detalhes construtivos do reservatório semi-enterrado (RSE-1) estão apresentados na planta HD-14 contida no RELATÓRIO GERAL - VOLUME 2 - TOMO II - DESENHOS O detalhamento do reservatório elevado não faz parte deste projeto, pois o mesmo depende da definição futura da rede de distribuição de água

3 - MEMORIAL DE CÁLCULO

3.1 - DIMENSIONAMENTO DA ADUTORA POR GRAVIDADE - TRECHO 1: ETA - EE-1

Vazão 14,79 m³/h (durante 24 horas).

Cota do N A do Res da ETA 100,00.

Cota de chegada na EE-1 93,90,

Desnível geométrico (Hg) 100,00 - 93,90 = 6,10 m,

Comprimento do trecho ETA - EE-1 1500,00 m,

A perda de carga na tubulação será calculada utilizando-se a fórmula de Hazen-Williams com C=140 para tubos de PVC

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

Sendo

$$Q = 14,79 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0041 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$L = 1500,00 \text{ m},$$

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

$$Dh = 10,64 \cdot \left(\frac{0,0041}{140} \right)^{1,85} \cdot 0,10^{-4,87} \cdot 1500$$

$$Dh = 4,86 \text{ m}$$

$$\text{Pressão disponível} = Hg - Dh = 6,10 - 4,86 = 1,24 \text{ m}$$

3.2 - DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO DA ADUTORA - TRECHO 2 : EE-1 - TP

Para uma primeira aproximação utilizou-se a fórmula de BRESSE, que tem a seguinte expressão

$$D = K\sqrt{Q}$$

onde K = coeficiente que reflete o custo da energia e do material utilizado no sistema

Q = vazão em m^3/s

De um modo geral, K varia de 0,7 a 1,5. Adotou-se um valor médio $K = 1,2$

$$D = 1,2 \times \sqrt{0,00411} = 0,077 \text{ m}$$

O diâmetro comercial a ser adotado é DN = 4"

Realizou-se um estudo comparativo de custos com os seguintes diâmetros 2", 2 1/2", 3", 4" e 5"

A potência perdida (P_p) na adutora é dada por

$$P_p = \frac{9,8 \times Q \times DH}{\eta}$$

onde DH = perda de carga total na adutora, calculada pela fórmula de Hazen-Williams com $C = 140$ (tubos de PVC)

η = rendimento do conjunto moto-bomba ($\eta = 0,43$)

O custo anual das perdas de energia elétrica é calculado por

$$P_p \times t_a \times \gamma$$

onde t_a = número de horas de funcionamento por ano ($t_a = 7\,300 \text{ h}$)

γ = custo do KWh ($\gamma = R\$ 0,12713$)

O custo das perdas (CP), atualizado, considerando $T = 20$ anos (vida útil) e a taxa de juros $i = 12\%$ a a, é dado por

$$CP = \frac{P_p \times T_a \times \gamma}{i} \left[1 - \frac{1}{(1+i)^T} \right]$$

ou

$$CP = 7,469 \times P_p \times t_a \times \gamma = 6\,931,598 \times P_p$$

O resultado do estudo comparativo de custos está apresentado na Tabela 3.1 e mostra que o diâmetro mais econômico é de DN = 4" (100mm)

TABELA 3.1 - ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS DE DIVERSOS DIÂMETROS PARA A ADUTORA DE ÁGUA TRATADA - TRECHO 2

DN (mm)	Custo dos Tubos p/metro (R\$)	Custo Total dos Tubos (R\$)	Perda de Carga (m)	Potência Perdida (KW)	Custo das Perdas (R\$)		Soma dos Custos (R\$)
					Anual	Atual	
50	4 11	8,006 28	184 44	17 235	15,994 56	119,470 47	127,476 75
65	6 48	12,623 04	51 40	4 803	4,457 26	33,293 27	45,916 31
75	7 80	15,194 40	25 60	2 392	2,220 28	16,584 26	31,778 66
100	12 77	24,875 96	6 31	0 589	546 96	4,085 49	28,961 45
125	20 56	40,050 88	2 13	0 199	184 50	1,378 14	41,429 02

3.3 - DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EE-1

O dimensionamento da Estação Elevatória EE-1 será feito determinando-se as curvas características das tubulações desde a sucção até o final da adutora. As perdas de cargas distribuídas e localizadas, para diversas vazões, serão calculadas usando-se a fórmula de Hazen-Williams considerando, para as peças especiais, seus comprimentos equivalentes. As curvas características das bombas foram fornecidas pelos fabricantes.

Dados do projeto

- Vazão total : 14,79 m³/h
- Cota do N.A. mín. no poço de sucção da EE-1: 92,40



- Cota do N.A. máx. no poço de sucção da EE-1' 93,90
- Cota do N.A. na chegada na Torre Piezométrica :..... 124,45
- Desnível geométrico máximo : 124,45 - 92,40 = 32,05 m
- Comprimento do recalque: 1.948,00 m
- Número de bombas em funcionamento : 1
- Número de horas de funcionamento: 24 horas

3.3.1 - Curva Característica da Tubulação

A estação elevatória terá 2 bombas centrífugas de eixo horizontal, sendo uma de reserva, instaladas em poço seco. Cada bomba será ligada a uma tubulação de ferro fundido e através de um barmete dentro da casa de bombas, unem-se a uma adutora, de 1 948 metros de comprimento e 100mm de diâmetro, de PVC JE rígido. A adutora, após o barmete seguirá enterrada durante todo o seu percurso. A vazão de dimensionamento é

Vazão de 1 bomba $Q_{1b} = 14,79 \text{ m}^3/\text{h}$

Vazão na adutora $Q = 14,79 \text{ m}^3/\text{h}$

a) *Perda de Carga na Sucção (Dh_s)*

O diâmetro recomendado para as tubulações de sucção é de 75mm e os comprimentos equivalentes para as peças especiais são

Peças especiais (d=75mm)	leq (m)
- 1 cnvo	18,75
- 1 toco	1,00
- 1 registro de gaveta	0,60
- 1 toco	0,50
- 1 redução (75 x 50mm)	0,45
leq total	21,30

$$Dh_s = 10,64 \left(\frac{Q_{1b}}{C} \right)^{1,85} D^{-4,87} leqt$$

Sendo

$$C = 100,$$

$$D = 0,075 \text{ m},$$

$$l_{eqt} = 21,30 \text{ m}$$

Tem-se

$$Dh_s = 10,64 \left(\frac{Q_{1b}}{100} \right)^{1,85} \cdot 0,075^{-4,87} \cdot 21,30$$

$$Dh_s = 13.607,33 Q_{1b}^{1,85}$$

b) Perda de Carga no Recalque até o Início da Adutora (Dhr)

A perda de carga no recalque será calculada desde a saída da bomba 1 até a junção no início da adutora de 100mm

Peças especiais	leq (m)
- 1 ampliação de 40 x 50mm	0,60
- 1 ampliação de 50 x 75mm	0,90
- 1 curva de 90°, d= 75mm	2,25
- 2 tocos , d= 75 mm	1,00
- 1 válvula de retenção , d= 75 mm	7,50
- 1 registro de gaveta, d= 75 mm	0,60
- 1 curva de 45°, d= 75 mm	1,13
- 1 toco , d= 75 mm	1,25
- 1 junção 100 x 75mm	3,00
- leqt	18,23

Sendo

$$Dh_r = 10,64 (Q / C)^{1,85} \times D^{-4,87} \times l_{eqt}$$

Q = vazão de 1 bomba

$$C = 100$$

$$Dh_r = 10,64 (Q / 100)^{1,85} \times 0,075^{-4,87} \times 18,23$$

$Dh_r = 11\,646,08 \times Q^{1,85}$, sendo Q a vazão de 1 bomba

c) *Perda de Carga na Adutora (Dh_A)*

$$Dh_A = 10,64 (Q_T / C)^{1,85} \times D^{-4,87} \times L$$

Sendo

$$L = 1\,948,00 \text{ m,}$$

$$D = 0,100 \text{ m,}$$

$$C = 140 \text{ (PVC)}$$

$$Q_T = Q$$

$$Dh_A = 10,64 (Q / 140)^{1,85} \times 0,100^{-4,87} \times 1\,948$$

$$Dh_A = 164\,510,54 Q^{1,85}, \text{ sendo Q a vazão de 1 bomba}$$

d) *Perda de Carga Total (Dh_t)*

$$Dh_t = Dh_s + Dh_b + Dh_A$$

$$Dh_t = (13\,607,33 + 11\,646,08 + 164\,510,54) \times Q^{1,85}$$

$$Dh_t = 189\,763,95 Q^{1,85}$$

A Tabela 3.2 mostra a planilha de cálculo das perdas de carga na adutora, desde a sucção até a entrada na Torre Piezométrica (TP) considerando o desnível geométrico igual a 32,05 m, e a Figura 3.1 mostra a curva característica da adutora

Tabela 3.2 - Curva Característica da Adutora - Trecho EE-1 - Torre Piezométrica (tp)

VAZÃO EM 1 BOMBA		DHs	DHb	DHA	DHT	VAZÃO NA ADUTORA	HMAN
(m³/h)	(m³/s)	(mca)	(mca)	(mca)	(mca)	(m³/h)	(mca)
0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,05
5,00	0,0014	0,07	0,06	0,85	0,98	5,00	33,03
10,00	0,0028	0,25	0,22	3,07	3,54	10,00	35,59
15,00	0,0042	0,54	0,46	6,50	7,50	15,00	39,55
20,00	0,0056	0,92	0,78	11,06	12,76	20,00	44,81
25,00	0,0069	1,38	1,18	16,72	19,29	25,00	51,34
30,00	0,0083	1,94	1,66	23,43	27,02	30,00	59,07
35,00	0,0097	2,58	2,21	31,16	35,94	35,00	67,99
40,00	0,0111	3,30	2,82	39,89	46,01	40,00	78,06

ADUTORA DE PALMATORIA - EE-1

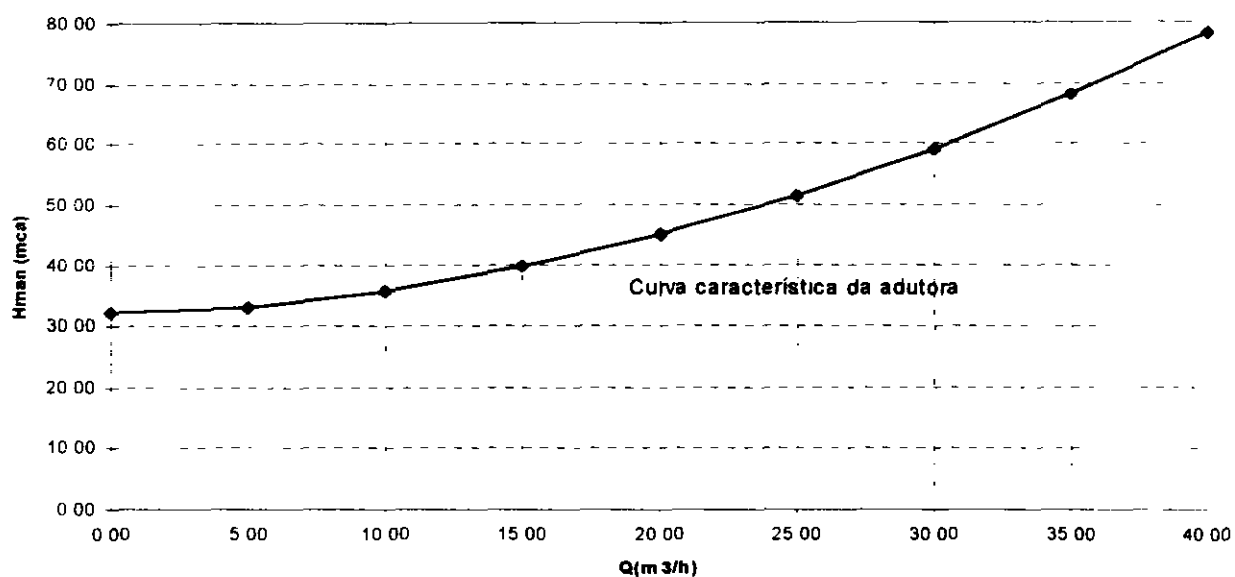


Figura 3.1 - Curva Característica da Adutora desde a Sucção da Bomba até a Torre Piezométrica (TP)

3.3.2 - Curva Característica da Bomba

A Tabela 3.3 e a Figura 3.2 mostram a curva característica fornecida pelo fabricante da bomba

Tabela 3.3 - Curva Característica Da Bomba Escolhida

VAZÃO EM 1 BOMBA		HMAN (1 bomba)
(m³/h)	(m³/s)	(mca)
0,00	0,0000	45,00
5,00	0,0014	45,00
10,00	0,0028	44,00
15,00	0,0042	39,00
20,00	0,0056	33,20
25,00	0,0069	25,00

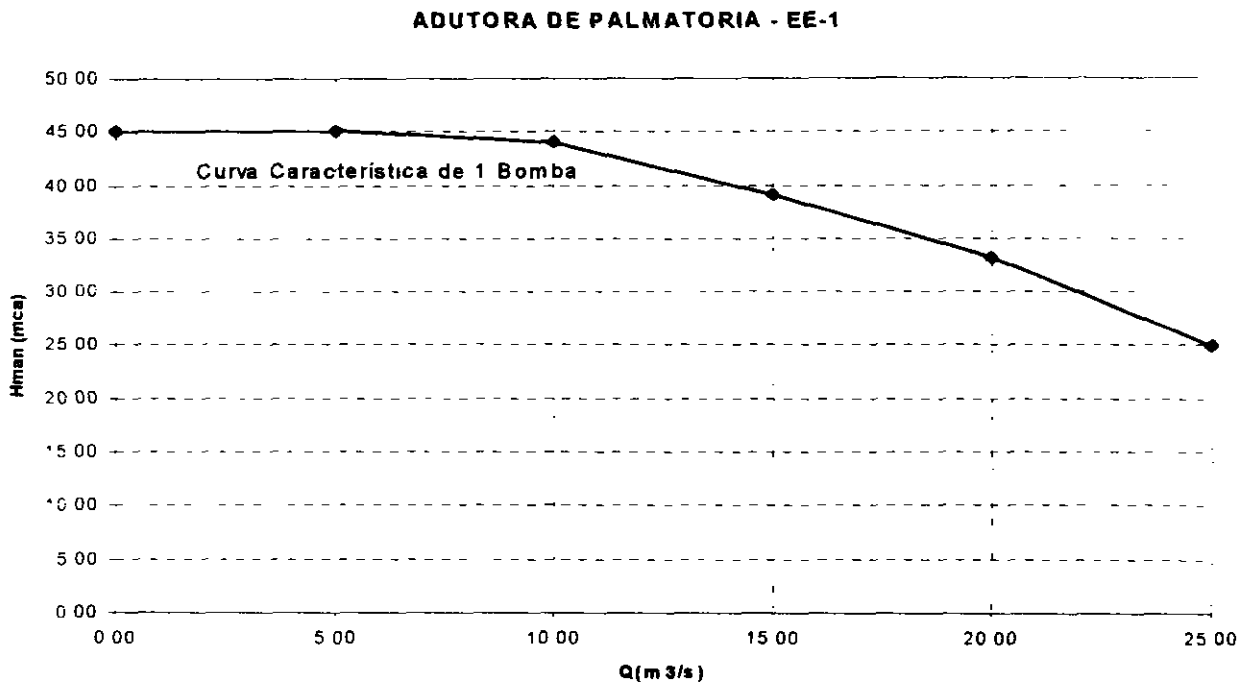


Figura 3.2 - Curva Característica da Bomba Escolhida

Na Tabela 3.4 encontram-se as curvas características da adutora, da bomba e o ponto de funcionamento do sistema

Tabela 3.4 - Curva Característica da Adutora e da Bomba

VAZÃO NA ADUTORA (m³/h)	HMAN (Adutora) (mca)	HMAN (bombas) (mca)
0	32,05	45,00
5	33,03	45,00
10	35,59	44,00
15	39,55	39,00
20	44,81	33,20
25	51,34	25,00

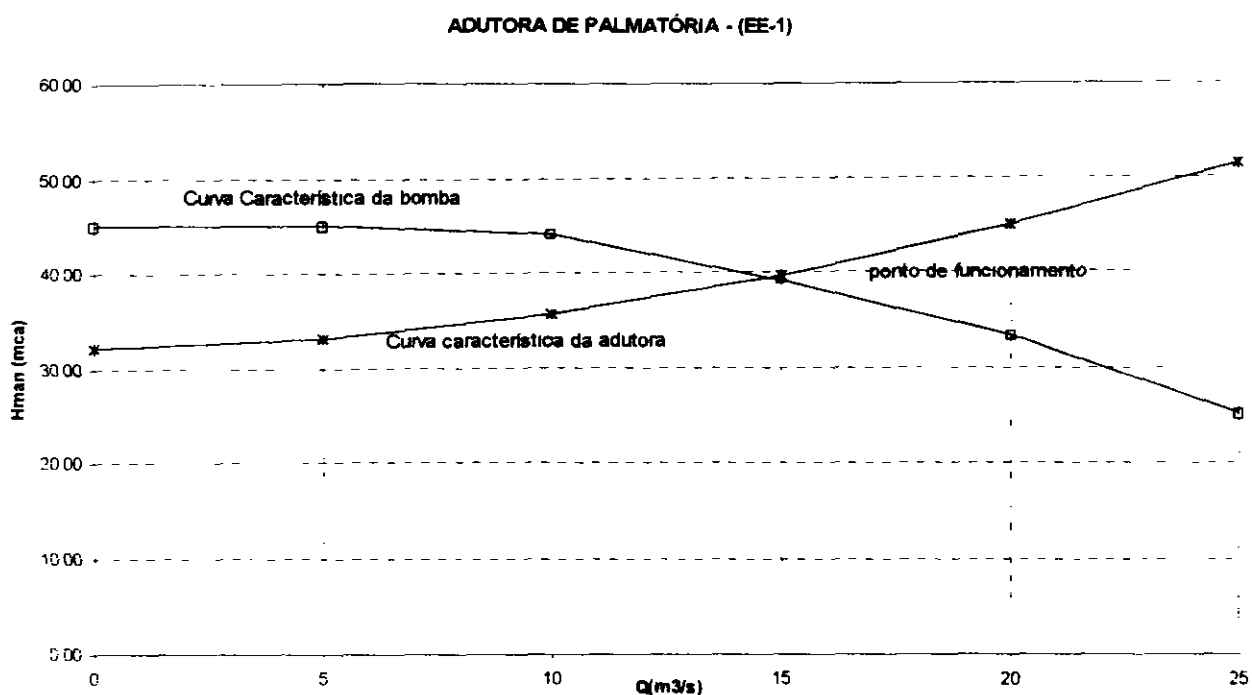


Figura 3.3 - Curvas Características da Adutora, da Bomba e Ponto de Funcionamento do Sistema

Na Figura 3.3 pode-se ver as curvas características da adutora, da bomba e o ponto de funcionamento do sistema onde ter-se-á

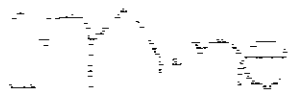
- Vazão Total 14,70 m³/h
- Altura manométrica 39,27 m c a

A vazão e a altura manométrica estão muito próximas dos valores de projeto que são

- Vazão Total 14,79 m³/h
- Altura manométrica 39,35 m c a

As bombas, a serem fornecidas por fabricantes para a Estação de Bombeamento EE-1 da adutora de Palmatória, deverão ter as seguintes características

- Bomba centrífuga com eixo horizontal (duplo-estágio)
- Diâmetro do rotor 220 mm
- Vazão 14,79 m³/h



- Hman total .. 39,35 mca
- Rotação 1 750 rpm
- Potência consumida 3,8 CV
- Potência do Motor 5,0 CV
- Tensão 220/380V

3.4 - DIMENSIONAMENTO DA ADUTORA POR GRAVIDADE - TRECHO 3 : TP - EE-2

- Vazão 14,79 m³/h (durante 24 horas),
- Cota do N A máximo na TP 124,45,
- Cota do N A mínimo na TP 123,45,
- Cota de chegada na EE-2 113,47,
- Desnível geométrico (Hg) 123,45 - 113,47 = 9,98 m,
- Comprimento do trecho TP - EE-2 2452,00 m,

