



## **Folha de Dados**

**IDGED:**

0199/01

**LOTE:**

2183

**AUTOR:**

COGERH, PROÁGUA; SRH, SHS

**TÍTULO:**

PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE LIMA CAMPOS - ICÓ

**SUBTÍTULO:**

VOLUME 1 - RELATÓRIO GERAL; TEXTOS



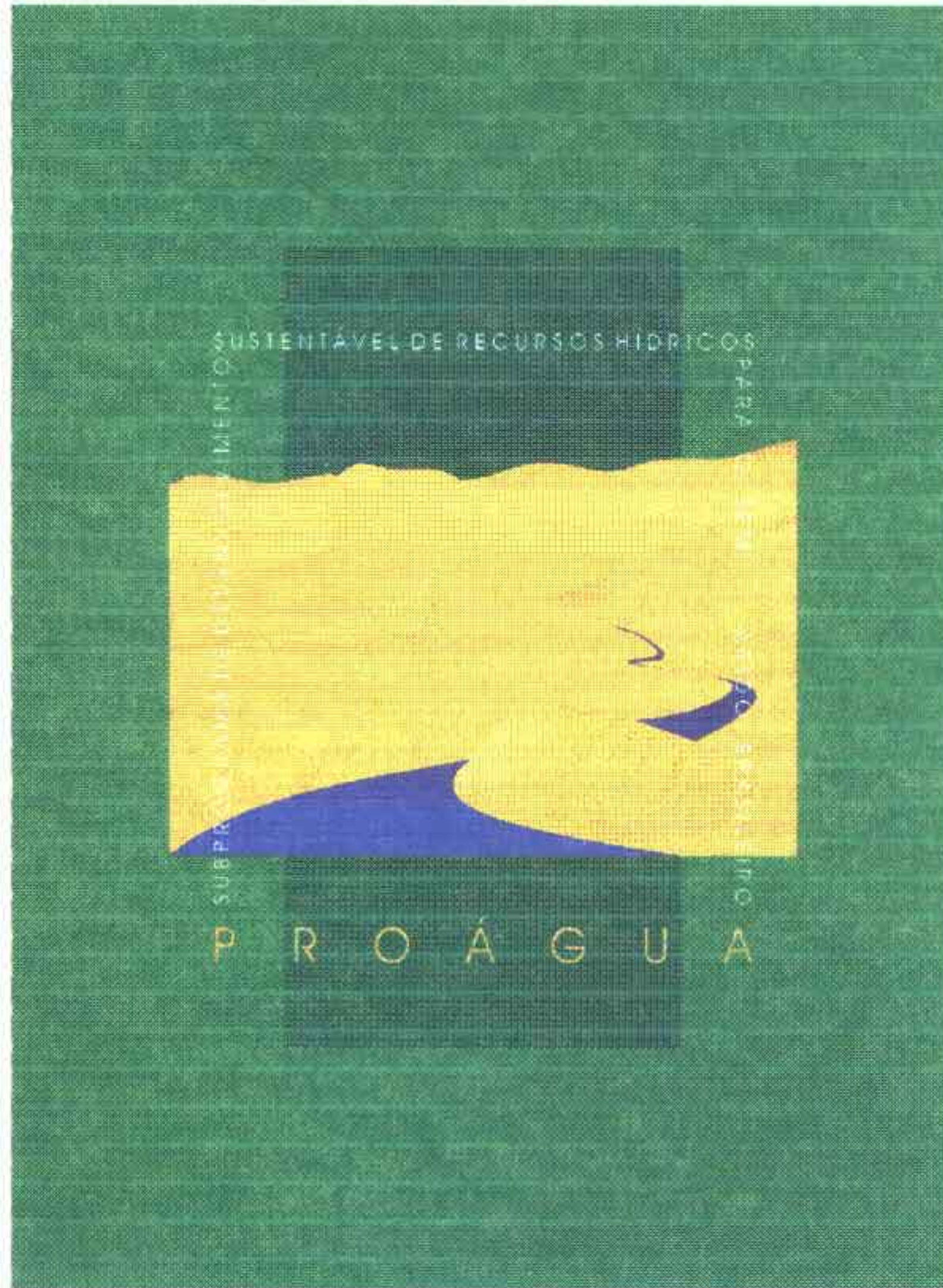
MMA - SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS

PROÁGUA - SUBPROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS PARA O SEMI - ÁRIDO BRASILEIRO

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH



PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE LIMA CAMPOS-ICÓ

VOLUME 1 - PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE LIMA CAMPOS-ICÓ

RELATÓRIO GERAL - TEXTOS

0199/01  
ex.2

Lote: 02183	-	Prep (X)	Scan ( )	Index ( )
Projeto Nº	0199/01			
Volume	1			
Qtd. A4	_____	Qtd. A3	_____	
Qtd. A2	_____	Qtd. A1	_____	
Qtd. A0	_____	Outros	_____	



11/01/01



**INDICE**

---

000003



## ÍNDICE

	PÁGINA
<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	<b>3</b>
<b>2 - DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE ICÓ</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2 - DADOS GERAIS</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3 - CLIMA</b> .....	<b>9</b>
2.3.1 - Temperatura .....	9
2.3.2 - Pluviometria.....	10
<b>2.4 - RECURSOS HÍDRICOS</b> .....	<b>10</b>
2.4.1 - Potencialidades de Escoamento Superficial .....	10
2.4.2 - Nível de Açudagem Atual Estimado .....	10
2.4.3 - Reservas de Água Subterrânea .....	11
<b>2.5 - ASPECTOS SOCIAIS</b> .....	<b>11</b>
2.5.1 - Educação .....	11
2.5.2 - Saúde .....	12
<b>2.6 - ASPECTOS ECONÔMICOS</b> .....	<b>12</b>
2.6.1 - Contas Municipais.....	12
2.6.2 - Agropecuária .....	13
2 6 2 1 - Estrutura Fundiária .....	13
2 6 2 2 - Produção Agrícola .....	13
2 6 2 3 - Pecuária .....	14
2.6.3 - Indústria.....	15
2.6.4 - Comércio.....	15
<b>2.7 - INFRA-ESTRUTURA</b> .....	<b>15</b>



<b>2.8 - ASPECTOS DEMOGRÁFICOS .....</b>	<b>18</b>
<b>2.8.1 - Demografia do Município.....</b>	<b>18</b>
2 8 1 1 - População Atual .....	18
2 8 1 2 - População Futura .....	19
<b>2.9 - FONTE HÍDRICA .....</b>	<b>21</b>
<b>3 - DESCRIÇÃO DO PROJETO.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 - PARÂMETROS DO PROJETO.....</b>	<b>24</b>
<b>3.2 - VAZÕES DE DIMENSIONAMENTO .....</b>	<b>24</b>
3.2.1 - Vazão Média.....	24
3.2.2 - Vazão do Dia de Maior Consumo .....	25
3.2.3 - Vazão do Dia de Maior Consumo na Hora de Maior Demanda .....	25
<b>3.3 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA.....</b>	<b>25</b>
3.3.1 - Captação .....	26
3.3.2 - Adução de Água Bruta por Recalque .....	26
3.3.3 - Adução de Água Bruta por Gravidade .....	28
3.3.4 - Estação de Tratamento D'água (ETA) .....	28
3.3.5 - Reservação .....	30
3.3.6 - Estação Reelevatória de Água Tratada (EE-2) .....	31
<b>4 - MEMÓRIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 - DIMENSIONAMENTO DA ADUTORA DE ÁGUA BRUTA POR RECALQUE....</b>	<b>34</b>
4.1.1 - Dados do Projeto.....	34
4.1.2 - Dimensionamento da Adutora por Recalque de Água Bruta .....	34
<b>4.2 - DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA - EE-1(CAPTAÇÃO).....</b>	<b>36</b>
4.2.1 - Curvas Características .....	36
4 2 1 1 - Curva Característica da Tubulação .....	37
4 2 1 2 - Curva Característica da Bomba .....	40
<b>4.3 - DIMENSIONAMENTO DA ADUTORA POR GRAVIDADE - TRECHO: CP - ETA43</b>	



4.3.1 - Perda de Carga Distribuída (Dhd).....	44
4.3.2 - Perda de Carga Localizada (Dhl) .....	44
4.3.3 - Perda de Carga Total (Dht) .....	44
<b>4.4 - DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO DA ADUTORA DE ÁGUA TRATADA - TRECHO: ETA - RESERVATÓRIO ELEVADO.....</b>	<b>45</b>
<b>4.5 - DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EE-2 .....</b>	<b>46</b>
4.5.1 - Curva Característica da Tubulação .....	46
<b>4.6 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO .....</b>	<b>52</b>
4.6.1 - Sistema de Lavagem dos Filtros (EE-FILTROS).....	52
<b>4.7 - DIMENSIONAMENTO Do sistema de RESERVAÇÃO.....</b>	<b>53</b>
<b>4.8 - ESTUDO DE GOLPE DE ARIETE NAS INSTALAÇÕES DE RECALQUE .....</b>	<b>55</b>
4.8.1 - Verificação do Golpe de Ariete nas Instalações de Recalque EE-1 (Captação)..	56
4.8.2 - Verificação do Golpe de Ariete nas Instalações de Recalque EE-2.....	62
<b>5 - QUALIDADE DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO .....</b>	<b>66</b>
<b>6 - PROJETO ELÉTRICO .....</b>	<b>69</b>
6.1 - INTRODUÇÃO .....	70
<b>6.2 - POTÊNCIA DAS SUBESTAÇÕES - DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO.....</b>	<b>70</b>
6.2.1 - Captação .....	70
6.2.2 - Estação de Tratamento (EE-FILTROS).....	71
6.2.3 - Estação Elevatória 2 (EE-2).....	71
6.2.4 - Subestação Padrão 112,5 kVA - Condutores e Proteção .....	72
<b>6.3 - MOTORES ELÉTRICOS.....</b>	<b>72</b>
6.3.1 - Motor 40 CV .....	73
6.3.2 - Motor 50 CV .....	73
6.3.3 - Motor 15 CV .....	73
<b>7 - PROJETO ESTRUTURAL.....</b>	<b>75</b>
<b>7.1 - HIPÓTESE DE CARREGAMENTO.....</b>	<b>76</b>



<b>7.2 - CÁLCULO DOS ESFORÇOS .....</b>	<b>76</b>
<b>7.2.1 - Cálculo das Lajes .....</b>	<b>76</b>
<b>7.2.2 - Cálculo das Vigas e Paredes .....</b>	<b>76</b>
<b>7.2.3 - Cálculo das Cintas .....</b>	<b>76</b>
<b>7.2.4 - Cálculo dos Pilares .....</b>	<b>76</b>
<b>7.2.5 - Cálculo das Fundações .....</b>	<b>76</b>
<b>7.3 - DIMENSIONAMENTO.....</b>	<b>77</b>
<b>7.3.1 - Lajes.....</b>	<b>77</b>
<b>7.3.2 - Vigas, Paredes e Cintas .....</b>	<b>77</b>
<b>7.3.3 - Fundações .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>78</b>

**MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

**DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA**



## APRESENTAÇÃO

---





O presente documento é parte integrante do Projeto Executivo da Adutora de Lima Campos em Icó, sendo organizado da seguinte forma

**Volume 1 - Projeto Executivo da Adutora de Lima Campos em Icó**

**Relatório Geral - Textos,      Contendo**

**Memorial Descritivo e Memorial de Cálculos**

**Volume 2 - Projeto Executivo da Adutora de Lima Campos em Icó**

**Quantitativos e Custos**

**Volume 3 - Projeto Executivo da Adutora de Lima Campos em Icó**

**Especificações Técnicas**

- **Parte I - Especificações Técnicas**
- **Parte II - Normas de Medição e Pagamento**

**Volume 1 - Projeto Executivo da Adutora de Lima Campos em Icó**

**Desenhos**

000009



## 1 - INTRODUÇÃO

---



O presente relatório tem como objetivo apresentar de forma organizada o desenvolvimento de estudos específicos e detalhamento do Projeto Executivo da Adutora de Lima Campos em Ico. com extensão de 12 km, que captará água no açude Lima Campos, para o abastecimento da sede do município de Icó. A adutora faz parte do sistema de abastecimento de água que é composta de captação, adução, tratamento e reservação. O sistema está projetado para atender a população futura do ano de 2020.

O conteúdo do relatório é o seguinte:

- Localização e acesso da cidade de Icó e do Açude Lima Campos, e as principais características da fonte hídrica a ser utilizada,
- Principais características da região em que se insere a comunidade beneficiada, abordando sumariamente os seus aspectos físicos, hidro-climáticos e aspectos sociais e econômicos,
- Parâmetros do projeto a serem considerados nas definições das vazões,
- Vazões de dimensionamento,
- Descrição do sistema proposto,
- Metodologias e critérios utilizadas no dimensionamento das obras e equipamentos,
- Solução adotada em nível de Projeto Executivo,
- Desenhos necessários à execução do projeto do sistema de abastecimento d'água,
- Especificações técnicas de equipamentos, materiais e serviços,
- Quantificação e custos de equipamentos, materiais e serviços,
- Memórias de cálculos hidráulicos, elétricos e estrutural

000011



## 2 - DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE ICÓ

---



## **2.1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO**

O município de Icó, criado em 1735, tem uma área territorial de 1 967 km<sup>2</sup> e está localizado na região sudeste do estado do Ceará. Está apresentado na Figura 2.1 o mapa de localização do município no Estado do Ceará.

A sede do município com altitude de 153,40 m tem as seguintes coordenadas geográficas:

LAT 6°24'04" oeste

LONG 38°51'44" sul

O município tem os seguintes limites:

NORTE Jaguaribe e Pereiro

SUL Uman e Cedro

LESTE Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba

OESTE Orós e Iguatu

O acesso ao município se dá pela BR-116. A distância entre Icó e Fortaleza pela BR-116 é de 375 km e em linha reta 295 km.

## **2.2 - DADOS GERAIS**

### **- GEOLOGIA**

Principais unidades estratigráficas:

Rochas do Pré-Cambriano Inferior e Médio do Embasamento Cristalino

FONTE: Atlas do Ceará (IPLANACE)

### **- GEOMORFOLOGIA**

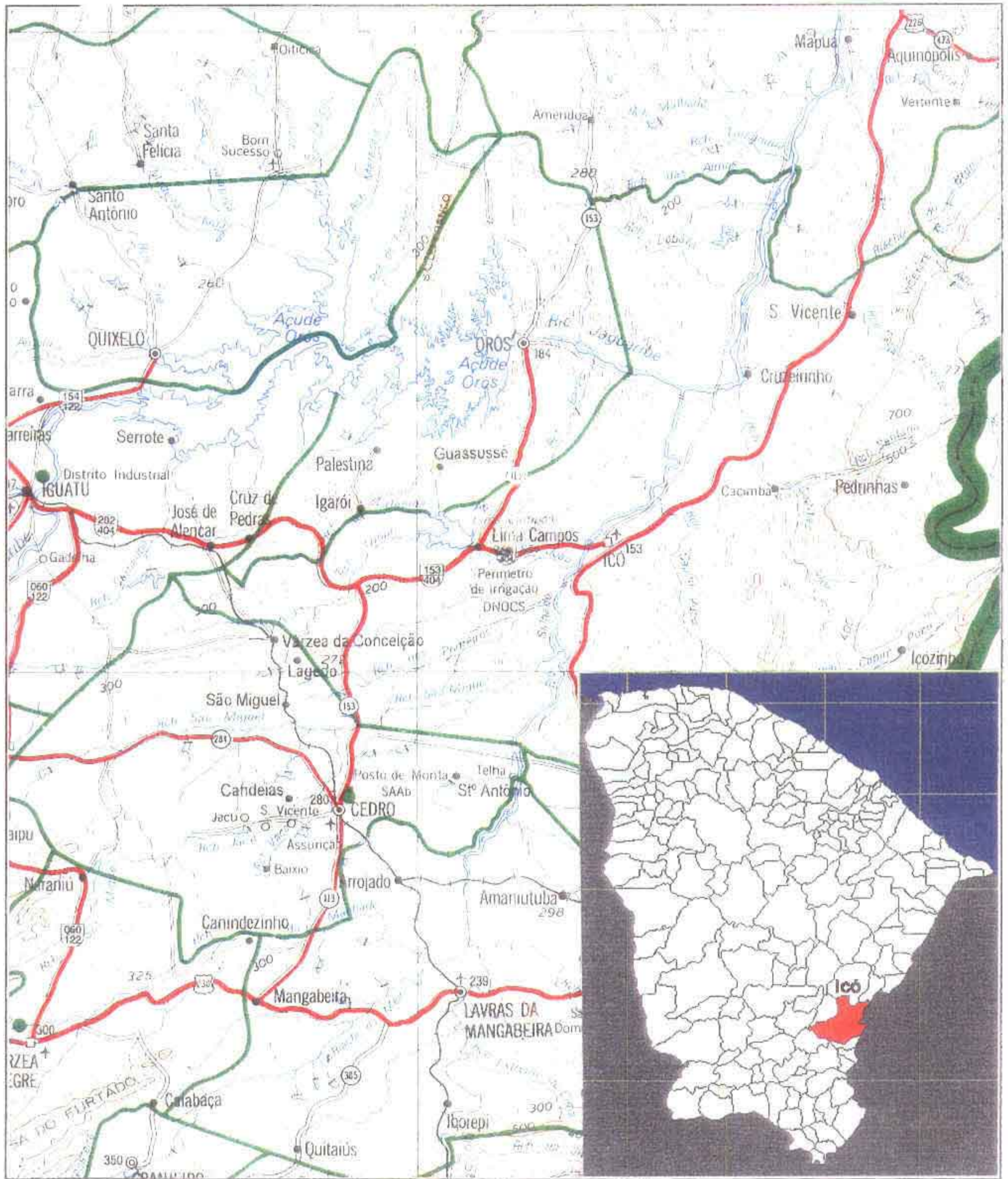
Principais unidades geomorfológicas:

000013



Depressão Sertaneja submetida a processos de sedimentação Maciços Residuais dissecados em cristas e colinas

FONTE Atlas do Ceará (IPLANCE)



FONTE: SEPLAN/IPLANCE/DGC - 1994

ESCALA: 1:500.000

FIGURA 2.1- MAPA DE LOCALIZAÇÃO



### **- RECURSOS VEGETAIS**

<b>PRINCIPAIS UNIDADES FITOECOLÓGICAS</b>	<b>AREA (km<sup>2</sup>)</b>
Caatinga Arbórea	492,0
Caatinga Arbustiva Densa	1 180,0
Matas Secas	295,0

**FONTE** Atlas do Ceará (IPLANCE)

### **- SOLOS**

**Classes de Solo**

Bruno Não Cálcico,

Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico e Distrófico,

Solos Litólicos Eutróficos e Distróficos

**FONTE** Atlas do Ceará (IPLANCE)

### **- USO POTENCIAL DO SOLO**

Culturas de subsistência, algodão, fruticultura, pecuária extensiva e pastagens plantadas

**FONTE** Atlas do Ceará (IPLANCE)

## **2.3 - CLIMA**

### **2.3.1 - Temperatura**

De acordo com dados fornecidos pela FUNCEME, no município de Icó foram registradas as seguintes variações de temperatura

**Média das mínimas 23°C**

**Média das máximas 36°C**





### 2.3.2 - Pluviometria

O regime de precipitação atuante na região e em todo o Estado caracteriza-se pela má distribuição espacial e temporal das precipitações, o que é mais preocupante do que os totais precipitados

No ano de 1994 foi registrado no posto Pluviométrico de Icó nº 3822832 um total de 911,6 mm, sendo que os valores normalmente observados são de 733,9 mm

## 2.4 - RECURSOS HÍDRICOS

### 2.4.1 - Potencialidades de Escoamento Superficial

Deflúvio médio anual	68 mm
Volume escoado médio anual	137 hm <sup>3</sup>

### 2.4.2 - Nível de Açudagem Atual Estimado

QUADRO 2.1 - NÍVEL DE AÇUDAGEM

DIMENSÃO DO AÇUDE (1.000 m <sup>3</sup> )	NÚMERO DE AÇUDES	VOLUME TOTAL ARMAZENADO (1.000 m <sup>3</sup> )
0 - 100	41	2 430
100 - 500	31	6 120
500 - 1 000	8	6 270
1 000 - 3 000	7	11 040
3 000 - 10 000	1	3 940
> 10 000	1	66 380
TOTAL	89	96 180
LAGOAS	11	1 490

FONTE PLANERH - Plano Estadual de Recursos Hídricos



### 2.4.3 - Reservas de Água Subterrânea

**QUADRO 2.2 - RESERVAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA**

AQUIFERO	NUMERO DE POÇOS CADASTRADOS	DISPONIBILIDADE ATUAL (m <sup>3</sup> /ano)	RESERVAS EXPLORÁVEIS (m <sup>3</sup> /ano)		CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS	
			TOTAL	COM RESTRIÇÃO DE QUALIDADE	PROFUNDIDADE MÉDIA (m)	VAZÃO MÉDIA (m <sup>3</sup> /h)
EMBASAMENTO CRISTALINO	11	609.258	1 151 150	805 805	50,1	12,6
FM ANTENOR NAV	1	26.280	-	-	81,0	6,0
GR RIO PEIXE	4	42.924	-	-	64,3	2,5
INT GRA. SIENE	2	14.892	-	-	51,0	1,7
N ESPECIFICO	3	51.246	-	-	45,7	3,9

FONTE PLANERH - Plano Estadual de Recursos Hídricos

## 2.5 - ASPECTOS SOCIAIS

### 2.5.1 - Educação

De acordo com dados de 1994 levantados pela SEDUC, o município de Icó possui a seguinte estrutura física para a alternativa de educação de sua população

Estabelecimentos escolares 209 unidades

Salas de aula 486 unidades

A população discente tem a seguinte distribuição

Matrícula Pré-Escolar 2 646

Matrícula 1º Grau 14 177

Matrícula 2º Grau 773



Observa-se que somente 5,45% dos alunos do 1º Grau conseguem atingir o 2º Grau caracterizando-se uma altíssima taxa de evasão escolar (94,55%)

### 2.5.2 - Saúde

De acordo com dados levantados pela SESA em 1994, o município de Icó possui o sistema de saúde apresentado abaixo, no Quadro 2 3

**QUADRO 2.3 - SISTEMA DE SAÚDE - 1994**

ITEM	QUANTIDADE
Hospitais e Maternidades	-
Leitos	36
Postos de Saúde	17
Médicos(1)	-
Odontólogos(1)	-
Enfermeiros(1)	-
Agentes de Saúde	106
Outras Unidades de Saúde	3

FONTE SESA

(1) Somente profissionais de serviço público estadual

## 2.6 - ASPECTOS ECONÔMICOS

### 2.6.1 - Contas Municipais

O Quadro 2 4, com valores de 1993, fornecidos pelo IPLANCE, apresenta a Renda Interna e Per Capita e suas respectivas classificações no Estado

**QUADRO 2.4 - RENDA PER CAPTA E CLASSIFICAÇÃO NO ESTADO**

DISCRIMINAÇÃO	VALORES (R\$)
Renda Interna	10 319 000
Classificação no Estado	34
Renda Per Capita	167
Classificação no Estado	76



## 2.6.2 - Agropecuária

### 2.6.2.1 - Estrutura Fundiária

O Quadro 2.5 apresenta a estrutura fundiária do município no ano de 1985, fornecidos pelo IBGE

**QUADRO 2.5 - ESTRUTURA FUNDIÁRIA - 1985**

DISCRIMINAÇÃO	ESTABELECIMENTO	ÁREA (ha)
Grupo de Área (ha)		
Menor de 10	3 639	13 192
10 a menos de 100	1 507	43 743
100 a menos de 1 000	151	32 502
1 000 e Mais	6	25 241
Total	5 303	114 678
Condição do Produtor		
Proprietário	2 359	96 443
Arrendatário	269	1 681
Parceiro	1 679	9 581
Ocupante	996	6 973
Total	2 359	96 443

FONTE IBGE

### 2.6.2.2 - Produção Agrícola

No Quadro 2.6 está apresentada a produção agrícola do município no ano de 1994 em dados fornecidos pelo IBGE

**QUADRO 2.6 - PRODUÇÃO AGRÍCOLA - 1994**

PRODUTOS	ÁREA (ha)	PRODUÇÃO (t)	RENDIMENTO MEDIO (kg/ha)
Algodão Arbóreo	1 000	75	75
Algodão Herbáceo	1 100	605	550
Arroz	1 422	4 428	3 114
Banana (1 000 cachos)	261	391	1 498
Cana de Açúcar	10	320	32 000
Castanha de Caju	85	21	247
Coco de Baía (1 000 frutos)	45	225	5 000
Feijão	8 790	2 751	313
Laranja (1 000 frutos)	2	120	60 000
Mandioca	30	360	12 000
Manga (1 000 frutos)	2	80	40 000
Milho	8 000	5 600	700

FONTE IBGE

**2.6.2.3 - Pecuária**

O Quadro 2 7 mostra a situação da pecuária no município no ano de 1993, com dados fornecidos pela IBGE

**QUADRO 2.7 - PECUÁRIA - 1993**

DISCRIMINAÇÃO	EFETIVO
Bovino (Cab)	28 715
Suíno (Cab)	9 519
Ovino (Cab)	9 479
Caprino (Cab)	5 134
Equino (Cab)	4 533
Asinino (Cab)	4 240
Muar (Cab)	1 556
Ave (Cab)	84 898
Produção de Leite (1 000 litros)	4 225
Produção de Ovos (1 000 dúzias)	196

FONTE IBGE



### 2.6.3 - Indústria

Os dados apresentados no Quadro 2.8 são referentes ao período 1980-1985 e foram levantados pelo IBGE (CENSO ECONÔMICO)

Há indicação de que houve uma regressão no setor pois o censo detectou redução no número de estabelecimentos industriais como também no número de pessoas ocupadas com a atividade industrial

**QUADRO 2.8 - DADOS GERAIS DA INDÚSTRIA - 1980-1985**

DISCRIMINAÇÃO	1980	1985
Estabelecimentos	27	29
Pessoal Ocupado	230	191
Salários (Cr\$ 1 000)	12 336	1 618 056
Vr Bruto da prod Industrial (Cr\$ 1 000)	162 967	19 924 001
Vr da Transf Industrial (Cr\$ 1 000)	57 741	6 783 198

FONTE IBGE/CENSO ECONÔMICO

O quadro 2.9 apresenta dados referentes aos estabelecimentos industriais existentes no município, em 1991

**QUADRO 2.9 - ESTABELECEMENTOS INDUSTRIAIS - 1991**

DISCRIMINAÇÃO	EFETIVO
Construção Civil	6
Madeira	3
Minerais não Metálicos	4
Perfumaria, Sabões e Velas	4
Produtos Alimentares	10
Química	1
Vestuário e Calçados	1
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>

FONTE IBGE

### 2.6.4 - Comércio

Os quadros 2.10 e 2.11 apresentam os dados mais importantes com relação ao setor comercial do município, referentes às datas das realizações dos levantamentos

**QUADRO 2.10 - ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS - 1993**

DISCRIMINAÇÃO	ESTABELECIMENTOS
Atacadista	28
Varejista	710
<b>TOTAL</b>	<b>738</b>

FONTE SIC

**QUADRO 2.11 - DADOS GERAIS DO COMÉRCIO - 1980-1985**

DISCRIMINAÇÃO	1980	1985
Estabelecimentos	203	200
Pessoal Ocupado	437	475
Salário (Cr\$ 1 000,00)	14 152	3 803 462
Receita Total (Cr\$ 1 000,00)	321 895	42 882 195

## **2.7 - INFRA-ESTRUTURA**

As informações relativas a infra-estrutura existente no município de Icó estão apresentados a seguir

De acordo com o DERT (1994) o município possui

- Rede Rodoviária com 453,0 km de estradas municipais, 106,2 km de estradas estaduais e 56,2 km de estradas federais,
- Campo de Pouso com 1 200 metros de extensão e 15,2 metros de largura e com revestimento asfáltico
- Energia Elétrica

O Quadro 2 12 apresenta dados de 1992, fornecidos pelo COELCE

**QUADRO 2.12 - ENERGIA ELÉTRICA**

CLASSES	CONSUMO (Mwh)	CONSUMIDORES
Residencial	5 416	6 777
Industrial	359	39
Comercial	1 378	652
Rural	1 516	226
Público	2 840	132
Outros	51	2
<b>TOTAL</b>	<b>11 560</b>	<b>7 828</b>

FONTE COELCE

**- Telefonia (Dados de 1994, fornecidos pela TELECEARÁ)**

Terminais instalados	840
Terminais em serviço	762
Telefones de uso público	33

**- Correios (Dados de 1994, fornecidos pela ECT)**

Agências de correios	1
Postos de venda de selos	1
Agências de correio social	3
Caixas de coleta. .	2

**- Abastecimento D'água (Dados de 1996, fornecidos pelo SAAE)**

Ligações de Água Existentes	5 477
Ligações em funcionamento	5 056
Sendo distribuídas da seguinte forma	
Ligações domiciliares	4 625





Ligações comerciais	3 61
Ligações públicas	70
Número de hidrômetros instalados	3 971
População Beneficiada	24 674
Rede de Distribuição (m)	38 592
Volume Produzido (m <sup>3</sup> /mes)	124 920

## 2.8 - ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

### 2.8.1 - Demografia do Município

De acordo com dados fornecidos pelo IBGE a população total do município de Icó teve um acréscimo de 45,46% no período de 1970 a 1991. Enquanto a população urbana teve um crescimento de 55,77% a população rural apresentou um crescimento de apenas 19,10%.

