



SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

**PROJETO DE GERENCIAMENTO E INTEGRAÇÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ - PROGERIRH/CE**

Sistema Adutor Médio Oeste - RN



RELATÓRIO FINAL DO PROJETO BÁSICO

VOLUME 5 - MEMORIAL DE CÁLCULO

EMPRESA
CONSULTORA:



FORTALEZA, MAIO DE 2004

ÍNDICE

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	5
LOCALIZAÇÃO E ACESSO	7
MEMORIAL DE CÁLCULO	11
FICHA TÉCNICA DO SISTEMA	12
1 – CAPTAÇÃO	15
2 – ESTUDO POPULACIONAL	16
3 – ESTIMATIVAS DOS CONSUMOS	18
4 – DIÂMETRO INICIAL PARA PROJETO	18
5 – CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA	20
6 – POSIÇÃO DE LINHA PIEZOMÉTRICA EM REGIME NORMAL DE OPERAÇÃO	23
7 – CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS TUBULAÇÕES PRESSURIZADAS	24
8 – ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS	24
9 – TRANSIENTES HIDRÁULICOS	35
10 – BLOCOS DE ANCORAGEM	35
11 – VENTOSAS	44
12 – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	45
12.1 – ESQUEMA DA TECNOLOGIA ADOTADA	45
12.2 – DIMENSIONAMENTO DO FILTRO	45
12.3 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE LAVAGEM	46
13 – RESERVAÇÃO	47
ANEXOS	48
ANEXO I – CURVAS CARACTERÍSTICAS UTILIZADAS NO ESTUDO	49
ANEXO II – RESULTADOS DOS ESTUDOS DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS	51
PROJETO ELÉTRICO	55
INTRODUÇÃO	57
1 – MEMÓRIA DE CÁLCULO	59
1.1 – SISTEMA ELÉTRICO DA COELCE	59
1.2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO DO PROJETO ELÉTRICO	59
1.2.1 – Carga Instalada	59
1.2.2 – Correntes do Sistema (A)	59
1.2.3 – Dimensionamento dos Cabos e Disjuntores	60
1.2.3.1 – Alimentação do Circuito 1 : CCM 1 (Captação)/2 Motores de 20CV (1 reserva)	60
1.2.3.2 – Alimentação do Circuito 2 : CCM 2 (Lavagem dos Filtros)/4 Motores de 20CV (1 reserva)	61
1.2.3.3 – Alimentação do Circuito 1 : CCM 3 (Elevatória)/2 Motores de 60CV (1 reserva)	64
1.2.3.4 – Alimentação do Circuito 4: Iluminação Interna	65

1.2.3.5 – Alimentação do Circuito 5: Iluminação Externa Pátio.....	66
1.2.3.6 – Alimentação do Circuito 6 : Tomadas de Uso Comum.....	66
1.2.3.7 – Alimentação do Circuito 7 : Tomada de Força	67
1.2.3.8 – Alimentador Geral (Dimensionamento do Transformador).....	68
1.2.4 – Dimensionamento do Pára-raios	70

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

A escassez de água para o abastecimento das populações residentes no interior do Ceará tem se apresentado como um problema que vem, ao longo dos anos, desafiando as autoridades governamentais.

Inseridos na parte semi-árida do Estado, a sede e as principais localidades do município de Frecheirinha como qualquer outro aglomerado urbano situado sobre o Complexo Cristalino da Região Nordeste do Brasil, só terão seus problemas de suprimento hídrico resolvidos definitivamente com a garantia de um manancial seguro que transformem seus rios intermitentes em permanentes (perenizados). Vale salientar que em função da pequena vazão dos poços perfurados e do teor de sais encontrados, torna-se inviável o desenvolvimento de qualquer atividade econômica sustentável, ou mesmo o abastecimento humano com base unicamente em água subterrânea.

Deste modo, a alternativa que se apresentou mais adequada para o abastecimento das populações locais, indicada no Relatório Técnico Preliminar, foi a utilização das águas acumuladas pelo açude Angicos, e sua adução até a sede municipal por uma adutora que constituem o sistema de abastecimento objeto do presente Projeto Básico.