A perda de carga na tubulação será calculada utilizando-se a fórmula de Hazen-Williams com C=140 para tubos de PVC

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

Sendo

$$Q = 14,79 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0041 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$L = 2452,00 \text{ m},$$

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

$$Dh = 10,64 \cdot \left(\frac{0,0041}{140} \right)^{1,85} \cdot 0,10^{-4,87} \cdot 2452$$

$$Dh = 7,94 \text{ m}$$

$$\text{Pressão disponível} = Hg - Dh = 9,98 - 7,94 = 2,04\text{m}$$

3.5 - DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO DA ADUTORA - TRECHO 4 : EE-2 - RSE-1

Para uma primeira aproximação utilizou-se a fórmula de BRESSE, que tem a seguinte expressão

$$D = K\sqrt{Q}$$

onde K = coeficiente que reflete o custo da energia e do material utilizado no sistema

Q = vazão em m^3/s

De um modo geral, K varia de 0,7 a 1,5. Adotou-se um valor médio $K = 1,2$

$$D = 1,2 \times \sqrt{0,00411} = 0,077 \text{ m}$$

O diâmetro comercial a ser adotado é $DN = 4''$

Realizou-se um estudo comparativo de custos com os seguintes diâmetros 2", 2 1/2", 3", 4" e 5"

A potência perdida (P_p) na adutora é dada por

$$P_p = \frac{9,8 \times Q \times DH}{\eta}$$

onde DH = perda de carga total na adutora, calculada pela fórmula de Hazen-Williams com $C = 140$ (tubos de PVC)

η = rendimento do conjunto moto-bomba ($\eta = 0,43$)

O custo anual das perdas de energia elétrica é calculado por

$$P_p \times t_a \times \gamma$$

onde t_a = número de horas de funcionamento por ano ($t_a = 7\,300 \text{ h}$)

γ = custo do kWh ($\gamma = R\$ 0,12713$)

O custo das perdas (CP), atualizado, considerando $T = 20$ anos (vida útil) e a taxa de juros $i = 12\%$ a a, é dado por

$$CP = \frac{P_p \times T_a \times \gamma}{i} \left[1 - \frac{1}{(1+i)^T} \right]$$

ou

$$CP = 7,469 \times P_p \times t_a \times \gamma = 6\,931,598 \times P_p$$

O resultado do estudo comparativo de custos está apresentado na Tabela 3.5 e mostra que o diâmetro mais econômico é de DN = 4" (100mm)

TABELA 3.5 - ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS DE DIVERSOS DIÂMETROS PARA A ADUTORA DE ÁGUA TRATADA - TRECHO 4

DN (mm)	Custo dos Tubos p/metro (R\$)	Custo Total dos Tubos (R\$)	Perda de Carga (m)	Potência Perdida (KW)	Custo das Perdas (R\$)		Soma dos Custos (R\$)
					Anual	Atual	
50	4,11	25,317,60	583,25	54,500	50,578,28	377,791,62	403,109,22
65	6,48	39,916,80	162,54	15,188	14,094,83	105,280,56	145,197,36
75	7,80	48,048,00	80,96	7,565	7,021,01	52,443,04	100,491,04
100	12,77	78,663,20	19,95	1,864	1,729,61	12,919,22	91,582,42
125	20,56	126,649,60	6,73	0,629	583,44	4,357,97	131,007,57

3.6 - DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EE-2

O dimensionamento da Estação Elevatória EE-2 será feito determinando-se as curvas características das tubulações desde a sucção até o final da adutora. As perdas de cargas distribuídas e localizadas, para diversas vazões, serão calculadas usando-se a fórmula de Hazen-Williams considerando, para as peças especiais, seus comprimentos equivalentes. As curvas características das bombas foram fornecidas pelos fabricantes.

Dados do projeto

• Vazão total	14,79 m ³ /h
• Cota do N A min no poço de sucção da EE-2	111,97
• Cota do N A máx no poço de sucção da EE-2	113,47
• Cota do N A na chegada no reservatório enterrado (RSE-1)	137,60
• Desnível geométrico máximo	137,60 - 111,97 = 25,63 m
• Comprimento do recalque	6 160,00 m
• Número de bombas em funcionamento	1
• Número de horas de funcionamento	24 horas

3.6.1 - Curva Característica da Tubulação

A estação elevatória terá 2 bombas centrífugas de eixo horizontal, sendo uma de reserva, instaladas em poço seco. Cada bomba será ligada a uma tubulação de ferro fundido e através de um barrilete dentro da casa de bombas, unem-se a uma adutora, de 6 160 metros de comprimento e 100mm de diâmetro, de PVC JE rígido. A adutora, após o barrilete seguirá enterrada durante todo o seu percurso. A vazão de dimensionamento é

- Vazão de 1 bomba $Q_{1b} = 14,79 \text{ m}^3/\text{h}$
- Vazão na adutora $Q = 14,79 \text{ m}^3/\text{h}$

a) Perda de Carga na Sucção (Dh_s)

O diâmetro recomendado para as tubulações de sucção é de 75mm e os comprimentos equivalentes para as peças especiais são

Peças especiais (d=75mm)	leq (m)
- 1 cnvo	18,75
- 1 toco	1,00
- 1 registro de gaveta	0,60
- 1 toco	0,50

- 1 redução (75 x 50mm)	0,45
leq total	21,30

$$Dh_s = 10,64 \left(\frac{Q_{1b}}{C} \right)^{1,85} \cdot D^{-4,87} \cdot leqt$$

Sendo

$$C = 100,$$

$$D = 0,075 \text{ m},$$

$$leqt = 21,30 \text{ m}$$

Tem-se

$$Dh_s = 10,64 \left(\frac{Q_{1b}}{100} \right)^{1,85} \cdot 0,075^{-4,87} \cdot 21,30$$

$$Dh_s = 13.607,33 \cdot Q_{1b}^{1,85}$$

b) Perda de Carga no Recalque até o Início da Adutora (Dhr)

A perda de carga no recalque será calculada desde a saída da bomba 1 até a junção no início da adutora de 100mm

Peças especiais	leq (m)
- 1 ampliação de 40 x 50mm	0,60
- 1 ampliação de 50 x 75mm	0,90
- 1 curva de 90°, d= 75mm	2,25
- 2 tocos , d= 75 mm	1,00
- 1 válvula de retenção , d= 75 mm	7,50
- 1 registro de gaveta, d= 75 mm	0,60
- 1 curva de 45°, d= 75 mm	1,13
- 1 toco , d= 75 mm	1,25
- 1 junção 100 x 75mm	3,00
- leqt	18,23



Sendo

$$Dh_r = 10,64 (Q / C)^{1,85} \times D^{-4,87} \times l_{eq}$$

Q = vazão de 1 bomba

$$C = 100$$

$$Dh_r = 10,64 (Q / 100)^{1,85} \times 0,075^{-4,87} \times 18,23$$

$$Dh_r = 11\,646,08 \times Q^{1,85}, \text{ sendo Q a vazão de 1 bomba}$$

c) *Perda de Carga na Adutora (Dh_A)*

$$Dh_A = 10,64 (Q_T / C)^{1,85} \times D^{-4,87} \times L$$

Sendo

$$L = 6\,160,00 \text{ m,}$$

$$D = 0,100 \text{ m,}$$

$$C = 140 \text{ (PVC)}$$

$$Q_T = Q$$

$$Dh_A = 10,64 (Q / 140)^{1,85} \times 0,100^{-4,87} \times 6\,160$$

$$Dh_A = 520\,218,13 \times Q^{1,85}, \text{ sendo Q a vazão de 1 bomba}$$

d) *Perda de Carga Total (Dh_t)*

$$Dh_t = Dh_s + Dh_b + Dh_A$$

$$Dh_t = (13\,607,33 + 11\,646,08 + 520\,218,13) \times Q^{1,85}$$

$$Dh_t = 545\,471,54 \times Q^{1,85}$$

A tabela 3.6 mostra a planilha de cálculo das perdas de carga na adutora, desde a sucção até a entrada no reservatório semi-enterrado (RSE-1), considerando o desnível geométrico igual a 25,63 m, e a Figura 3.4 mostra a curva característica da adutora

Tabela 3.6 - Curva Característica da Adutora - Trecho 4 : EE-2 - RSE-1

VAZÃO EM 1 BOMBA		DHs	DHb	DHA	DHT	VAZÃO NA ADUTORA	HMAN
(m ³ /h)	(m ³ /s)	(mca)	(mca)	(mca)	(mca)	(m ³ /h)	(mca)
0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,63
5,00	0,0014	0,07	0,06	2,69	2,82	5,00	28,45
10,00	0,0028	0,25	0,22	9,71	10,18	10,00	35,81
15,00	0,0042	0,54	0,46	20,55	21,55	15,00	47,18
20,00	0,0056	0,92	0,78	34,99	36,69	20,00	62,32
25,00	0,0069	1,38	1,18	52,87	55,44	25,00	81,07
30,00	0,0083	1,94	1,66	74,08	77,68	30,00	103,31
35,00	0,0097	2,58	2,21	98,53	103,31	35,00	128,94
40,00	0,0111	3,30	2,82	126,14	132,26	40,00	157,89

ADUTORA DE PALMATÓRIA - EE-2

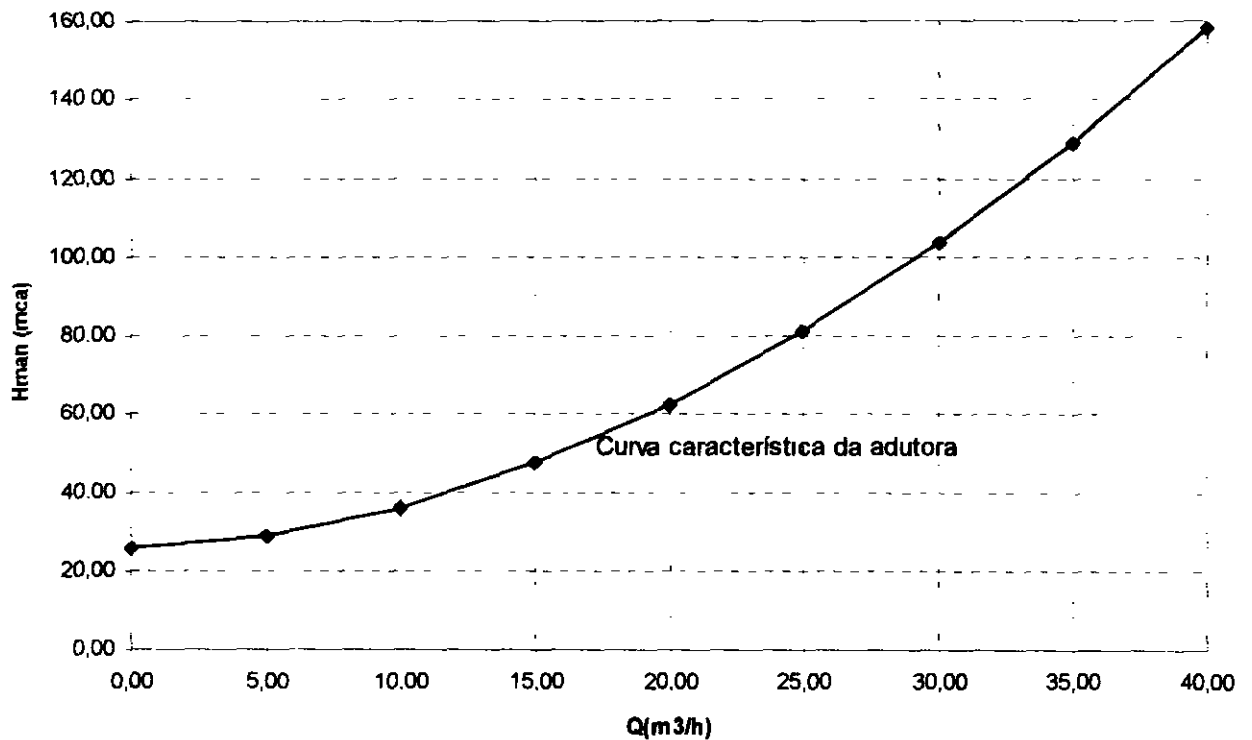


Figura 3.4 - Curva Característica da Adutora desde a Sucção da Bomba até RSE-1

3.6.2 - Curva Característica da Bomba

A Tabela 3.7 e a Figura 3.5 mostram a curva característica fornecida pelo fabricante da bomba

Tabela 3.7- Curva Característica da Bomba Escolhida

VAZÃO EM 1 BOMBA		HMAN (1bomba)
(m ³ /h)	(m ³ /s)	(mca)
0,00	0,0000	56,00
5,00	0,0014	56,00
10,00	0,0028	54,50
15,00	0,0042	50,00
20,00	0,0056	44,00
25,00	0,0069	35,00

ADUTORA DE PALMATÓRIA- EE-2

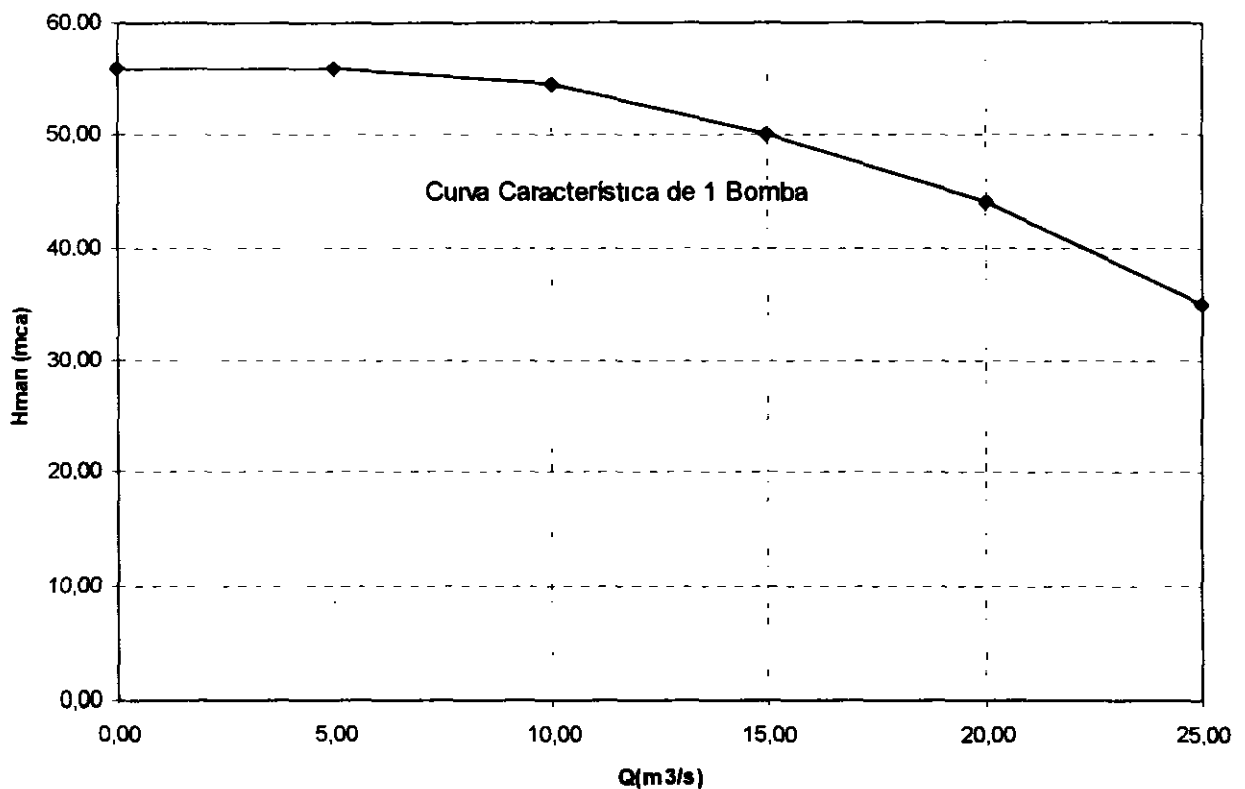


Figura 3.5 - Curva Característica da Bomba Escolhida

Na Tabela 3.8 encontram-se as curvas características da adutora, da bomba e o ponto de funcionamento do sistema

Tabela 3.8 - Curva Característica da Adutora e da Bomba

VAZÃO NA ADUTORA (m ³ /h)	HMAN (Adutora) (mca)	HMAN (bombas) (mca)
0	25,63	56,00
5	28,45	56,00
10	35,81	54,50
15	47,18	50,00
20	62,32	44,00
25	81,07	35,00

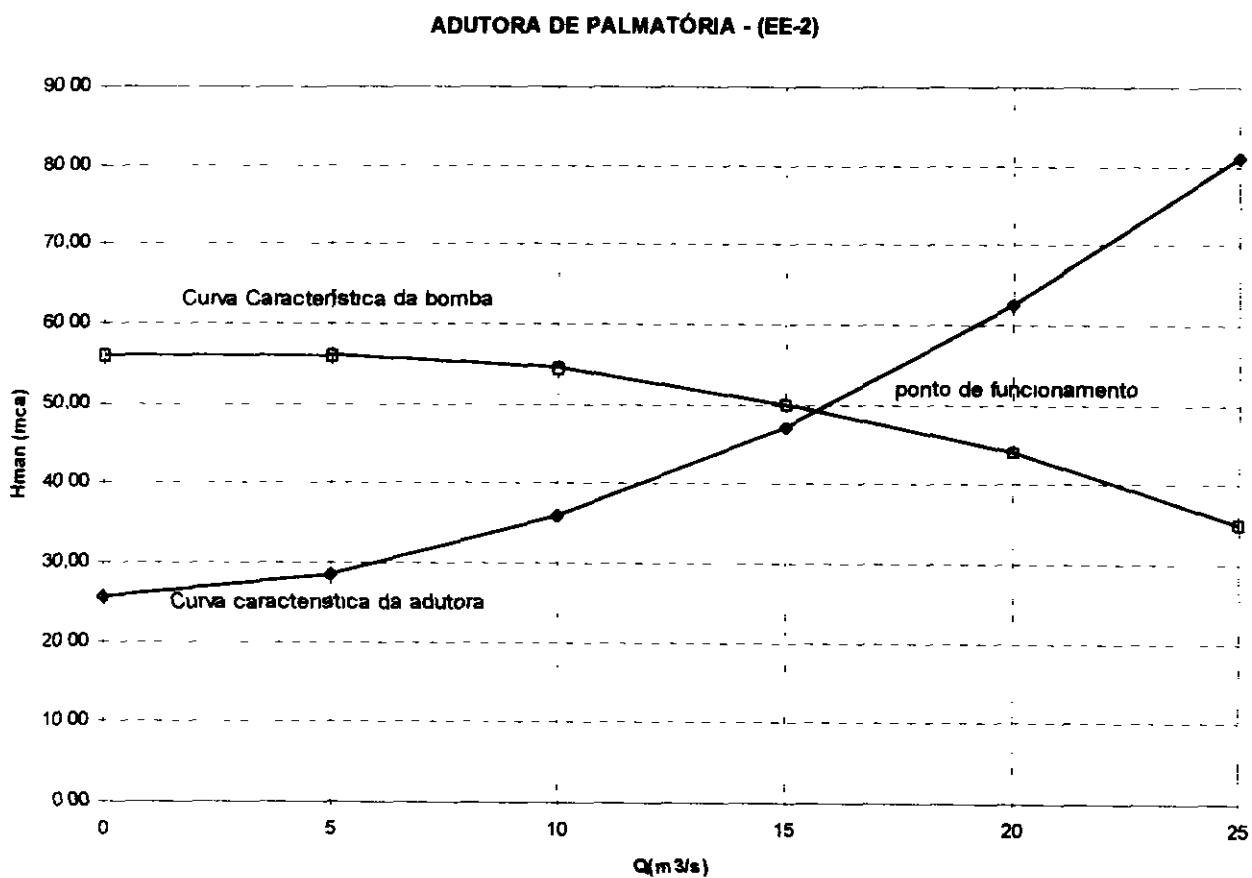


Figura 3.6 - Curvas Características da Adutora, da Bomba e Ponto de Funcionamento do Sistema

Na Figura 3.6 pode-se ver as curvas características da adutora, da bomba e o ponto de funcionamento do sistema onde ter-se-á

- Vazão Total 15,59 m³/h
- Altura manométrica 48,55 m c a

A vazão e a altura manométrica estão um pouco acima dos valores de projeto. Deverá ser solicitado do fabricante um ajuste nos rotores para que se tenha no ponto de funcionamento do sistema os seguintes valores