QUADRO 2.13 - DEMOGRAFIA DO MUNICÍPIO

DISCRIMINAÇÃO	ANOS			
	1970	1980	1991	1995(1)
População Total (hab)	41 569	53 344	60 466	63 041
População Urbana (hab)	10 456	16 287	22 513	25 079
População Rural (hab)	31 113	37 057	37 953	38 322
Densidade Demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	21,13	27,12	30,74	32,22

FONTE: IBGE

(1) Estimativa do IPLANCE

#### 2.8.1.1 - População Atual

De acordo com estimativa feita pelo IPLANCE, a população atual urbana de Icó é de 25 079 habitantes.



### 2.8.1.2 - População Futura

Através dos dados de população do IBGE, foram ajustadas curvas, linear, polinomial, potencial e exponencial, para a projeção da evolução de população do município, cujos resultados são mostrados na Tabela 2.1. Através da análise das curvas mostradas na Figura 2.2 e dos dados da Tabela 2.1, adotou-se a curva potencial para determinar-se a população de final de plano (ano 2020) ou seja 49059 habitantes.

**TABELA 2.1 - ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL DO MUNICÍPIO DE ICÓ - CE**

ANO	POP. URBANA CEN.	LINEAR	C. POLINOMIAL	C. POTENCIAL	C. EXPON.
1970	10456	10450	10478	10594	10844
1980	16287	16280	16216	15487	15327
1991	22513	22650	22638	22340	22426
1995	25079	24974	25001	25247	25755
2000		27879	27977	29211	30619
2005		30784	30976	33559	36402
2010		33689	33999	38305	43277
2015		36593	37045	43467	51450
2020		39498	40115	49059	61167
2025		42403	43208	55098	72720
2030		45308	46325	61599	86454

FONTE: IBGE

000026



## ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL DE ICÓ -

HABITANTES

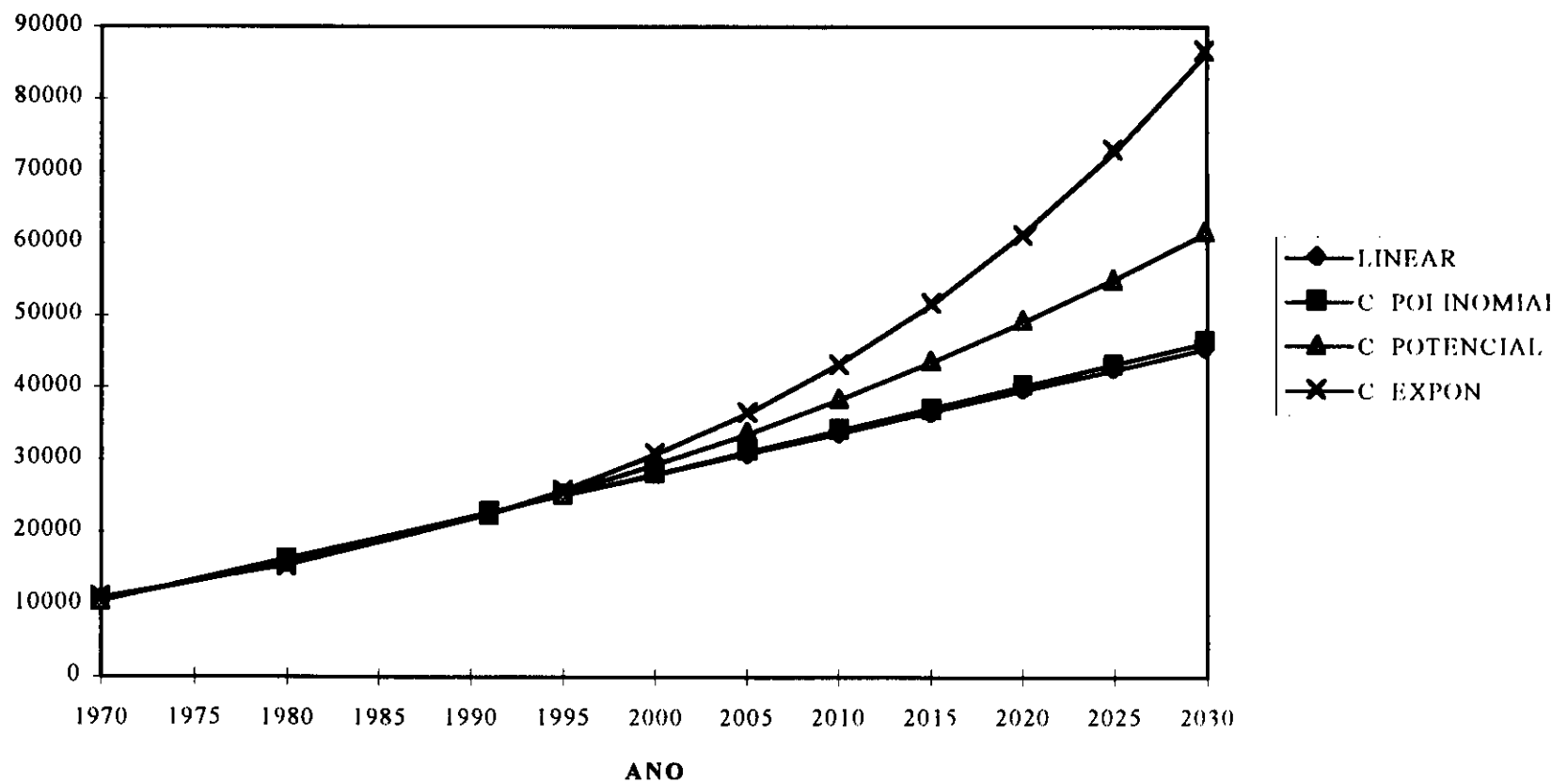


FIGURA 2.2 - CURVAS DE PROJEÇÃO DE POPULAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ICÓ - CE



FIGURA 2.3 - VISTA DO AÇUDE LIMA CAMPOS



## 2.9 - FONTE HÍDRICA

Pelo município de Icó passa o rio Salgado, que apesar de ser perenizado, a sua água não pode ser utilizada para o abastecimento da população pois este passa por perímetros irrigados os quais o contaminam enormemente. Atualmente a cidade capta a sua água para abastecimento em um canal de irrigação do DNOCS, o que causa grandes transtornos ao município quando este não está operando. A fonte hídrica do projeto será, portanto o Açude Lima Campos (Figura 2.3). Este açude projetado e construído pelo DNOCS, está localizado no município de Icó, a cerca de 400 km de Fortaleza, no estado do Ceará. Barra do São João, pertencente ao sistema do rio Jaguaribe, cuja bacia hidrográfica mede 340 km<sup>2</sup>, considerando a interligação com a bacia do Açude Orós. Suas principais características encontram-se descritas a seguir:

- Capacidade 68 382 000 m<sup>3</sup>
- Bacia hidrográfica 340 km<sup>2</sup>
- Bacia hidráulica 1 515 ha
- Volume afluente anual 40 000 000 m<sup>3</sup>
- Tipo da barragem Terra Zoneada

A água bruta do Açude Lima Campos foi coletada e analisada para a determinação das suas características físico-químicas. Os resultados mostraram que a mesma está dentro dos padrões de qualidade para água bruta determinado pelo Ministério da Saúde. A água bruta deverá passar por um sistema de tratamento de água para atingir os padrões de potabilidade exigidos pelo SAAE.



### **3 - DESCRIÇÃO DO PROJETO**

---

---



Para o desenvolvimento deste projeto, utilizou-se como estudos preliminares, os realizados no Dimensionamento da Adutora por Gravidade Interligando o Açude Lima Campos à Estação de Tratamento de Água de Icó, desenvolvido pela M.S Fundação Nacional de Saúde - Coordenadora Regional do Ceara - Unidade de Saneamento

### **3.1 - PARÂMETROS DO PROJETO**

Para o desenvolvimento e dimensionamento das partes que compõe o projeto executivo da adutora de Lima Campos em Icó, foram utilizados os seguintes parâmetros

- População urbana atual de Icó (1995)	25 079 hab
- Ano horizonte do projeto	2020
- População estimada para o ano 2020	49059 hab
- Coeficiente do dia de maior consumo (K1)	1,2
- Coeficiente do hora de maior consumo (K2)	1,5
- Consumo "per capita"	150 L/hab dia

### **3.2 - VAZÕES DE DIMENSIONAMENTO**

#### **3.2.1 - 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 projeto tratado tem-se

000031



$$Q = \frac{49059 \times 150 \text{ L / hab}}{86.400 \text{ s}} \therefore Q = 85,2 \text{ L / s} = 306,6 \text{ m}^3 / \text{h}$$

### 3.2.2 - 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

$$Q_1 = 1,2 \times 85,2 = 102,2 \text{ L/s} = 368,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 3.2.3 - 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 consumo

Tem-se

$$Q_2 = 1,5 \times 102,2 = 153,3 \text{ L/s} = 552,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 3.3 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O projeto do sistema de abastecimento proposto para o município de Icó prevê um alcance futuro até o ano 2020 e deverá contemplar uma população de até 49 059 habitantes

A concepção do sistema é a seguinte a água bruta será captada, através de bombas montadas em flutuantes, no açude Lima Campos que dista aproximadamente 12 km do município a ser beneficiado Será recalçada até uma caixa de passagem localizada no ponto mais elevado do caminhamento da adutora, na estaca 12 e cota do solo igual a 203,36 A partir da caixa de passagem a água seguirá por gravidade, através de uma adutora enterrada de 350 mm de diâmetro, até a Estação de Tratamento d'Água (ETA) localizada a 11 800 metros do ponto de captação A adutora seguirá sempre a estrada que interliga os municípios de Lima Campos a Icó Parte da água captada será conduzida para o sistema de tratamento existente, cuja capacidade é de tratar 144m<sup>3</sup>/h, e o restante será conduzido para a nova ETA. que será





modular. A água tratada na nova ETA será recalçada para um reservatório elevado, localizado no Alto dos Bastos, que é o ponto mais alto da cidade. Do reservatório elevado a água seguirá para distribuição aos consumidores, estando esta etapa fora da abrangência deste projeto. A configuração deste sistema está representado em croquis na Figura 3.1.

A seguir serão apresentadas as características das principais unidades do sistema proposto.

### 3.3.1 - Captação

A captação será feita diretamente no Açude Lima Campos, através de conjuntos moto-bombas de eixo vertical, instalados em flutuadores de fibra de vidro, que recalcará as águas até a caixa de passagem localizada na estaca 12, a 240 metros de distância e à cota 203,30.

Deverão ser instalados 2 conjuntos, sendo um na primeira etapa e o segundo na segunda etapa. Devido à facilidade em substituir a bomba instalada no flutuador, deverá ser mantido um conjunto de reserva na prateleira. Os conjuntos moto-bombas deverão ter as seguintes características técnicas:

$$Q = 184 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{\text{man}} = 40 \text{ mca}$$

$$P_{\text{motor}} = 40 \text{ cv}$$

$$\text{Tempo de funcionamento} = 24 \text{ h/dia}$$

A planta HD-11 contida no Volume 2 - Desenhos, mostra os detalhes das obras civis, equipamentos hidromecânicos e eletromecânicos da captação.

### 3.3.2 - Adução de Água Bruta por Recalque

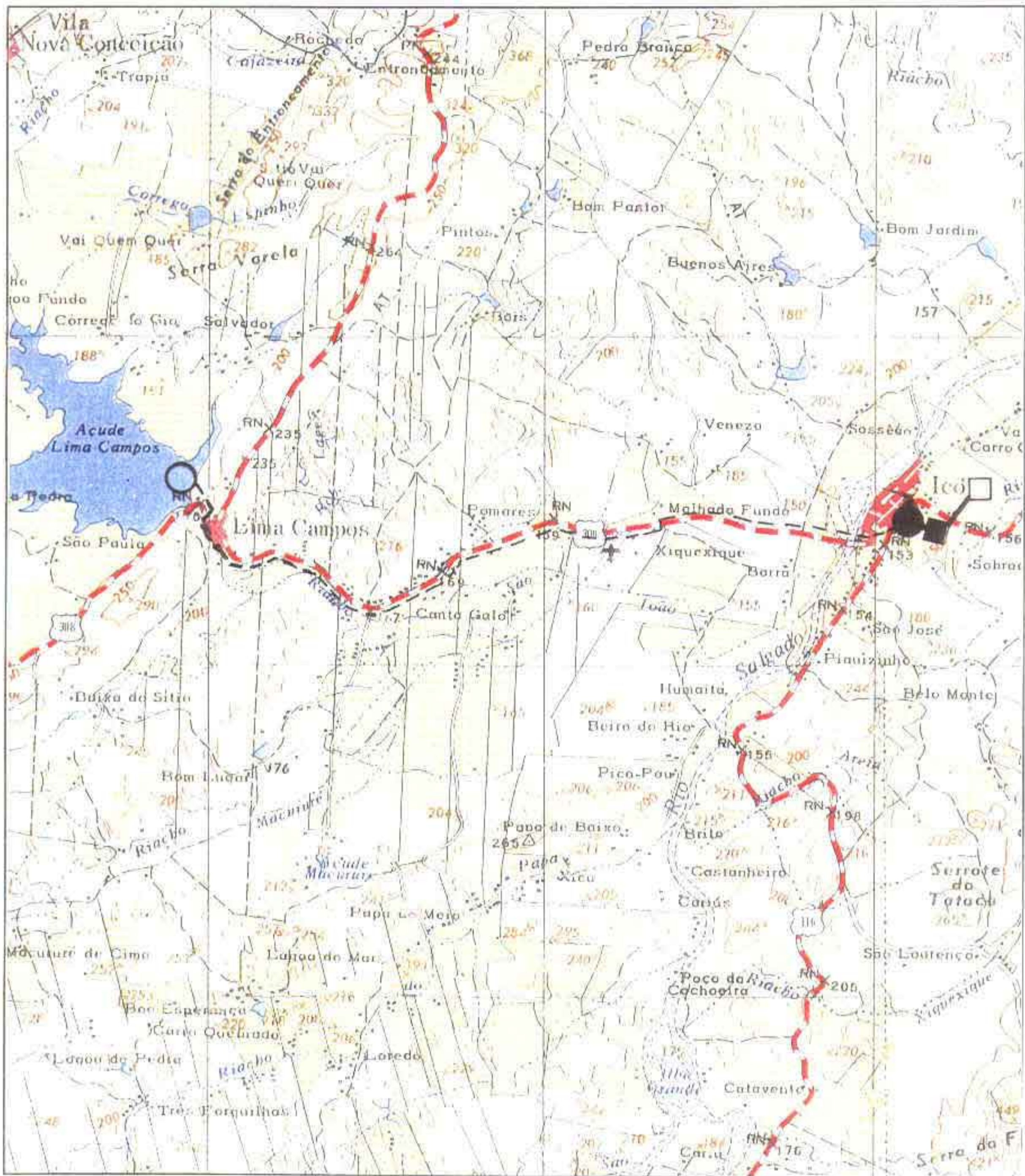
A adução de água bruta será em conduto forçado por recalque e terá as seguintes características técnicas:

#### Trecho Flutuante:

Material PEAD (Polietileno de Alta Densidade)

Diâmetro 250 mm

Extensão aproximada 100 m



**LEGENDA:**

- Estação de Tratamento
- Reservatório de Água Tratada
- Reservatório Elevado
- - - Adução de Água Bruta
- Adução de Água Tratada
- Estação Elevatória

**FIGURA 3.1 - CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA - LIMA CAMPOS/ÍCÓ**

**Trecho em Terra:**

Material Ferro Fundido

Diâmetro 350 mm

Extensão aproximada 240 m

As plantas HD-01 e HD-10 contidas no Volume 2 - Desenhos, mostra o perfil, o caminhamento e a planira de situação do trecho da adutora por recalque

**3.3.3 - Adução de Água Bruta por Gravidade**

A adução de água bruta após a caixa de passagem será feita em conduto forçado por gravidade e terá as seguintes características técnicas

Material PVC REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO

Diâmetro 350 mm

Extensão 11 800 m

Vazão 102,2 L/s = 368,10 m<sup>3</sup>/h

Cota do N A na caixa de passagem 203,30

Cota do N A na câmara de carga 163,80

Pressão disponível 39,50 mca

**3.3.4 - Estação de Tratamento D'água (ETA)**

A Estação de Tratamento de Agua existente no municipio de Icó será ampliada para tratar a vazão de 224,10 m<sup>3</sup>/h, que é a diferença entre a vazão captada, 368,10 m<sup>3</sup>/h, e a que será tratada no atual sistema, que é de 144,0 m<sup>3</sup>/h Será do tipo modulada, compacta, em que as fases de floculação, decantação e filtração ocorrem em uma única estrutura, na qual a filtração propriamente dita é de fluxo ascendente A ampliação da estação será feita em duas etapas,

As unidades da ETA serão

000035



#### **- CLARIFICADOR**

Características técnicas de cada módulo

Capacidade de vazão até 70,0 m<sup>3</sup>/h,

Diâmetro 3 000 mm,

Altura 4,00 m,

Material resina poliéster estruturada com fibra de vidro,

Número de módulos a serem implantados na 1ª etapa 2

Número de módulos a serem implantados na 2ª etapa 2

#### **- CÂMARA DE CARGA**

Número de câmaras 01 unidade,

Diâmetro 1500 mm,

Altura 5,80 m,

Material resina poliéster e estruturada com fibra de vidro

#### **- CASA DE QUÍMICA**

A casa de química prevista será construída em alvenaria e terá uma área útil de 97,80 m<sup>2</sup> distribuídos da seguintes forma

- 1 sala de armazenamento de produtos químicos,
- 1 sala de dosagem,
- 1 laboratório para análise da água tratada,
- 1 sala de cloração,
- 1 sala para armazenamento dos cilindros de cloro,
- 1 sanitário



### **- ESTAÇÃO ELEVATÓRIA PARA A LAVAGEM DOS FILTROS (EE-FILTROS)**

O recalque para lavagem de filtro será realizado por dois conjuntos motor-bombas centrífugas de eixo horizontal

Deverão ser instalados três conjuntos, um de reserva, com as seguintes características

$Q = 190,89 \text{ m}^3/\text{h}$

$H_{\text{man}} = 12 \text{ m}$

$P_{\text{motor}} = 15 \text{ CV}$

Rotação = 1 750 rpm

A casa de bombas será em alvenaria. A sucção das bombas será feita diretamente do reservatório de água tratada

Os detalhes construtivos das unidades da ETA serão apresentados nas plantas HD- 12, HD-13, HD-14, HD-15 E HD-16 contidas no VOLUME II - DESENHOS

### **3.3.5 - Reservação**

A reservação do sistema se fará em quatro unidades, duas existentes na ETA e duas a serem construídas. As unidades a serem construídas serão um reservatório semi-enterrado localizado na ETA e um reservatório elevado, localizado no Alto dos Bastos com cota de terreno igual a 180, sendo este o ponto mais elevado da área urbana de Icó

O volume total de água a ser reservado representa 1/3 do volume necessário no dia de maior consumo, isto é,  $\frac{1}{3} \times 375 \times 24 = 3000 \text{ m}^3$

A capacidade das unidades existentes é a seguinte

- Reservatório enterrado  $150 \text{ m}^3$

- Reservatório elevado  $250 \text{ m}^3$

As unidades a serem construídas deverão ter capacidade para reservar  $2600 \text{ m}^3$ , deverão ser em concreto e terão as seguintes características geométricas

- Reservatório Semi-Enterrado

Capacidade  $2250 \text{ m}^3$

000037



- Dimensões - largura 18,00m
- comprimento 36,00m
- altura útil 3,47m
- altura total 3,80m

- Reservatório Elevado

Forma da caixa circular

Capacidade 350 m<sup>3</sup>

- Dimensões - diâmetro 13,00m
- altura útil 2,65m

### **3.3.6 - Estação Reelevatória de Água Tratada (EE-2)**

A estação elevatória (EE-2) recalcará água tratada, desde o reservatório semi-enterrado localizado após o sistema de tratamento, até o reservatório elevado, localizado no Alto dos Bastos a 1000 metros de distância da ETA. O desnível geométrico a ser vencido é igual a 33,85 m.

A casa de bombas da estação elevatória EE-2 terá o seu piso na cota 155,60 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:

- Bomba centrífuga com eixo horizontal
- Vazão 228,10 m<sup>3</sup>/h
- Hman total 38,72 mca
- Rotação 1750 rpm
- Potência do Motor 50 CV
- Tensão 220/380V
- NPHS (m) 2,80m

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 nas plantas HD-15 e HD-16 contidas no VOLUME II - DESENHO



## **4 - MEMÓRIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO**

---

---





## **4.1 - DIMENSIONAMENTO DA ADUTORA DE ÁGUA BRUTA POR RECALQUE**

### **4 1.1 - Dados do Projeto**

Vazão (24 horas)	102,2l/s
Cota do $NA_{min}$ de operação na captação	166,41
Cota do $NA_{max}$ de operação na captação	177,50
Cota do NA na entrada da Caixa de Passagem	203,50
Desnível geométrico máximo	37,09
Distância máxima do Flutuante até a Caixa de Passagem	340m

Material da tubulação trecho flutuante PEAD

Comprimento 100,00 m

Diâmetro 250mm

trecho em terra FERRO FUNDIDO

Comprimento 240,00 m

Diâmetro 350mm

### **4 1.2 - Dimensionamento da Adutora por Recalque de Água Bruta**

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  $K = 1,1$



$$D = 1,1 \times \sqrt{0,1022} = 0,352\text{m}$$

O diâmetro comercial mais próximo é DN = 350mm

Realizou-se um estudo comparativo de custos com os seguintes diâmetros 250mm, 300mm, 350mm, 400mm e 500mm

A potência perdida 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 = 130 (tubos de ferro dúctil revestido de concreto)

$\eta$  = rendimento do conjunto moto-bomba

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 ( $t_a = 8\,760$  h)

$\gamma$  = custo do KW/h ( $\gamma = \text{R\$ } 0,12713$ )

O custo das perdas (CP), atualizado, considerando T = 25 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

$$CP = 7,843 \times P_p \times t_a \times \gamma = 8\,734,581 \times P_p$$

O resultado do estudo comparativo de custos está apresentado na Tabela 4.1 e mostra que o diâmetro mais econômico é de DN = 350mm

**TABELA 4.1 - ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS DE DIVERSOS DIÂMETROS PARA A ADUTORA DE ÁGUA BRUTA**

Diam (m)	Custo dos tubos (R\$)		Perda de carga mca	Potência Perda (kw)	Custo das Perdas (R\$)		Soma dos Custos (R\$)
	p/metro	Total			Anual	Atual	
0 25	110 45	26,508 00	3 943	4 94	5,498 11	43,122 41	69 630,41
0 30	126 26	30,301 78	1 623	2 03	2,262 56	17,745 59	48 047,37
0 35	162 30	38,952 00	0 766	0 96	1,068 00	8,376 44	47 328,44
0 40	192 47	46,192 80	0 400	0 50	557 38	4,371 58	50 564,38
0 50	288 71	69,289 20	0 135	0 17	188 02	1,474 64	70 763,84

## **4.2 - DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA - EE-1(CAPTAÇÃO)**

### **4.2.1 - Curvas Características**

O dimensionamento da Estação Elevatória Principal (EE-1) é feito determinando-se as curvas características das tubulações desde a saída da bomba flutuante até a entrada na caixa de passagem (CP). As perdas de cargas distribuídas e localizadas, para diversas vazões, são calculadas usando-se a fórmula de Hazen-Williams considerando, para as peças especiais, seus componentes equivalentes. As curvas características das bombas foram fornecidas pelos fabricantes.