O presente documento constitui-se no **VOLUME 5 – MEMORIAL DE CÁLCULO**, referente à **FASE III – ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL DO PROJETO BÁSICO** do Sistema de Abastecimento D'água de Frecheirinha. Segue rigorosamente as prescrições dos Termos de Referência da Solicitação de Proposta SDP-SMC N.º003/2003/PROGERIRH/SRH/CE, objeto do Contrato n.º 034/2003/PROGERIRH/SRH/CE da Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – SRH, e os Manuais Técnicos dos Programas do Estado do Ceará financiados pelo Banco Mundial: PROÁGUA SEMI-ÁRIDO e PROGERIRH. O mesmo tem como referência principal o Relatório Técnico Preliminar – RTP aprovado pela SRH-CE, e detalha ao nível de Projeto Básico a Alternativa III, avaliada nos estudos de viabilidade.

O projeto básico do S. A. A. de Frecheirinha, em sua plenitude, constitui-se nos seguintes volumes:

FASE I – ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS RIO E RTP

- RELATÓRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE OBRAS (RIO)
- RELATÓRIO TÉCNICO PRELIMINAR (RTP)

FASE II – ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL DE VIABILIDADE (RFV)

- RELATÓRIO FINAL DE VIABILIDADE (RFV)

FASE III – ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL DO PROJETO BÁSICO

- RELATÓRIO DOS SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS
- RELATÓRIO DOS SERVIÇOS GEOTÉCNICOS
- RELATÓRIO FINAL DO PROJETO BÁSICO
 - **VOLUME 1 – RELATÓRIO DO PROJETO**
 - **VOLUME 2 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**
 - TOMO I – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA AS OBRAS CIVIS
 - TOMO II – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA O FORNECIMENTO E MONTAGEM DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E HIDROMECÂNICOS
 - **VOLUME 3 – DESENHOS**
 - **VOLUME 4 – ORÇAMENTO E QUANTITATIVOS**
 - **VOLUME 5 – MEMORIAL DE CÁLCULO**
 - **VOLUME 6 – MANUAL DESCRITIVO DA ETA, E DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO**

LOCALIZAÇÃO E ACESSO

LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O município de Frecheirinha, está situado na porção noroeste do Estado do Ceará, região administrativa 6, microrregião homogênea de Coreaú, região hidrográfica do rio Coreaú. Possui uma área geográfica de 137,5 km², representando cerca de 0,09% do território cearense. Limita-se com os municípios de Coreaú, Ubajara e Tianguá. A sede municipal, situada a 121 m de altitude em relação ao nível médio do mar, possui as seguintes coordenadas geográficas:

- LATITUDE.....03°45'36" S
- LONGITUDE40°48'59" W

As coordenadas UTM no reservatório elevado R-2 naquela sede municipal são:

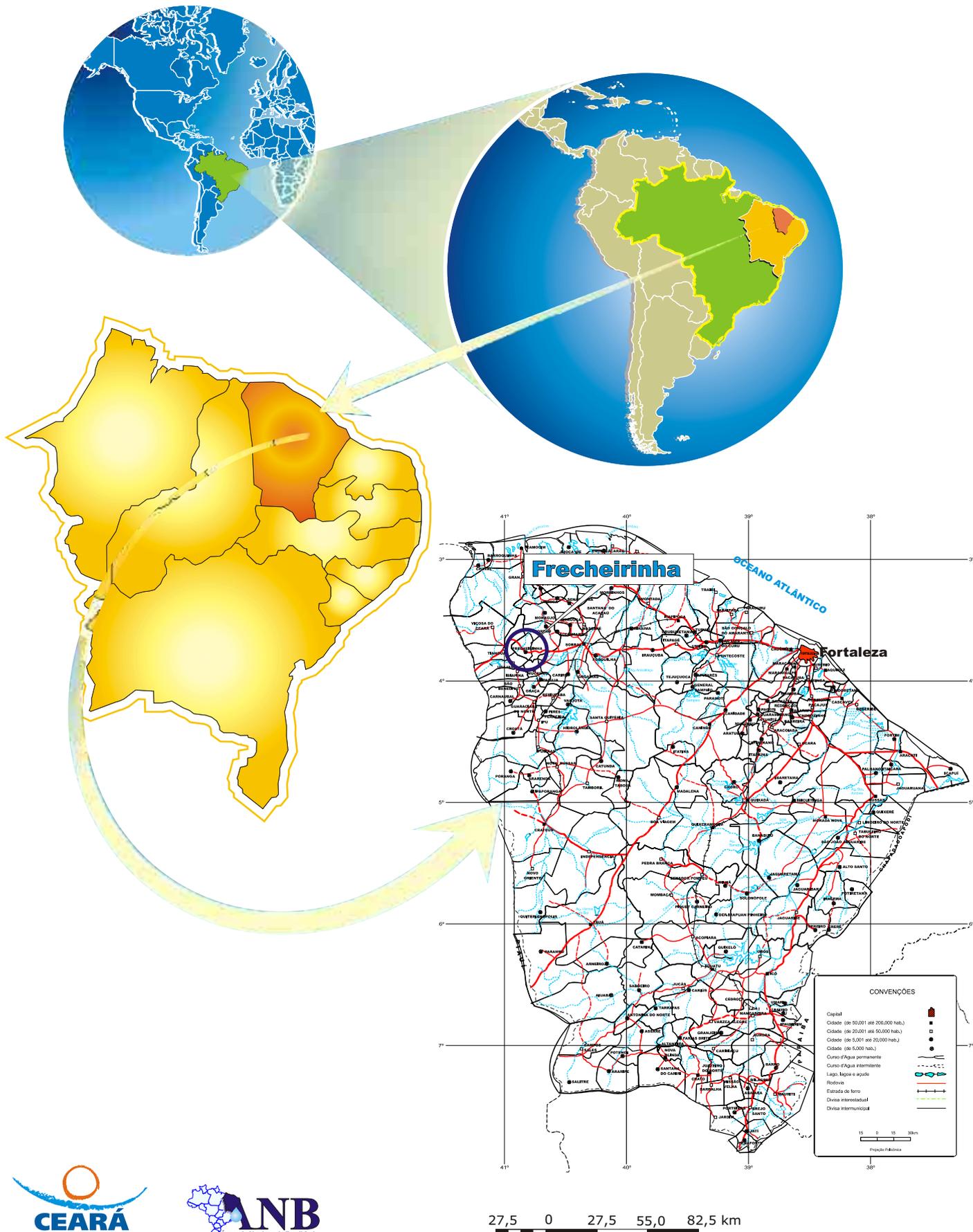
- 298.319 E
- 9.583.726 N

O principal acesso à sede municipal de Frecheirinha, a partir de Fortaleza, é feito através da Rodovia Federal BR-222, passando-se por Sobral. Esse percurso perfaz uma extensão total de, aproximadamente, 305 km.

O acesso aos locais das obras pode ser feito por estradas carroçáveis numa extensão total de aproximadamente 18 km, medidos desde a sede, até o açude Angicos como pode se observar na ilustração.