- Vazão Total 14,79 m³/h
- Altura manométrica 46,62 m.c a

As bombas, a serem fornecidas por fabricantes para a Estação de Bombeamento EE-2 da adutora de Palmatóna, deverão ter as seguintes características

- Bomba centrífuga com eixo horizontal (duplo-estágio)
- Diâmetro do rotor 260 mm
- Vazão 14,79 m³/h
- Hman total 46,62 mca
- Rotação 1750 rpm
- Potência consumida 4,9 CV
- Potência do Motor 6 CV
- Tensão 220/380V

3.7 - ESTUDO DE GOLPE DE ARIETE NAS INSTALAÇÕES DE RECALQUE

O transiente hidráulico do sistema adutor da Adutora de Palmatóna, aqui analisado, é composto de 2 trechos por recalque, sendo que o Trecho 2 tem 1 948m e o Trecho 4 tem 6 160m de comprimento

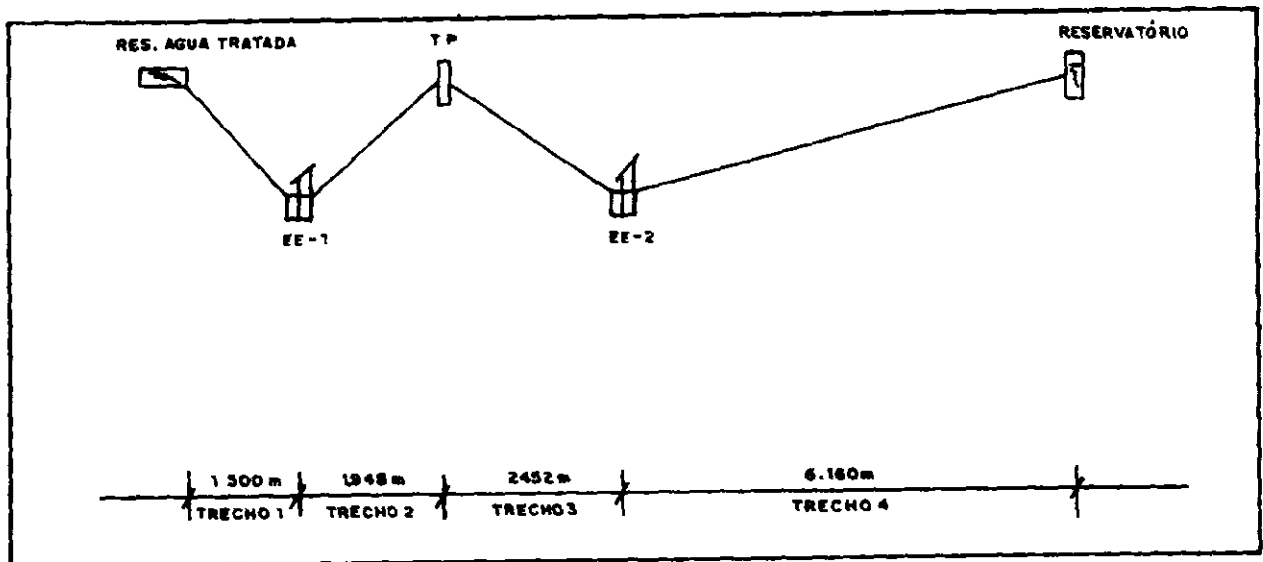


Figura 3.7 - Esquema do Sistema Adutor da Adutora de Palmatória

Analisou-se o comportamento do sistema hidráulico durante os transientes hidráulicos devido à parada das bombas por interrupção no fornecimento de energia elétrica. Para isso foi utilizado um programa computacional baseado no método das características com o qual é possível analisar o sistema hidráulico como um todo, incluindo os equipamentos de proteção da tubulação. No caso foi considerado o funcionamento normal de todas as válvulas de retenção, isto é sem ocorrer refluxo, e tendo na linha a presença das ventosas para cada local projetado.

Para se aplicar o modelo matemático, o sistema hidráulico foi discretizado com seções igualmente distanciadas entre si (100m) e calculadas as variáveis a cada intervalo de tempo definido no programa para cada trecho.

Cada um dos 2 trechos estudados foi dividido em sub-trechos, sendo que um sub-trecho é determinado por 2 contornos. Os contornos do sistema adutor da adutora de Palmatória são conjuntos moto-bombas, ventosas e reservatório de jusante, portanto o primeiro sub-trecho de um trecho inicia-se na estação elevatória e termina na primeira ventosa, os sub-trechos subsequentes iniciam-se e terminam-se em ventosas e o último sub-trecho inicia-se na última ventosa e termina no reservatório de jusante.

Os trechos estão assim divididos

- Trecho 2 5 sub-trechos,
- Trecho 4 7 sub-trechos,

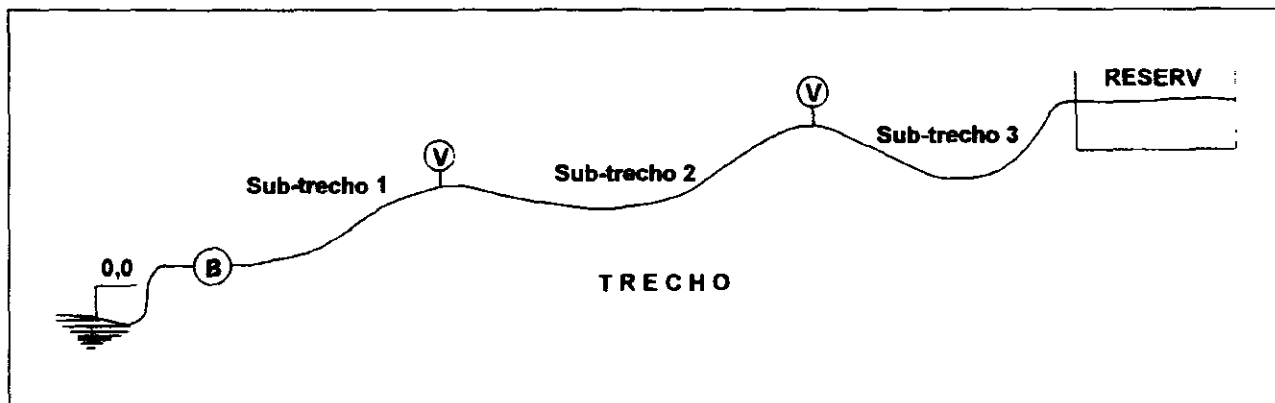


Figura 3.8 - Sistema Hidráulico

O histórico das cargas relativas ($P/\gamma+Z$) para as seções que se desejou estudar são apresentados em forma de tabelas e de gráficos. As cargas apresentadas são chamadas de relativas pois o modelo considera como nível zero o nível do poço de sucção da estação elevatória de cada trecho.

Foi analisado para cada um dos trechos o seu funcionamento no regime transiente considerando-se os conjuntos moto-bombas sem volantes. O estudo indica que as pressões positivas não serão muito maiores do que as pressões no regime normal, mas em alguns trechos ter-se-á pressões negativas devendo serem instaladas ventosas, aos pares, para garantir que a adutora não venha a colapsar.

3.7.1 - Trecho 2 - EE-1 até TP

Dados do Trecho 2 Comprimento total 1 948 m.
 Numero de sub-trechos 5,
 Número de ventosas 4

A Tabela 3 9 e as Figuras 3 9 a 3 12 mostram as cargas no regime transiente dos sub-trechos do trecho 2

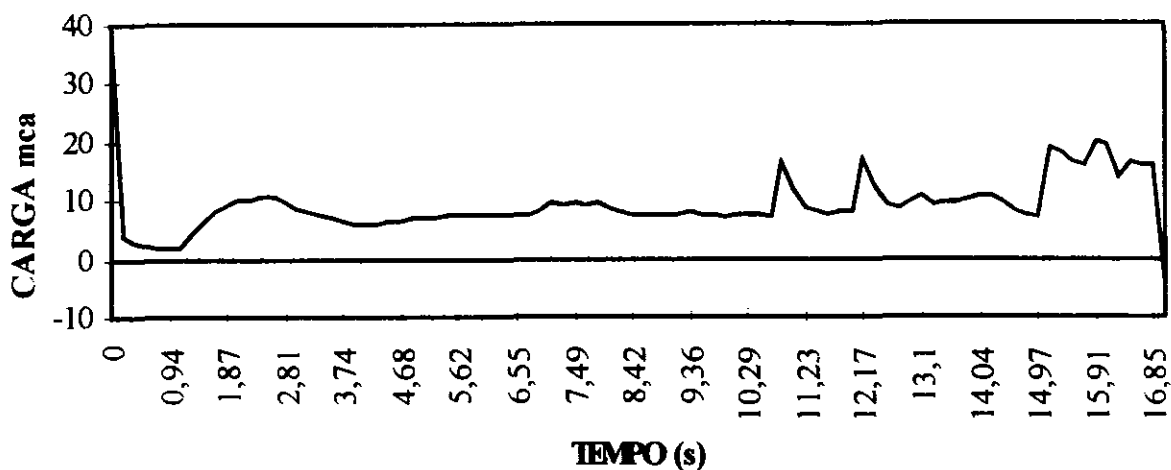
TABELA 3.9 - CARGAS NO REGIME TRANSIENTE DOS SUB-TRECHOS				
DO TRECHO 2 DA ADUTORA DE PALMATÓRIA				
Tempo (s)	Carga (mca)			
	Sub-trecho 1	Sub-trecho 2	Sub-trecho 3	Sub-trecho 4
	Seção 1	Seção 3	Seção 2	Seção 2
0	38	36,64	36,14	35,08
0,19	3,96	36,64	36,14	35,08
0,37	3,01	36,64	36,14	35,08
0,56	2,24	36,64	36,14	35,08
0,75	1,84	36,64	36,14	35,08
0,94	1,6	36,64	36,14	35,08
1,12	1,69	7,02	36,14	35,08
1,31	4,45	7,23	36,14	35,08
1,5	6,31	7,78	7,53	35,08
1,68	7,87	8,13	7,9	35,08
1,87	9,26	7,77	7,53	35,08
2,06	9,87	8,14	7,9	33,49
2,25	10,21	7,05	7,54	3,54
2,43	10,76	7,22	7,89	4,05
2,62	10,66	7,79	5,67	3,65
2,81	9,7	8,12	4,57	4,05
2,99	8,81	7,76	6,06	3,66
3,18	7,85	8,13	7,89	4,03
3,37	7,31	7,07	7,53	3,65
3,56	6,94	7,21	7,88	4,04
3,74	6,6	7,79	7,53	5,65
3,93	6,17	8,1	7,88	7,55
4,12	6,13	7,77	7,65	7,21
4,31	6,08	8,13	8,11	7,55
4,49	6,38	7,09	7,63	7,2
4,68	6,63	7,2	7,87	7,55
4,87	6,85	7,81	7,56	7,2
5,05	6,9	8,05	7,85	7,56
5,24	7,23	7,79	7,57	7,07
5,43	7,36	8,1	7,85	7,3
5,62	7,65	7,11	7,56	31,6
5,8	7,67	7,21	7,83	31,87

**TABELA 3.9 - CARGAS NO REGIME TRANSIENTE DOS SUB-TRECHOS
DO TRECHO 2 DA ADUTORA DE PALMATÓRIA**

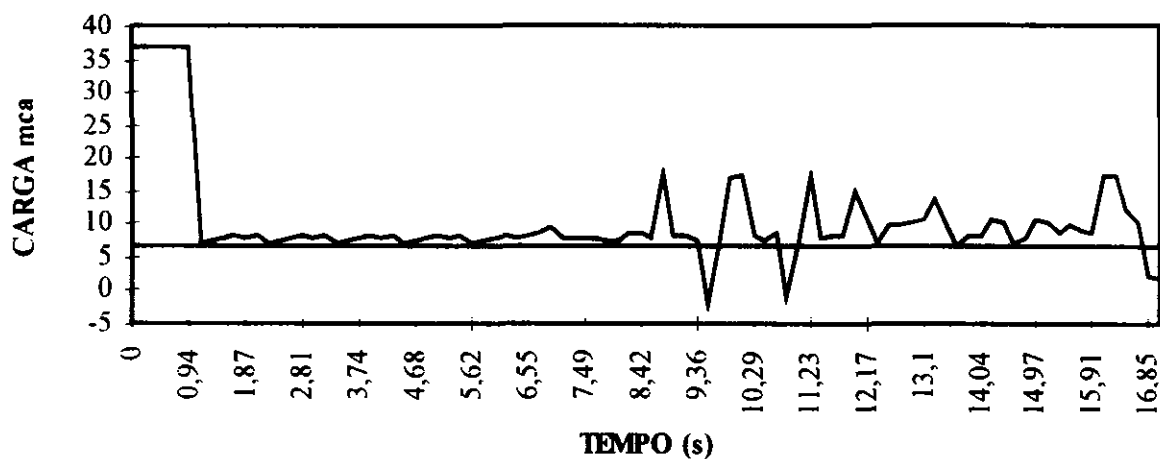
Tempo (s)	Carga (mca)			
	Sub-trecho 1	Sub-trecho 2	Sub-trecho 3	Sub-trecho 4
	Seção 1	Seção 3	Seção 2	Seção 2
5,99	7,68	7,83	7,58	29,92
6,18	7,54	8,03	7,83	30,26
6,36	7,6	7,79	30,29	29,94
6,55	7,47	8,06	30,51	30,27
6,74	7,49	8,68	7,89	30
6,93	8,28	9,5	8,16	30,25
7,11	9,36	7,81	7,98	28,23
7,3	9,17	7,84	8,15	27,01
7,49	9,63	7,73	7,99	4,17
7,67	9,25	7,92	8,1	4,39
7,86	9,55	7,36	5	4,31
8,05	8,73	7,46	3,86	4,34
8,24	8,12	8,53	6,65	4,29
8,42	7,74	8,39	7,98	4,27
8,61	7,72	7,89	7,85	4,37
8,8	7,54	17,64	17,6	4,47
8,98	7,6	8,21	8,01	7,32
9,17	7,73	8,27	7,94	8,65
9,36	8	7,26	8,3	9,92
9,55	7,51	-2,36	8,43	19,96
9,73	7,4	7,67	8,07	9,98
9,92	7,19	16,81	8,15	9,95
10,11	7,29	17,33	18,32	9,97
10,29	7,29	8,13	8,63	9,96
10,48	7,31	7,39	8,09	9,58
10,67	6,99	8,62	8,05	9,03
10,86	16,5	-1,18	7,97	36,95
11,04	11,62	7,03	8,04	27
11,23	8,46	17,14	8,84	25,33
11,42	7,92	7,92	7,95	25,36
11,61	7,77	8,17	23,41	25,35
11,79	7,86	8,15	23,9	25,51
11,98	8,04	14,84	10,88	25,77

**TABELA 3.9 - CARGAS NO REGIME TRANSIENTE DOS SUB-TRECHOS
DO TRECHO 2 DA ADUTORA DE PALMATÓRIA**

Tempo (s)	Carga (mca)			
	Sub-trecho 1	Sub-trecho 2	Sub-trecho 3	Sub-trecho 4
	Seção 1	Seção 3	Seção 2	Seção 2
12,17	16,83	10,6	10,98	25,51
12,35	12,21	6,93	11,87	22,83
12,54	8,83	9,79	10,93	22,44
12,73	8,33	9,8	10,78	9,73
12,92	9,72	10,08	10,73	2,06
13,1	10,42	10,67	7,97	10,59
13,29	9,18	13,87	7,13	10,14
13,48	9,43	9,66	9,3	9,46
13,66	9,83	6,58	3,74	9,33
13,85	10,29	8,1	9,73	9,49
14,04	10,44	8,09	15,25	9,8
14,23	10,45	10,61	9,53	4,43
14,41	9,56	10,16	9,65	13,17
14,6	8,29	7,08	10,12	14,11
14,79	7,58	7,62	10,54	19,24
14,97	7,14	10,41	3,25	13,41
15,16	18,99	10,01	9,98	13,58
15,35	17,9	8,58	16,12	25,96
15,54	16,07	9,64	10,55	13,88
15,72	15,97	9,01	9,99	13,77
15,91	20,09	8,72	9,92	12,97
16,1	19,3	17,46	20,39	20,24
16,28	13,72	17,28	9,87	26,75
16,47	16,07	12,25	5,53	22,35
16,66	15,78	9,97	11,39	19,79
16,85	15,78	2,16	11,55	21,14
17,03	-5,06	1,7	23,1	21,27



**FIGURA 3.9 - CARGA x TEMPO NO REGIME TRANSIENT
(TRECHO 2 :SUB-TRECHO 1 - SEÇÃO 1)
Cota da seção = 0,0**



**FIGURA 3.10 - CARGA x TEMPO NO REGIME TRANSIENT
(TRECHO 2 :SUB-TRECHO 2 - SEÇÃO 3)
Cota da seção = 6,57**

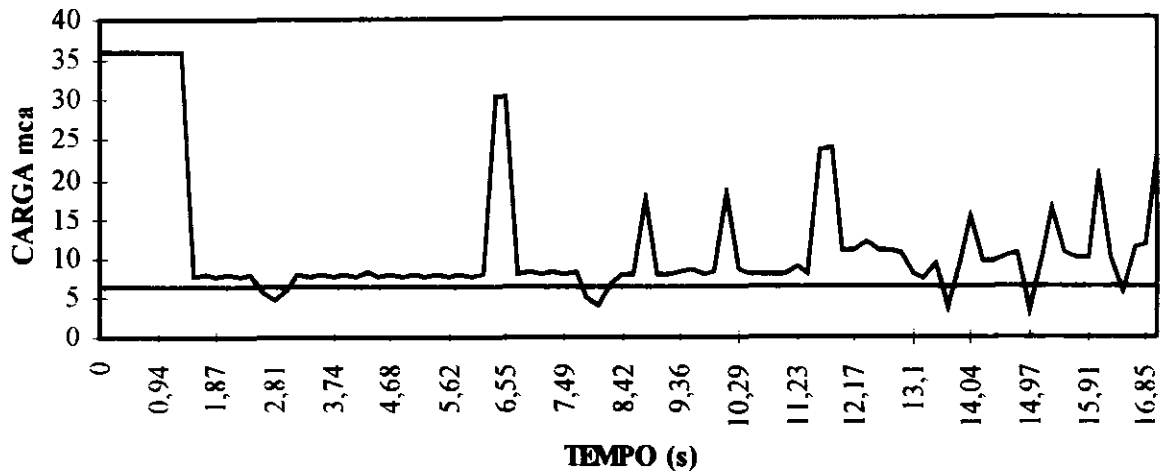


FIGURA 3.11 - CARGA x TEMPO NO REGIME TRANSIENT
(TRECHO 2 :SUB-TRECHO 3 - SEÇÃO 2)
 Cota da seção = 6,28

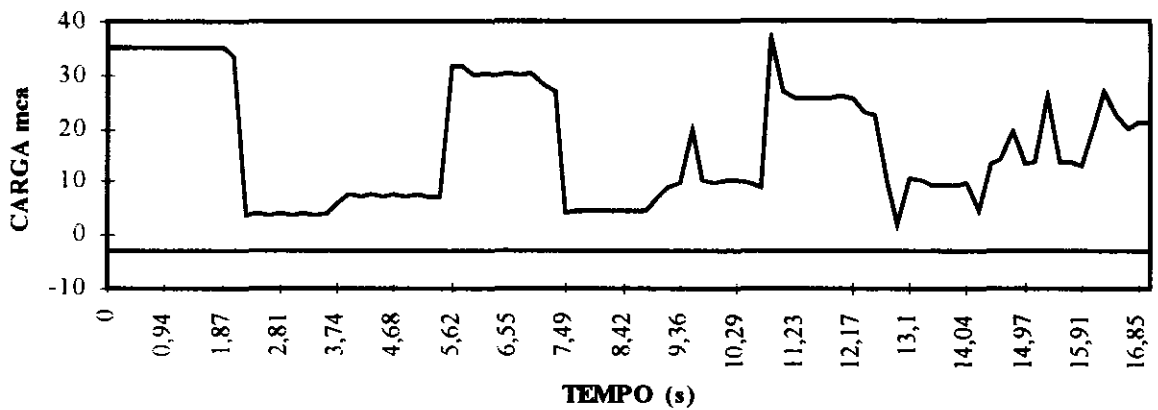


FIGURA 3.12 - CARGA x TEMPO NO REGIME TRANSIENTE
(TRECHO 2 :SUB-TRECHO 4 - SEÇÃO 2)
 Cota da seção = -3,13

3.7.2 - Trecho 4 - EE-2 até RSE-1

Dados do Trecho 4 Comprimento total 6 160m,

Numero de sub-trechos 7,

Número de ventosas 6

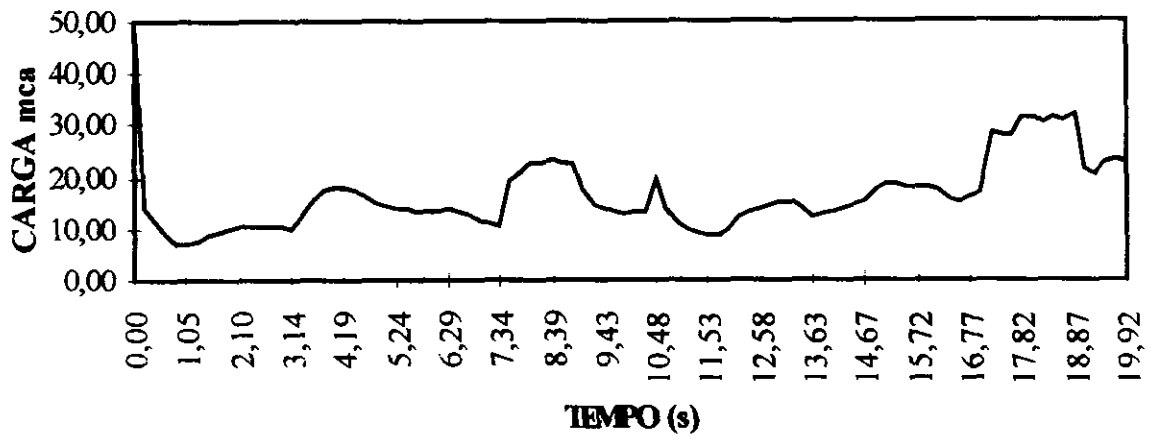
A Tabela 3.10 e as Figuras 3.13 a 3.16 mostram as cargas no regime transiente dos sub-trechos do trecho 4