#### **Dados do projeto**

- Vazão total 368,10 m<sup>3</sup>/h
- Cota do N.A. min de operação na captação 166,41
- Cota do N.A. máx de operação na captação 177,50
- Cota do N.A. na entrada da caixa de passagem 203,50
- Desnível geométrico máximo 203,50 - 166,41 = 37,09m
- Comprimento total do recalque de água bruta 340,00m
- Número de bombas em funcionamento 2
- Número de horas de funcionamento 24 horas/dia



#### 4.2.1.1 - Curva Característica da Tubulação

Serão instaladas, em flutuantes, 2 bombas centrífugas de eixo vertical, sendo uma para a primeira etapa e a outra na segunda etapa do projeto. Cada bomba será ligada a um mangote flexível (PEAD) e através de um barrilete dentro da casa de válvulas, unem-se a uma adutora de 350mm de ferro dúctil. A adutora, após o barrilete seguirá apoiada no solo durante todo o seu percurso até a caixa de passagem. A vazão de dimensionamento é

$$\text{Vazão de 1 bomba } Q_{1b} = 184,05 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Vazão na adutora } Q = 368,10 \text{ m}^3/\text{h}$$

##### a) Perda de Carga no Mangote ( $Dh_m$ )

Sendo o diâmetro do mangote  $D = 250\text{mm}$  e o seu comprimento  $L = 100\text{m}$ , a perda de carga calculada por Hazen-Williams com  $C=140$ , vale

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

$$Dh_m = 10,64 \left( \frac{Q_{1b}}{140} \right)^{1,85} \times 0,25^{-4,87} \times 100$$

$$Dh_m = 97,42 \times Q_{1b}^{1,85}$$

##### b) Perda de Carga no Barrilete ( $Dh_b$ )

O diâmetro recomendado para as tubulações do barrilete é de 250mm e os comprimento equivalentes para as peças especiais são

Peças especiais (d=250mm)	leq (m)
- 1 toco	1,00
- 2 tocos (L=0,50m)	1,00
- 1 toco	0,25
- 1 válvula de retenção	25,00
- 1 registro de gaveta	2,00
- 1 curva de 45°	3,75



- 1 ampliação 250 x 300mm	3,60
- 1 junção de 45°	7,50
<b>leq. total.....</b>	<b>44,10 m</b>

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

Sendo

$$C = 140,$$

$$D = 0,25m,$$

$$leqt = 44,10m$$

Tem-se

$$Dh_b = 10,64 \left( \frac{Q_{1b}}{130} \right)^{1,85} \times 0,25^{-4,87} \times 44,10$$

$$Dh_b = 49,27 \times Q_{1b}^{1,85}$$

### c) Perda de Carga na Adutora ( $Dh_A$ )

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

Sendo

$$L_{total} = L + leqt$$

Peças especiais leqt(m)

- 1 saída de canalização (D=350mm) 12,25

L = 240,00m comprimento da adutora,

$$L_{total} = 240,00 + 12,25 = 252,25m,$$

$$D = 0,35m,$$

$$Q_T = 2 \times Q_{1b}$$

$$Dh_A = 10,64 (2 \times Q_{1b} / 130)^{1,85} \times 0,35^{-4,87} \times 252,25$$

$$Dh_A = 197,37 Q^{1,85}, \text{ sendo } Q \text{ a vazão de 1 bomba}$$



**d) Perda de Carga Total (Dh<sub>t</sub>)**

$$Dh_t = Dh_m + Dh_b + Dh_A$$

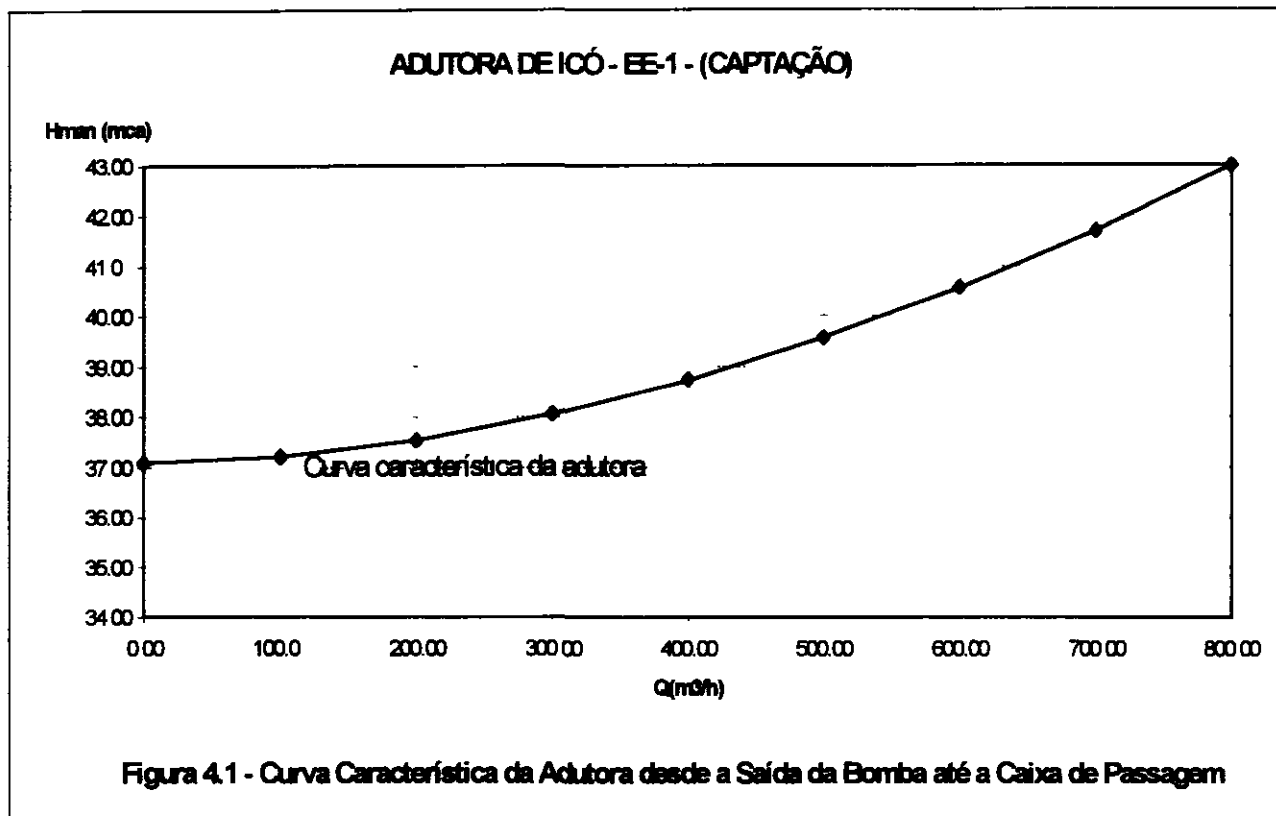
$$Dh_t = (97,42+49,27+197,37) \times Q^{1,85}$$

$$Dh_t = 344,06 Q^{1,85}$$

A Tabela 4 2 mostra as perdas de carga no mangote, no bamlete e na adutora desde a caixa de válvulas até a entrada na caixa de passagem(CP)

**TABELA 4 2 - PERDA DE CARGA NA ADUTORA DESDE A SAÍDA DAS BOMBAS ATÉ A ENTRADA NA CAIXA DE PASSAGEM**

VAZÃO BOMBA	EM	DH <sub>m</sub>	DH <sub>b</sub>	DH <sub>A</sub>	DH <sub>T</sub>	VAZÃO NA ADUTORA	HMAN
(m <sup>3</sup> /H)	(m <sup>3</sup> /S)	(MCA)	(mca)	(mca)	(mca)	(m <sup>3</sup> /h)	(mca)
0 00	0 0000	0.00	0 00	0 00	0 00	0 00	37 09
50 00	0 0139	0 04	0 02	0 07	0 13	100 00	37 22
100 00	0 0278	0 13	0 07	0 26	0 45	200 00	37 54
150 00	0.0417	0.27	0 14	0 55	0 96	300 00	38 05
200 00	0.0556	0 46	0 23	0 94	1.64	400 00	38 73
250 00	0 0694	0 70	0 35	1 42	2 48	500 00	39 57
300 00	0 0833	0 98	0 50	1 99	3 47	600 00	40 56
350 00	0.0972	1 31	0 66	2 65	4 61	700 00	41 70
400 00	0 1111	1 67	0 85	3 39	5 91	800 00	43 00



A Figura 4.1 mostra a curva característica da adutora considerando o desnível geométrico de 37,09 m

#### **4.2.1.2 - Curva Característica da Bomba**

O conjunto moto-bomba deverá atender as seguintes características do sistema

Vazão 184,05 m³/h

Altura manométrica 38,50 mca

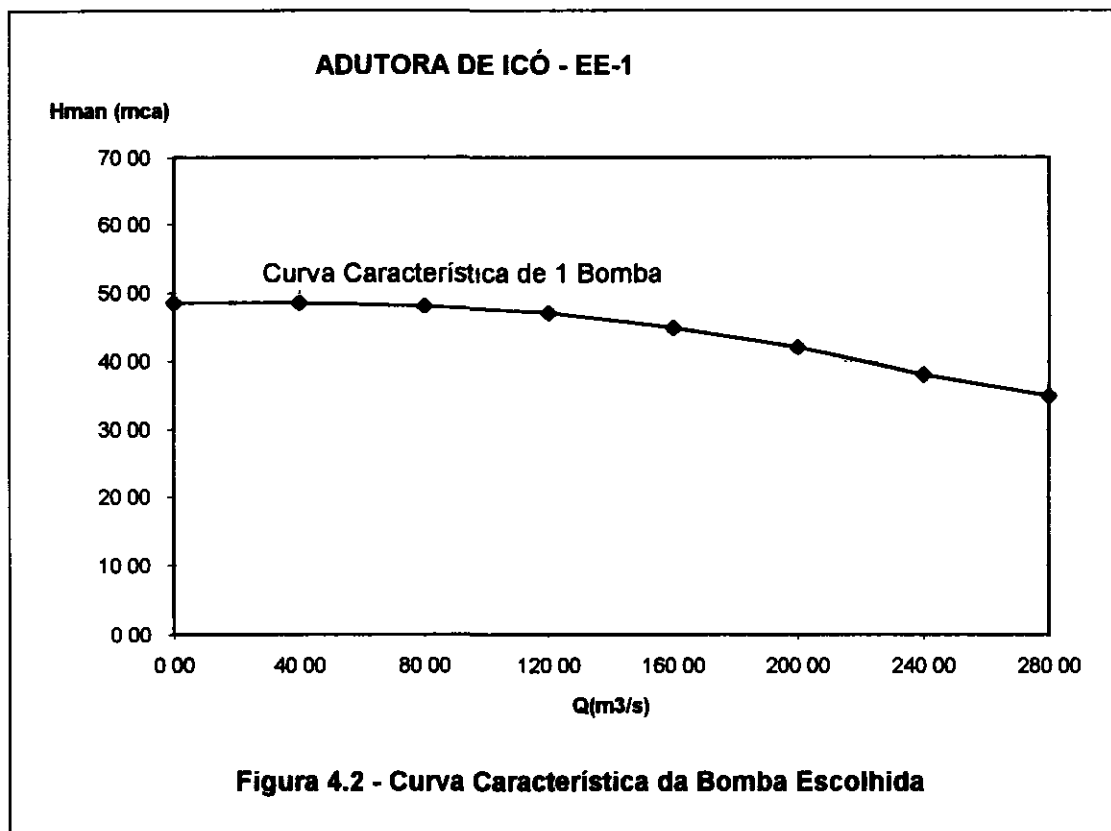
Adotando-se a curva característica de um dos fabricantes, foram obtidos os dados apresentados na Tabela 4.3



TABELA 4 3 - CURVA CARACTERÍSTICA DA BOMBA

VAZÃO EM 1 BOMBA		HMAN (1bomba)
(m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> /s)	(mca)
0.00	0 0000	48 50
40.00	0 0111	48 50
80 00	0.0222	48,00
120 00	0 0333	47.00
160.00	0 0444	44 80
200 00	0 0556	42 00
240 00	0.0667	38.00
280 00	0 0778	34 90

A Figura 4 2 mostra a curva característica da bomba



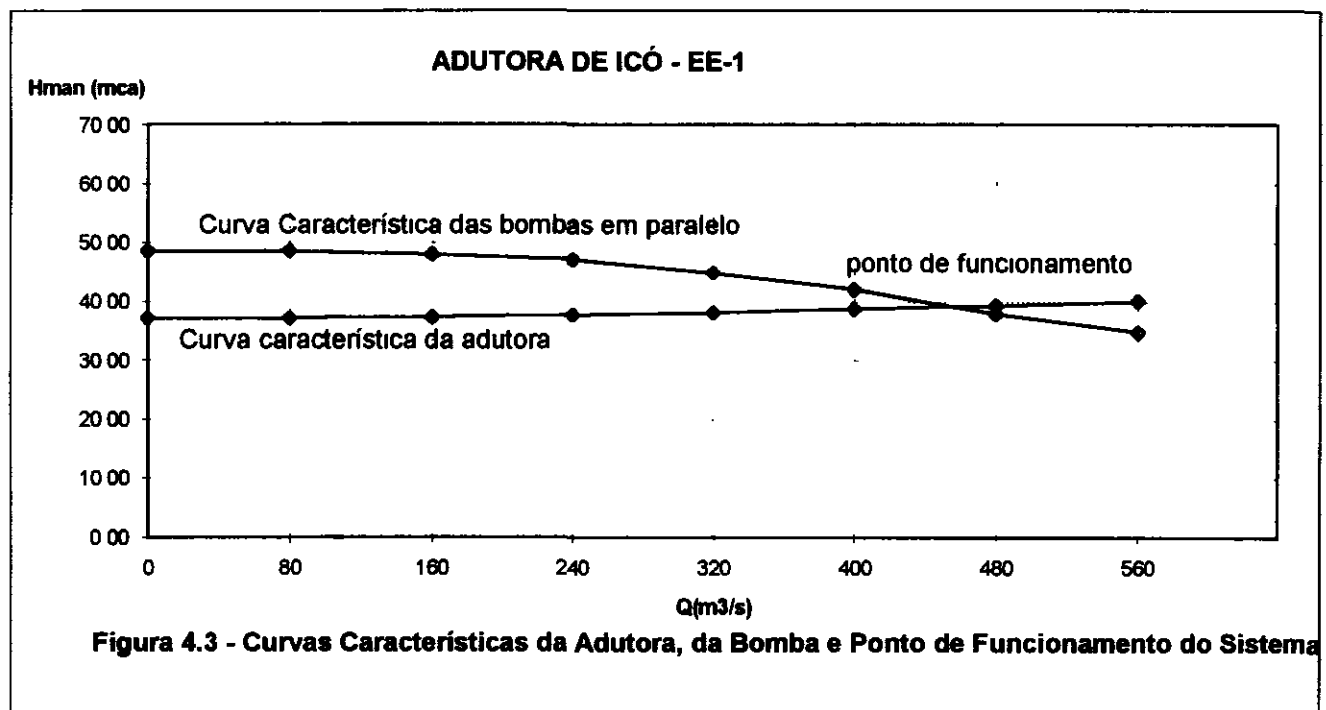
A Tabela 4 4 e a Figura 4 3 mostram as curvas características das bombas funcionando em paralelo, da adutora e o ponto de funcionamento do sistema





TABELA 4 4 - CURVAS CARACTERÍSTICAS DA ADUTORA E DA BOMBAS EM PARALELO

VAZÃO NA ADUTORA	HMAN (Adutora)	HMAN (bombas)
(m <sup>3</sup> /h)	(mca)	(mca)
0	37 09	48 50
80	37 17	48 50
160	37 39	48 00
240	37 73	47 00
320	38 17	44 80
400	38 73	42 00
480	39 39	38 00
560	40 14	34 90



Como pode ser visto na Figura 4 3, no ponto de funcionamento do sistema ter-se-á

Vazão Total 460 m<sup>3</sup>/h

Altura manométrica 40,00 m c a



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

Vazão Total 368,10 m<sup>3</sup>/h

Altura manométrica 38,50 m c a

Os dados das bombas fornecidos por fabricantes para a Estação de Bombeamento EE-1 (captação) da adutora de Lima Campos em Icó são

- Bomba centrífuga com eixo vertical,
- Diâmetro do rotor 306 mm,
- Vazão 184,05 m<sup>3</sup>/h,
- Hman 38,50 mca,
- Rotação 1750 rpm,
- Potência consumida 40 CV,
- Potência do Motor 50 CV,
- Tensão 220/380V,
- NPSH req. 2,20 m

#### **4.3 - DIMENSIONAMENTO DA ADUTORA POR GRAVIDADE - TRECHO: CP - ETA**

Vazão 368,10 m<sup>3</sup>/h (durante 24 horas),

Cota do N A na caixa de passagem (CP) 203,30,

Cota de chegada na câmara de carga (ETA) 163,79,

Desnível geométrico (Hg) 203,30 - 163,79 = 39,51 m,

Comprimento do trecho CP - ETA 11 800,00 m,

As perdas de carga distribuída e localizada serão calculadas utilizando-se a fórmula de Hazen-Williams com C=140 para tubos de PVC RFV



#### 4.3.1 - Perda de Carga Distribuída (Dhd)

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

Sendo

$$Q = 368,10 \text{ m}^3/\text{h} = 0,1022 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$L = 11\,800,00 \text{ m},$$

$$D = 350 \text{ mm}$$

$$Dhd = 10,64 \times \left( \frac{0,1022}{140} \right)^{1,85} \times 0,35^{-4,87} \times 11.800$$

$$Dhd = 37,66 \text{ m}$$

#### 4.3.2 - Perda de Carga Localizada (Dhl)

A perda de carga localizada será calculada utilizando-se para as peças especiais os seus comprimento equivalentes

Peças especiais (D=350mm)	Leq(m)
10 curvas de 90°	105,00
1 saída de canalização	12,25
1 entrada de canalização	12,25
Leq <sub>total</sub>	130,00

$$Dhl = 10,64 \times \left( \frac{0,1022}{140} \right)^{1,85} \times 0,35^{-4,87} \times 130$$

$$Dhl = 0,42 \text{ m}$$

#### 4.3.3 - Perda de Carga Total (Dht)

$$Dht = Dhd + Dhl$$



$$Dht = 37,66 + 0,42 = 38,08m$$

A pressão disponível na chegada da ETA será

$$\text{Pressão disponível} = Hg - Dht = 39,50 - 38,08 = 1,42 \text{ m}$$

#### 4.4 - DIMENSIONAMENTO ECONÓMICO DA ADUTORA DE ÁGUA TRATADA - TRECHO: ETA - RESERVATÓRIO ELEVADO

Para uma primeira aproximação utilizou-se a fórmula de BRESSE Adotou-se para K um valor médio  $K = 1,1$ , sendo a vazão recalçada para o reservatório elevado localizado no Alto dos Bastos igual a  $228,10 \text{ m}^3/\text{h}$ , isto é  $0,063 \text{ m}^3/\text{s}$

$$D = 1,1 \times \sqrt{0,063} = 0,277$$

O diâmetro comercial em PVC RFV mais próximo é DN = 300mm

Na determinação do diâmetro mais económico utilizou-se o mesmo procedimento adotado para a adutora de água bruta

Foram seleccionados os diâmetros 250mm, 300mm, 350mm, 400mm e 500mm

O número de horas de funcionamento ( $t_a$ ) é de 8 760 h

O estudo comparativo para adutora com 1 020 metros de comprimento, cujo resultado está apresentado na Tabela 4 6, mostra que o diâmetro mais económico é DN = 300mm

TABELA 4 6 - ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS DE DIVERSOS DIÂMETROS PARA A ADUTORA DE ÁGUA TRATADA - TRECHO ETA - RESERVATÓRIO ELEVADO

Diam. (m)	Custo dos tubos (R\$)		Perda de carga	Potência Perdida (kw)	Custo das Perdas(R\$)		Soma dos Custos (R\$)
	P/metro	Total			Anual	Atual	
0 25	110 45	112,659 00	6 848	5 28	5,885 56	46,161 24	158,820 24
0 30	126 26	128,782 55	2 818	2 17	2,422 00	18,996 12	147,778 66
0 35	162 30	165,546 00	1 330	1 03	1,143 26	8,966 73	174,512 73
0 40	192 47	196,319 40	0 694	0 54	596 65	4,679 65	200,999 05
0 50	288 71	294,479 10	0 234	0 18	201 27	1,578 56	296,057 66

000052



#### **4.5 - 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, isto é na entrada do reservatório elevado localizado no Aito dos Bastos. 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  $228,10 \text{ m}^3/\text{h}$

Cota do N.A. min no reservatório semi-enterrado de água tratada  $155,60$

Cota do N.A. máx no reservatório semi-enterrado de água tratada  $159,10$

Cota do N.A. na chegada no reservatório elevado  $189,45$

Desnível geométrico máximo  $189,45 - 155,60 = 33,85 \text{ m}$

Comprimento do recalque  $1\,000,00 \text{ m}$

Número de bombas em funcionamento  $1$

Número de horas de funcionamento  $24 \text{ horas}$

##### **4.5.1 - Curva Característica da Tubulação**

A estação elevatória EE-2 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 barmite dentro da casa de bombas, unem-se a uma adutora, de 1000 metros de comprimento e 300mm de diâmetro, de ferro fundido. A adutora, após o barmite seguirá enterrada durante todo o seu percurso. A vazão de dimensionamento é

Vazão de 1 bomba  $Q_{1b} = 228,10 \text{ m}^3/\text{h}$

Vazão na adutora  $Q = 228,10 \text{ m}^3/\text{h}$

**a) Perda de Carga na Sucção (Dh<sub>s</sub>)**

O diâmetro recomendado para as tubulações de sucção é de 150mm e os comprimentos equivalentes para as peças especiais são

Peças especiais (d=150mm)	leq (m)
- 1 ampliação 200x150mm	1,80
- 1 extremidade c/ aba de vedação	0,70
- 1 registro de gaveta	1,20
- 2 tocos	0,50
- 1 redução (200 x 150mm)	0,90
<b>leq. total.....</b>	<b>5,10</b>

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

Sendo

$$C = 10,$$

$$D = 0,15m,$$

$$leqt = 5,10m$$

Tem-se

$$Dh_s = 10,64 \times \left( \frac{Q_{1b}}{100} \right)^{1,85} \times 0,15^{-4,87} \times 5,10$$

$$Dh_s = 111,41 \times Q_{1b}^{1,85}$$

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

A perda de carga no recalque será calculada desde a saída da bomba 1 até a junção no início da adutora de 300mm



Peças especiais	leq (m)
- 1 ampliação de 150 x200mm	2,40
- 1 válvula de retenção, d= 200mm	20,00
- 1 registro de gaveta, d= 200mm	1,60
- 1 curva de 90°, d=200mm	6,00
- 1 curva de 45°, d= 200mm	3,00
- 2 tocos, d= 200 mm	0,50
- 1 toco, d= 200 mm	1,50
- 1 junção 300x200mm	6,00
- leqt.....	<b>41,00</b>