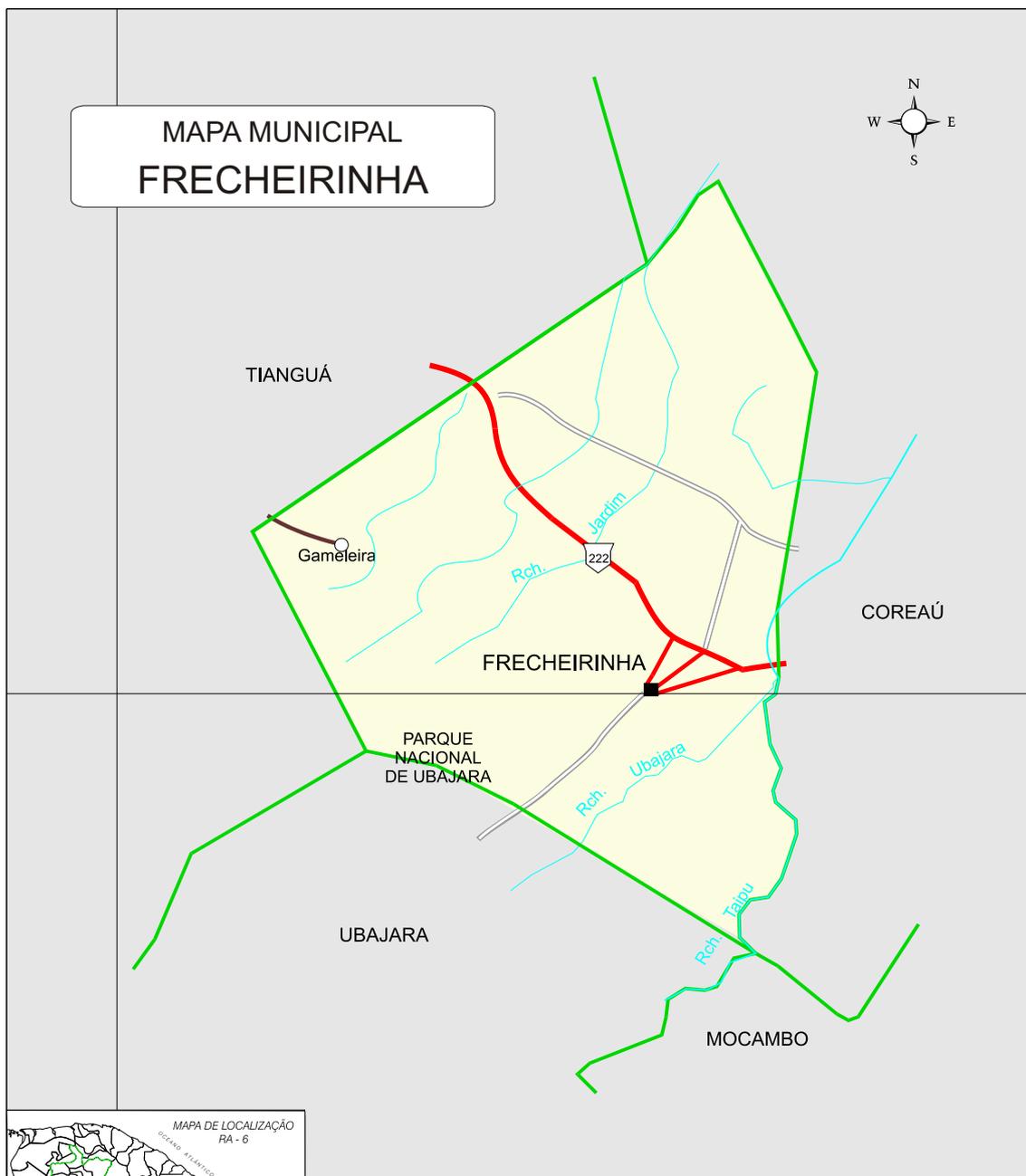
Os mapas de localização e acesso ao município de Frecheirinha no contexto nacional, regional, estadual e municipal, são apresentados a seguir.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO NO CONTEXTO NACIONAL, REGIONAL E ESTADUAL

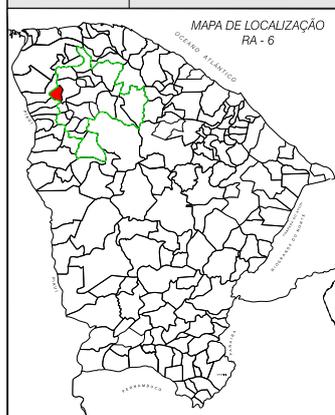


41°

MAPA MUNICIPAL FRECHEIRINHA



3°45'



LEGENDA	
Limite Municipal	
Sede Municipal	
Lugarejo/Local	
Prefixo Rod: Federal	
Rodovia Pavimentada	
Rodovia Implantada	
Rodovia Leito Natural	
Curso água permanente	
Curso água intermitente	
Lago, Lagoa	
Agude, barragem	

FICHA TÉCNICA DO SISTEMA

A seguir apresentamos as principais características técnicas, bem como um lay-out do sistema proposto.

FICHA TÉCNICA DO SISTEMA DE ADUÇÃO PARA FRECHEIRINHA

- **OBJETIVO:**..... Abastecimento d'água da sede municipal de Frecheirinha, da localidade de Jardim e da população de sua área de influência

POPULAÇÃO BENEFICIADA NO FINAL DO PLANO(2033): 14.444 habitantes

- **CAPTAÇÃO**

- N. A. MÁX. OPERACIONAL: 115,61
- N. A. MÍN. OPERACIONAL: 98,00
- COTA DE FUNDO DO CANAL DE APROXIMAÇÃO:..... 107.00
- TIPO:..... Flutuante
- N.º DE PLATAFORMAS: 01 ud

- **ADUÇÃO**

- **ADUTORA DE ÁGUA BRUTA**

- TRECHO FLUTUANTE**

- TIPO DE MATERIAL :..... PEAD
- EXTENSÃO: 180,00m
- TEMPO DE FUNCIONAMENTO/DIA: 20 horas
- VAZÃO/LINHA: 32,34 l/s
- DIÂMETRO: 200mm