TABELA 3.10 - CARGAS NO REGIME TRANSIENTE DOS SUB-TRECHOS DO TRECHO 4 DA ADUTORA DE PALMATÓRIA				
Tempo (s)	Carga (mca)			
	Sub-trecho 1	Sub-trecho 2	Sub-trecho 3	Sub-trecho 5
	Seção 1	Seção 2	Seção 4	Seção 5
0,00	50,00	47,33	44,34	36,71
0,21	13,75	47,33	44,34	36,71
0,42	10,87	47,33	44,34	36,71
0,63	8,50	47,33	44,34	36,71
0,84	7,22	47,33	44,34	36,71
1,05	6,86	47,33	44,34	36,71
1,26	7,63	47,33	44,34	36,71
1,47	8,48	47,33	44,34	36,71
1,68	9,41	47,33	44,34	36,71
1,89	9,92	12,57	44,34	36,71
2,10	10,26	12,64	44,34	36,71
2,31	10,34	12,56	44,34	36,71
2,52	10,39	12,65	44,34	36,71
2,73	10,30	12,56	44,34	36,71
2,93	10,25	12,64	44,34	36,71
3,14	10,16	12,56	44,34	29,62
3,35	12,30	12,64	44,34	29,62
3,56	14,95	12,57	44,34	29,60
3,77	17,24	12,64	22,22	29,60
3,98	18,31	12,56	23,22	29,58

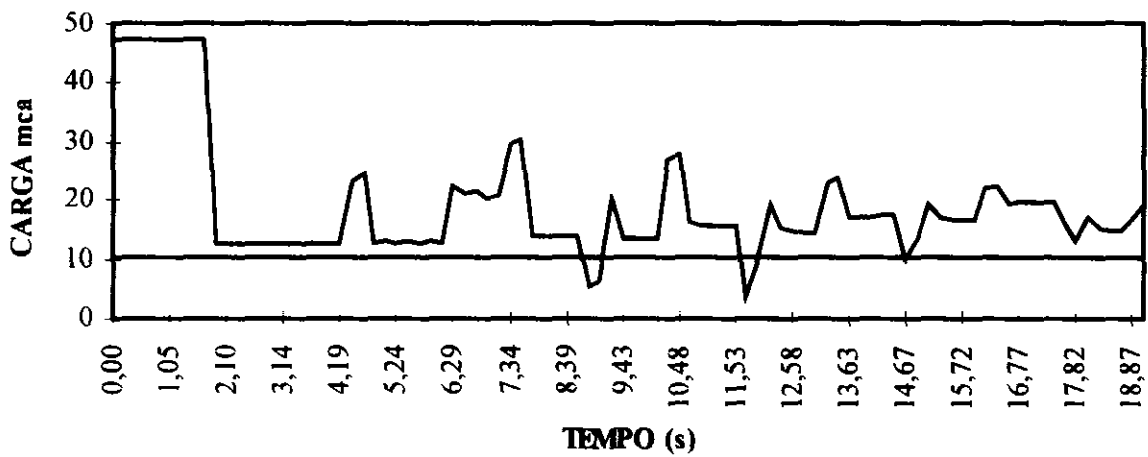
TABELA 3.10 - CARGAS NO REGIME TRANSIENTE DOS SUB-TRECHOS DO TRECHO 4 DA ADUTORA DE PALMATÓRIA				
Tempo (s)	Carga (mca)			
	Sub-trecho 1	Sub-trecho 2	Sub-trecho 3	Sub-trecho 5
	Seção 1	Seção 2	Seção 4	Seção 5
4.19	18,23	12,65	22,23	29,58
4.40	17,29	23,42	23,20	29,57
4.61	16,23	24,45	22,24	29,57
4.82	15,22	12,69	23,17	29,60
5.03	14,53	12,79	22,28	29,60
5.24	13,97	12,70	23,13	29,71
5.45	13,72	12,78	22,32	29,71
5.66	13,45	12,71	23,09	29,69
5.87	13,43	12,77	22,36	29,69
6.08	13,35	12,71	23,05	29,68
6.29	13,86	22,24	22,39	29,68
6.50	13,55	21,06	23,02	29,63
6.71	12,77	21,32	22,42	29,63
6.92	11,72	20,29	22,95	29,61
7.13	10,92	20,59	22,47	29,61
7.34	10,38	29,47	22,90	29,60
7.55	19,23	30,57	22,52	29,60
7.76	21,14	13,74	22,85	29,53
7.97	22,76	13,82	16,85	29,53
8.18	22,61	13,76	17,14	29,51
8.39	23,00	13,86	16,87	29,51
8.60	22,54	13,76	17,08	11,39
8.80	22,76	5,40	16,86	12,29
9.01	17,27	6,32	17,04	11,36
9.22	14,67	20,23	22,34	12,24
9.43	13,72	13,53	22,46	11,34
9.64	13,27	13,57	22,34	12,16
9.85	12,97	13,53	22,44	17,93
10.06	13,10	13,45	22,57	18,29

TABELA 3.10 - CARGAS NO REGIME TRANSIENTE DOS SUB-TRECHOS DO TRECHO 4 DA ADUTORA DE PALMATÓRIA				
Tempo (s)	Carga (mca)			
	Sub-trecho 1	Sub-trecho 2	Sub-trecho 3	Sub-trecho 5
	Seção 1	Seção 2	Seção 4	Seção 5
10,27	13,33	26,67	22,64	17,97
10,48	19,75	27,49	22,57	18,26
10,69	14,23	16,25	22,63	17,99
10,90	10,87	15,82	22,59	18,26
11,11	9,62	15,52	22,63	18,00
11,32	9,10	15,68	22,40	18,24
11,53	8,72	15,49	22,43	17,96
11,74	8,64	3,58	22,28	18,17
11,95	9,65	9,94	22,30	17,97
12,16	12,07	19,21	22,27	18,16
12,37	13,16	15,13	22,30	17,99
12,58	14,22	14,74	22,24	18,15
12,79	14,71	14,50	22,25	18,06
13,00	15,24	14,43	22,35	18,20
13,21	15,35	22,71	22,36	18,10
13,42	14,02	23,67	22,36	18,26
13,63	12,12	16,91	22,36	18,08
13,84	12,59	16,91	22,40	18,28
14,05	13,23	16,96	22,40	22,74
14,26	14,07	17,38	22,39	22,93
14,47	14,57	17,34	22,41	22,71
14,67	15,08	9,89	27,97	22,92
14,88	17,35	13,58	27,64	22,74
15,09	18,66	19,28	28,02	22,95
15,30	18,48	17,07	27,66	18,29
15,51	18,31	16,64	28,02	18,52
15,72	17,80	16,56	27,71	18,31
15,93	17,74	16,74	22,67	18,54
16,14	17,43	21,78	22,75	18,13

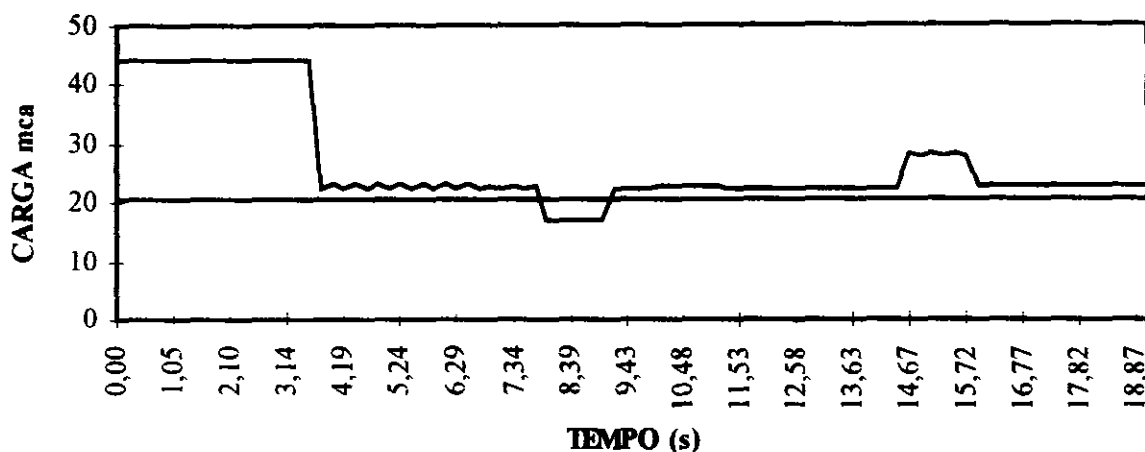
TABELA 3.10 - CARGAS NO REGIME TRANSIENTE DOS SUB-TRECHOS DO TRECHO 4 DA ADUTORA DE PALMATÓRIA				
Tempo (s)	Carga (mca)			
	Sub-trecho 1	Sub-trecho 2	Sub-trecho 3	Sub-trecho 5
	Seção 1	Seção 2	Seção 4	Seção 5
16,35	15,48	22,46	22,66	18,39
16,56	15,25	18,99	22,77	18,14
16,77	16,31	19,43	22,67	18,38
16,98	16,74	19,55	22,80	18,16
17,19	28,34	19,84	22,69	18,39
17,40	27,80	19,73	22,84	18,34
17,61	28,08	15,68	22,74	18,54
17,82	31,57	12,84	22,88	18,43
18,03	31,50	16,87	22,74	28,24
18,24	30,34	15,20	22,89	28,41
18,45	31,18	14,73	22,69	28,21
18,66	30,83	14,65	22,88	28,43
18,87	31,84	16,70	22,63	28,21
19,08	21,79	19,06	22,82	28,43
19,29	20,10	19,16	22,60	28,22
19,50	22,44	17,46	22,76	18,43
19,71	23,30	17,78	22,64	18,38
19,92	22,41	17,81	22,73	18,82



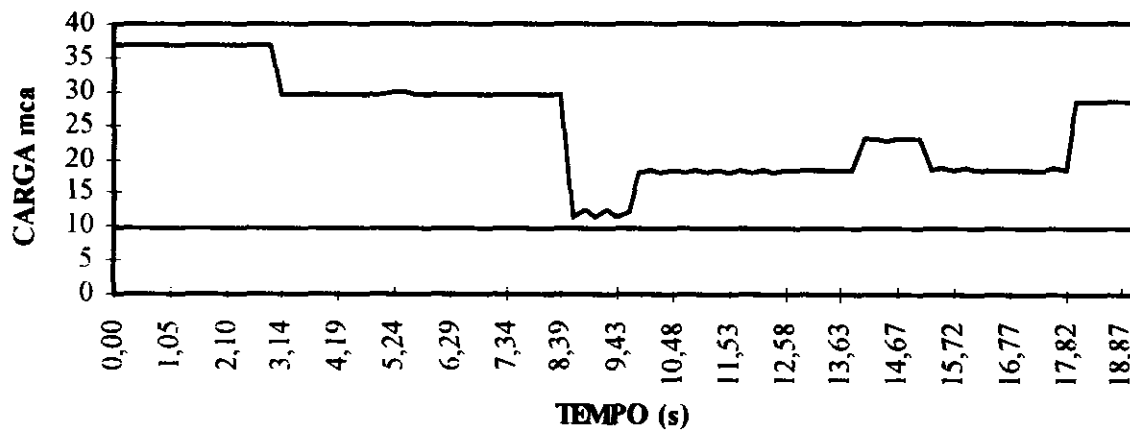
**FIGURA 3.13 - CARGA x TEMPO NO REGIME TRANSIENT
(TRECHO 4 :SUB-TRECHO 1 - SEÇÃO 1)
Cota da seção = 0,0**



**FIGURA 3.14 - CARGA x TEMPO NO REGIME TRANSIENT
(TRECHO 4 :SUB-TRECHO 2 - SEÇÃO 2)
Cota da seção = 10,34**



**FIGURA 3.15 - CARGA x TEMPO NO REGIME TRANSIENT
(TRECHO 4 :SUB-TRECHO 3 - SEÇÃO 4)
Cota da seção = 20,32**



**FIGURA 3.16 - CARGA x TEMPO NO REGIME TRANSIENT
(TRECHO 4 :SUB-TRECHO 5 - SEÇÃO 5)
Cota da seção = 9,85**

4 - PROJETO ELÉTRICO

4.1 - INTRODUÇÃO

Esta memória de cálculo visa dimensionar as subestações e equipamentos elétricos destinados às estações de captação e bombeamento do Projeto Adutoras KM-20 em Senador Pompeu

As subestações transformadoras, classe 15 KV, serão do tipo aérea e ao tempo, instaladas em postes de concreto armado, padrão COELCE. Estas subestações estarão ligadas ao sistema de fornecimento de energia primária em 13,8 KV através das linhas de distribuição rural do sistema COELCE e que fornecerão aos motores das bombas tensão 380 V trifásica

Os motores elétricos serão acionados por chaves de comando automático com partida auto-compensada para os motores da captação e com partida direta para os motores da estação de tratamento de água (EE-FILTROS) e da estação elevatória 2 (EE-2)

Os motores elétricos deverão ter suas carcaças devidamente aterradas com cabo de cobre nú e hastes de terra em aço cobreado, serão totalmente fechados e terão grau de proteção mínimo IP-54

As chaves de comando protegerão os motores contra sobrecarga, curto circuito e falta de fase, além do controle de nível de água, nas estações EE-FILTROS e EE-2, que desligarão os motores no caso do nível mínimo ser atingido

As chaves de comando e proteção dos motores serão instaladas em quadros de chapa metálica, estrutura auto portante, garantindo sua estabilidade e segurança de terceiros, bem como a perfeita fixação dos equipamentos e materiais elétricos utilizados na confecção destes quadros. Os quadros de comando deverão ter grau de proteção mínimo IP-44 (NBR 6146)

4.2 - POTÊNCIA DAS SUBESTAÇÕES - DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

4.2.1 - Captação

A carga instalada prevista será de (02) dois motores elétricos trifásicos, sendo um (01) efetivo e um (01) reserva. Em nenhuma hipótese os motores deverão operar simultaneamente (em paralelo)

- Características dos Motores 12,5 CV

potência nominal	12,5 CV
tensão nominal	380 V

corrente nominal	19 A
frequência	60 Hz
fator de potência	0,85
rendimento	0,80

- Potência da Subestação

$$P_{SE} = \frac{12,5 \times 0,736}{0,85 \times 0,8} = 13,5 \text{ kVA}$$

Será instalada uma subestação - tipo poste - de 15 kVA - 13 800/380/220 V (Padrão COELCE)

4.2.2 - Estação de Tratamento (EE-FILTROS)

A carga instalada prevista será de (02) dois motores elétricos trifásicos, sendo um (01) efetivo e um (01) reserva. Em nenhuma hipótese os motores deverão operar simultaneamente (em paralelo)

- Características dos Motores 7,5 CV

potência nominal	5 CV
tensão nominal	380 V
corrente nominal	12 A
frequência	60 Hz
fator de potência	0,8
rendimento	0,78

- Potência da Subestação

$$P_{SE} = \frac{7,5 \times 0,736}{0,83 \times 0,78} = 8,5 \text{ kVA}$$

Será instalada uma subestação - tipo poste - de 15 kVA - 13.800/380/220 V (Padrão COELCE)

4.2.3 - Estação Elevatória 2 (EE-2)

A carga instalada prevista será de dois (02) motores elétricos trifásicos, sendo um (01) efetivo e um (01) reserva. Em nenhuma hipótese os motores deverão operar simultaneamente (em paralelo)

- *Características dos Motores 4,0 CV*

potência nominal	...	4,0 CV
tensão nominal		380 V
corrente nominal		7,5 A
freqüência		60 Hz
fator de potência	..	0,8
rendimento		0,7

- *Potência da Subestação*

$$P_{SE} = \frac{4 \times 0,736}{0,8 \times 0,7} = 5,3 \text{ kVA}$$

Será instalada uma subestação - tipo poste - de 15 kVA - 13 800/380/220 V (Padrão COELCE)

4.2.4 - Subestação Padrão 15 kVA - Condutores e Proteção

- *Condutores Secundários*

$$I_s = \frac{15}{\sqrt{3} \times 0,38} = 22,8 \text{ A}$$

$S_{fase} = 3 \times 6 \text{ mm}^2$ (1 condutor p/fase - 750 V - PVC)

$S_{neutro} = 1 \times 6 \text{ mm}^2$ (1 condutor neutro - 750 V - PVC)

- *Proteção Primária*

$$I_p = \frac{15}{\sqrt{3} \times 13,8} \times 1,5 = 0,94 \text{ A}$$

Será utilizado chave fusível - 15 kV - 100 A - 5 kA - com elo fusível de 1 A (1 H)

- *Proteção Secundária*

$$I_s = \frac{15}{\sqrt{3} \times 0,38} = 22,8 \text{ A}$$

Será utilizado disjuntor geral trifásico de 380 V - 30 A - 5 kA

4.3 - MOTORES ELÉTRICOS

Dimensionamento de condutores, proteção e acionamento

4.3.1 - Motor 12,5 CV

corrente nominal 19 A

partida chave automática compensadora - 380 V p/motor 12,5 CV - taps 65/80%

condutores a) Pela ampacidade 19 A

S_{fase} 3 x 2,5 mm² (1 condutor p/fase - 750 V PVC)

$S_{proteção}$ 1 x 2,5 mm² (1 condutor cobre nú)

b) Pela queda de tensão: admitindo-se o motor distante de 100 m do quadro de comando, 2% queda de tensão

$$S_C = \frac{173 \times \left(\frac{1}{56}\right) \times 19 \times 100 \times 0,85}{2 \times 380} = 6,56 \text{ mm}^2$$

A bitola a prevalecer será de maior seção, então

S_{fase} 3 x 6 mm² (1 condutor p/fase - 750 V PVC)

proteção fusível tipo DIAZED (DZ) - 40 A - 500 V

relé bimetálico de sobrecarga. faixa de regulagem 16 a 25 A, ajuste 19 A

4.3.2 - Motor 7,5 CV

corrente nominal 12 A

partida chave automática partida direta - 380 V

condutores. S_{fase} 3 x 2,5 mm² (1 condutor p/fase - 750 V - PVC)

$S_{proteção}$ 1 x 2,5 mm² (1 condutor cobre nú)

proteção fusível tipo DIAZED - 25 A - 50 V

relé bimetálico de sobrecarga faixa de regulagem 8 a 12,5A, ajuste 12A

4.3.3 - Motor 4 CV

corrente nominal	7,5 A
partida	chave automática partida direta - 380 V
condutores	S _{fase} 3 x 1,5 mm ² (1 condutor p/fase - 750 V - PVC) S _{proteção} 1 x 1,5 mm ² (1 condutor cobre nú)
proteção	fusível tipo DIAZED - 20 A - 500 V relé bimetálico de sobrecarga faixa de regulagem: 6,3 a 10 A, ajuste 8 A

5 - PROJETO ESTRUTURAL

Este memorial trata de estruturas de concreto armado destinado a reservatórios assentes, semi-enterrados, estação de captação e torre piezométrica. As paredes dos reservatórios são projetadas para suportar os esforços provocados pela ação da água e terra.