Sendo

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

Q = vazão de 1 bomba

$$C = 100$$

$$Dh_r = 10,64 (Q / 100)^{1,85} \times 0,20^{-4,87} \times 41,00$$

$$Dh_r = 220,65 \times Q^{1,85}, \text{ sendo } Q \text{ a vazão de 1 bomba}$$

#### c) Perda de Carga na Adutora ( $Dh_A$ )

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

Sendo

$$L = 1\,000,00 \text{ m,}$$

$$D = 0,30\text{m,}$$

$$C = 130 \text{ (ferro dúctil)}$$

$$Q_T = Q$$

$$Dh_A = 10,64 (Q / 130)^{1,85} \times 0,30^{-4,87} \times 1000$$

$$Dh_A = 459,80 \times Q^{1,85}, \text{ sendo } Q \text{ a vazão de 1 bomba}$$

#### d) Perda de Carga Total ( $Dh_t$ )

$$Dh_t = Dh_s + Dh_b + Dh_A$$



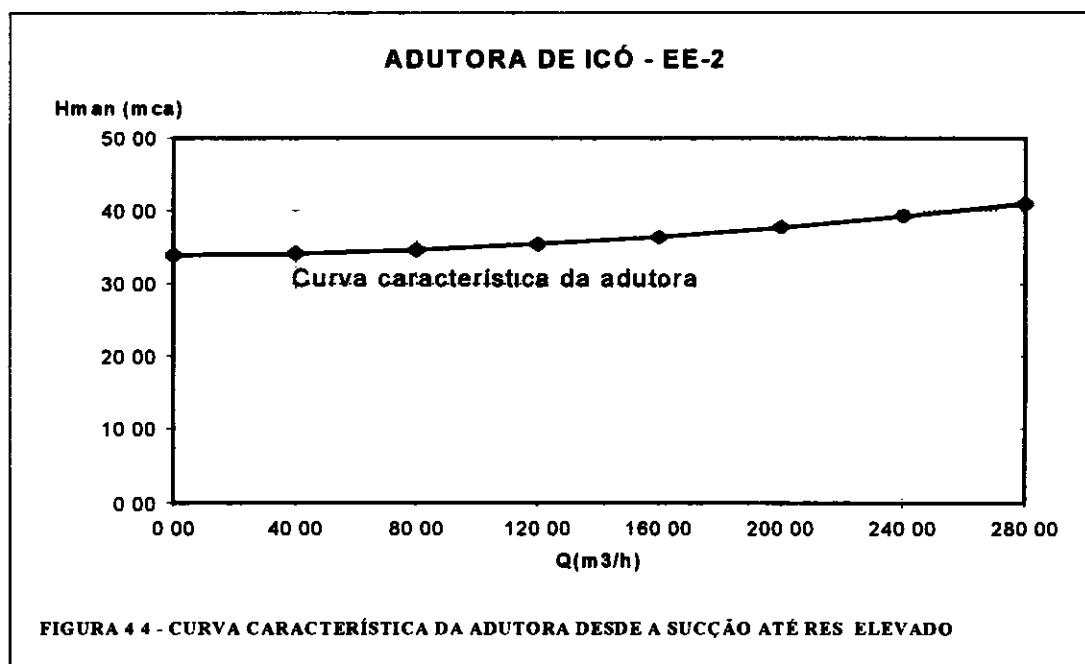
$$Dh_t = (111,41+220,85+459,80) \times Q^{1,85}$$

$$Dh_t = 792,06 \times Q^{1,85}$$

A Tabela 4 7 mostra a planilha de cálculo das perdas de carga na adutora, desde a sucção ate a entrada no reservatóno elevado, considerando o desnível geométrico igual a 33.85 m, e a Figura 4 4 mostra a curva característica da adutora

TABELA 4 7 - CURVA CARACTERÍSTICA DA ADUTORA - TRECHO EE-2 - RES ELEVADO

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	33 85
40 00	0 0111	0.03	0 05	0 11	0 19	40 00	34 04
80 00	0 0222	0 10	0 19	0 40	0 69	80 00	34 54
120 00	0 0333	0.21	0.41	0.85	1.47	120.00	35 32
160 00	0 0444	0 35	0.70	1.48	2.50	160.00	36 35
200 00	0 0556	0 53	1 05	2 19	3 77	200 00	37 62
240 00	0 0667	0 74	1 47	3 07	5 28	240.00	39 13
280 00	0 0778	0 99	1 96	4 08	7.03	280 00	40 88



**4.5.2 - Curva Característica da Bomba**

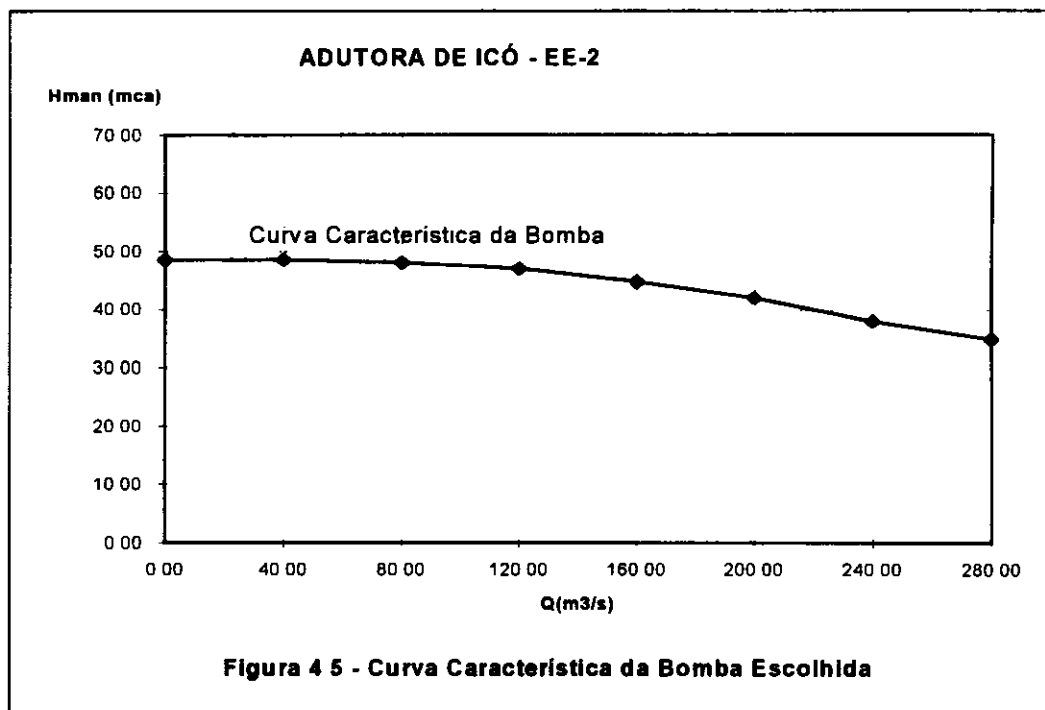
A Tabela 4 8 e a Figura 4 5 mostram a curva característica fornecida pelo fabricante da bomba





TABELA 4 8- CURVA CARACTERÍSTICA DA BOMBA ESCOLHIDA

VAZÃO EM 1 BOMBA		HMAN (1 bomba)
(m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> /s)	(mca)
0 00	0 0000	48 50
40 00	0 0111	48 50
80 00	0.0222	48,00
120 00	0 0333	47 00
160 00	0.0444	44 80
200 00	0.0556	42.00
240 00	0 0667	38 00
280 00	0 0778	34 90

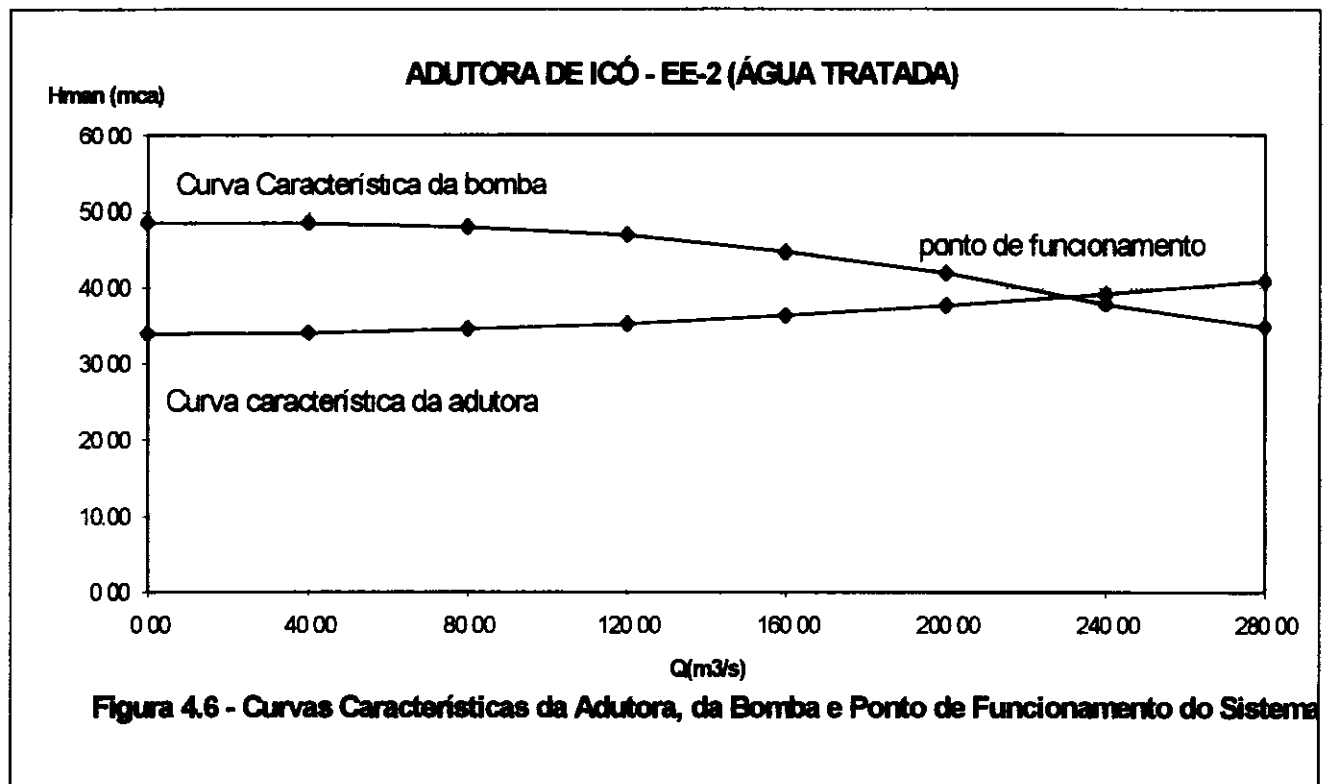


Na Tabela 4 9 encontram-se as curvas características da adutora, da bomba e o ponto de funcionamento do sistema



TABELA 4.9 - CURVAS CARACTERÍSTICAS DA ADUTORA E DA BOMBA

VAZÃO NA ADUTORA (m <sup>3</sup> /h)	HMAN (Adutora) (mca)	HMAN (bombas) (mca)
0.00	33.85	48.50
40.00	34.04	48.50
80.00	34.54	48.00
120.00	35.32	47.00
160.00	36.35	44.80
200.00	37.62	42.00
240.00	39.13	38.00
280.00	40.88	34.90



Na Figura 4.6 pode-se ver as curvas características da adutora, da bomba e o ponto de funcionamento do sistema onde ter-se-á

Vazão Total 236,00 m<sup>3</sup>/h

Altura manométrica 39,03 m c a



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

Vazão Total 228,10 m<sup>3</sup>/h

Altura manométrica 38,72 m c a

As bombas, a serem fornecidas por fabricantes para a Estação de Bombeamento EE-2 da adutora de água tratada de Lima Campos em Icó, deverão ter as seguintes características:

- Bomba centrífuga com eixo horizontal
- Diâmetro do rotor 306 mm
- Vazão 228,10 m<sup>3</sup>/h
- Hman total 38,72 mca
- Rotação 1750 rpm
- Potência consumida 44 CV
- Potência do Motor 50 CV
- Tensão 220/380V
- NPHS (m) 2,80m

#### **4.6 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO**

A Estação de tratamento será composta basicamente de uma câmara de carga, quatro clarificadores e uma casa de química. Essas unidades estão dimensionadas e descritas no item 3.3.4.

##### **4.6.1 - Sistema de Lavagem dos Filtros (EE-FILTROS)**

O recalque para a lavagem de filtro será realizado por 2 conjuntos motor-bombas centrífugas de eixo horizontal. Deverão ser instalados 3 conjuntos, sendo um de reserva, com as seguintes características:

Vazão 190,89 m<sup>3</sup>/h

Altura manométrica 12,00 m



Potência do motor 15 CV

Rotação 1750 rpm

Tempo de lavagem 8 minutos

A casa de bombas será construída em alvenaria e a sucção das bombas será feita diretamente do reservatório semi-apoiado de água tratada localizada na ETA, cuja capacidade é suficiente para armazenar o volume necessário para 8 minutos de bombeamento ( $50 \text{ m}^3$ )

#### **4.7 - DIMENSIONAMENTO Do sistema de RESERVAÇÃO**

##### **- Cálculo do Volume de Reservação Necessário**

$Q_1 = 102,20 \text{ L/s}$  (dia de maior consumo, 24 horas)

$Q_2 = 1,5 \times 102,20 = 153,30 \text{ L/s}$  (hora de maior consumo no dia de maior demanda)

A vazão de projeto é a do dia de maior consumo, portanto o volume diário aduzido será

$$V_1 = 102,20 \text{ L/s} \times 24 \times 3\,600 \text{ s} = 8\,830\,080 \text{ L}$$

No dia crítico, em que dia e hora forem de maior demanda, ter-se-á

$$86\,400 \text{ s/dia} \times 153,3 \text{ L/s} \times t = 8\,830\,080 \text{ L} \quad t = 0,667 \text{ dia} \Rightarrow t = 16 \text{ horas}$$

Portanto, neste dia o volume diário aduzido será consumido em 16 horas

O volume de reservação necessária será

$$102,20 \times (24-16) \times 3\,600 = 2\,943\,360 \text{ L} = 2\,943,36 \text{ m}^3 \approx 3\,000 \text{ m}^3$$

##### **- Reservatórios Existentes**

Reservatório enterrado  $150 \text{ m}^3$

Reservatório elevado  $250 \text{ m}^3$

##### **- Volume Complementar**

Para que sejam atendidas as variações de demanda do abastecimento da localidade será necessário um armazenamento complementar com o seguinte volume

$$3\,000,00 - 400,00 = 2\,600,00 \text{ m}^3$$



Este volume será armazenado em dois reservatórios, um enterrado localizado na área de tratamento de água do sistema e um elevado localizado no Alto dos Bastos a 1000m de distância da ETA

**- Reservatório Enterrado (a construir)**

Dimensões Úteis

Capacidade 2 250,00 m<sup>3</sup>

Base 18,00 x 36,00 m,

Altura útil 3,47m,

Altura total 3,80 m

Níveis de Água

NA<sub>máx</sub> = 159,10 m

Na<sub>mín</sub> = 155,60 m

Diâmetros das Tubulações

Alimentação  $\phi$  150 mm

Extravasor  $\phi$  200 mm

Descarga de fundo  $\phi$  200 mm

Sucção da EE-filtros  $\phi$  150 mm

**- Reservatório Elevado (a construir)**

Dimensões Úteis

Capacidade 350,00 m<sup>3</sup>

Forma circular

Diâmetro 13,00

Altura útil 2,65m,

Altura total 3.00 m

000061



Níveis de Água

$NA_{\text{máx}} = 189,45 \text{ m}$

$Na_{\text{min}} = 186,80 \text{ m}$

Cota do terreno 180,00

#### **4.8 - ESTUDO DE GOLPE DE ARIETE NAS INSTALAÇÕES DE RECALQUE**

A análise do fenômeno do golpe de ariete, nas instalações de recalque, será feita com vista a determinar as linhas piezométricas mínimas e máximas durante o evento da interrupção do fornecimento de energia elétrica. Para atingir este objetivo será utilizada a seguinte bibliografia:

KINNO, H e Kennedy, J F - Water Hammer Charts for Centrifugal Pump Systems. Journal of the Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers, Volume 91, nro HY 3, May 1965, Part 1 of 2 parts

O método calcula as cotas piezométricas, máximas e mínimas na bomba e no ponto médio da adutora.

Os fatores que devem ser calculados para servir como entrada nos gráficos são:

- Constante da linha ( $\rho$ ) (adimensional)

$$\rho = \frac{aV_r}{2gH_r}$$

Sendo

$a$  = velocidade de propagação do golpe de ariete (m/s),

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \frac{D}{e}}}$$

$V_r$  = velocidade da água na adutora para o ponto de funcionamento ótimo (m/s),

$H_r$  = altura manométrica no ponto de ótimo rendimento (m),



$g$  = aceleração da gravidade (m/s)

$K_1$  = Constante da bomba ( $s^{-1}$ )

$$K_1 = 896\,000 H_r Q_r / (WR^2 E_r(N_r)^2)$$

$Q_r$  = vazão no ponto de máximo rendimento (total de todas as bombas) ( $m^3/s$ ),

$WR^2$  = momento de inércia das massas girantes (inclui todas as bombas, motores e eventuais volantes) ( $kgm^2$ ),

$E_r$  = rendimento no ponto de funcionamento (adimensional),

$N_r$  = rotação do grupo motor-bomba (rpm)

Com o valor de  $K_1$ , calcula-se o adimensional  $\tau$  dado por

$$\tau = \frac{1}{k_1 * 2 * \frac{L}{a}}$$

#### 4.8.1 - Verificação do Golpe de Ariete nas Instalações de Recalque EE-1 (Captação)

São dados

- diâmetro  $D = 350\text{mm}$
- material = ferro fundido  $K = 1,00$
- comprimento  $L = 240\text{ m}$
- espessura  $e = 0,0057\text{ m}$
- vazão  $Q_r = 0,1022\text{ m}^3/\text{s}$
- rotação  $N_r = 1\,750\text{ rpm}$
- rendimento do grupo motor-bomba  $E_r = 0,72$
- altura manométrica  $H_r = 38,5\text{ m}$
- número de bombas funcionando simultaneamente  $2$



- cota piezométrica mínima 166,41 m

Assim, calcula-se

A celeridade (a) do golpe de anete

$$a = 954,30 \text{ m/s}$$

- A velocidade para o ponto de funcionamento ótimo

$$V_r = Q_r / A = 0,1022 / (\pi \cdot 0,35^2 / 4)$$

$$V_r = 1,06 \text{ m/s}$$

Assim, tem-se a constante de linha

$$\rho = \frac{954,30 \times 1,06}{2 \times 9,81 \times 38,50}$$

$$\rho = 1,34$$

Os valores de  $WR^2$  foram adotados a partir de catálogos de fornecedores de bombas e motores  
No caso em questão, tem-se para um conjunto motor-bomba

$$WR^2 \text{ (1 bomba)} = 0,266 \text{ Kgf m}^2$$

$$\text{Portanto } WR^2 \text{ (2 bombas)} = 2 \times 0,266 = 0,532 \text{ Kgf m}^2$$

$$WR^2 \text{ (motor)} = 0,444 \text{ Kgf m}^2$$

$$WR^2 \text{ (2 motores)} = 2 \times 0,444 = 0,888 \text{ Kgf m}^2$$

$$WR^2 \text{ (bombas+motores)} = 0,532 + 0,888 = 1,421 \text{ Kgf m}^2$$

$$K_1 = \frac{896.000 \times 38,50 \times 0,1022}{1,421 \times 0,72 \times 1750^2}$$

$$K_1 = 1,13$$

Sendo  $L=240,00\text{m}$  tem-se

$$\tau = \frac{1}{K_1 \times 2 \times \frac{L}{a}} = \frac{1}{1,13 \times 2 \times \frac{240}{954,30}}$$

$$\tau = 1,767$$





Assim, tem-se o fator de perda de carga ( $h_f$ ) (adimensional)

$$h_f = H_r / H_r$$

Sendo

$$H_r = 1,41\text{m} \quad \text{perda de carga na adutora (m)}$$

$$H_r = 38,50 \quad \text{altura manométrica (m)}$$

$$\text{Tem-se } h_f = 0,04$$

Entrando com os valores de  $\rho$ ,  $\tau$  e  $h_f$  nos gráficos da Figura 4 7 obtém-se os valores dos parâmetros para o cálculo das pressões mínimas na bomba e no meio da adutora para o evento da parada de funcionamento de energia elétrica, e nas Figuras 4 8 e 4 9 obtém-se os valores para o cálculo das pressões máximas na bomba e no ponto médio da adutora, para o mesmo evento. Os valores obtidos a partir da utilização desses gráficos são

- PRESSÃO MÍNIMA NA BOMBA 7,7 mca
- COTA PIEZOMÉTRICA MÍNIMA NA BOMBA 174,11
- PRESSÃO MÍNIMA NO MEIO DA ADUTORA NA BOMBA 19,25 mca
- COTA PIEZOMÉTRICA MÍNIMA NO MEIO DA ADUTORA 185,66
- PRESSÃO MÁXIMA NA BOMBA 53,13 mca
- COTA PIEZOMÉTRICA MÁXIMA NA BOMBA 219,54
- PRESSÃO MÁXIMA NO MEIO DA ADUTORA 46,97 mca
- COTA PIEZOMÉTRICA MÁXIMA MEIO ADUTORA 213,38

Verificou-se através da observação das linhas piezométricas desenhadas no perfil da adutora, que as pressões negativas são aceitáveis, devendo ser colocadas ventosas no meio da adutora (estaca 06), conforme mostrado no desenho da Figura 4 10

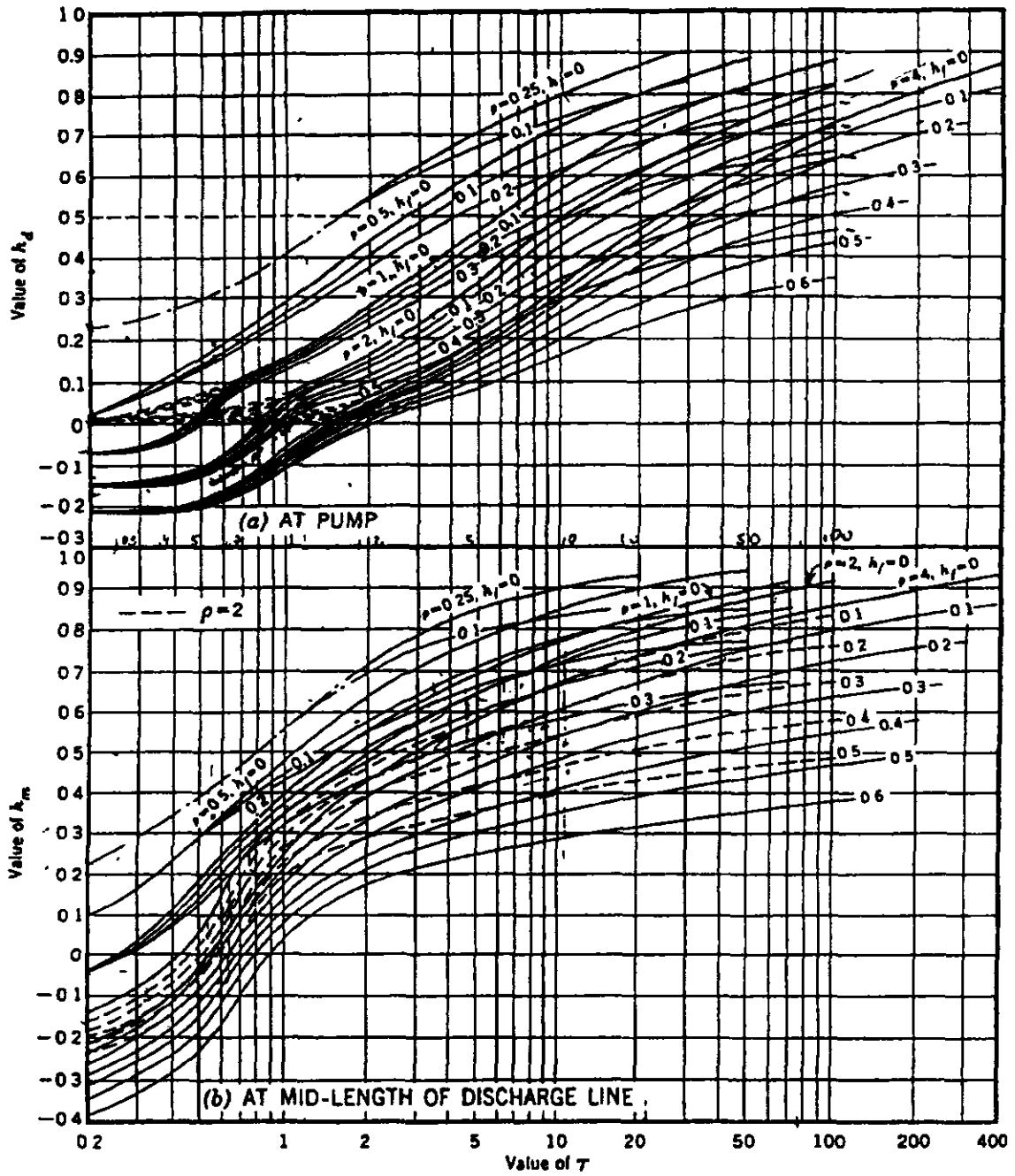


Figura 4.7 - Pressão Mínima na Bomba e no Meio da Adutora  
no Regime Transiente (Kinno e Kennedy -1965)

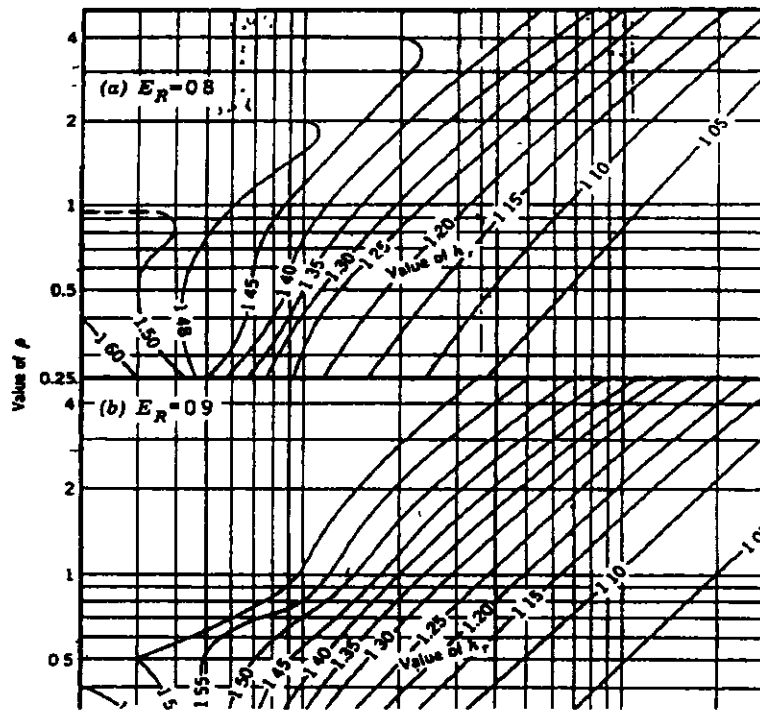


Figura 4.8 - Pressão Máxima na Bomba no Regime Transiente (Kinno e Kennedy - 1965)