- TRECHO ENTERRADO:**

- TIPO DE MATERIAL:..... PVC-VINILFER
- EXTENSÃO: 40,00m
- VAZÃO: 32,34 (l/s)
- DIÂMETRO: 200mm

- **ADUTORA DE ÁGUA TRATADA**

- TRECHO PRESSURIZADO:**

- TIPO DE MATERIAL:..... PRFV
- EXTENSÃO: 13.260,00 m
- VAZÃO: 32,34 (l/s)
- DIÂMETRO: 200mm

- TRECHO GRAVITÁRIO:**

- TIPO DE MATERIAL:..... PVC-PBA
- EXTENSÃO: 4.891,00 m
- VAZÃO: 32,34 (l/s)
- DIÂMETRO: 200mm

RESERVATÓRIO DE PASSAGEM

- FORMA: circular
- DIÂMETRO: 10,00m
- ALTURA ÚTIL: 2,50 m
- ALTURA TOTAL : 0,50 m
- CAPACIDADE NOMINAL: 300 m³

• TRATAMENTO

- N.º DE FILTROS: 02ud
- DIÂMETRO UNITÁRIO: 4,00m
- VAZÃO DO SISTEMA PARA 24Hs: 97,02 m³/h
- TEMPO DE FUNCIONAMENTO: 20h/dia
- TAXA DE FILTRAÇÃO: 120m³/m²xdia
- ÁREA DE FILTRAÇÃO: 7,84 m²
- VAZÃO TOTAL PARA 20Hs.: 116,42 m³/h

• ELEVAÇÃO

▪ ÁGUA BRUTA:

- N.º DE CONJUNTOS ELEVATÓRIOS: 01 + 01(reserva)
- VAZÃO DO CONJUNTO: 32,34 (l/s)
- ALTURA MANOMÉTRICA NOMINAL..... 26 mca
- POTENCIA NOMINAL DO CONJUNTO..... 20 CV

▪ ETA/LAVAGEM DOS FILTROS:

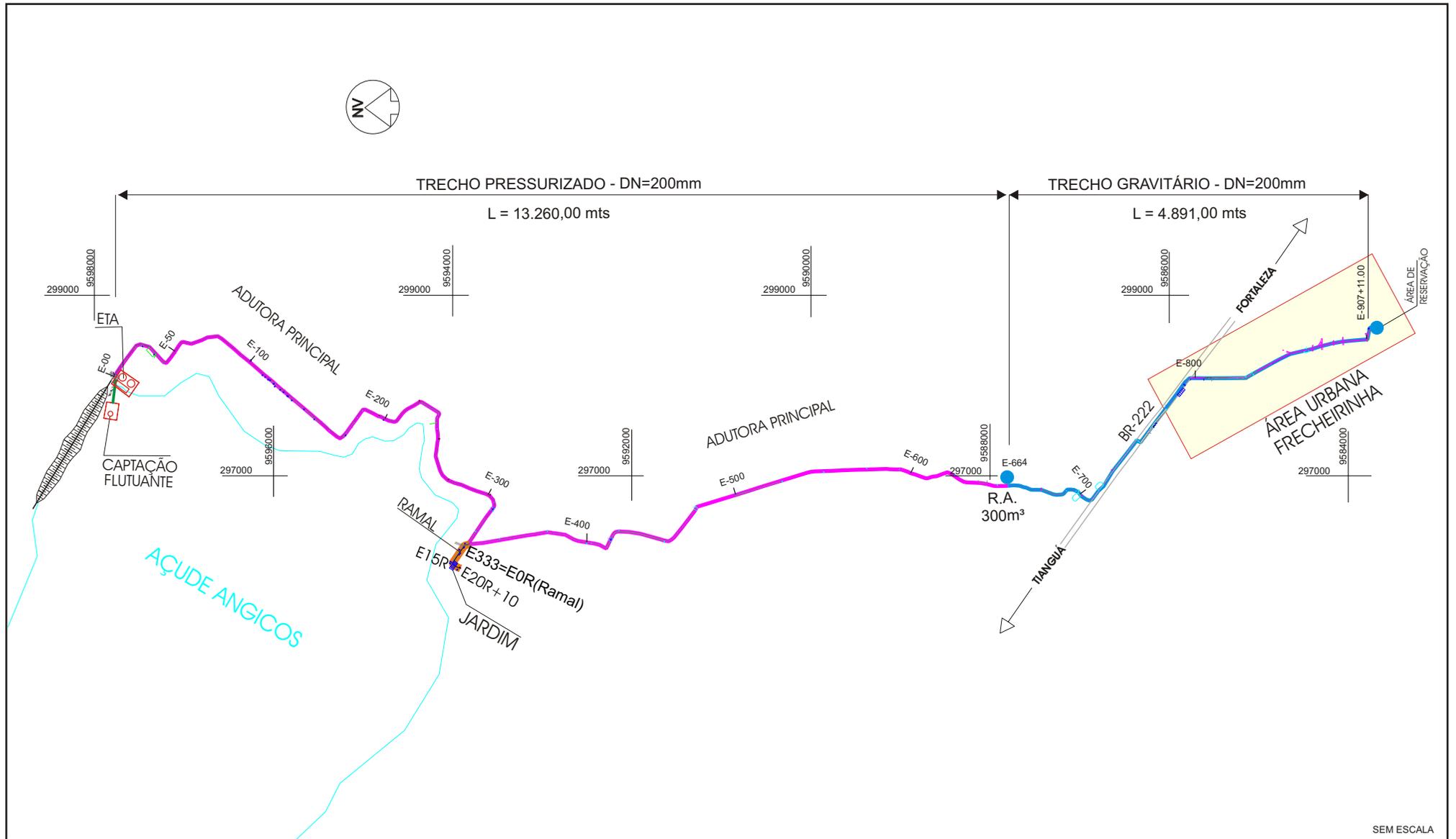
- N.º DE CONJUNTOS ELEVATÓRIOS: 03 + 01(reserva)
- VAZÃO POR CONJUNTO: 60,00l/s
- ALTURA MANOMÉTRICA NOMINAL..... 10 m
- POTENCIA NOMINAL DO CONJUNTO..... 12,5 CV