5.1 - HIPÓTESE DE CARREGAMENTO

As hipóteses de carregamento (vertical e empuxo) bem como o cálculo das cargas estão de acordo com as normas brasileiras (NB-1), para cálculo e execução de construções de concreto armado. Podendo usar para estas fórmulas práticas aproximadas.

5.2 - CÁLCULO DOS ESFORÇOS

5.2.1 - Cálculo das Lajes

Todas as lajes foram calculadas pelo processo de Marcus. Utilizando-se para o cálculo programa computacional denominado "lajes".

5.2.2 - Cálculo das Vigas e Paredes

Utilizou-se para o cálculo das vigas e paredes o processamento eletrônico, não se considerou redistribuição de momentos.

5.2.3 - Cálculo das Fundações

Foram adotadas fundações em função do tipo de solo e tensão admissível (σ_{adm}) do solo.

5.3 - DIMENSIONAMENTO

5.3.1 - Lajes

As lajes foram dimensionadas segundo os critérios das Normas Brasileiras, com alturas tais que sempre sejam sub-armadas e que as flechas tenham valores compatíveis com as exigências da Norma.

5.3.2 - Vigas e Paredes

Dimensionadas segundo critérios das Normas Brasileiras, com seções retangulares

Encontra-se em anexo a Memória de Cálculo Estrutural

ANEXO - MEMÓRIA DO CÁLCULO ESTRUTURAL

PROJETO PALMATRIA RESERVATORIO SEMI ENTERRADO (RSE-1)

PALMATRIA ESTAÇÃO ELEVATORIA EE-1 E EE-2

PALMATRIA ESTAÇÃO PIEZOMETRICA

OS PROJETOS TRATAM DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DESTINADAS A RESERVATORIOS PIEZOMETRICO, SEMI-ENTERRADOS E ESTAÇÕES ELEVATORIAS AS PAREDES DOS RESERVATORIOS SÃO PROJETADOS PARA SUPOORTAR OS ESFORÇOS PRODUZIDOS PELO PESO DA ÁGUA E TERRA

1.1. HIPÓTESE DE CARREGAMENTO

AS HIPÓTESES DE CARREGAMENTO (VERTICAL E EMPUJO) BEM COMO O CÁLCULO DAS CARGAS ESTÃO DE ACORDO COM AS NORMAS BRASILEIRAS

1.2. CÁLCULO DOS ESFORÇOS

1.2.1. CÁLCULO DAS LAJES

TODAS AS LAJES FORAM CÁLCULADAS PELO PROCESSO DE MARCUS (TEORIA DAS GREIJAS)

PARA O PROCESSAMENTO UTILIZOU-SE PROGRAMA DE ORDENADOR COMO:

LOSAS.EXE

RESERVATORIOS.EXE

1.2.2. CÁLCULO DAS VIGAS E PAREDES

UTILIZOU-SE PROCESSAMENTO ELETRÔNICO PROGRAMAS COMO:

VIGAS.EXE

LOSAS.EXE

PARA SEU CÁLCULO E SEGURANÇA FORAM ELEVAADOS NO ESTADO LIMITE ULTIMO.

000065

1.3 DIMENSIONAMENTO

1.3.1. LAJES

AS LAJES FORAM DIMENSIONADAS DE ACORDE COM AS NORMAS BRASILEIRAS, COM ALTURAS E TENSÕES QUE SEJAM SUB-ARMADAS E QUE AS TENSÕES TENHAM VALORES COMPATIVELIS COM AS EXIGÊNCIAS DAS NORMAS.

1.3.2. VIGAS, PAREDES.

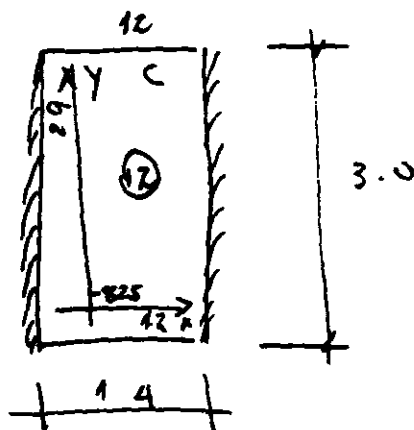
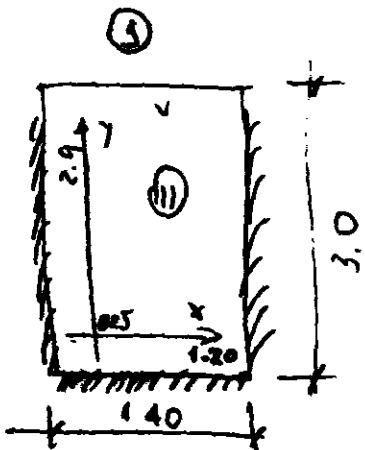
AS VIGAS FORAM DIMENSIONADAS DE ACORDE COM AS NORMAS BRASILEIRAS, COM SEÇÕES ~~REQUER~~ UTILIZOU-SE PROGRAMA FMS. PAS PARA TA EFEITO AS PAREDES TOMOU-SE COMO BASE INÍCIO LÍNEAR DE LAJE

1.3.3. FUNDAÇÕES

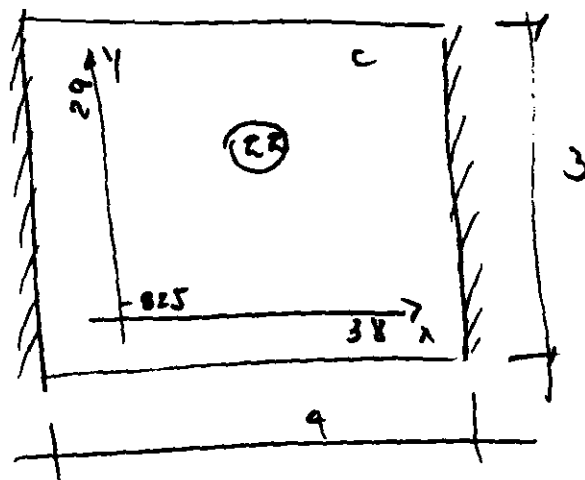
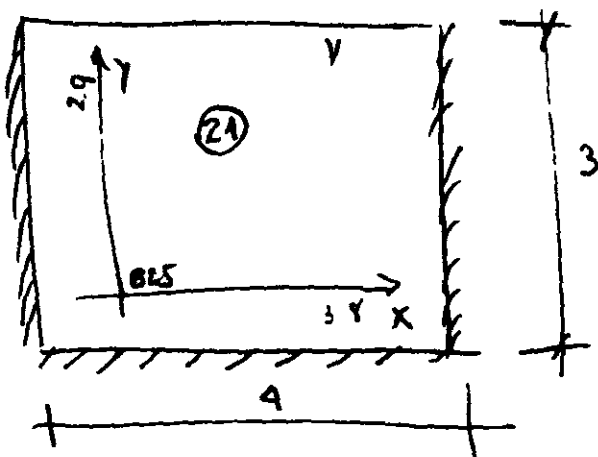
COM BASE A ESTUDO GEOLÓGICO, TOMANDO-SE $q_{adm} = 10 \text{ kgf/cm}^2$ SUGIRIU-SE COMPACTAÇÃO ENERGIA NO LOCAL DA CONSTRUÇÃO, PARA EVITAR QUALQUER POSSÍVEL RECALQUE

$$P_1 = P_2$$

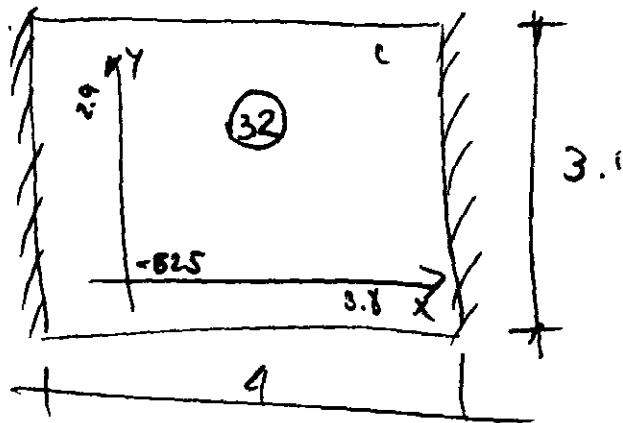
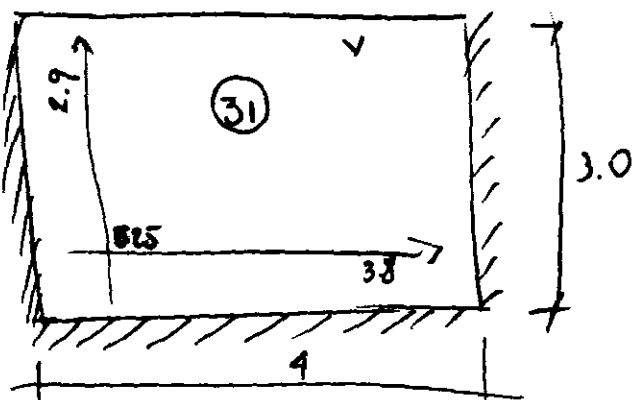
ESTAÇÕES - EE - 1



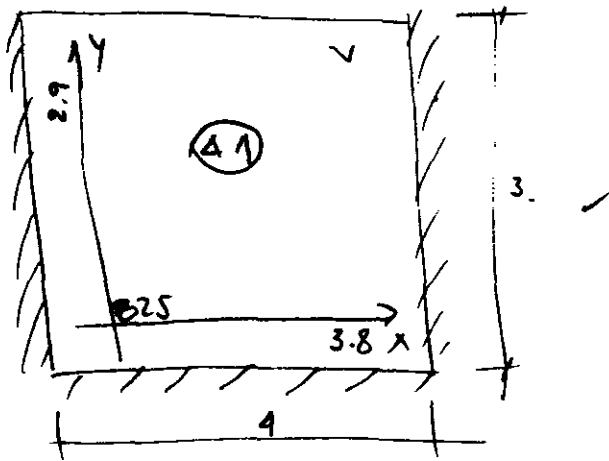
P₃



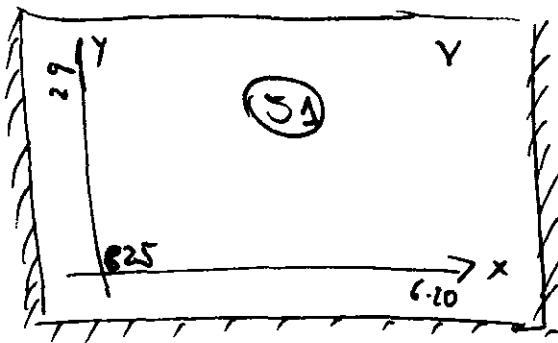
P₄



(2)



$P_7 = P_8$



DEMONSTRAÇÃO DO TERRENO

$$\frac{2(6.0 + 4) \cdot 2.7 \times 0.2 \times 2500}{6.4 \times 4} = 1093.75 \text{ kgf/m}^2 \approx 1100 \text{ kgf/m}^2$$

EMPUNHO ÁGUA $3 \times 1000 = 3000 \text{ kgf/m}^2$

EMPUNHO TERRA $0.45 \times 30 = 1350 \text{ kgf/m}^2$ (Valor Aproximado)

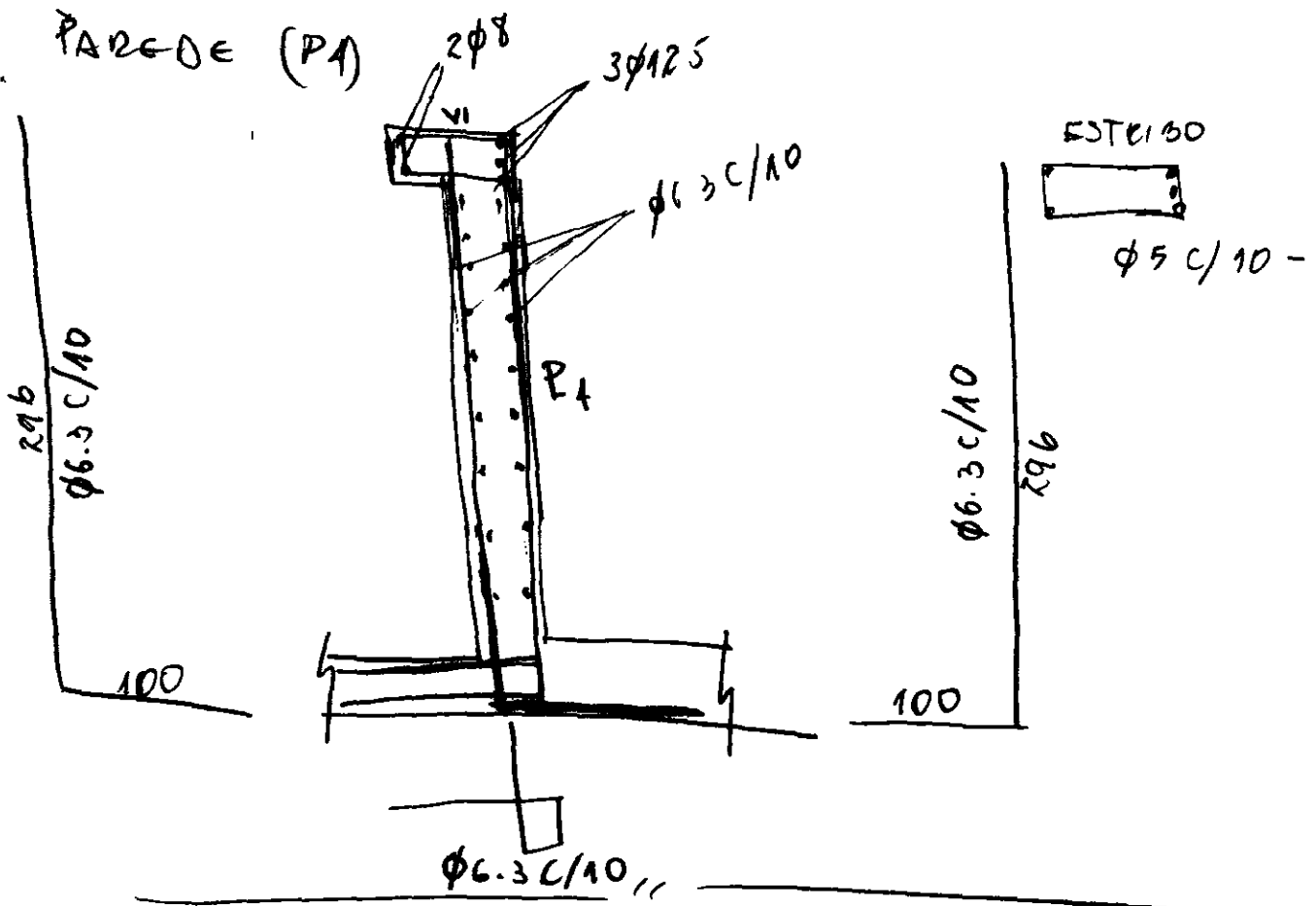
1650 kgf/m²

CARGA MÓDIA DAS PAREDES SERÁ DE

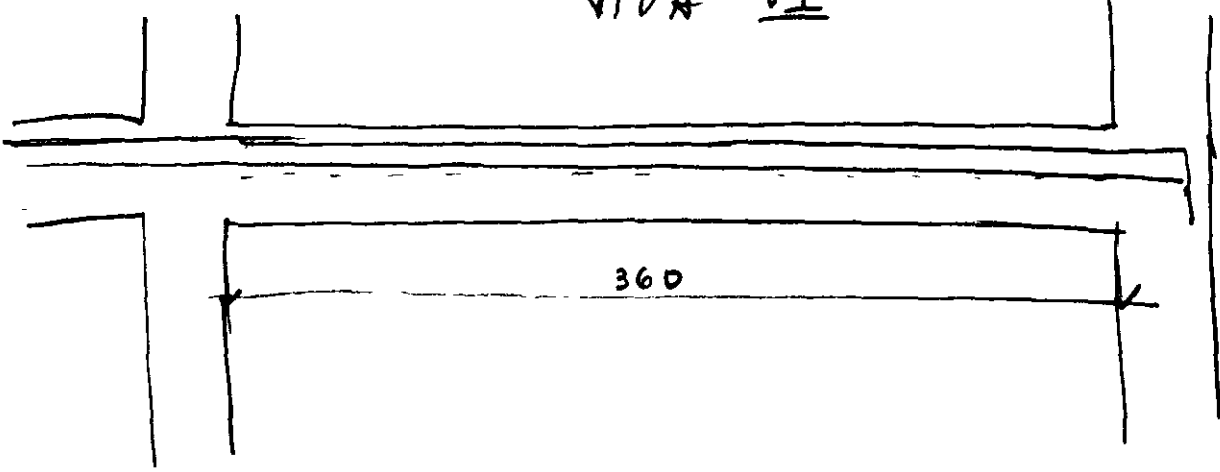
VÁZIA $\rightarrow 825 \text{ kgf/m}^2$ (De fora para dentro)

CHÉIA $\rightarrow -825 \text{ kgf/m}^2$ (De dentro para fora)

PARTE DE (PA)



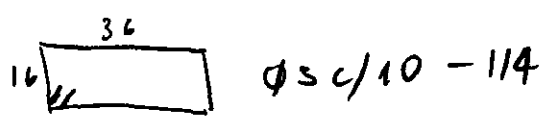
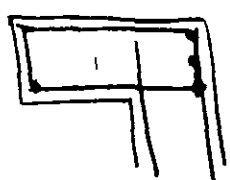
VIA V1