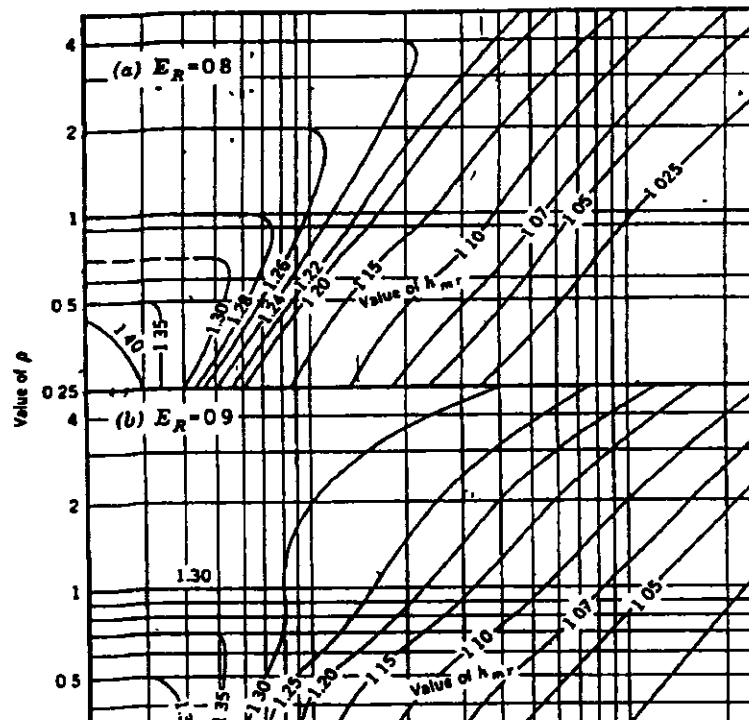


Figura 4.9 - Pressão Máxima no Meio da Adutora no Regime Transiente (Kinno e Kennedy - 1965)

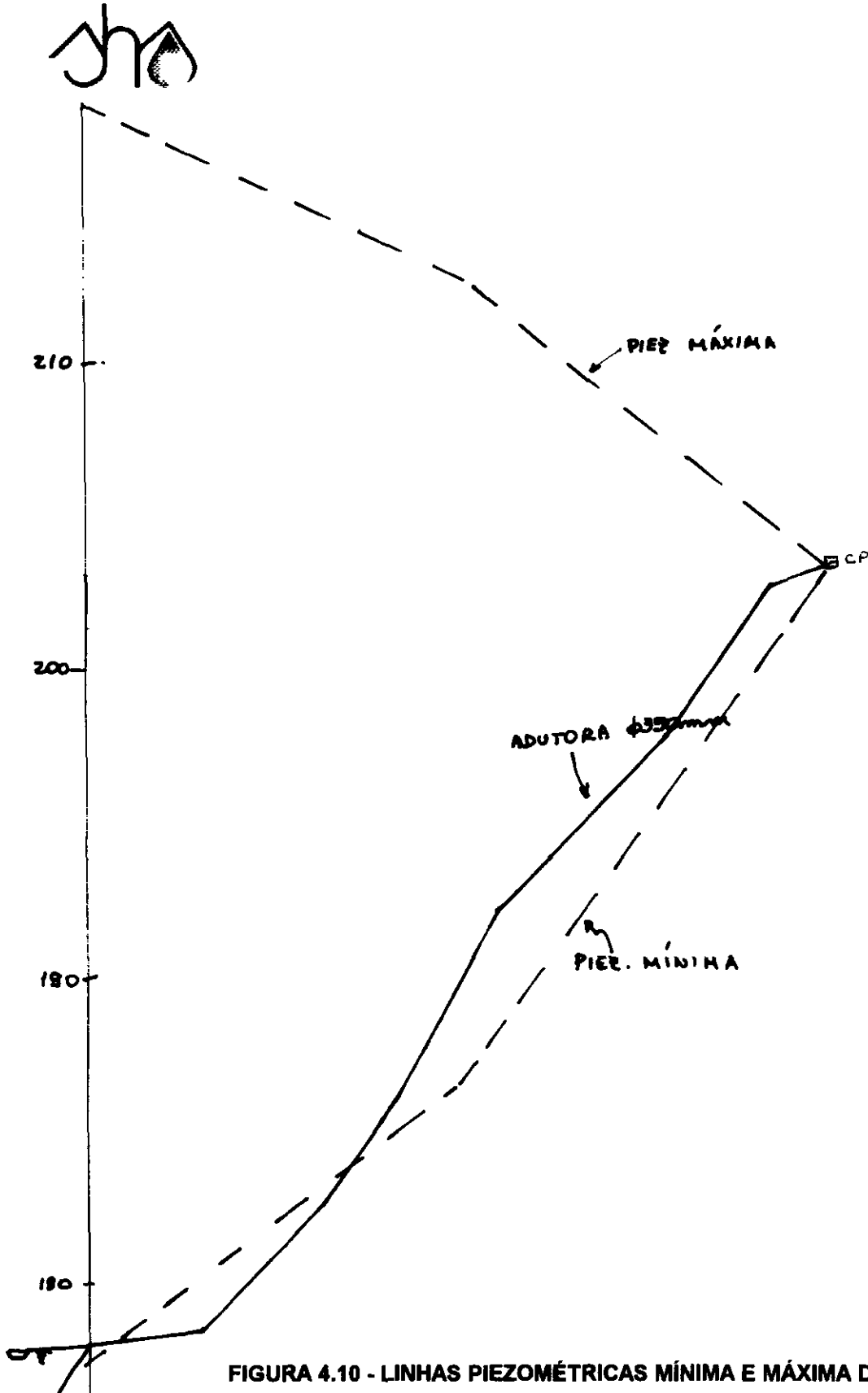


FIGURA 4.10 - LINHAS PIEZOMÉTRICAS MÍNIMA E MÁXIMA DEVIDO AO GOLPE DE ARIETE NO RECALQUE DA EE-1 (CAPTAÇÃO)



#### 4.8.2 - Verificação do Golpe de Ariete nas Instalações de Recalque EE-2

São dados

- diâmetro  $D = 300 \text{ mm}$
- material = ferro fundido  $K = 1,00$
- comprimento  $L = 1\,020,0 \text{ m}$
- espessura  $e = 0,0057 \text{ m}$
- vazão  $Q_r = 0,063 \text{ m}^3/\text{s}$
- rotação  $N_r = 1\,750 \text{ rpm}$
- rendimento do grupo motor-bomba  $E_r = 0,72$
- altura manométrica  $H_r = 38,72 \text{ m}$
- número de bombas funcionando simultaneamente  $1$
- cota piezométrica mínima  $155,60 \text{ m}$

Assim, calcula-se

- A celeridade (a) do golpe de ariete

$$a = 985,42 \text{ m/s}$$

- A velocidade para o ponto de funcionamento ótimo

$$V_r = Q_r / A = 0,063 / (\pi \cdot 0,30^2 / 4)$$

$$V_r = 0,89 \text{ m/s}$$

Assim, tem-se a constante de linha

$$\rho = \frac{985,42 \times 0,89}{2 \times 9,81 \times 38,72}$$

$$\rho = 1,16$$

Os valores de  $WR^2$  foram adotados a partir de catálogos de fornecedores de bombas e motores. No caso em questão, tem-se para um conjunto motor-bomba

$$WR^2 (1\text{ bomba}) = 0,222 \text{ Kgf m}^2$$



$$WR^2 (1\text{motor}) = 0,444 \text{ Kgf.m}^2$$

$$WR^2 (\text{bomba+motor}) = 0,222 + 0,444 = 0,666 \text{ Kgf.m}^2$$

$$K_1 = \frac{896.000 \times 38,72 \times 0,063}{0,666 \times 0,72 \times 1750^2}$$

$$K_1 = 1,49$$

Sendo  $L=1\ 020,0\text{m}$  tem-se

$$\tau = \frac{1}{K_1 \times 2 \times \frac{L}{a}} = \frac{1}{1,49 \times 2 \times \frac{1020,0}{985,42}}$$

$$\tau = 0,325$$

Assim, tem-se o fator de perda de carga ( $h_f$ ) (adimensional)

$$h_f = H_r / H_r$$

Sendo

$$H_r = 4,87\text{m} \text{ perda de carga na adutora (m)}$$

$$H_r = 38,72\text{m} : \text{altura manométrica (m)}$$

$$h_f = 0,13$$

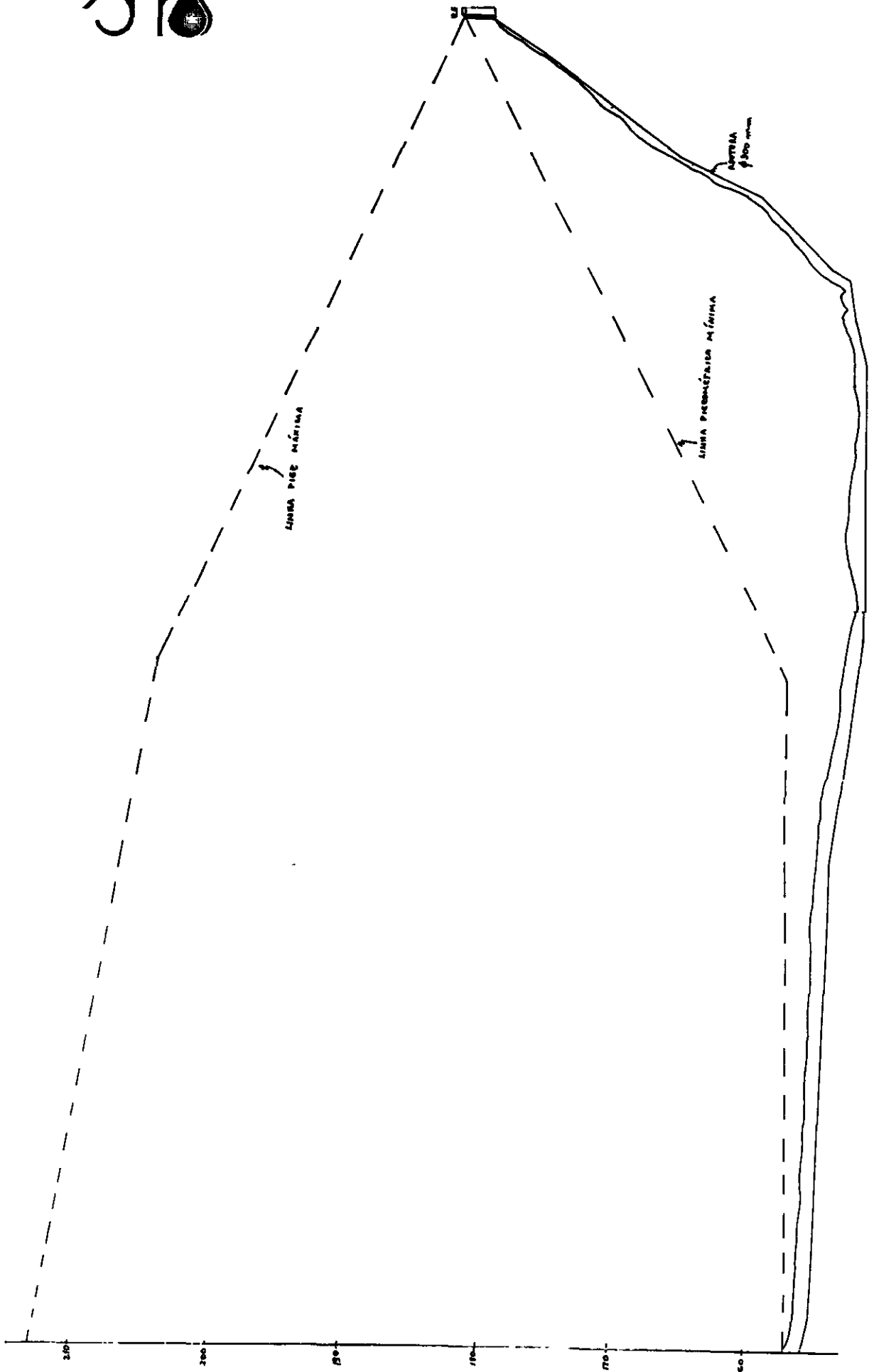
Entrando com os valores de  $\rho$ ,  $\tau$  e  $h_f$  nos gráficos da Figura 4.7 obtêm-se os valores dos parâmetros para o cálculo das pressões mínimas na bomba e no meio da adutora para o evento da parada de funcionamento de energia elétrica, e nas Figuras 4.8 e 4.9 obtêm-se os valores para o cálculo das pressões máximas na bomba e no ponto médio da adutora, para o mesmo evento. Os valores obtidos a partir da utilização desses gráficos são

- PRESSÃO MÍNIMA NA BOMBA 1,16 mca
- COTA PIEZOMÉTRICA MÍNIMA NA BOMBA . . . 156,76
- PRESSÃO MÍNIMA NO MEIO DA ADUTORA NA BOMBA 1,94 mca
- COTA PIEZOMÉTRICA MÍNIMA NO MEIO DA ADUTORA 157,54
- PRESSÃO MÁXIMA NA BOMBA . . . . 57,31mca
- COTA PIEZOMÉTRICA MÁXIMA NA BOMBA . . . . 212,91



- PRESSÃO MÁXIMA NO MEIO DA ADUTORA 49,17 mca
- COTA PIEZOMÉTRICA MÁXIMA MEIO ADUTORA 204,77

Verificou-se através da observação das linhas piezométricas desenhadas no perfil da adutora que a linha piezométrica mínima devido ao golpe de anete estão acima da linha da adutora



**FIGURA 4.11 - LINHAS PIEZOMÉTRICAS MÁXIMA E MÍNIMA DEVIDO AO TRANSIENTE HIDRÁULICO NO RECALQUE DA EE-2**

000072





## **5 - QUALIDADE DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO**

---



Foi realizado a análise da água bruta determinando as suas características físico-químicas. Deverão ser obedecidos os padrões de potabilidade do Ministério da Saúde. O resultado da análise da água bruta do açude Lima Campos está apresentado a seguir. Pode-se ver que a água está dentro dos padrões de qualidade para água bruta, porém não potável sob o ponto de vista físico-químico.

A água para se tornar potável deverá passar por tratamento composto de coagulação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção de pH.

O fabricante do equipamento para tratamento de água deverá receber uma cópia da referida análise de água, e, nos termos de referência da compra deste equipamento deverá constar a obrigação do fornecedor de tratar a referida água aos níveis de potabilidade exigidas pelo SAAE.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ

CAGECE

PRAÇA DO VAQUEIRO (AEROPORTO)  
TELEFONES 227-2109 - 227-2110 - 227-2122  
CAIXA POSTAL, 1158 - C G C 07.040 108/001 - INSCR. 06 101.568-1  
PORTALEZA - CEARÁ

ANÁLISE DE ÁGUA N.º 2350/97

NOME DO PROPRIETÁRIO S H S

TIPO DE MANANCIAL AÇUDE

LOCAL DE COLETA - DIRETO DO AÇUDE

CIDADE I C Ô - CE

PROFUNDIDADE

USO A QUE SE DESTINA VIA PROJETO

DATA E HORA DA COLETA 11 / 04 / 97 AS 3:00 HORAS

DATA E HORA DA ENTRADA NO LABORATÓRIO 15 / 04 / 97 AS 15 HORAS

OBS: O RESULTADO DA ANÁLISE REFERE-SE A AMOSTRA ENVTADA AO LABORATÓRIO POR PARTE DO INTERESSADO

000075



## 6 - PROJETO ELÉTRICO

---



## 6.1 - INTRODUÇÃO

Esta memória de cálculo visa dimensionar as subestações e equipamentos elétricos destinados às estações de captação e bombeamento do Projeto Adutora de Icó

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 das estações de captação, elevatória e filtros

Os motores elétricos deverão ter suas carcaças devidamente aterradas com cabo de cobre nu 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-2 e FILTROS, 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).

## 6.2 - POTÊNCIA DAS SUBESTAÇÕES - DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

### 6.2.1 - Captação

A carga instalada prevista será de (02) dois motores elétricos trifásicos, sendo um (01) efetivo e um (01) reserva, instalados em flutuadores a 100 metros da margem do açude.

#### - Características dos Motores. 40 CV

potência nominal	.....	..	40 CV
tensão nominal		.....	380 V
corrente nominal	.	....	60 A
freqüência	.....	.....	60 Hz



fator de potência :... ..	0,89
rendimento ..... ..	0,88

**- Potência da Subestação**

$$P_{SE} = \frac{2 \times 40 \times 0,736}{0,89 \times 0,88} = 75,17 \text{ kVA}$$

Será instalada uma subestação - tipo poste - de 112,5 kVA - 13 800/380/220 V (Padrão COELCE)

### 6.2.2 - Estação de Tratamento (EE-FILTROS)

A carga instalada prevista será de (03) três motores elétricos trifásicos, sendo dois (02) efetivos e um (01) reserva

**- Características dos Motores 15 CV**

potência nominal	15 CV
tensão nominal . . . . .	380 V
corrente nominal . . . . .	24 A
freqüência . . . . .	60 Hz
fator de potência .. . . .	0,85
rendimento . . . . .	0,85

### 6.2.3 - Estação Elevatória 2 (EE-2)

A carga instalada prevista será de (02) dois motores elétricos trifásicos, sendo um (01) efetivo e um (01) reserva

**- Características dos Motores 50 CV**

potência nominal . . . . .	50 CV
tensão nominal . . . . .	380 V
corrente nominal .. . . .	73 A
freqüência . . . . .	60 Hz
fator de potência . . . . .	0,89



rendimento . . . . . 0,89

**- Potência da Subestação**

$$P_{SE} = \frac{2 \times 15 \times 0,736}{0,85 \times 0,85} + \frac{50 \times 0,736}{0,89 \times 0,89} = 77,0 \text{ kVA}$$

Será instalada uma única subestação - tipo poste - de 112,5 kVA - 13 800/380/220 V (Padrão COELCE), que atenderá as estações de tratamento e elevatória.

**6.2.4 - Subestação Padrão 112,5 kVA - Condutores e Proteção**

**- Condutores Secundários**

$$I_s = \frac{112,5}{\sqrt{3} \times 0,38} = 171 \text{ A}$$

$S_{fase} = 3 \times 95 \text{ mm}^2$  (1 condutor p/fase - 750 V - PVC)

$S_{neutro} = 1 \times 50 \text{ mm}^2$  (1 condutor neutro - 750 V - PVC)

**- Proteção Primária**

$$I_p = \frac{112,5}{\sqrt{3} \times 13,8} \times 1,5 = 7,0 \text{ A}$$

Será utilizado chave fusível - 15 kV - 100 A - 2 kA - com elo fusível de 6 A (6 K)

**- Proteção Secundária**

$$I_s = \frac{112,5}{\sqrt{3} \times 0,38} = 171 \text{ A}$$

Será utilizado disjuntor geral trifásico de 380 V - 200 A - 10 kA

**6.3 - MOTORES ELÉTRICOS**

Dimensionamento de condutores, proteção e acionamento



### 6.3.1 - Motor 40 CV

corrente nominal	60 A
partida	chave automática compensadora - 380 V p/motor 40 CV - taps 65/80%
condutores	a) Pela ampacidade 60 A $S_{fase} 3 \times 16 \text{ mm}^2$ (1 condutor p/fase - 750 V - PVC) $S_{proteção} 1 \times 16 \text{ mm}^2$ (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 $S_c = \frac{173 \times \left(\frac{1}{56}\right) \times 6 \times 100 \times 0,85}{2 \times 380} = 2073 \text{ mm}^2 = (25 \text{ mm}^2)$ A bitola a prevalecer será de maior seção, então $S_{fase} 3 \times 25 \text{ mm}^2$ (1 condutor p/fase - 750 V - PVC)
proteção	fusível tipo NH - 100 A - 500 V relé bimetálico de sobrecarga. faixa de regulagem. 50 a 63 A, ajuste 60 A

### 6.3.2 - Motor 50 CV

corrente nominal	73 A
partida	chave automática partida auto-compensadora - 380 V p/motor 50 CV taps 65/80%
condutores	$S_{fase} 3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ (1 condutor p/fase - 750 V - PVC) $S_{proteção} 1 \times 2,5 \text{ m}^2$ (1 condutor cobre nú)
proteção	fusível tipo NH - 125 A - 500 V relé bimetálico de sobrecarga. faixa de regulagem. 63 a 80A, ajuste 73 <sup>A</sup>

### 6.3.3 - Motor 15 CV

corrente nominal	24 A
partida	chave automática partida auto-compensadora - 380 V p/motor 15 CV taps. 65/80%
condutores	$S_{fase} 3 \times 4 \text{ mm}^2$ (1 condutor p/fase - 750 V - PVC)





proteção.

$S_{\text{proteção}}$  1 x 4 m<sup>2</sup> (1 condutor cobre nú)

fusível tipo NH - 50 A - 500 V

relé bimetálico de sobrecarga faixa de regulagem 16 A 25A, ajuste 24A



## 7 - PROJETO ESTRUTURAL

---

---



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

## **7.1 - 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 esta fórmulas práticas aproximadas.

## **7.2 - CÁLCULO DOS ESFORÇOS**

### **7.2.1 - Cálculo das Lajes**

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

### **7.2.2 - Cálculo das Vigas e Paredes**

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

### **7.2.3 - Cálculo das Cintas**

Ao longo dos pilares dos reservatórios elevados existe um cintamento com a finalidade de diminuir os comprimentos de flambagem dos pilares e para solidarizar as fundações.

### **7.2.4 - Cálculo dos Pilares**

Os pilares recebem carga das vigas e cintas. Cálculo em flexão compressão oblíqua.

### **7.2.5 - Cálculo das Fundações**

Foram adotadas fundações diretas em sapatas ou blocos, em função do tipo de solo e tensão admissível ( $\delta_{adm}$ ) do solo.



## **7.3 - DIMENSIONAMENTO**

### **7.3.1 - 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

### **7.3.2 - Vigas, Paredes e Cintas**

Dimensionadas segundo critérios das normas brasileiras, com seções retangulares

### **7.3.3 - Fundações**

As sapatas de fundação foram dimensionadas pelo método da flexão (sapata rígida) levando-se em conta a punção

Encontra-se em anexo a Memória de Cálculo Estrutural



**ANEXOS**

---

---



## MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

---

---

JH

LIMA CAMPOS

## MEMORIA

Este Projeto trata DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DESTINADAS A RESERVATORIOS ASSENTOS, SEMI ENTERRADOS E ESTAGÃO ELEVATORIA, AS PAREDES SÃO PROJETADAS (DOS RESERVATORIOS) PARA SUPOORTAR OS ESFORÇOS PROCCAO PECA AÇÃO DA ÁGUA E TERRA.

### 1.1. HIPÓTESE DE CARREGAMENTO

AS HIPÓTESES DE CARREGAMENTO (VERTICAL E EMPUXO) SERÃO COMO O CÁLCULO DAS CARGAS ESTÃO DE ACORDO COM AS NORMAS BRASILEIRAS.

#### 1.1.1 Cálculo das Lajes

TODAS AS LAJES SERÃO CÁLCULADAS PELO PROCESSO APROXIMADO DA TEORIA DE MARGEM UTILIZANDO-SE PARA O CÁLCULO PROCCAMENTO ELETIONICO.

#### 1.1.2 Cálculo das Vigas e Paredes

UTILIZO-SE PARA TAL EFEITO PROCESSO ELETIONICO NÃO SERÃO CONSIDERADOS REDISTRIBUIÇÃO DE MOMENTOS



### 1.1.3. Cálculo das Cintas

ao longo dos pilares dos Reservatórios elevados existem um cinto com a finalidade de diminuir o comprimento de flambagem e solidificar as fundações.

### 1.1.4. Cálculo das Pilares

os pilares receber cargas das lajes, vigas e cintos, dimensionados de acordo com a norma NBR.

### 1.1.5. FUNDAÇÕES

foram adotadas fundações diretas ou sapatas em função do tipo de solo

Adota-se para esta  $\sigma = 1.5 \text{ kg/cm}^2$  (do solo)

### 1.1.6. Dimensionamento

As lajes foram dimensionadas de tal forma que sejam sub-armadas, e que as flechas tenham valores compatíveis com a NBR.





### 1.1.7 VIGAS, PARALAS, CINTAS

AS VIGAS E PARALAS FORÇA DIMENSIONADAS  
SEGUNDO OS CRITÉRIOS DAS NORMAS B. COM  
SEÇÕES RETANGULARES.

### 1.1.8. PILARES

DIMENSIONADAS DE ACORDO COM A NORMA B.1  
(NBR 1)

### 1.1.9. FUNDAÇÕES

DIMENSIONADAS pelo método de flexões, tomando-se  
em consideração o Efeito de Punção.

000089

$$w = 1 + \frac{e}{h} = 1 + \frac{6}{20} = 1.3$$

$$f'_{yd} = \sigma_{sd} = 3555 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda = 346 \times \frac{355}{20}$$

$$f_{cd} = \frac{180}{1.4} = 128.571 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\lambda = 61.415 > 40$$

$$w N_d = 1.3 \times 1.4 \times 31000 = 54600.0 \text{ kgf.}$$

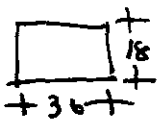
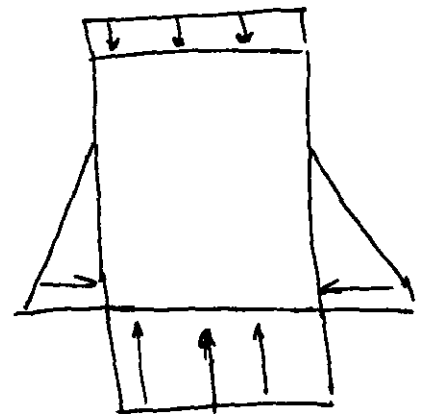
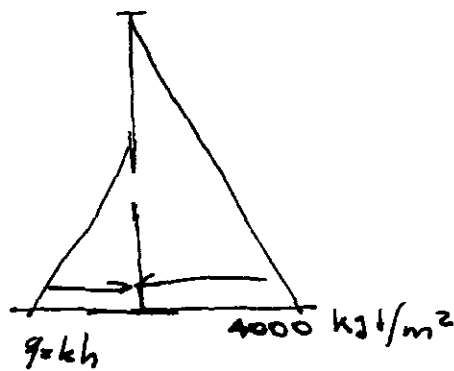
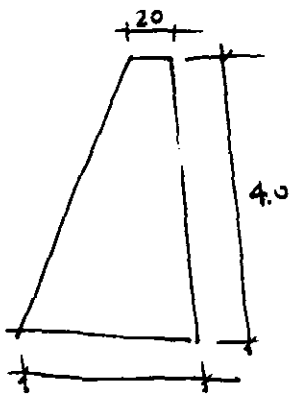
$$A_{c,req} = \frac{w N_d}{0.85 f_{cd} + 0.008 \cdot f'_{yd}} = \frac{54600}{0.85 \times 128.571 + 0.008 \times 3555} = 296.441 \text{ cm}^2$$

$$A_c = 20 \times 20 = 400 \text{ cm}^2$$

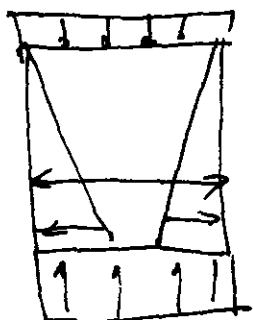
$$\text{SE } A_c < A_{c,req} \Rightarrow A_s = \frac{w N_d - 0.85 A_c \cdot f_{cd}}{f'_{yd}} = \frac{54600 - 0.85 \times 400 \times 128.571}{3555}$$

$$A_c > A_{c,req} \Rightarrow A_s = 0.008 \cdot A_{c,req} = 0.008 \times 296.441$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A_s = 3.062 \text{ cm}^2 \\ A_{s,MIN} = 3.172 \text{ cm}^2 \end{array} \right. \xrightarrow{A_s = 3.20} (4\phi 10)$$



$$\left\{ \begin{array}{l} k = 0.4 \text{ a } 0.50 \\ k_1 = 1.0 \text{ a } 1.20 \end{array} \right.$$



$$2 \times 4 (36.2 + 18) \times 0.2 \times 2500 = 216800$$

$$\frac{216800}{65884} = 329.063 \text{ kgf/m}^2 \text{ reação fundo.}$$

$$P = 330 + 450 = 780 \text{ kgf/m}^2$$

$$G_{reacao} = 780 + (0.2 \times 2500) + (4 \times 1000) = 5280 \text{ kg/m}^2$$

000090

$$\sigma_{admis} = 1.5 \text{ kg/cm}^2$$

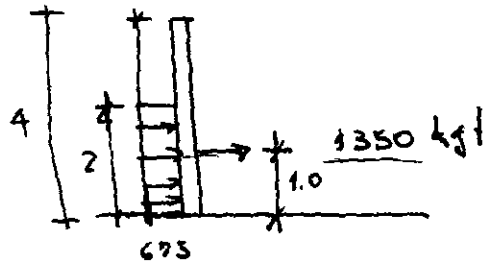
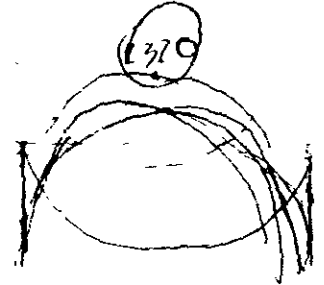
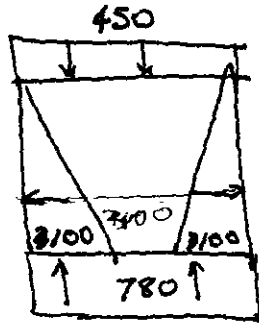
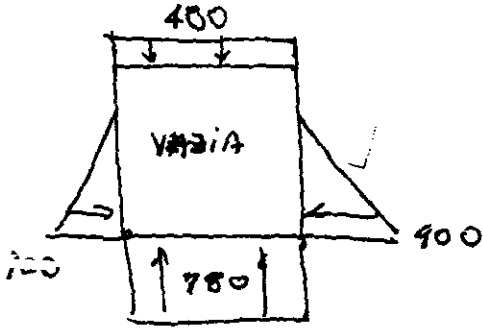
$$\sigma = 0.528 \text{ kg/cm}^2$$

ÁGUA 4000 kg/m<sup>2</sup>

TERRA  $0.45 \times 2.0 = 0.900 \text{ t/m}^2 = 900 \text{ kg/m}^2$

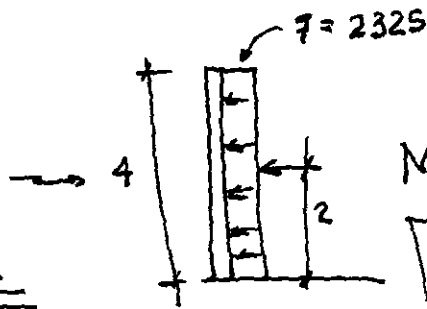
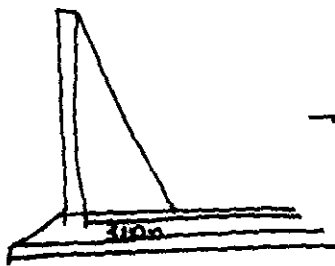
Caixa vazia . + 900 kg/m<sup>2</sup>

" CHEIA : 4000 - 900 = 3100 kg/m<sup>2</sup>



$$M_k = 1350 \times 1 = 1350 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_k = 1350 \text{ kgf} \cdot \text{m} \text{ (força para dentro)}$$



$$M_k = 2325 \times 2 = 4650 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_k = 4650 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_k = 1350 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$A_{s, \text{terra}} = 2.639 \text{ cm}^2 \rightarrow$$

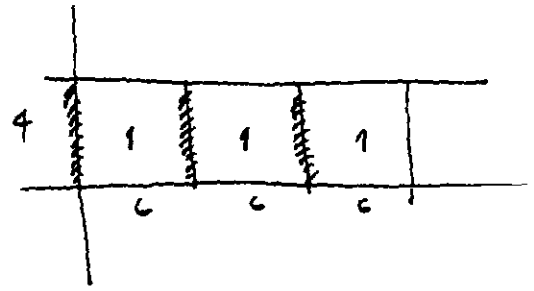
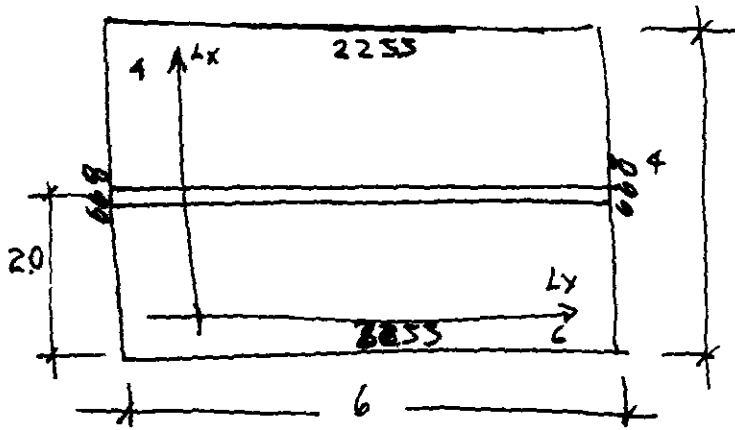
$$\phi 8 \text{ c/15} \rightarrow 27 / 40 \phi 8 \text{ c/15}$$

$$\phi 6.3 \text{ c/11} \rightarrow 155 \phi 6.3 \text{ c/11}$$



$$A_s = 9.91.1 \text{ cm}^2$$
$$\phi 10 \text{ c/8}$$

$$(\phi 6.3 \text{ c/11})$$



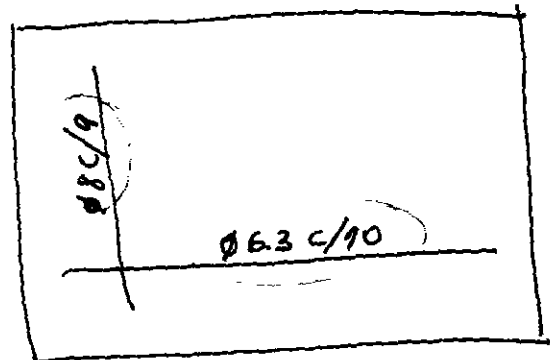
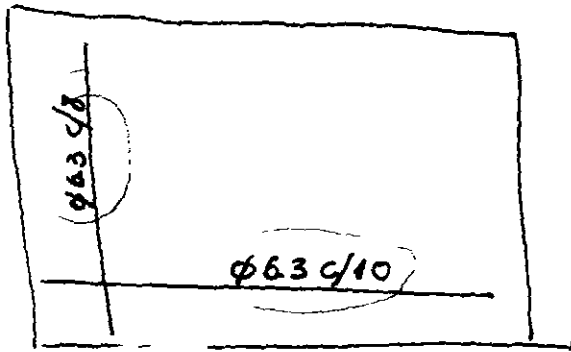
CASO 1

$$\begin{cases} L_x = 9 \\ L_y = 6 \end{cases} \quad \begin{cases} q_y = 223 \\ q_x = 1127 \\ N_y = 692 \\ M_x = 1557 \\ R_x = 2255 \\ R_y = 668 \end{cases}$$

(TERRA)

CASO 1  
AGUA

$$\begin{cases} L_x = 4 \\ L_y = 6 \end{cases} \quad \begin{cases} q_y = 389 \\ q_x = 1942 \\ N_y = 1192 \\ M_x = 2684 \\ R_x = 3882 \\ R_y = 1150 \end{cases}$$

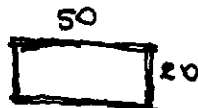
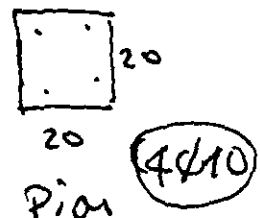
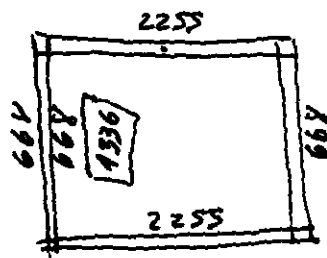
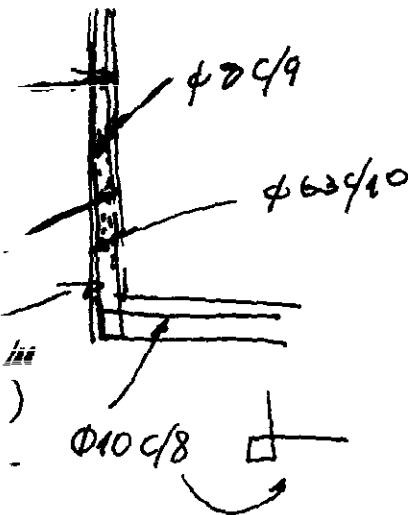


$$A_{sx} = 3.059 \text{ cm}^2 \rightarrow \begin{cases} \phi 6.3 \text{ c/8} * \\ \phi 8 \text{ c/15} \end{cases}$$

$$A_{sx} = 5.429 \text{ cm}^2 \rightarrow \begin{cases} \phi 8 \text{ c/9} * \\ \phi 10 \text{ c/14} \end{cases}$$

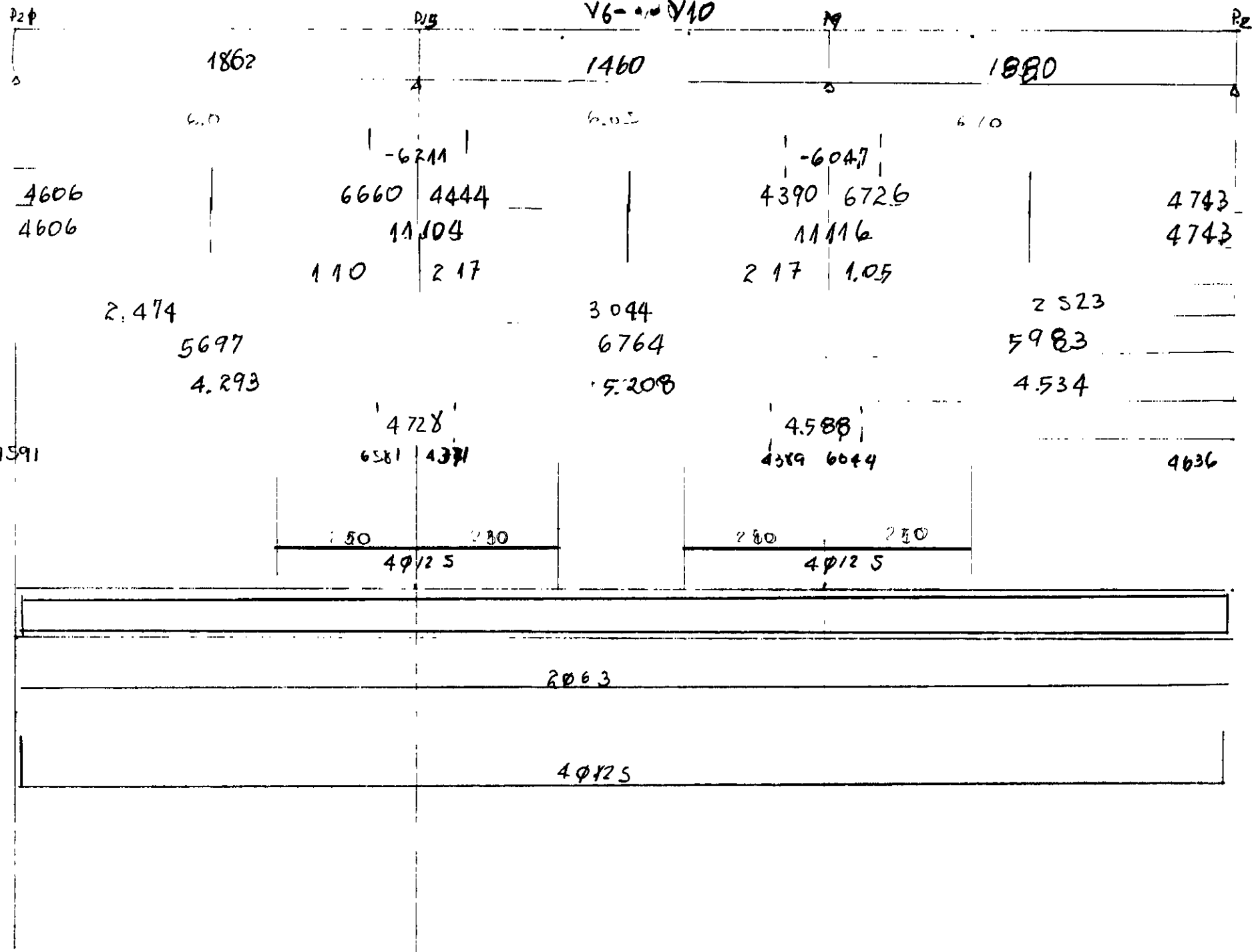
$$A_{sy} = 3.0 \text{ cm}^2 \rightarrow \begin{cases} \phi 6.3 \text{ c/10} * \\ \phi 8 \text{ c/15} \end{cases}$$

$$A_{sy} = 3.0 \rightarrow \begin{cases} \phi 6.3 \text{ c/10} \\ \phi 8 \text{ c/15} \end{cases}$$



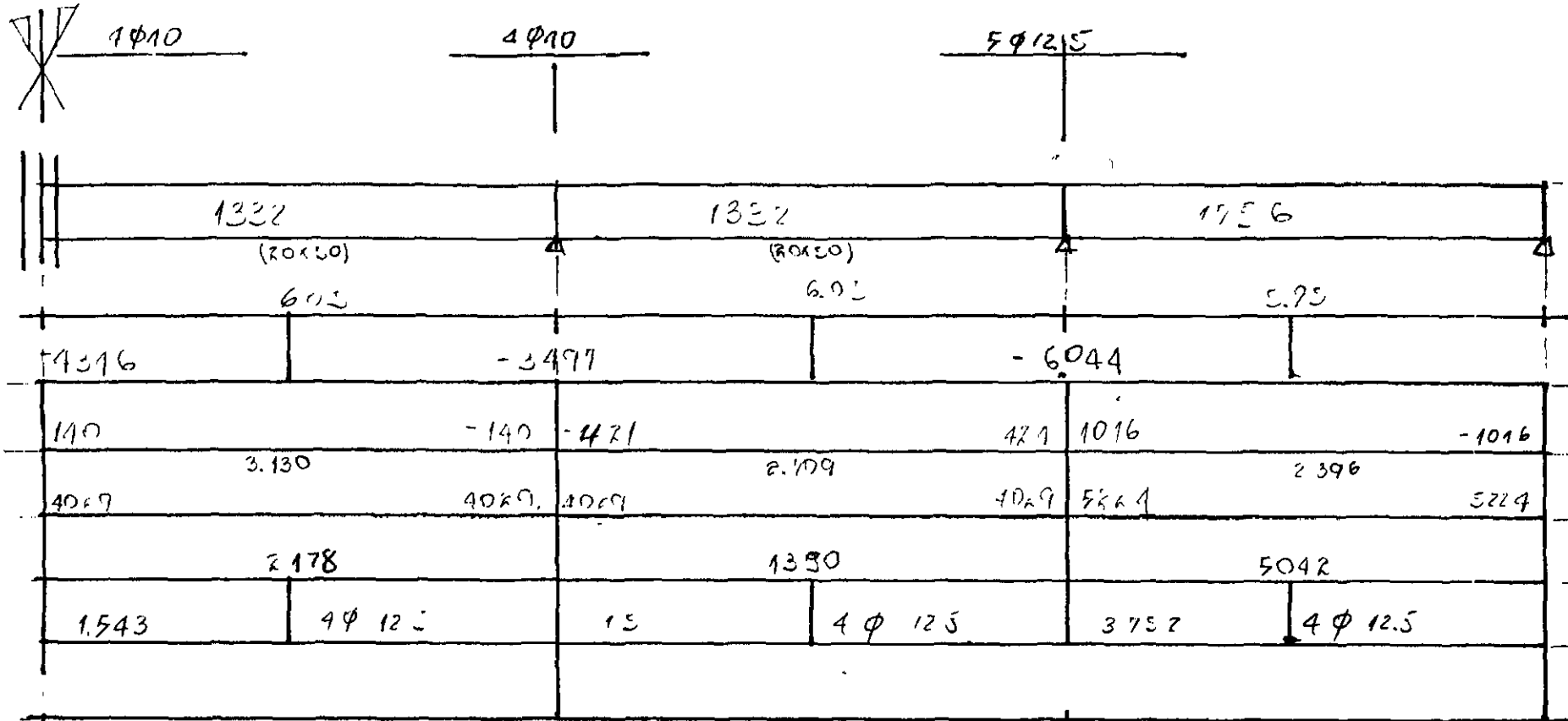
(16)

V6-V10

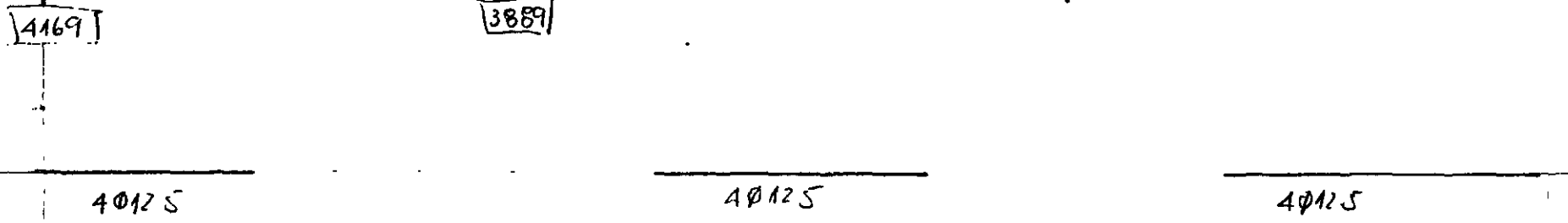


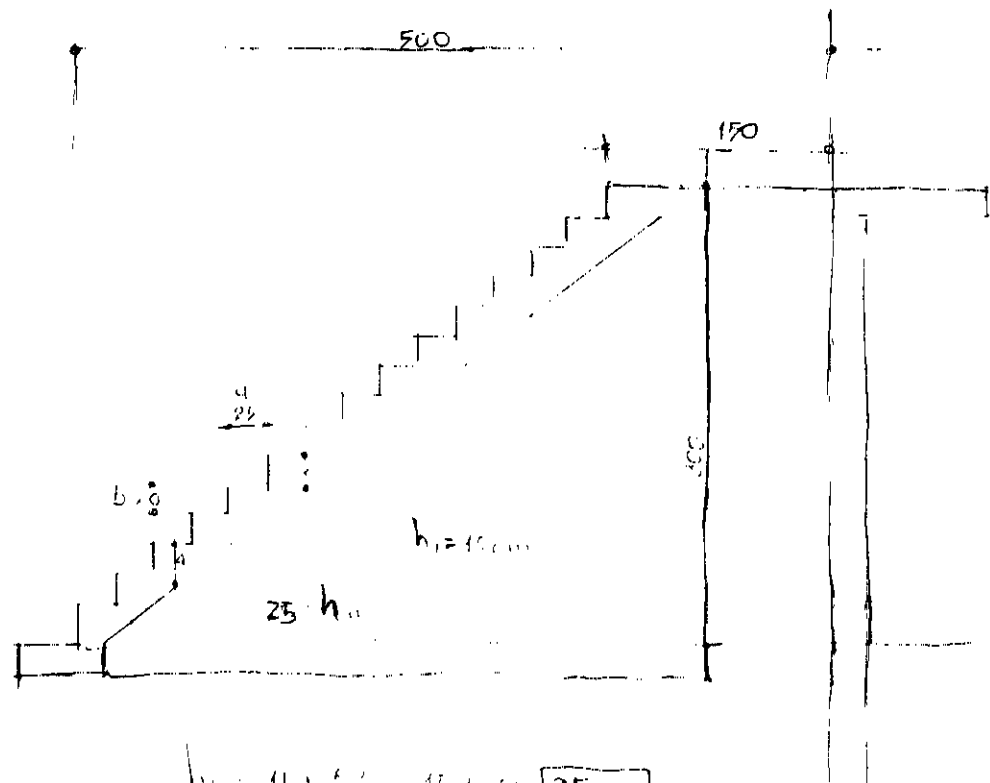
X  
Vx  
Vt  
vulo  
max  
max  
AS

ARMADURA  
NEGATIVA



ARMADURA  
POSITIVA





$$h_m = 150 + 10 = 160 \text{ cm} \quad \boxed{25 \text{ cm}}$$

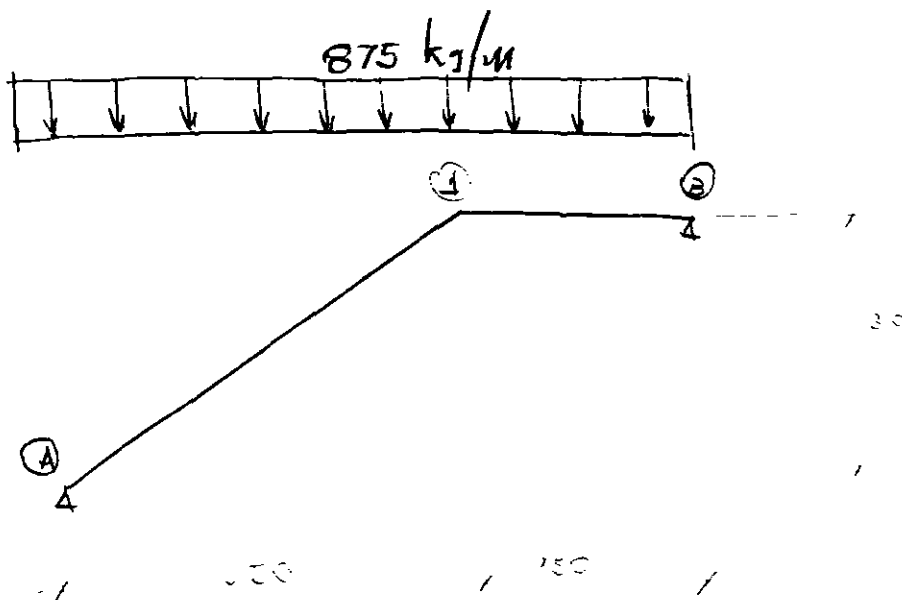
$$T = h_m \cdot 2500 = 0.25 \times 2500$$

$$PP = 625 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{SOBRE CARGA} \rightarrow 200 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{PONT + DEV} \rightarrow 50 \text{ kg/m}^2$$

$$875 \text{ kg/m}^2$$



como 0 hipertus -

$$i = \sqrt{350^2 + 150^2} = 4610$$

$$j = i = 150$$

$$X_{qf} = \frac{875(350^2 \cdot 461 + 150^2 \cdot 150)}{8(461 + 150)} = \frac{52366.56}{4888} = 1071.329 \text{ kgf}\cdot\text{m}$$

$$P_A = 875 \times 350 + \frac{150}{2} + \frac{1071.329}{150} = 443297 \text{ kgf}$$

$$P_B = \frac{P_{fca}}{2} - \frac{X_{qf}}{L_{BC}} = \frac{875 \times 150}{2} - \frac{1071.329}{150} = -57.962 \text{ kgf}$$

$$X_{mov} = \frac{350}{2} - \frac{1071.329}{20 \times 875} = 140 \text{ m}$$

$$M_{mov} = \frac{875 \times 350}{2} - \frac{1071.329}{350} = 857.718 \text{ kgf}\cdot\text{m}$$

$$X_{mov_{el}} = \frac{57.96}{875} = 0.066 \text{ m}$$

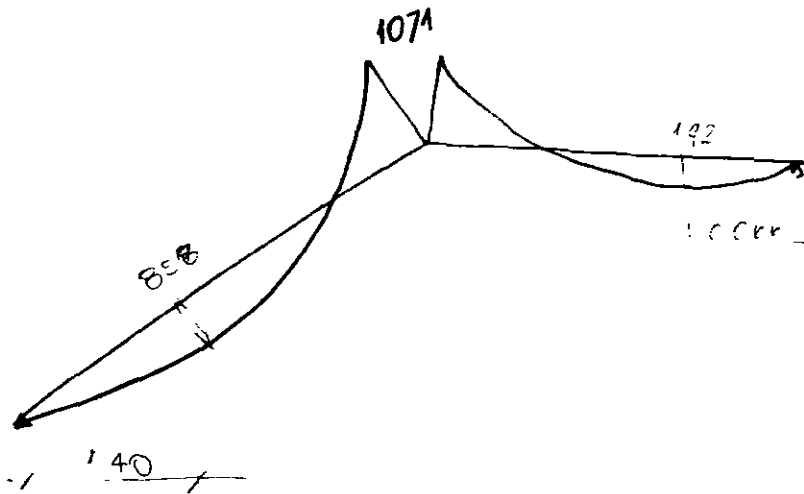
$$M_{mov_{el}} = \frac{57.96^2}{2 \times 875} = 1.92 \text{ kgf}\cdot\text{m}$$