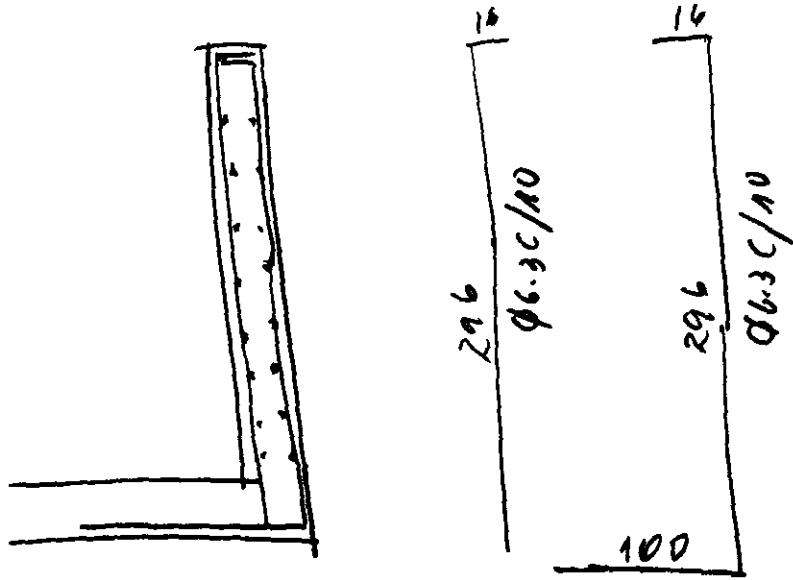
3φ12.5 -



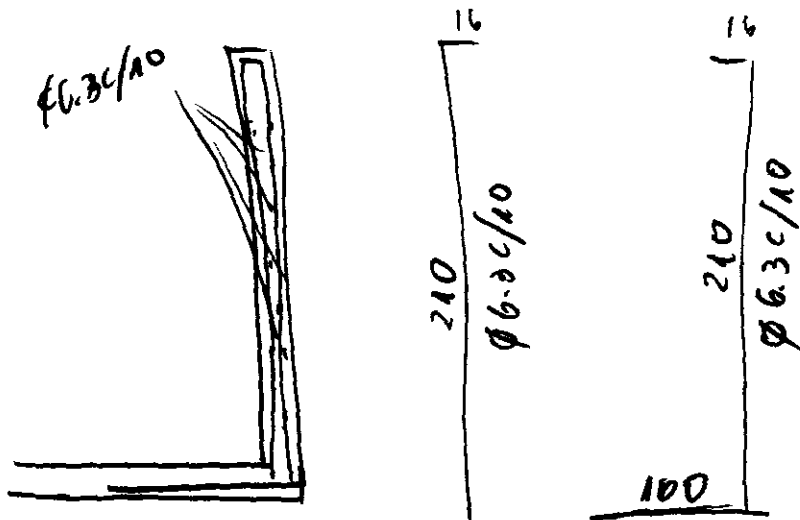
2φ8 -



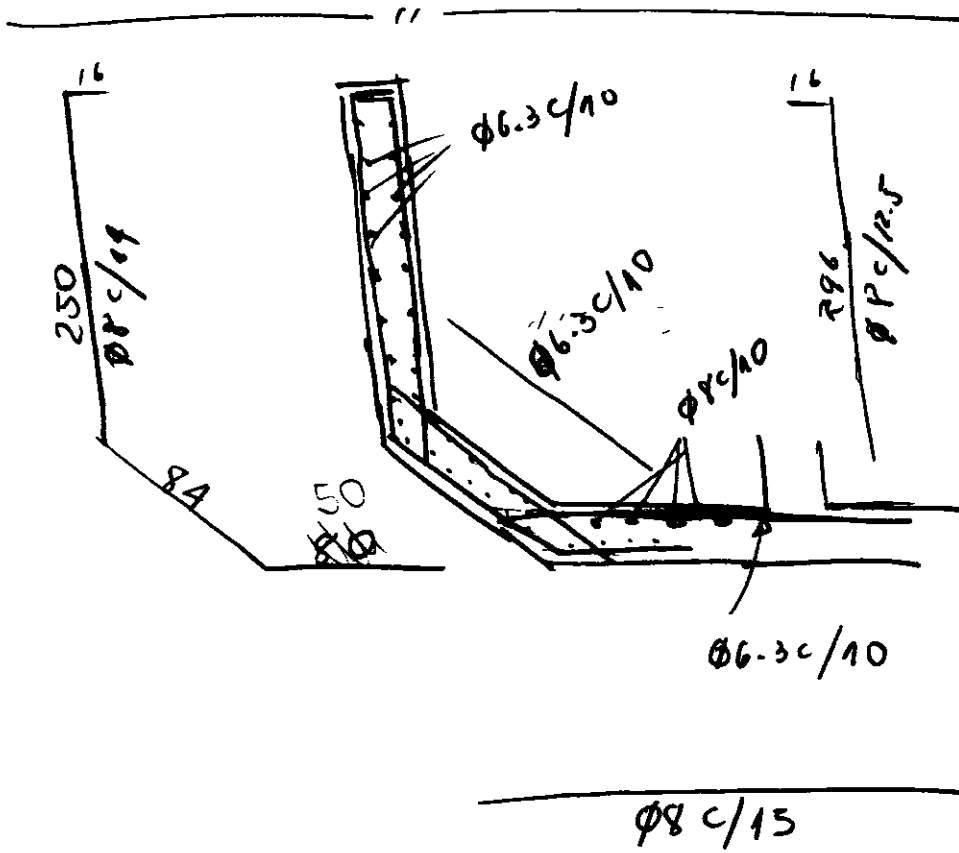
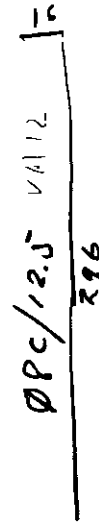
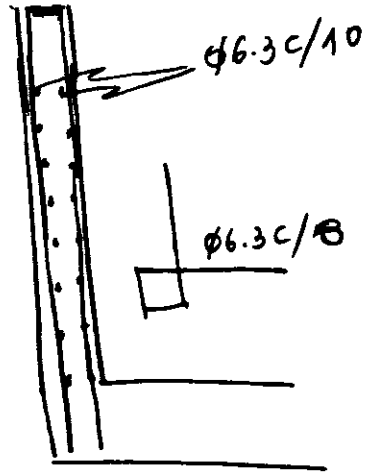
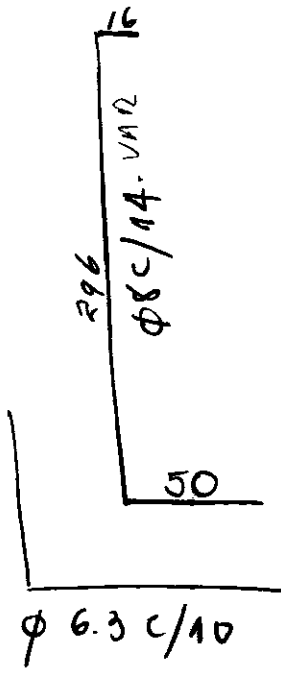
PANDE (PS)



Panche (P6 - P7)

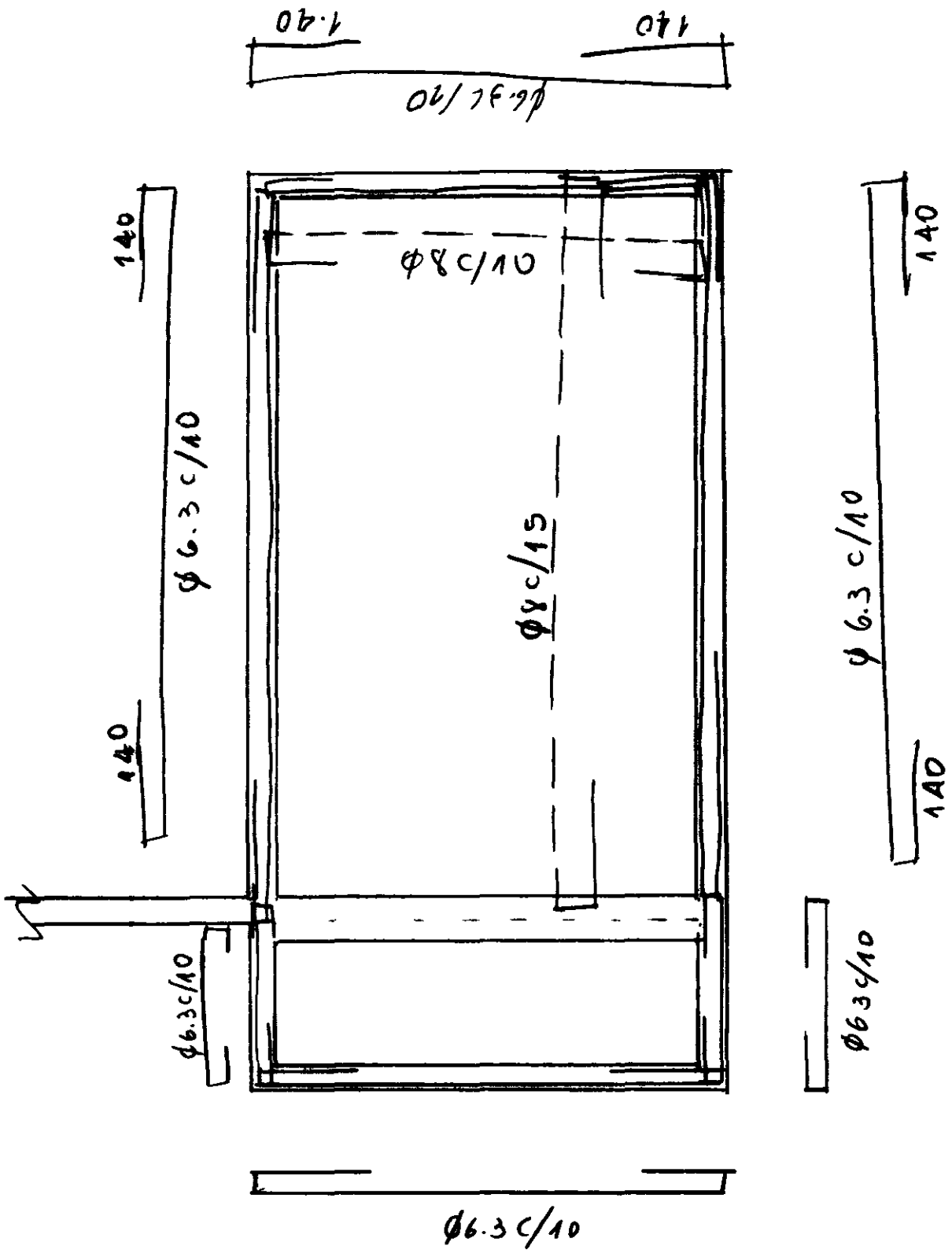


PADE DE (1) = (2)



Parochi (3)





- DADOS GEOMETRICOS:

* LAJE L(1)
* lx (m) = 1.40
* ly (m) = 3.00
* espessura da laje - h (cm) = 20.00
* base - b (m) = 1.00

$P_1 = P_2$

- DADOS DO CARREGAMENTO:

* sobrecarga (kgf/m²) = 1080.00
* Pavim. e revest. (kgf/m²) = 0.00

* LAJE L1

* CARGA POR m² = 1580.00 kg.m

* ***** QUINHÕES DE CARGA *****

qx = 1580.00 kgf/m² qy = 0.00 kgf/m²

***** LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES *****

* DIMENSOES = 1.40 m x 3.00 m

* ESPESSURA = 20 cm

* CASO DA LAJE = 1

* lambda = 2.14

* MOMENTOS FLETORES:

=> Mx = 387.10 kgf.m My = 0.00 Kgf.m

=> Xx = 0.00 kgf.m Xy = 0.00 Kgf.m

=> RX1 = 1106.00 kgf RX2 = 1106.00 Kgf

=> RY1 = 0.00 kgf RY2 = 0.00 Kgf

- DADOS GEOMETRICOS:

* LAJE L(2)
* lx (m) = 1.40
* ly (m) = 3.00
* espessura da laje - h (cm) = 20.00
* base - b (m) = 1.00

- DADOS DO CARREGAMENTO:

* sobrecarga (kgf/m²) = 2400.00
* Pavim. e revest. (kgf/m²) = 0.00

* LAJE L2

* CARGA POR m² = 2900.00 kg.m

* ***** QUINHÕES DE CARGA *****

qx = 2900.00 kgf/m² qy = 0.00 kgf/m²

***** LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES *****

* DIMENSOES = 1.40 m x 3.00 m

* ESPESSURA = 20 cm

* CASO DA LAJE = 1

* lambda = 2.14

* MOMENTOS FLETORES:

=> Mx = 710.50 kgf.m My = 0.00 Kgf.m

=> Xx = 0.00 kgf.m Xy = 0.00 Kgf.m

=> RX1 = 2030.00 kgf RX2 = 2030.00 Kgf

=> RY1 = 0.00 kgf RY2 = 0.00 Kgf

P3 = P4

- DADOS GEOMETRICOS:

* LAJE L(3)
* lx (m) = 3.00
* ly (m) = 4.00
* espessura da laje - h (cm) = 20.00
* base - b (m) = 1.00

- DADOS DO CARREGAMENTO:

* sobrecarga (kgf/m2) = 1080.00
* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 0.00

* LAJE L3

* CARGA POR m2 = 1580.00 kg.m

* ***** QUINHOS DE CARGA *****

qx = 1364.18 kgf/m2 qy= 215.82 kgf/m2

***** LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES *****

* DIMENSOES = 3.00 m x 4.00 m

* ESPESSURA = 20 cm

* CASO DA LAJE = 5

* lambda= 1.33

* MOMENTOS FLETORES:

=> Mx = 442.55 kgf.m My = 215.19 Kgf.m
=> Xx = -1023.14 kgf.m Xy = -575.51 Kgf.m
=> RX1 = 2046.27 kgf RX2 = 2046.27 Kgf
=> RY1 = 517.96 kgf RY2 = 345.31 Kgf

- DADOS GEOMETRICOS:

* LAJE L(4)
* lx (m) = 3.00
* ly (m) = 4.00
* espessura da laje - h (cm) = 20.00
* base - b (m) = 1.00

- DADOS DO CARREGAMENTO:

* sobrecarga (kgf/m2) = 2400.00
* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 0.00

* LAJE L4

* CARGA POR m2 = 2900.00 kg.m

* ***** QUINHOS DE CARGA *****

qx = 2202.97 kgf/m2 qy= 697.03 kgf/m2

***** LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES *****

* DIMENSOES = 3.00 m x 4.00 m

* ESPESSURA = 20 cm

* CASO DA LAJE = 1

* lambda= 1.33

* MOMENTOS FLETORES:

=> Mx = 1595.84 kgf.m My = 897.66 Kgf.m
=> Xx = 0.00 kgf.m Xy = 0.00 Kgf.m
=> RX1 = 3304.45 kgf RX2 = 3304.45 Kgf
=> RY1 = 1394.07 kgf RY2 = 1394.07 Kgf

- DADOS GEOMETRICOS:

* LAJE L(5)
* lx (m) = 1.74
* ly (m) = 4.00
* espessura da laje - h (cm) = 20.00
* base - b (m) = 1.00

(25)

- DADOS DO CARREGAMENTO:

* sobrecarga (kgf/m2) = 1080.00
* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 0.00

* LAJE L5

* CARGA POR m2 = 1580.00 kg.m

* ***** QUINHOS DE CARGA *****

qx = 1580.00 kgf/m2 qy= 0.00 kgf/m2

***** LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES *****

* DIMENSOES = 1.74 m x 4.00 m

* ESPESSURA = 20 cm

* CASO DA LAJE = 1

* lambda= 2.30

* MOMENTOS FLETORES:

=> Mx = 597.95 kgf.m My = 0.00 Kgf.m

=> Xx = 0.00 kgf.m Xy = 0.00 Kgf.m

=> RX1 = 1374.60 kgf RX2 = 1374.60 Kgf

=> RY1 = 0.00 kgf RY2 = 0.00 Kgf

- DADOS GEOMETRICOS:

* LAJE L(6)
* lx (m) = 1.74
* ly (m) = 6.40
* espessura da laje - h (cm) = 20.00
* base - b (m) = 1.00

(26)

- DADOS DO CARREGAMENTO:

* sobrecarga (kgf/m2) = 1080.00
* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 0.00

* LAJE L6

* CARGA POR m2 = 1580.00 kg.m

* ***** QUINHOS DE CARGA *****

qx = 1580.00 kgf/m2 qy= 0.00 kgf/m2

***** LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES *****

* DIMENSOES = 1.74 m x 6.40 m

* ESPESSURA = 20 cm

* CASO DA LAJE = 1

* lambda= 3.68

* MOMENTOS FLETORES:

=> Mx = 597.95 kgf.m My = 0.00 Kgf.m

=> Xx = 0.00 kgf.m Xy = 0.00 Kgf.m

=> RX1 = 1374.60 kgf RX2 = 1374.60 Kgf

=> RY1 = 0.00 kgf RY2 = 0.00 Kgf

***** LAJE L1 *****
***** DADOS DO CONCRETO *****
* fck (kgf/cm2) = 150.00
TIPO DE ACO = CA-50B
ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

**** DIMENSIONAMENTO DA SECAO DE CONCRETO DAS LAJES ***

* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 20 cm

***** DEFORMACAO *****

E = 257067.79 kgf/cm2

I = 74.89 cm4

***** flechas *****

f_g = 0.0226 mm f_{gad} = 2.8000 mm

f_t = 0.0872 mm f_{tad} = 4.6667 mm

espesura minima (h) + ESFUERZOS = 5 cm

***** MOMENTO FLETOR *****

M_k = 387.10 kgf.m => M_d = 541.94 kgf.m

X_k = 0.00 kgf.m => X_d = 0.00 kgf.m

ESPESSURA minima (h_s) - ESFUERZOS = 5 cm

* ESPESSURA ADOTADA (h) = 20 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

***** LAJE L2 *****

***** DADOS DO CONCRETO *****

* fck (kgf/cm2) = 150.00

TIPO DE ACO = CA-50B

ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

**** DIMENSIONAMENTO DA SECAO DE CONCRETO DAS LAJES ***

* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 20 cm

***** DEFORMACAO *****

E = 257067.79 kgf/cm2

I = 74.89 cm4

***** flechas *****

f_g = 0.0502 mm f_{gad} = 2.8000 mm

f_t = 0.1937 mm f_{tad} = 4.6667 mm

espesura minima (h) + ESFUERZOS = 7 cm

***** MOMENTO FLETOR *****

M_k = 710.50 kgf.m => M_d = 994.70 kgf.m

X_k = 0.00 kgf.m => X_d = 0.00 kgf.m

ESPESSURA minima (h_s) - ESFUERZOS = 7 cm

* ESPESSURA ADOTADA (h) = 20 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

***** LAJE L3 *****
***** DADOS DO CONCRETO *****
* fck (kgf/cm2) = 150.00
TIPO DE ACO = CA-50P
ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

*** DIMENSIONAMENTO DA SECAO DE CONCRETO DAS LAJES ***

* PRE-DIMENSIONAMENTO:
h = 20 cm
***** DEFORMACAO *****
E = 257067.79 kgf/cm2
I = 74.89 cm4
***** flechas *****
fq = 0.0715 mm fqad = 6.0000 mm
ft = 0.2757 mm ftad = 10.0000 mm
espessura minima (h) + ESFUEZOS = 6 cm
***** MOMENTO FLETOR *****
Mk = 442.55 kgf.m => Md = 619.57 kgf.m
Xk = -575.51 kgf.m => Xd = -805.71 kgf.m
ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS = 5 cm
* ESPESSURA ADOTADA (h) = 20 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

***** LAJE L4 *****
***** DADOS DO CONCRETO *****
* fck (kgf/cm2) = 150.00
TIPO DE ACO = CA-50B
ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

*** DIMENSIONAMENTO DA SECAO DE CONCRETO DAS LAJES ***

* PRE-DIMENSIONAMENTO:
h = 20 cm
***** DEFORMACAO *****
E = 257067.79 kgf/cm2
I = 74.89 cm4
***** flechas *****
fq = 0.5150 mm fqad = 6.0000 mm ✓
ft = 1.9863 mm ftad = 10.0000 mm ✓
espessura minima (h) + ESFUEZOS = 12 cm ✓
***** MOMENTO FLETOR *****
Mk = 1595.84 kgf.m => Md = 2234.18 kgf.m
Xk = 0.00 kgf.m => Xd = 0.00 kgf.m ✓
ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS = 10 cm ✓
* ESPESSURA ADOTADA (h) = 20 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE ✓

***** LAJE L5 *****
***** DADOS DO CONCRETO *****
* fck (kgf/cm2) = 150.00
TIPO DE ACO = CA-50F
ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

*** DIMENSIONAMENTO DA SECAO DE CONCRETO DAS LAJES ***

* PRE-DIMENSIONAMENTO:
h = 20 cm
***** DEFORMACAO *****
E = 257067.79 kgf/cm2
I = 74.89 cm4
***** flechas *****
fq = 0.0539 mm fqad = 3.4800 mm
ft = 0.2080 mm ftad = 5.8000 mm
espesura minima (h) + ESFUEZOS = 7 cm
***** MOMENTO FLETOR *****
Mk = 597.95 kgf.m => Md = 837.13 kgf.m
Xk = 0.00 kgf.m => Xd = 0.00 kgf.m
ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS = 6 cm
* ESPESSURA ADOTADA (h) = 20 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

***** LAJE L6 *****
***** DADOS DO CONCRETO *****
* fck (kgf/cm2) = 150.00
TIPO DE ACO = CA-50B
ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

*** DIMENSIONAMENTO DA SECAO DE CONCRETO DAS LAJES ***

* PRE-DIMENSIONAMENTO:
h = 20 cm
***** DEFORMACAO *****
E = 257067.79 kgf/cm2
I = 74.89 cm4
***** flechas *****
fq = 0.0539 mm fqad = 3.4800 mm
ft = 0.2080 mm ftad = 5.8000 mm
espesura minima (h) + ESFUEZOS = 7 cm
***** MOMENTO FLETOR *****
Mk = 597.95 kgf.m => Md = 837.13 kgf.m
Xk = 0.00 kgf.m => Xd = 0.00 kgf.m
ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS = 6 cm
* ESPESSURA ADOTADA (h) = 20 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