000096



$$R_A = \frac{875(350 + 156)}{2} + \frac{1071.329}{350} = \frac{1071.329}{150}$$

$$H = 350 \times \frac{350}{30} = 3742.445$$



como via continua.

$$x_f = 1071.329 \text{ k} \cdot \text{m}$$

$$R_A = \frac{875 \times 350}{2} - \frac{1071.329}{350} = 1225.156 \text{ k}$$

$$R_B = \frac{875(350 + 156)}{2} - \frac{1071.329}{350} + \frac{1071.329}{150} = 3207.81 \text{ k}$$

$$R'_B = \frac{875 \times 150}{2} - \frac{1071.329}{150} = -57.969 \text{ k}$$

$$H = 3207.81 \times \frac{350}{30} = 3742.445 \text{ k}$$

$$x_{max} = \frac{1225.156}{875} = 1.40 \text{ m}$$

$$M_{max} = \frac{1225.156^2}{2 \times 875} = 857.718 \text{ k} \cdot \text{m}$$

$$y_{max} = \frac{57.97}{875} = 0.066 \text{ m}$$

$$M_{min} = \frac{57.97^2}{2 \times 875} = 1.92 \text{ k} \cdot \text{m}$$

000097

$$f_{cr} = 180 \text{ kN/c} -$$

$$A_{50} = 275 \text{ cm}^2$$

$$x_1 = 1.33 \text{ cm}$$

$$d_{MIN} = 70 \text{ cm}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

$$A_{SMIN} = 275 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$k_c = 1.487 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{SMIN}$$

no steel

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

no steel

$$M = 858 \text{ kN/m}$$

$$A_{SM} = 375 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow (\phi 6.3 \text{ c/8})$$

$$k_c = 1.518 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$c_{min} = 6$$

$$f = 23$$

ICU

1/20

(19  $\phi$ 6.3 c/8) - 350  $\phi$ 6.3 c/30

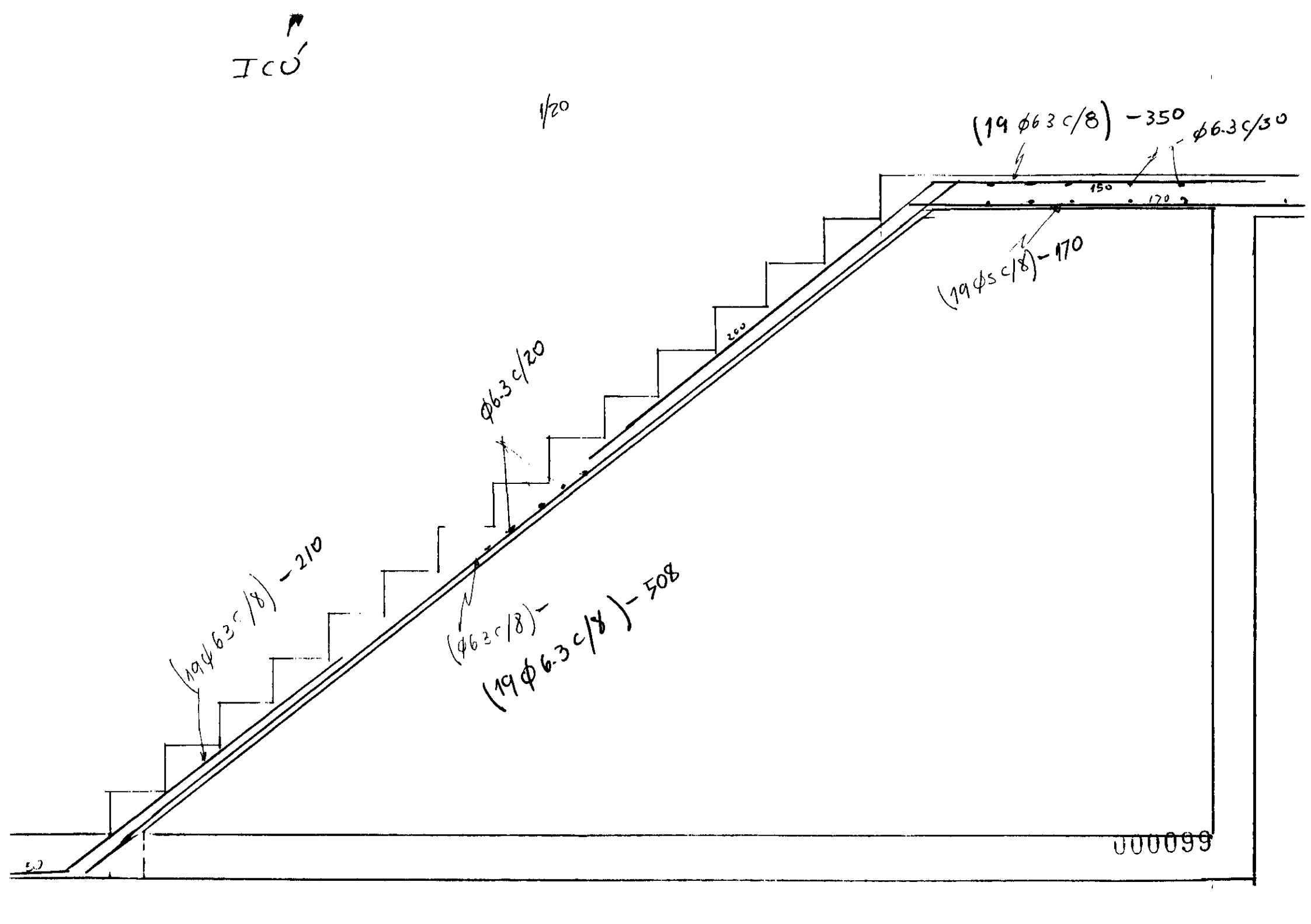
(19  $\phi$ 5 c/8) - 170

$\phi$ 6.3 c/20

(19  $\phi$ 6.3 c/8) - 210

( $\phi$ 6.3 c/8) -  
(19  $\phi$ 6.3 c/8) - 508

000099



\*\*\*\*\*

- DADOS GEOMETRICOS:

÷ LAJE L(30 )
\* lx (m) = 6.05
\* ly (m) = 4.00
\* espessura da laje - h (cm) = 20.00
\* base - b (m) = 1.00

LAJES DO FUNDO

\*\*\*\*\*

- DADOS DO CARREGAMENTO:

- sobrecarga (kgf/m2) = 3000.00
\* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 100.00

\* LAJE L30

\* CARGA POR m2 = 3600.00 kg.m

\*\*\*\*\* QUINHÕES DE CARGA \*\*\*\*\*

qx = 577.54 kgf/m2 qy= 3022.46 kgf/m2

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

- DIMENSOES = 6.05 m x 4.00 m

\* ESPESSURA = 20 cm

\* CASO DA LAJE = 1

\* lambda= 0.66

\* MOMENTOS FLETORES:

=> Mx = 1834.27 kgf.m My = 4196.18 Kgf.m

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

-> RX1 = 1747.05 kgf RX2 = 1747.05 Kgf

=> RY1 = 6044.93 kgf RY2 = 6044.93 Kgf

\*\*\*\*\* LAJE L30 \*\*\*\*\*

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

\* fck (kgf/cm2) = 180.00

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 = 277128.40 kgf/cm2

I = 74.89 cm4

\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*

fq = 2.2416 mm fqad = 8.0000 mm

ft = 8.8597 mm ftad = 13.3333 mm

espessura minima (h) + ESFUENZOS = 17 cm

\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*

Mk = 4196.18 kgf.m => Md = 5874.65 kgf.m

Xk = 0.00 kgf.m => Xd = 0.00 kgf.m

ESPESSURA minima (hs) - ESFUENZOS= 14 cm

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

\*\*\*\*\* LAJE L(30) \*\*\*\*\*

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

h = 20 cm

\* ARMADURA POSITIVA \*

Aspx+ = 4.263 cm2/m => 24N ø10.0 c\17 -

Aspy+ = 9.751 cm2/m => 79N ø10.0 c\ 8-

Aspx+ = 4.263 cm2/m

Aspy+ = 9.751 cm2/m

Asmin+= 3.000 cm2/m

\*\*\*\*\*

\* ARMADURA NEGATIVA \*

Asmin{-} = 3.00 cm2/m

000100

\*\*\*\*\*

- DADOS GEOMETRICOS:

- LAJE L(2 )
\* lx (m) = 6.05
\* ly (m) = 6.05
\* espessura da laje - h (cm) = 10.00
\* base - b (m) = 1.00

\*\*\*\*\*

- DADOS DO CARREGAMENTO:

- sobrecarga (kgf/m2) = 100.00
\* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 50.00

\* LAJE L2

\* CARGA POR m2 = 400.00 kg.m
\*\*\*\*\* QUINHÕES DE CARGA \*\*\*\*\*

qx = 200.00 kgf/m2 qy= 200.00 kgf/m2
\*\*\*\*\* LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES \*\*\*\*\*

DIMENSOES = 6.05 m x 6.05 m

\* ESPESSURA = 10 cm

\* CASO DA LAJE = 1

- lambda= 1.00

\* MOMENTOS FLETORES:

=> Mx = 533.79 kgf.m My = 533.79 Kgf.m

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

-> RX1 = 605.00 kgf RX2 = 605.00 Kgf

=> RY1 = 605.00 kgf RY2 = 605.00 Kgf

\*\*\*\*\* LAJE L2 \*\*\*\*\*

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

\* fck (kgf/cm2) = 180.00

TIPO DE ACO = CA-50B

ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm

\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*

E = 277128.40 kgf/cm2

I = 57.56 cm4

\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*

fq = 1.5702 mm fqad = 12.1000 mm

ft = 8.2997 mm ftad = 20.1667 mm

espessura minima (h) + ESFUEZOS = 7 cm

\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*

Mk = 533.79 kgf.m => Md = 747.31 kgf.m

Xk = 0.00 kgf.m => Xd = 0.00 kgf.m

ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS= 5 cm

\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L(2) \*\*\*\*\*

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

h = 10 cm

\* ARMADURA POSITIVA \*

Aspx+ = 3.013 cm2/m => 61N ø6.3 c\10

Aspy+ = 3.013 cm2/m => 61N ø6.3 c\10

Aspx+ = 3.013 cm2/m

Aspy+ = 3.013 cm2/m

Asmin+= 1.500 cm2/m

\*\*\*\*\*

\* ARMADURA NEGATIVA \*

Asmin{-} = 1.50 cm2/m

000101

\*\*\*\*\*  
 - DADOS GEOMETRICOS:  
 \* LAJE (1)  
 \* lx (m) = 6.05  
 \* ly (m) = 6.10  
 \* espessura da laje - h (cm) = 10.00  
 \* base - b (m) = 1.00  
 \*\*\*\*\*

- DADOS DO CARREGAMENTO:  
 \* sobrecarga (kgf/m2) = 100.00  
 \* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 50.00  
 \* LAJE L1  
 \* CARGA POR m2 = 400.00 kg.m  
 \* \*\*\*\*\* QUINHOS DE CARGA \*\*\*\*\*  
 qx = 203.29 kgf/m2    qy= 196.71 kgf/m2 ✓  
 \*\*\*\*\* LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES \*\*\*\*\*

DIMENSOES = 6.05 m x 6.10 m  
 \* ESPESSURA = 10 cm  
 \* CASO DA LAJE = 3  
 \* lambda= 1.01  
 \* MOMENTOS FLETORES:  
 => Mx = 400.63 kgf.m    My = 394.09 Kgf.m ✓  
 => Xx = -930.12 kgf.m    Xy = -914.94 Kgf.m ✓  
 => RX1 = 491.97 kgf    RX2 = 737.95 Kgf ✓  
 => RY1 = 719.95 kgf    RY2 = 479.97 Kgf ✓  
 \*\*\*\*\*

- DADOS GEOMETRICOS:  
 \* LAJE (2)  
 \* lx (m) = 6.05  
 \* ly (m) = 6.10  
 \* espessura da laje - h (cm) = 10.00  
 \* base - b (m) = 1.00  
 \*\*\*\*\*

- DADOS DO CARREGAMENTO:  
 \* sobrecarga (kgf/m2) = 100.00  
 \* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 50.00  
 \* LAJE L2  
 \* CARGA POR m2 = 400.00 kg.m  
 \* \*\*\*\*\* QUINHOS DE CARGA \*\*\*\*\*  
 qx = 269.58 kgf/m2    qy= 130.42 kgf/m2 ✓  
 \*\*\*\*\* LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES \*\*\*\*\*

DIMENSOES = 6.05 m x 6.10 m  
 \* ESPESSURA = 10 cm  
 \* CASO DA LAJE = 5  
 \* lambda= 1.01  
 \* MOMENTOS FLETORES:  
 > Mx = 335.42 kgf.m    My = 288.25 Kgf.m ✓  
 => Xx = -822.27 kgf.m    Xy = -808.84 Kgf.m ✓  
 => RX1 = 815.47 kgf    RX2 = 815.47 Kgf ✓  
 > RY1 = 477.35 kgf    RY2 = 318.23 Kgf ✓  
 \*\*\*\*\*

- DADOS GEOMETRICOS:  
 LAJE (3)  
 \* lx (m) = 6.05  
 \* ly (m) = 6.10  
 \* espessura da laje - h (cm) = 10.00  
 \* base - b (m) = 1.00  
 \*\*\*\*\*

- DADOS DO CARREGAMENTO:  
 \* sobrecarga (kgf/m2) = 100.00  
 \* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 50.00  
 \* LAJE L3  
 \* CARGA POR m2 = 400.00 kg.m  
 \* \*\*\*\*\* QUINHOS DE CARGA \*\*\*\*\*  
 qx = 269.58 kgf/m2    qy= 130.42 kgf/m2

\* MOMENTOS FLETORES:  
=> Mx = 262.66 kgf.m My = 262.66 kgf.m ✓  
=> Xx = -610.04 kgf.m Xy = -610.04 Kgf.m ✓  
=> RX1 = 605.00 kgf RX2 = 605.00 kgf ✓  
=> RY1 = 605.00 kgf RY2 = 605.00 Kgf ✓  
\*\*\*\*\*

- DADOS GEOMETRICOS:  
\* LAJE L(9 )  
\* lx (m) = 6.05  
\* ly (m) = 6.05  
\* espessura da laje - h (cm) = 10.00  
\* base - b (m) = 1.00  
\*\*\*\*\*

DADOS DO CARREGAMENTO:  
\* sobrecarga (kgf/m2) = 100.00  
\* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 50.00  
LAJE L9  
\* CARGA POR m2 = 400.00 kg.m  
\* \*\*\*\*\* QUINHOS DE CARGA \*\*\*\*\*  
qx = 200.00 kgf/m2 qy= 200.00 kgf/m2  
\*\*\*\*\* LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES \*\*\*\*\*

\* DIMENSOES = 6.05 m x 6.05 m  
\* ESPESSURA = 10 cm  
\* CASO DA LAJE = 6  
\* lambda= 1.00  
\* MOMENTOS FLETORES:  
-> Mx = 262.66 kgf.m My = 262.66 Kgf.m  
=> Xx = -610.04 kgf.m Xy = -610.04 Kgf.m  
=> RX1 = 605.00 kgf RX2 = 605.00 Kgf  
=> RY1 = 605.00 kgf RY2 = 605.00 Kgf  
\*\*\*\*\*

- DADOS GEOMETRICOS:  
\* LAJE L(10 )  
\* lx (m) = 6.05  
\* ly (m) = 6.05  
\* espessura da laje - h (cm) = 10.00  
\* base - b (m) = 1.00  
\*\*\*\*\*

- DADOS DO CARREGAMENTO:  
\* sobrecarga (kgf/m2) = 100.00  
\* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 50.00  
LAJE L10  
\* CARGA POR m2 = 400.00 kg.m  
\* \*\*\*\*\* QUINHOS DE CARGA \*\*\*\*\*  
qx = 200.00 kgf/m2 qy= 200.00 kgf/m2  
\*\*\*\*\* LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES \*\*\*\*\*

\* DIMENSOES = 6.05 m x 6.05 m  
\* ESPESSURA = 10 cm  
\* CASO DA LAJE = 6  
\* lambda= 1.00  
\* MOMENTOS FLETORES:  
=> Mx = 262.66 kgf.m My = 262.66 Kgf.m  
=> Xx = -610.04 kgf.m Xy = -610.04 Kgf.m  
=> RX1 = 605.00 kgf RX2 = 605.00 Kgf  
=> RY1 = 605.00 kgf RY2 = 605.00 Kgf  
\*\*\*\*\*

- DADOS GEOMETRICOS:  
\* LAJE L(11 )  
\* lx (m) = 6.05  
\* ly (m) = 6.05  
\* espessura da laje - h (cm) = 10.00  
\* base - b (m) = 1.00  
\*\*\*\*\*

- DADOS DO CARREGAMENTO:  
\* sobrecarga (kgf/m2) = 100.00

\*\*\*\*\*

- DADOS GEOMETRICOS:

\* LAJE L(14 )
\* lx (m) = 6.05
\* ly (m) = 6.05
\* espessura da laje - h (cm) = 10.00
\* base - b (m) = 1.00

\*\*\*\*\*

- DADOS DO CARREGAMENTO:

\* sobrecarga (kgf/m2) = 100.00
\* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 50.00

\* LAJE L14
\* CARGA POR m2 = 400.00 kg.m
\* \*\*\*\*\* QUINHOS DE CARGA \*\*\*\*\*
qx = 266.67 kgf/m2 qy= 133.33 kgf/m2
\*\*\*\*\* LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES \*\*\*\*\*

\* DIMENSOES = 6.05 m x 6.05 m
\* ESPESSURA = 10 cm
\* CASO DA LAJE = 5
\* lambda= 1.00

\* MOMENTOS FLETORES:

=> Mx = 331.38 kgf.m My = 289.57 Kgf.m
=> Xx = -813.39 kgf.m Xy = -813.39 Kgf.m
-> RX1 = 806.67 kgf RX2 = 806.67 Kgf
=> RY1 = 484.00 kgf RY2 = 322.67 Kgf

\*\*\*\*\*

- DADOS GEOMETRICOS:

\* LAJE L(15 )
\* lx (m) = 6.05
\* ly (m) = 6.05
\* espessura da laje - h (cm) = 10.00
\* base - b (m) = 1.00

\*\*\*\*\*

DADOS DO CARREGAMENTO:

\* sobrecarga (kgf/m2) = 100.00
\* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 50.00

\* LAJE L15
\* CARGA POR m2 = 400.00 kg.m
\* \*\*\*\*\* QUINHOS DE CARGA \*\*\*\*\*
qx = 266.67 kgf/m2 qy= 133.33 kgf/m2
\*\*\*\*\* LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES \*\*\*\*\*

\* DIMENSOES = 6.05 m x 6.05 m
\* ESPESSURA = 10 cm
\* CASO DA LAJE = 5
\* lambda= 1.00

\* MOMENTOS FLETORES:

=> Mx = 331.38 kgf.m My = 289.57 Kgf.m
=> Xx = -813.39 kgf.m Xy = -813.39 Kgf.m
=> RX1 = 806.67 kgf RX2 = 806.67 Kgf
=> RY1 = 484.00 kgf RY2 = 322.67 Kgf

\*\*\*\*\*

- DADOS GEOMETRICOS:

\* LAJE L(16 )
\* lx (m) = 6.05
\* ly (m) = 6.05
\* espessura da laje - h (cm) = 10.00
\* base - b (m) = 1.00

\*\*\*\*\*

- DADOS DO CARREGAMENTO:

\* sobrecarga (kgf/m2) = 100.00
\* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 50.00

\* LAJE L16
\* CARGA POR m2 = 400.00 kg.m
\* \*\*\*\*\* QUINHOS DE CARGA \*\*\*\*\*
qx = 266.67 kgf/m2 qy= 133.33 kgf/m2



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

\* DIMENSOES = 6.05 m x 6.05 m  
 \* ESPESSURA = 10 cm  
 \* CASO DA LAJE = 5  
 \* lambda= 1.00  
 \* MOMENTOS FLETORES:  
 -> Mx = 331.38 kgf.m My = 289.57 Kgf.m  
 => Xx = -813.39 kgf.m Xy = -813.39 Kgf.m  
 => RX1 = 806.67 kgf RX2 = 806.67 Kgf  
 => RY1 = 484.00 kgf RY2 = 322.67 Kgf  
 \*\*\*\*\*

- DADOS GEOMETRICOS:

\* LAJE L(17 )  
 \* lx (m) = 6.05  
 \* ly (m) = 6.05  
 \* espessura da laje - h (cm) = 10.00  
 \* base - b (m) = 1.00  
 \*\*\*\*\*

- DADOS DO CARREGAMENTO:

-> sobrecarga (kgf/m2) = 100.00  
 \* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 50.00  
 \* LAJE L17  
 \* CARGA POR m2 = 400.00 kg.m  
 \* \*\*\*\*\* QUINHOS DE CARGA \*\*\*\*\*  
 qx = 266.67 kgf/m2 qy= 133.33 kgf/m2  
 \*\*\*\*\* LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES \*\*\*\*\*

\* DIMENSOES = 6.05 m x 6.05 m  
 \* ESPESSURA = 10 cm  
 \* CASO DA LAJE = 5  
 \* lambda= 1.00  
 \* MOMENTOS FLETORES:  
 => Mx = 331.38 kgf.m My = 289.57 Kgf.m  
 => Xx = -813.39 kgf.m Xy = -813.39 Kgf.m  
 -> RX1 = 806.67 kgf RX2 = 806.67 Kgf  
 => RY1 = 484.00 kgf RY2 = 322.67 Kgf  
 \*\*\*\*\*

- DADOS GEOMETRICOS:

\* LAJE L(18 )  
 \* lx (m) = 5.95  
 \* ly (m) = 6.05  
 \* espessura da laje - h (cm) = 10.00  
 \* base - b (m) = 1.00  
 \*\*\*\*\*

- DADOS DO CARREGAMENTO:

\* sobrecarga (kgf/m2) = 100.00  
 \* Pavim. e revest.(kgf/m2) = 50.00  
 \* LAJE L18  
 \* CARGA POR m2 = 400.00 kg.m  
 \* \*\*\*\*\* QUINHOS DE CARGA \*\*\*\*\*  
 qx = 206.66 kgf/m2 qy= 193.34 kgf/m2  
 \*\*\*\*\* LAJE ARMADA EM 2 DIRECOES \*\*\*\*\*

\* DIMENSOES = 5.95 m x 6.05 m  
 \* ESPESSURA = 10 cm  
 \* CASO DA LAJE = 3  
 \* lambda= 1.02  
 \* MOMENTOS FLETORES:  
 > Mx = 393.98 kgf.m My = 381.06 Kgf.m  
 => Xx = -914.55 kgf.m Xy = -884.57 Kgf.m  
 => RX1 = 491.86 kgf RX2 = 737.79 Kgf  
 -> RY1 = 701.81 kgf RY2 = 467.87 Kgf

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

\* fck (kgf/cm2) = 180.00

\*\*\*\*\* DADOS DO ACO \*\*\*\*\*

TIPO DE ACO = CA-50B

ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* LAJE (L1)