 - DADOS GEOMETRICOS:
 * LAJE L(7)
 * lx (m) = 4.00
 * ly (m) = 6.40
 * espessura da laje - h (cm) = 20.00
 * base - b (m) = 1.00

- DADOS DO CARREGAMENTO:
 * sobrecarga (kgf/m2) = 1218.75
 * Pavim. e revest.(kgf/m2) = 100.00
 * LAJE L7

* CARGA POR m2 = 1818.75 kg.m
 * ***** QUINHÕES DE CARGA *****
 qx = 1577.97 kgf/m2 qy = 240.78 kgf/m2
 ***** LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES *****

* DIMENSOES = 4.00 m x 6.40 m
 * ESPESSURA = 20 cm
 * CASO DA LAJE = 1
 * lambda = 1.60

* MOMENTOS FLETORES:
 => Mx = 2264.62 kgf.m My = 884.62 Kgf.m
 => Xx = 0.00 kgf.m Xy = 0.00 Kgf.m
 => RX1 = 3155.94 kgf RX2 = 3155.94 Kgf
 => RY1 = 770.49 kgf RY2 = 770.49 Kgf

***** LAJE L7 *****
 ***** DADOS DO CONCRETO *****
 * fck (kgf/cm2) = 150.00
 TIPO DE ACO = CA-50B
 ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

 **** DIMENSIONAMENTO DA SECAO DE CONCRETO DAS LAJES ****

* PRE-DIMENSIONAMENTO:
 h = 20 cm

***** DEFORMACAO *****
 E = 257067.79 kgf/cm2
 I = 74.89 cm4

***** flechas *****
 fq = 1.0646 mm fqad = 8.0000 mm
 ft = 4.3557 mm ftad = 13.3333 mm
 espessura minima (h) + ESFUENZOS = 14 cm

***** MOMENTO FLETOR *****
 Mk = 2264.62 kgf.m => Md = 3170.47 kgf.m
 Xk = 0.00 kgf.m => Xd = 0.00 kgf.m
 ESPESURA minima (hs) - ESFUENZOS = 11 cm

* ESPESURA ADOTADA (h) = 20 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

***** LAJE L(7) **

 *** DIMENSIONAMENTO DAS SECOES DE ACO DE LAJES ***

h = 20 cm

* ARMADURA POSITIVA *

Aspx+ = 4.970 cm2/m => 64N ø8.0 c\10
 Aspy+ = 3.000 cm2/m => 24N ø8.0 c\17
 Aspx+ = 4.970 cm2/m
 Aspy+ = 1.942 cm2/m
 Asmin+ = 3.000 cm2/m

* ARMADURA NEGATIVA *

Asmin{-} = 3.00 cm2/m

*** DIMENSIONAMENTO DAS SECOES DE ACO DE LAJES ***

h = 20 cm

* ARMADURA POSITIVA *

Aspx+ = 3.503 cm2/m => 48N ø6.3 c\ 8
Aspy+ = 3.000 cm2/m => 30N ø6.3 c\10
Aspx+ = 3.503 cm2/m
Aspy+ = 1.970 cm2/m
Asmin+= 3.000 cm2/m

* ARMADURA NEGATIVA *

Asminf-} = 3.00 cm2/m

*** DIMENSIONAMENTO DAS SECOES DE ACO DE LAJES ***

h = 20 cm

* ARMADURA POSITIVA *

Aspx+ = 3.000 cm2/m => 40N ø6.3 c\10
Aspy+ = 3.000 cm2/m => 17N ø6.3 c\10
Aspx+ = 1.312 cm2/m
Aspy+ = 0.000 cm2/m
Asmin+= 3.000 cm2/m

* ARMADURA NEGATIVA *

Asminf-} = 3.00 cm2/m

*** DIMENSIONAMENTO DAS SECOES DE ACO DE LAJES ***

h = 20 cm

* ARMADURA POSITIVA *

Aspx+ = 3.000 cm2/m => 64N ø6.3 c\10
Aspy+ = 3.000 cm2/m => 17N ø6.3 c\10
Aspx+ = 1.312 cm2/m
Aspy+ = 0.000 cm2/m
Asmin+= 3.000 cm2/m

* ARMADURA NEGATIVA *

Asminf-} = 3.00 cm2/m

*** DIMENSIONAMENTO DAS SECOES DE ACO DE LAJES ***

h = 20 cm

* ARMADURA POSITIVA *

Aspx+ = 3.000 cm2/m => 30N ø6.3 c\10

Aspy+ = 3.000 cm2/m => 14N ø6.3 c\10

Aspx+ = 0.850 cm2/m

Aspy+ = 0.000 cm2/m

Asmin+= 3.000 cm2/m

* ARMADURA NEGATIVA *

Asmin{-} = 3.00 cm2/m

*** DIMENSIONAMENTO DAS SECOES DE ACO DE LAJES ***

h = 20 cm

* ARMADURA POSITIVA *

Aspx+ = 3.000 cm2/m => 30N ø6.3 c\10

Aspy+ = 3.000 cm2/m => 14N ø6.3 c\10

Aspx+ = 1.559 cm2/m

Aspy+ = 0.000 cm2/m

Asmin+= 3.000 cm2/m

* ARMADURA NEGATIVA *

Asmin{-} = 3.00 cm2/m

*** DIMENSIONAMENTO DAS SECOES DE ACO DE LAJES ***

h = 20 cm

* ARMADURA POSITIVA *

Aspx+ = 3.000 cm2/m => 40N ø6.3 c\10

Aspy+ = 3.000 cm2/m => 30N ø6.3 c\10

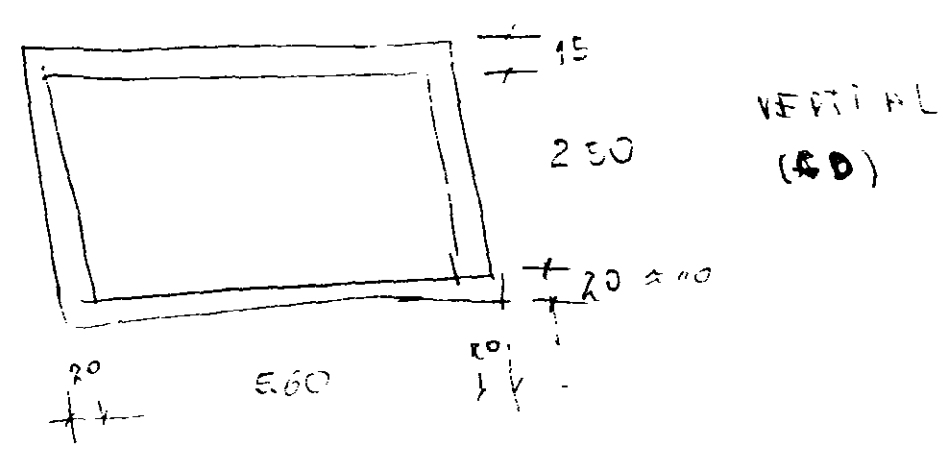
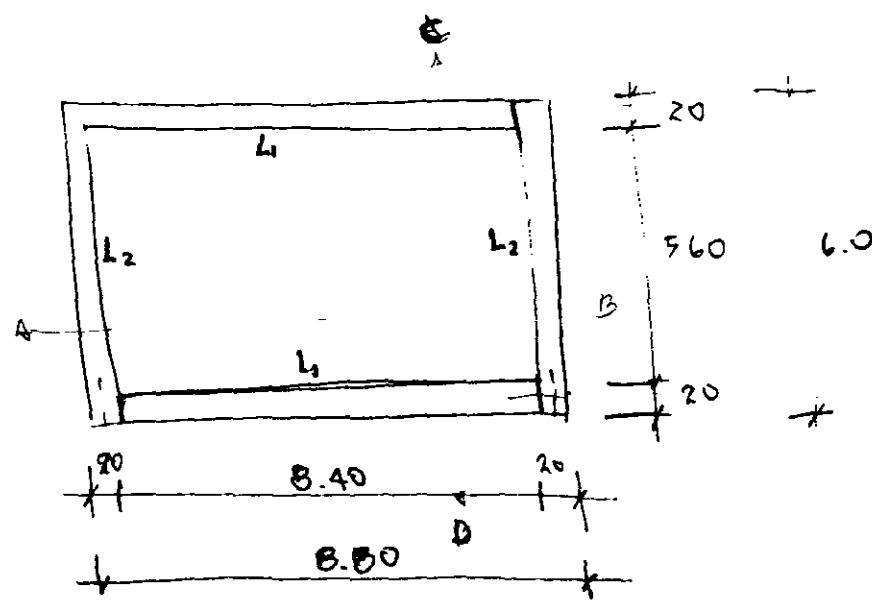
Aspx+ = 0.971 cm2/m

Aspy+ = 0.472 cm2/m

Asmin+= 3.000 cm2/m

* ARMADURA NEGATIVA *

Asmin{-} = 3.00 cm2/m



FUNDO (DEPÓSITO TERRENO) - CARGA DA TAMPA + PESO DAS PAREDES

$$575 + \frac{2(8.40 + 6.0) 2.50 \times 0.20 \times 2500}{8.8 \times 6.0} = 575 + 681.81 \approx \underline{1257 \text{ kg/m}^2}$$

PARTEDES

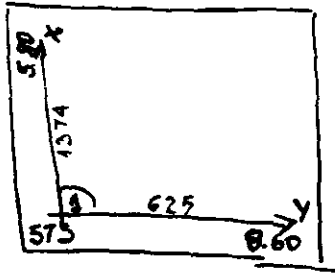
EMPUNHO D'ÁGUA	$1000 \times 2.70 =$	2700 kg/m^2	
EMPUNHO TERRA	$0.5 \times 1.20 =$	600 kg/m^2	(VALOR APROXIMADO)
DIFERENÇA		<hr/>	
		2100 kg/m^2	

A CARGA MÉDIA NAS PARTEDES SERÁ:

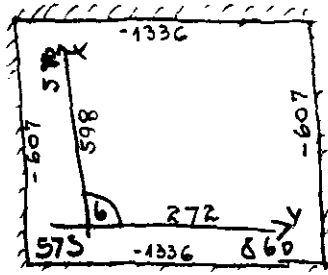
CAIXA FORA	$+ 1050 \text{ kg/m}^2$	DE FORA PARA DENTRO
	$- 1050 \text{ kg/m}^2$	" DENTRO " PARA FORA

- CALCULO DAS LAJES

- TAMPA

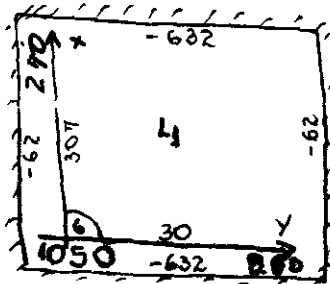


CAIXA CHEIA

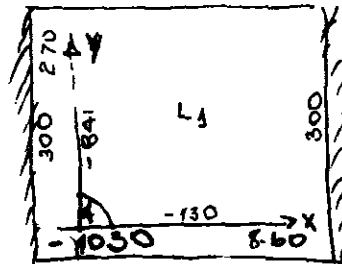


CAIXA VAZIA

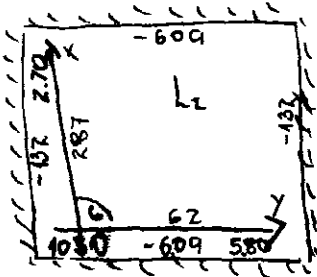
- LADEDES



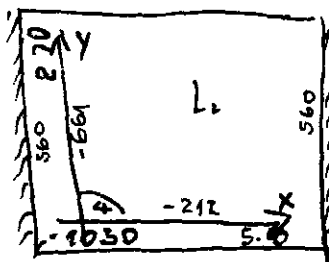
CAIXA VAZIA



CAIXA CHEIA

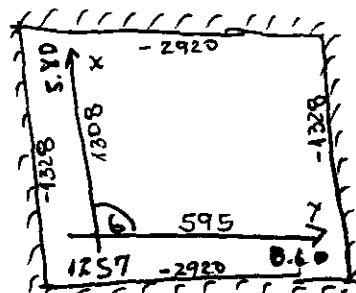
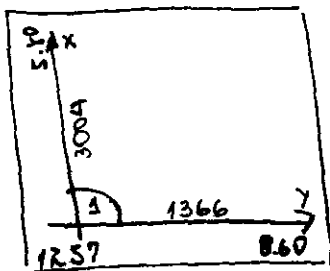


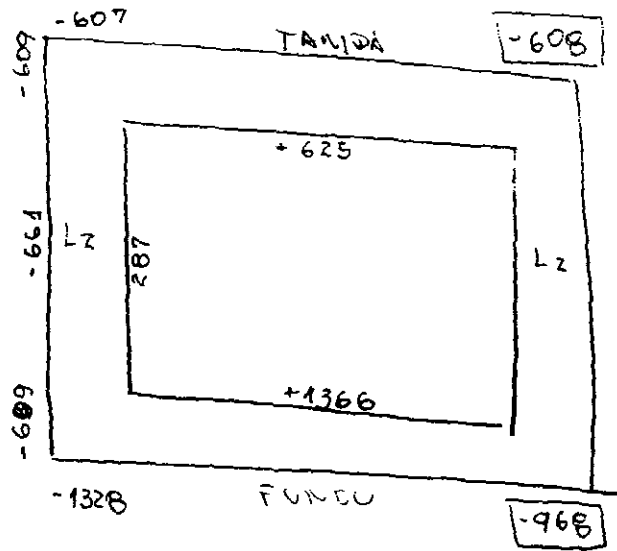
V.



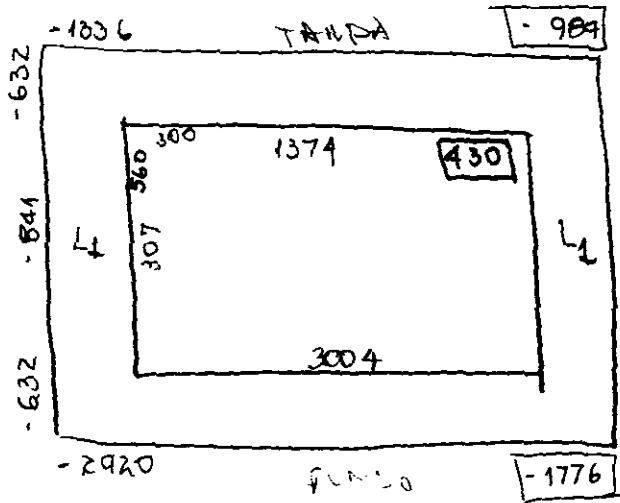
C.

- FUNDO

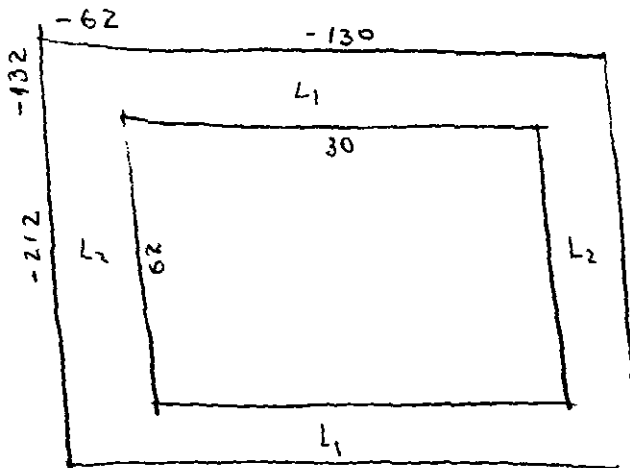




costo vertical
 ΔB



C.V (CD)



costo H.

Dimensionamento

CA-50B
 $f_{ck} = 150$
 $d' = 20\text{ cm}$

Coluna. (h = 15 cm)

$$M_k = 625 \text{ kgf}\cdot\text{m}$$

$$A_{s,y} = 159 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,min} = 225 \text{ cm}^2/\text{m}$$

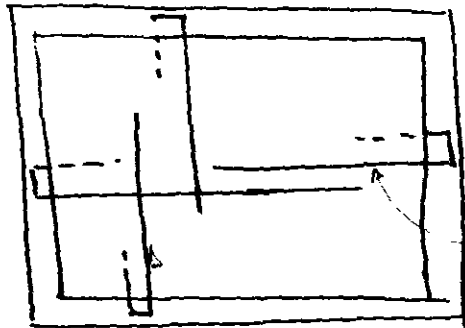
$\phi 6.3 \text{ c}/12.5$

$$M_k = 1374 \text{ kgf}\cdot\text{m}$$

$$A_{s,x} = 365 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,min} = 2.25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$\phi 8 \text{ c}/12.5$



$\phi 8 \text{ c}/12.5$

FUNDO (h = 20 cm)

$$M_k = 1366 \text{ kgf}\cdot\text{m}$$

$$A_{s,y} = 253 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,min} = 30 \text{ cm}^2/\text{m}$$

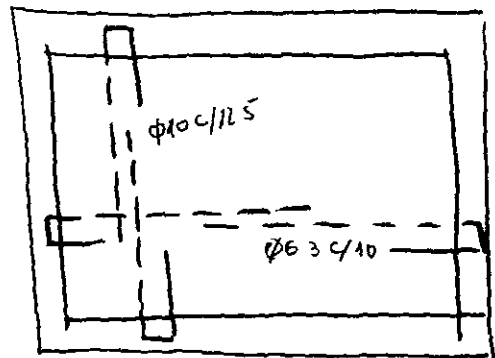
$\phi 6.3 \text{ c}/10$

$$M_k = 5004$$

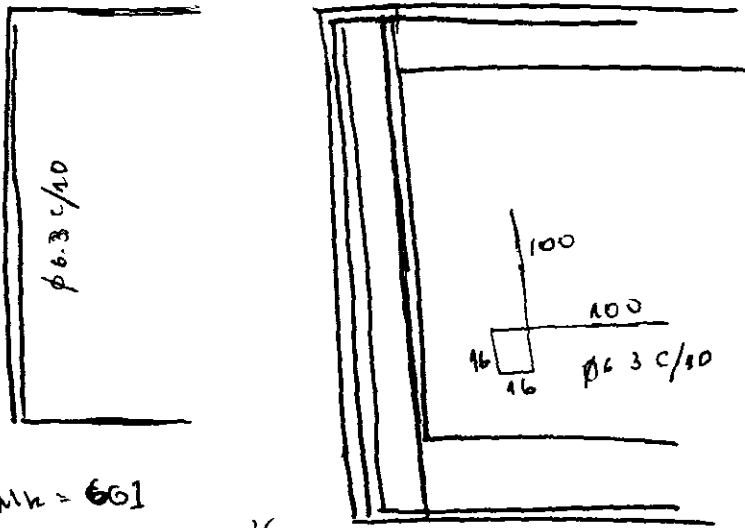
$$A_{s,x} = 502 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,min} = 30 \text{ cm}^2/\text{m}$$

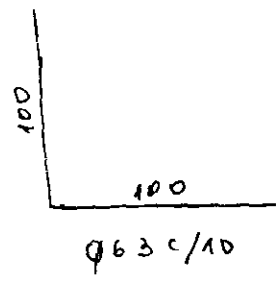
$\phi 10 \text{ c}/12.5$



PAREDES L2



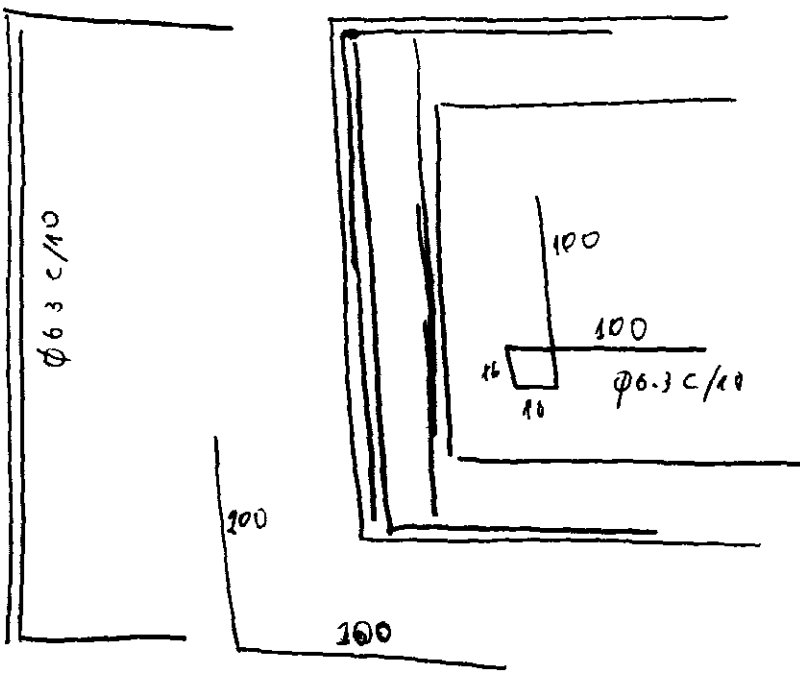
$M_k = 601$
 $A_s = 120 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $A_{sm} = 3.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $\phi 6.3 \text{ c}/10$