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm

\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*

E = 277128.40 kgf/cm2

I = 57.56 cm4

\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*

fq = 0.8924 mm fqad = 12.1000 mm

ft = 4.7168 mm ftad = 20.1667 mm

espessura minima (h) + ESFUENZOS = 6 cm

\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*

Mk = 400.63 kgf.m => Md = 560.88 kgf.m

Xk = -914.94 kgf.m => Xd = -1280.92 kgf.m

ESPESSURA minima (hs) - ESFUENZOS = 5 cm

\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE (L2) \*\*\*\*\*

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

\* fck (kgf/cm2) = 180.00

TIPO DE ACO = CA-50B

ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm

\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*

E = 277128.40 kgf/cm2

I = 57.56 cm4

\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*

fq = 0.6129 mm fqad = 12.1000 mm

ft = 3.2397 mm ftad = 20.1667 mm

espessura minima (h) + ESFUENZOS = 5 cm

\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*

Mk = 335.42 kgf.m => Md = 469.59 kgf.m

Xk = -808.84 kgf.m => Xd = -1132.38 kgf.m

ESPESSURA minima (hs) - ESFUENZOS = 4 cm

\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE (L3) \*\*\*\*\*

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

\* fck (kgf/cm2) = 180.00

TIPO DE ACO = CA-50B

ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm

\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*

E = 277128.40 kgf/cm2

I = 57.56 cm4

\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*

fq = 0.6129 mm fqad = 12.1000 mm

ft = 3.2397 mm ftad = 20.1667 mm

espessura minima (h) + ESFUENZOS = 5 cm

\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*

Mk = 335.42 kgf.m => Md = 469.59 kgf.m

Xk = -808.84 kgf.m => Xd = -1132.38 kgf.m

ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS= 4 cm

\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L4 \*\*\*\*\*

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

fck (kgf/cm2) = 180.00

TIPO DE ACO = CA-50B

ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm

\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*

E = 277128.40 kgf/cm2

I = 57.56 cm4

\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*

fq = 0.6129 mm fqad = 12.1000 mm

ft = 3.2397 mm ftad = 20.1667 mm

espeSSura minima (h) + ESFUERZOS = 5 cm

\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*

Mk = 335.42 kgf.m => Md = 469.59 kgf.m

Xk = -808.84 kgf.m => Xd = -1132.38 kgf.m

ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS= 4 cm

\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L5 \*\*\*\*\*

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

fck (kgf/cm2) = 180.00

TIPO DE ACO = CA-50B

ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm

\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*

E = 277128.40 kgf/cm2

I = 57.56 cm4

\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*

fq = 0.6129 mm fqad = 12.1000 mm

ft = 3.2397 mm ftad = 20.1667 mm

espeSSura minima (h) + ESFUERZOS = 5 cm

\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*

Mk = 335.42 kgf.m => Md = 469.59 kgf.m

Xk = -808.84 kgf.m => Xd = -1132.38 kgf.m

ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS= 4 cm

\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L6 \*\*\*\*\*

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

fck (kgf/cm2) = 180.00

TIPO DE ACO = CA-50B

ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm

\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*

E = 277128.40 kgf/cm2

I = 57.56 cm4

\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*

fq = 0.8512 mm fqad = 11.9000 mm

ft = 4.4991 mm ftad = 19.8333 mm  
espessura minima (h) + ESFUEZOS = 6 cm  
\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*  
Mk = 400.32 kgf.m => Md = 560.45 kgf.m  
Xk = -883.97 kgf.m => Xd = -1237.56 kgf.m  
ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS= 5 cm  
\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L7 \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* DADOS DO CONCRETO \*\*\*\*\*  
\* fck (kgf/cm2) = 180.00  
TIPO DE ACO = CA-50B  
ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:  
h = 10 cm  
\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*  
E = 277128.40 kgf/cm2  
I = 57.56 cm4  
\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*  
fq = 0.6088 mm fqad = 12.1000 mm  
ft = 3.2179 mm ftad = 20.1667 mm  
espessura minima (h) + ESFUEZOS = 5 cm  
\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*  
Mk = 331.38 kgf.m => Md = 463.93 kgf.m  
Xk = -813.39 kgf.m => Xd = -1138.75 kgf.m  
ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS= 4 cm  
\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L8 \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* DADOS DO CONCRETO \*\*\*\*\*  
\* fck (kgf/cm2) = 180.00  
TIPO DE ACO = CA-50B  
ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:  
h = 10 cm  
\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*  
E = 277128.40 kgf/cm2  
I = 57.56 cm4  
\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*  
fq = 0.5019 mm fqad = 12.1000 mm  
ft = 2.6528 mm ftad = 20.1667 mm  
espessura minima (h) + ESFUEZOS = 5 cm  
\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*  
Mk = 262.66 kgf.m => Md = 367.72 kgf.m  
Xk = -610.04 kgf.m => Xd = -854.06 kgf.m  
ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS= 4 cm  
\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L9 \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* DADOS DO CONCRETO \*\*\*\*\*  
fck (kgf/cm2) = 180.00  
TIPO DE ACO = CA-50B  
ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:  
h = 10 cm

\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*  
E = 277128.40 kgf/cm2  
I = 57.56 cm4  
\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*  
fq = 0.5019 mm fqad = 12.1000 mm  
ft = 2.6528 mm ftad = 20.1667 mm  
espessura minima (h) + ESFUERZOS = 5 cm  
\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*  
Mk = 262.66 kgf.m => Md = 367.72 kgf.m  
Xk = -610.04 kgf.m => Xd = -854.06 kgf.m  
ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS= 4 cm  
\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L10 \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* DADOS DO CONCRETO \*\*\*\*\*  
\* fck (kgf/cm2) = 180.00  
TIPO DE ACO = CA-50B  
ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm  
\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*  
E = 277128.40 kgf/cm2  
I = 57.56 cm4  
\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*  
fq = 0.5019 mm fqad = 12.1000 mm  
ft = 2.6528 mm ftad = 20.1667 mm  
espessura minima (h) + ESFUERZOS = 5 cm  
\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*  
Mk = 262.66 kgf.m => Md = 367.72 kgf.m  
Xk = -610.04 kgf.m => Xd = -854.06 kgf.m  
ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS= 4 cm  
\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L11 \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* DADOS DO CONCRETO \*\*\*\*\*  
\* fck (kgf/cm2) = 180.00  
TIPO DE ACO = CA-50B  
ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm  
\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*  
E = 277128.40 kgf/cm2  
I = 57.56 cm4  
\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*  
fq = 0.5019 mm fqad = 12.1000 mm  
ft = 2.6528 mm ftad = 20.1667 mm  
espessura minima (h) + ESFUERZOS = 5 cm  
\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*  
Mk = 262.66 kgf.m => Md = 367.72 kgf.m  
Xk = -610.04 kgf.m => Xd = -854.06 kgf.m  
ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS= 4 cm  
\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L12 \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* DADOS DO CONCRETO \*\*\*\*\*  
\* fck (kgf/cm2) = 180.00  
TIPO DE ACO = CA-50B  
ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

-----  
\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm

\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*

E = 277128.40 kgf/cm<sup>2</sup>

I = 57.56 cm<sup>4</sup>

\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*

f<sub>q</sub> = 0.5820 mm      f<sub>qad</sub> = 11.9000 mm

f<sub>t</sub> = 3.0760 mm      f<sub>tad</sub> = 19.8333 mm

espessura minima (h) + ESFUERZOS = 5 cm

\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*

M<sub>k</sub> = 328.42 kgf.m   => M<sub>d</sub> = 459.79 kgf.m

X<sub>k</sub> = -777.65 kgf.m   => X<sub>d</sub> = -1088.71 kgf.m

ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS = 4 cm

\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L13 \*\*\*\*\*

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

\* f<sub>ck</sub> (kgf/cm<sup>2</sup>) = 180.00

TIPO DE ACO = CA-50B

ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

-----  
\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm

\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*

E = 277128.40 kgf/cm<sup>2</sup>

I = 57.56 cm<sup>4</sup>

\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*

f<sub>q</sub> = 0.8749 mm      f<sub>qad</sub> = 12.1000 mm

f<sub>t</sub> = 4.6243 mm      f<sub>tad</sub> = 20.1667 mm

espessura minima (h) + ESFUERZOS = 6 cm

\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*

M<sub>k</sub> = 394.13 kgf.m   => M<sub>d</sub> = 551.78 kgf.m

X<sub>k</sub> = -915.06 kgf.m   => X<sub>d</sub> = -1281.08 kgf.m

ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS = 5 cm

\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L14 \*\*\*\*\*

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

\* f<sub>ck</sub> (kgf/cm<sup>2</sup>) = 180.00

TIPO DE ACO = CA-50B

ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

-----  
\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm

\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*

E = 277128.40 kgf/cm<sup>2</sup>

I = 57.56 cm<sup>4</sup>

\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*

f<sub>q</sub> = 0.6088 mm      f<sub>qad</sub> = 12.1000 mm

f<sub>t</sub> = 3.2179 mm      f<sub>tad</sub> = 20.1667 mm

espessura minima (h) + ESFUERZOS = 5 cm

\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*

M<sub>k</sub> = 331.38 kgf.m   => M<sub>d</sub> = 463.93 kgf.m

X<sub>k</sub> = -813.39 kgf.m   => X<sub>d</sub> = -1138.75 kgf.m

ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS = 4 cm

\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L15 \*\*\*\*\*

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

\* fck (kgf/cm2) = 180.00  
TIPO DE ACO = CA-50B  
ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm

\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*

E = 277128.40 kgf/cm2

I = 57.56 cm4

\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*

fq = 0.6088 mm fqad = 12 1000 mm

ft = 3 2179 mm ftad = 20.1667 mm

espesura minima (h) + ESFUEZOS = 5 cm

\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*

Mk = 331.38 kgf.m => Md = 463.93 kgf.m

Xk = -813.39 kgf.m => Xd = -1138.75 kgf.m

ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS= 4 cm

\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L16 \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* DADOS DO CONCRETO \*\*\*\*\*

\* fck (kgf/cm2) = 180.00

TIPO DE ACO = CA-50B

ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm

\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*

E = 277128.40 kgf/cm2

I = 57.56 cm4

\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*

fq = 0.6088 mm fqad = 12.1000 mm

ft = 3.2179 mm ftad = 20.1667 mm

espesura minima (h) + ESFUEZOS = 5 cm

\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*

Mk = 331.38 kgf.m => Md = 463.93 kgf.m

Xk = -813.39 kgf.m => Xd = -1138.75 kgf.m

ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS= 4 cm

\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L17 \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* DADOS DO CONCRETO \*\*\*\*\*

\* fck (kgf/cm2) = 180.00

TIPO DE ACO = CA-50B

ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm

\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*

E = 277128.40 kgf/cm2

I = 57.56 cm4

\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*

fq = 0.6088 mm fqad = 12.1000 mm

ft = 3.2179 mm ftad = 20.1667 mm

espesura minima (h) + ESFUEZOS = 5 cm

\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*

Mk = 331.38 kgf.m => Md = 463.93 kgf.m

Xk = -813.39 kgf.m => Xd = -1138.75 kgf.m

ESPESSURA minima (hs) - ESFUERZOS= 4 cm

000111

\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE

\*\*\*\*\* LAJE L18 \*\*\*\*\*

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

\* fck (kgf/cm<sup>2</sup>) = 180.00

TIPO DE ACO = CA-50B

ESPESSURA SUFICIENTE! - PRESS ANY KEY TO CONTINUE

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

\* PRE-DIMENSIONAMENTO:

h = 10 cm

\*\*\*\*\* DEFORMACAO \*\*\*\*\*

E = 277128.40 kgf/cm<sup>2</sup>

I = 57.56 cm<sup>4</sup>

\*\*\*\*\* flechas \*\*\*\*\*

f<sub>q</sub> = 0.8512 mm      f<sub>qad</sub> = 11.9000 mm

f<sub>t</sub> = 4.4991 mm      f<sub>tad</sub> = 19.8333 mm

espesura minima (h) + ESFUERZOS = 6 cm

\*\*\*\*\* MOMENTO FLETOR \*\*\*\*\*

M<sub>k</sub> = 393.98 kgf.m    => M<sub>d</sub> = 551.57 kgf.m

X<sub>k</sub> = -884.57 kgf.m   => X<sub>d</sub> = -1238.40 kgf.m

ESPESSURA minima (h<sub>s</sub>) - ESFUERZOS = 5 cm

\* ESPESSURA ADOTADA (h) = 10 cm - PRESS <ENTER> TO CONTINUE



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

h = 10 cm

\* ARMADURA POSITIVA \*

Aspx+ = 2.261 cm<sup>2</sup>/m => 49N ø6.3 c\13  
 Aspy+ = 2.224 cm<sup>2</sup>/m => 48N ø6.3 c\13 -  
 Aspx+ = 2.261 cm<sup>2</sup>/m 4t  
 Aspy+ = 2.224 cm<sup>2</sup>/m  
 Asmin+ = 1.500 cm<sup>2</sup>/m

\* ARMADURA NEGATIVA \*

Asmin{-} = 1.50 cm<sup>2</sup>/m  
 ENGASTE => L1 - L2 65  
 Asn = -4.64 cm<sup>2</sup>/m => 92N ø6.3 c\ 7  
 XXx2 MAIOR  
 ENGASTE => L1 - L7 65  
 Asn = -4.59 cm<sup>2</sup>/m => 91N ø6.3 c\ 7  
 XXx2 MAIOR

A<sub>sc</sub> = 464  
 A<sub>s</sub> α = 441  
 L<sub>b</sub> = 3142 cm  
 L<sub>b</sub> ≈ 32 cm

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

h = 10 cm

\* ARMADURA POSITIVA \*

Aspx+ = 1.893 cm<sup>2</sup>/m => 43N ø6.3 c\14  
 Aspy+ = 1.627 cm<sup>2</sup>/m => 36N ø6.3 c\17  
 Aspx+ = 1.893 cm<sup>2</sup>/m  
 Aspy+ = 1.627 cm<sup>2</sup>/m  
 Asmin+ = 1.500 cm<sup>2</sup>/m

\* ARMADURA NEGATIVA \*

Asmin{-} = 1.50 cm<sup>2</sup>/m  
 ENGASTE => L2 - L1  
 Asn = -4.64 cm<sup>2</sup>/m => 92N ø6.3 c\ 7  
 XXx2 MAIOR  
 ENGASTE => L2 - L3  
 Asn = -4.64 cm<sup>2</sup>/m => 92N ø6.3 c\ 7  
 XXx2 MAIOR  
 ENGASTE => L2 - L8  
 Asn = -3.44 cm<sup>2</sup>/m => 73N ø6.3 c\ 8  
 XXx2 MAIOR

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

h = 10 cm

\* ARMADURA POSITIVA \*

Aspx+ = 1.893 cm<sup>2</sup>/m => 43N ø6.3 c\14  
 Aspy+ = 1.627 cm<sup>2</sup>/m => 36N ø6.3 c\17  
 Aspx+ = 1.893 cm<sup>2</sup>/m  
 Aspy+ = 1.627 cm<sup>2</sup>/m  
 Asmin+ = 1.500 cm<sup>2</sup>/m

\* ARMADURA NEGATIVA \*

Asmin{-} = 1.50 cm<sup>2</sup>/m  
 ENGASTE => L3 - L2  
 Asn = -4.64 cm<sup>2</sup>/m => 92N ø6.3 c\ 7  
 XXx2 MAIOR  
 ENGASTE => L3 - L4  
 Asn = -4.64 cm<sup>2</sup>/m => 92N ø6.3 c\ 7  
 XXx2 MAIOR  
 ENGASTE => L3 - L9  
 Asn = -3.44 cm<sup>2</sup>/m => 73N ø6.3 c\ 8

(11)

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

h = 10 cm

\* ARMADURA POSITIVA \*

Aspx+ = 1.893 cm2/m => 43N ø6.3 c\14
Aspy+ = 1.627 cm2/m => 36N ø6.3 c\17
Aspx+ = 1.893 cm2/m
Aspy+ = 1.627 cm2/m
Asmin+= 1.500 cm2/m

\* ARMADURA NEGATIVA \*

Asmin{-} = 1.50 cm2/m
ENGASTE => L4 - L3
Asn = -4.64 cm2/m => 92N ø6.3 c\ 7
XXx2 MAIOR
ENGASTE => L4 - L5
Asn = -4.64 cm2/m => 92N ø6.3 c\ 7
XXx2 MAIOR
ENGASTE => L4 - L10
Asn = -3.44 cm2/m => 73N ø6.3 c\ 8
XXx2 MAIOR

LAJE

(5)

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

h = 10 cm

\* ARMADURA POSITIVA \*

Aspx+ = 1.893 cm2/m => 43N ø6.3 c\14
Aspy+ = 1.627 cm2/m => 36N ø6.3 c\17
Aspx+ = 1.893 cm2/m
Aspy+ = 1.627 cm2/m
Asmin+= 1.500 cm2/m

\* ARMADURA NEGATIVA \*

Asmin{-} = 1.50 cm2/m
ENGASTE => L5 - L4
Asn = -4.64 cm2/m => 92N ø6.3 c\ 7
XXx2 MAIOR
ENGASTE => L5 - L6
Asn = -4.64 cm2/m => 92N ø6.3 c\ 7
XXx2 MAIOR
ENGASTE => L5 - L11
Asn = -3.44 cm2/m => 73N ø6.3 c\ 8
XXx2 MAIOR

LAJE

(6)

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

h = 10 cm

\* ARMADURA POSITIVA \*

Aspx+ = 2.259 cm2/m => 49N ø6.3 c\13
Aspy+ = 2.150 cm2/m => 42N ø6.3 c\14
Aspx+ = 2.259 cm2/m
Aspy+ = 2.150 cm2/m
Asmin+= 1.500 cm2/m

\* ARMADURA NEGATIVA \*

Asmin{-} = 1.50 cm2/m
ENGASTE => L6 - L5
Asn = -4.64 cm2/m => 92N ø6.3 c\ 7
XXx2 MAIOR
ENGASTE => L6 - L12
Asn = -4.39 cm2/m => 89N ø6.3 c\ 7

1151

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

h = 10 cm

\* ARMADURA POSITIVA \*

Aspx+ = 1 870 cm2/m => 36N ø6.3 c\17
Aspy+ = 1 634 cm2/m => 36N ø6.3 c\17
Aspx+ = 1 870 cm2/m
Aspy+ = 1 634 cm2/m
Asmin+= 1.500 cm2/m

\* ARMADURA NEGATIVA \*

Asmin{-} = 1.50 cm2/m
ENGASTE => L7 - L1
Asn = -4.59 cm2/m => 91N ø6.3 c\ 7
ENGASTE => L7 - L8
Asn = -3.44 cm2/m => 73N ø6.3 c\ 8
ENGASTE => L7 - L13
Asn = -4.59 cm2/m => 91N ø6.3 c\ 7

118

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

h = 10 cm

\* ARMADURA POSITIVA \*

Aspx+ = 1 500 cm2/m => 30N ø6.3 c\20
Aspy+ = 1.500 cm2/m => 30N ø6.3 c\20
Aspx+ = 1.482 cm2/m
Aspy+ = 1.482 cm2/m
Asmin+= 1.500 cm2/m

\* ARMADURA NEGATIVA \*

Asmin{-} = 1.50 cm2/m
ENGASTE => L8 - L7
Asn = -3.44 cm2/m => 73N ø6.3 c\ 8
ENGASTE => L8 - L2
Asn = -3.44 cm2/m => 73N ø6.3 c\ 8
ENGASTE => L8 - L9
Asn = -3.44 cm2/m => 73N ø6.3 c\ 8
ENGASTE => L8 - L14
Asn = -3.44 cm2/m => 73N ø6.3 c\ 8

120

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

h = 10 cm

\* ARMADURA POSITIVA \*

Aspx+ = 1.500 cm2/m => 30N ø6.3 c\20
Aspy+ = 1.500 cm2/m => 30N ø6.3 c\20
Aspx+ = 1.482 cm2/m
Aspy+ = 1.482 cm2/m
Asmin+= 1.500 cm2/m

\* ARMADURA NEGATIVA \*

Asmin{-} = 1.50 cm2/m
ENGASTE => L9 - L8
Asn = -3.44 cm2/m => 73N ø6.3 c\ 8
ENGASTE => L9 - L3
Asn = -3.44 cm2/m => 73N ø6.3 c\ 8
ENGASTE => L9 - L10
Asn = -3.44 cm2/m => 73N ø6.3 c\ 8
ENGASTE => L9 - L15
Asn = -3.44 cm2/m => 73N ø6.3 c\ 8

\*\*\*\*\*  
-----  
\*\*\* DIMENSIONAMENTO DAS SEÇÕES DE AÇO DE LÁTIMAS \*\*\*  
-----

h = 10 cm

\* ARMADURA POSITIVA \*

Aspx+ = 1.854 cm<sup>2</sup>/m => 36N ø6.3 c\17  
Aspy+ = 1.566 cm<sup>2</sup>/m => 36N ø6.3 c\17  
Aspx+ = 1.854 cm<sup>2</sup>/m  
Aspy+ = 1.566 cm<sup>2</sup>/m  
Asmin+ = 1.500 cm<sup>2</sup>/m

\*\*\*\*\*

\* ARMADURA NEGATIVA \*

Asmin{-} = 1.50 cm<sup>2</sup>/m  
ENGASTE => L12 - L6  
Asn = -4.54 cm<sup>2</sup>/m => 89N ø6.3 c\ 7  
ENGASTE => L12 - L11  
Asn = -3.44 cm<sup>2</sup>/m => 71N ø6.3 c\ 8  
ENGASTE => L12 - L18  
Asn = -4.54 cm<sup>2</sup>/m => 89N ø6.3 c\ 7



**DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA**

---

---



FOTO Nº 1 - AÇUDE LIMA CAMPOS - CE



FOTO Nº 2 - VISTA DA BARRAGEM E TALUDE DE JUSANTE DO AÇUDE LIMA CAMPOS - CE



FOTO Nº 3 - DETALHE DO VERTEDOIRO DO AÇUDE LIMA CAMPOS SANGRANDO



FOTO Nº 4 - LOCAL DA CAPTAÇÃO DA ADUTORA DE ICÓ NO AÇUDE LIMA CAMPOS - CE

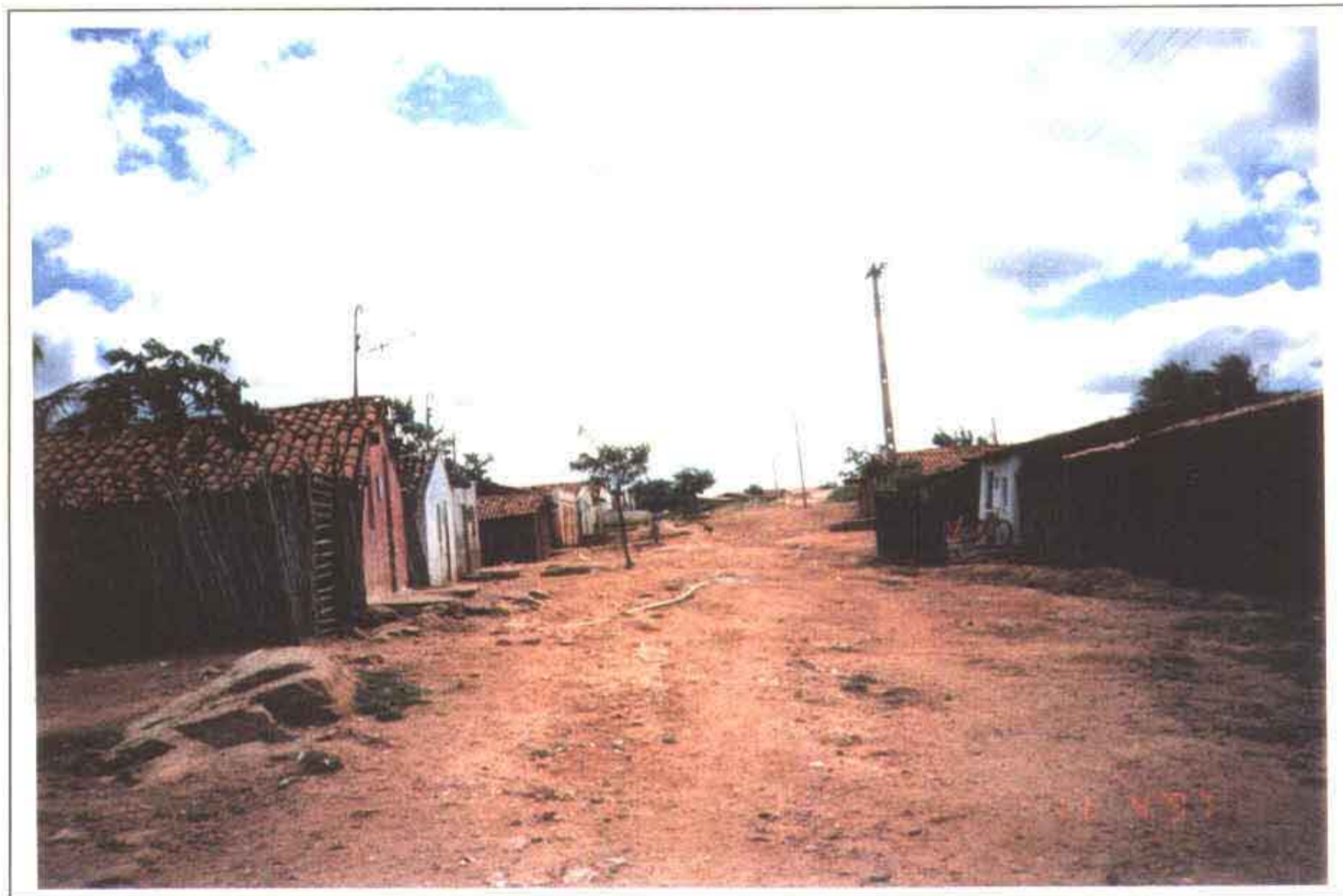


FOTO Nº5 - CAMINHO DA ADUTORA ENTRE A CAIXA DE VÁLVULAS E A CAIXA DE PASSAGEM



FOTO Nº 6 - LOCAL DA CAIXA DE PASSAGEM - TRECHO INICIAL DA ADUTORA POR GRAVIDADE





FOTO Nº 7 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) DO MUNICÍPIO DE ICÓ - CE



FOTO Nº 8 - ETA E RESERVATÓRIOS ELEVADOS ( EM 1º PLANO RESERVATÓRIO P/ LAV. FILTROS E AO FUNDO RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO)



FOTO Nº 9 - DETALHE DE UM DOS FILTROS DA ETA DO MUNICÍPIO DE ICÓ - CE



FOTO Nº 10 - RESERVATÓRIO ELEVADO DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE ICÓ - CE



FOTO Nº 11 - LOCAL PARA A INSTALAÇÃO DA NOVA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE ICÓ - CE



FOTO Nº 12 - ALTO DOS BASTOS ONDE SERÁ CONSTRUÍDO O RESERVATÓRIO ELEVADO DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE ICÓ - CE