$M_k^+ = 287$
 $A_s = 0.52 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $A_{sm} = 3.0 \text{ cm}^2/\text{m}$ / $\phi 6.3 \text{ c}/10$

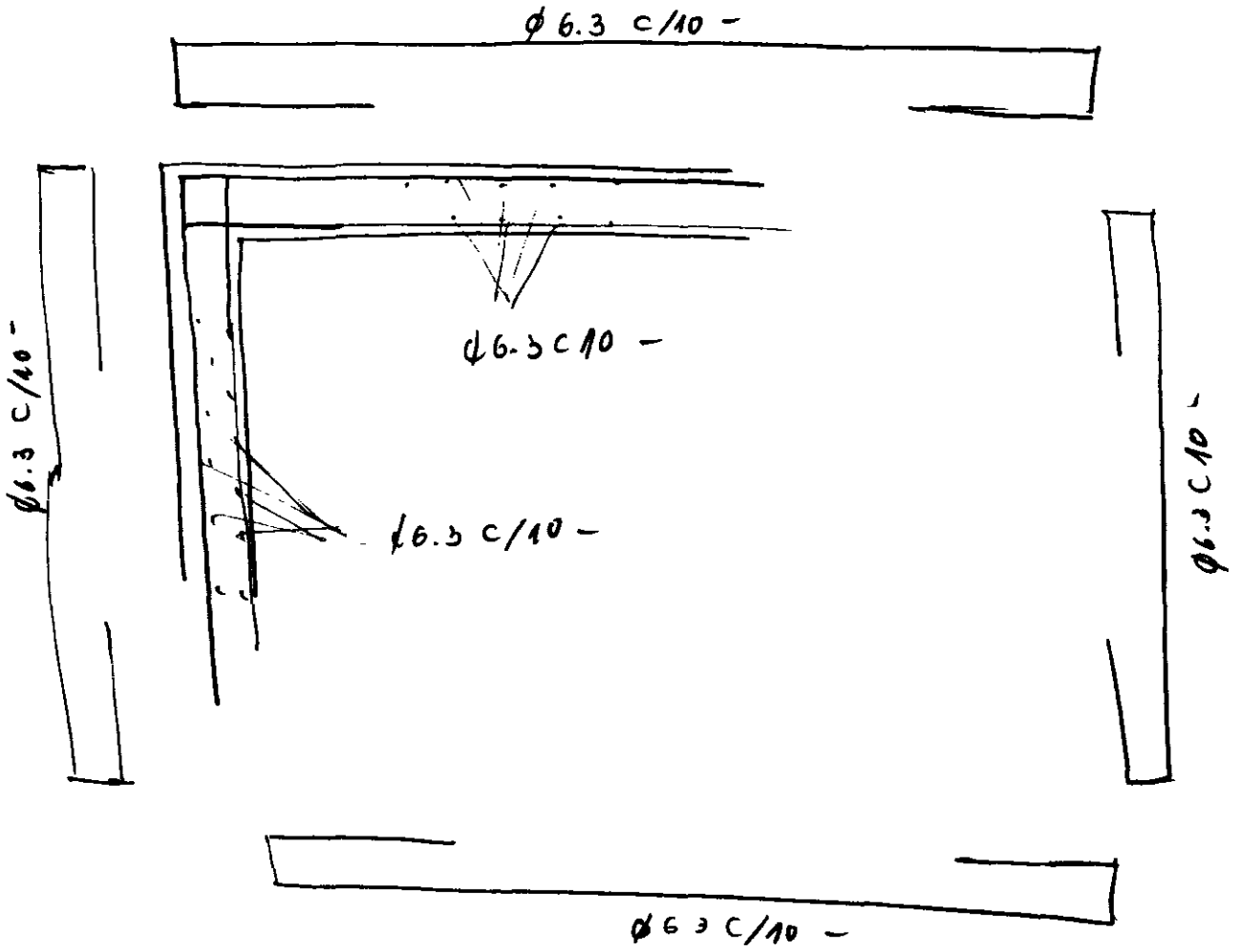
$\phi 6.3 \text{ c}/10$

Pared L3

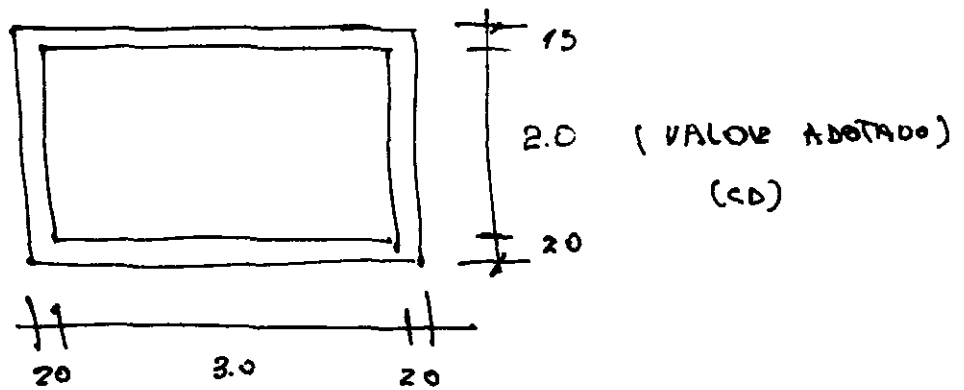
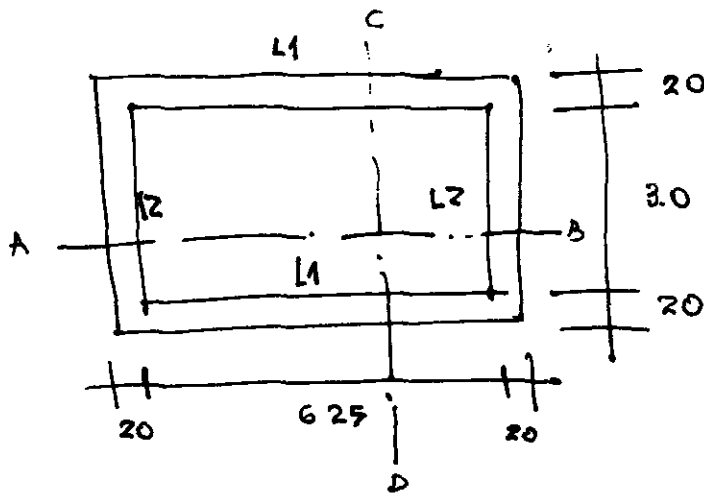


$\phi 6.3 \text{ c}/10$

$\phi 6.3 \text{ c}/10$



ESTAÇÃO PIEZOMÉTRICA.



LASE DA COBERTURA.

P.P	0.15×2500	→	375.00	kgf/m ²
SOBRE CARGA		→	100.00	kgf/m ²
PAU + DEU.		→	100.00	kgf/m ²
			575.00	kgf/m²

LASE DO FUNDO (CARGA TAMPA + PESO PAREDE + P.P.)

$$575 + \frac{2(6.25 + 3.40) \times 2.0 \times 0.20 \times 2500}{6.65 \times 3.40} = 575 + 854 = \frac{1429 \text{ kgf/m}^2}{500} = 1929 \text{ kgf/m}^2$$

PAIEDES:

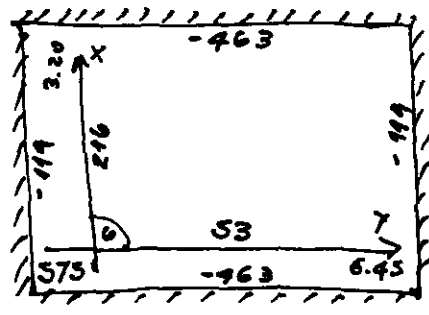
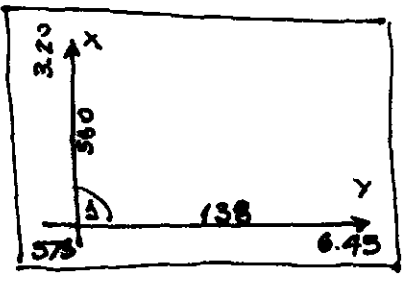
EXPULSO D'ÁGUA $1000 \times 20 = 2000 \text{ kgf/m}^2$

CARGA DAS PAREDES CAIXA VAZIA $+ 2000 \text{ kgf/m}^2$

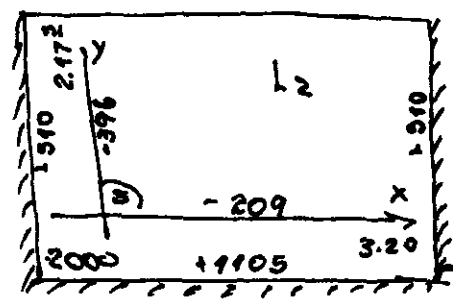
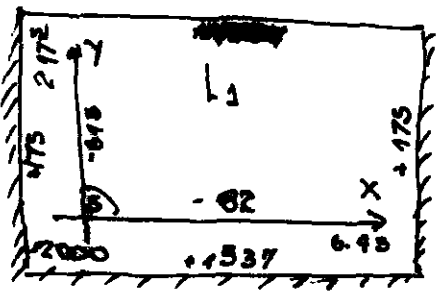
$- 2000 \text{ kgf/m}^2$

CÁLCULO DAS LAJES

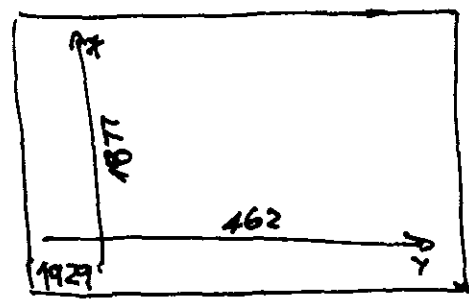
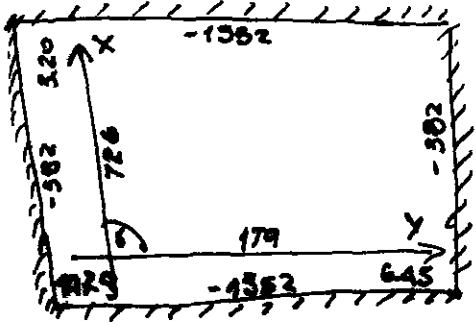
* COBERTURA

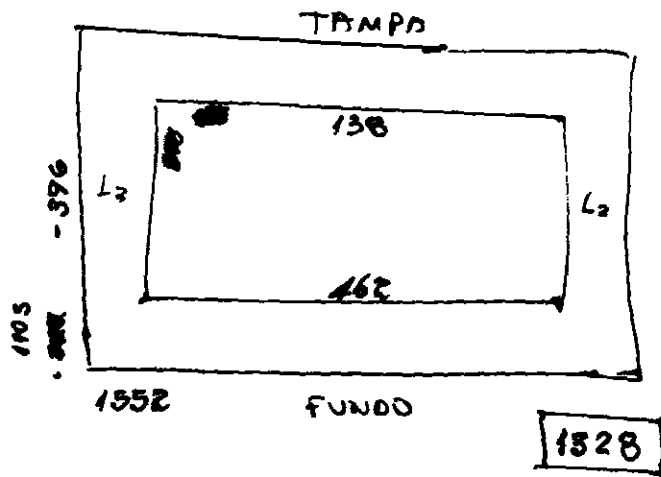


* PAREDES

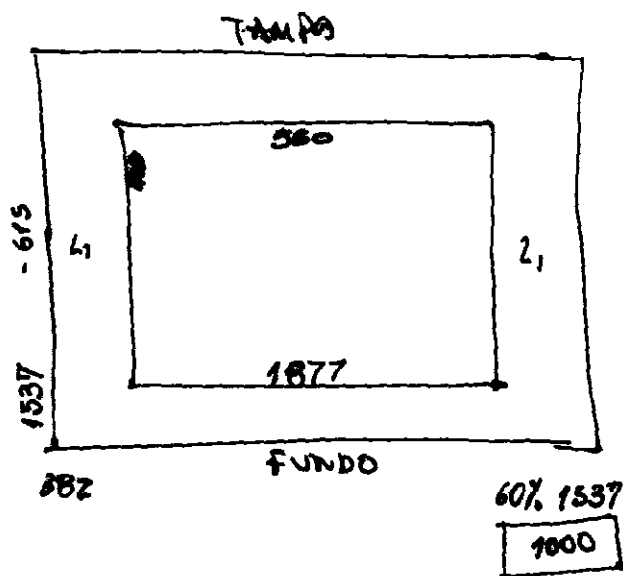


* FUNDO

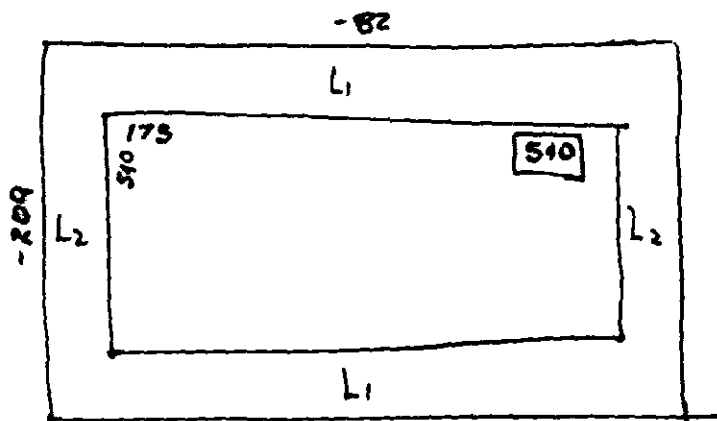




(A)



(B)



C. H.

- DIMENSIONAMENTO:

CA-50B

$d' = 2 \text{ cm}$

$f_{ck} = 150 \text{ kgf/cm}^2$

* COBERTURA

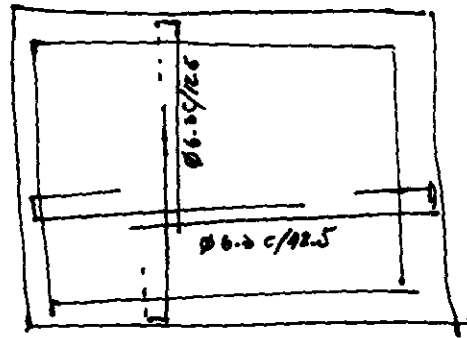
$$M_k = 138 \text{ kgf}\cdot\text{m}^2$$

$$A_{s\text{min}} = 2.25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{sc} = 0.39 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$\phi 6.3 \text{ c}/12.5$$



$$M_k = 560 \text{ kgf}\cdot\text{m}$$

$$A_{s\text{min}} = 2.25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{sc} = 1.42 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$\phi 6.3 \text{ c}/12.5$$

x FUNDO

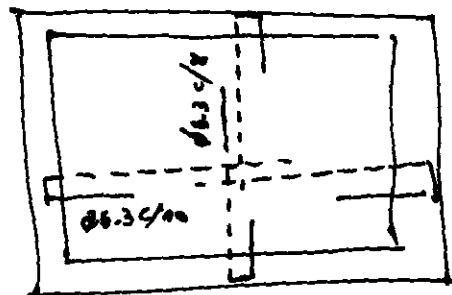
$$M_k = 462 \text{ kgf}\cdot\text{m}$$

$$A_{s\text{m}} = 3.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{sc} = 0.83 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

$$\phi 6.3 \text{ c}/10$$



$$M_k = 1877 \text{ kgf}\cdot\text{m}$$

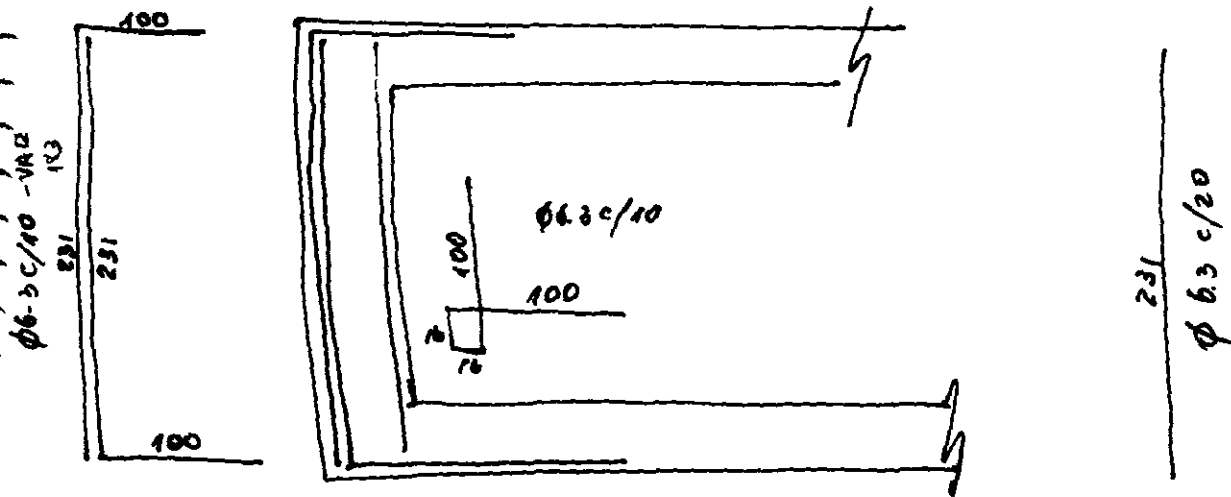
$$A_{s\text{m}} = 3.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{sc} = 3.52 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

$$\phi 6.3 \text{ c}/8$$

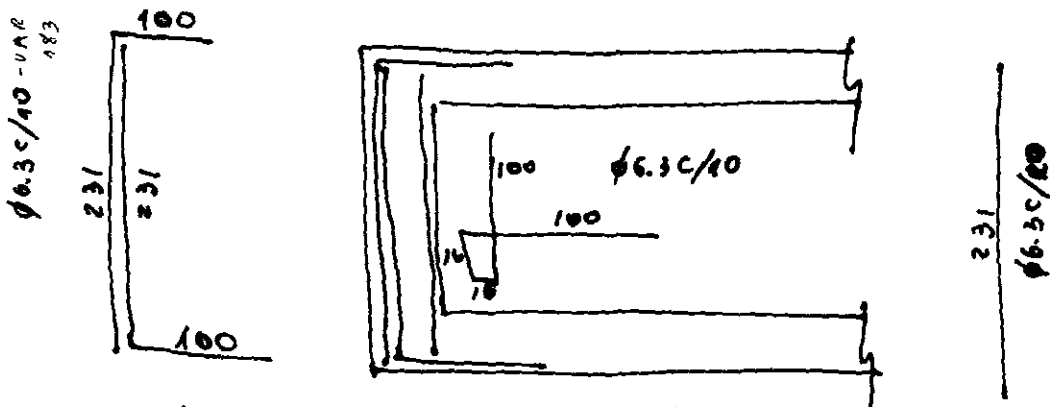
TABLES 12



$M_k = 396 \text{ ksf}\cdot\text{m}$
 $A_{sm} = 3.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $A_{sc} = 0.72 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 20 \text{ cm}$
 $\phi 6.3 \text{ c}/10$

$M_k = 1328 \text{ ksf}\cdot\text{m}$
 $A_{sm} = 3.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $A_{sc} = 2.45 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 20 \text{ cm}$
 $\phi 6.3 \text{ c}/10$

TABLE 21



$M_k = 615 \text{ ksf}\cdot\text{m}$
 $A_{sm} = 3.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $A_{sc} = 1.17 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 20 \text{ cm}$
 $\phi 6.3 \text{ c}/10$

$M_k = 1000 \text{ ksf}\cdot\text{m}$
 $A_{sm} = 3.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $A_{sc} = 1.83 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 20 \text{ cm}$
 $\phi 6.3 \text{ c}/10$