▪ ÁGUA TRATADA

- N.º DE CONJUNTOS ELEVATÓRIOS: 01 + 01(reserva)
- VAZÃO DO CONJUNTO: 32,34 (l/s)
- ALTURA MANOMÉTRICA NOMINAL..... 95 m
- POTENCIA NOMINAL DO CONJUNTO..... 60 CV

• RESERVAÇÃO:

- ETA - Reservatório apoiado de 150m³
- EE-AT - Reservatório apoiado de 150m³



SEM ESCALA

LEGENDA:

- Trecho Flutuante - PEAD - DN=200mm
- Tubulação Pressurizada - DN=200mm
- Tubulação Gravitária - DN=200mm
- Ramal para Jardim - DN=100mm

Sistema de Abastecimento de Água de Frecheirinha

FIGURA 1.1 - LAY-OUT DO SISTEMA

ANB - Águas do Nordeste do Brasil Ltda.

1 – CAPTAÇÃO

A captação será realizada na bacia hidráulica do açude Angicos por conjunto elevatório instalado em plataforma flutuante (Desenhos ETA 01/09 e ETA 02/09).

Dados da captação:

- Na(máx.) operacional..... 116,80
- Na(mín.) operacional 110,00
- Fundo do reservatório no local da captação..... 107,00
- N.º de plataformas 01
- N.º de conjuntos elevatórios 01 sendo 01 reserva
- Tempo de Funcionamento/dia: 20 horas
- Vazão do conjunto 32,34 l/s
- Diâmetro da sucção Ds (mm) 200

Cálculo do diâmetro da sucção

$$D_s = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

onde: Q – vazão em m³/s = 0,032 m³/s

V – velocidade limite na sucção = 1,5 m/s

Ds = 151 mm

adotou-se: **Ds = 150 mm**

Cálculo Da Submersão Mínima

$$h_{s_{\min}} > 2,5 D_s + 0,10 \text{ m}$$

$$h_{s_{\min}} > 2,5 \times 0,15 + 0,10 \text{ m}$$

$$h_{s_{\min}} = 0,14 \text{ m} \quad e$$

$$hs > \frac{V^2}{2g} + 0,20$$

$$hs > \frac{1,47^2}{2g} + 0,20$$

$$hs = 0,31 \text{ m}$$

adotou-se: **hs = 0,50 m**

Cálculo da carga líquida positiva de sucção disponível na bomba NPSHd

$$NPSHd = \frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{pv}{\gamma} - DGS - PCS$$

onde: $\frac{P_{atm}}{\gamma}$: pressão atmosférica = 10 mca

$\frac{pv}{\gamma}$: pressão de vapor de água a 25 °C = 0,323 mca

DGS: desnível geométrico máximo de sucção = 1,0 m

PCS: perda de carga na sucção = 0,38

$$NPSHd = 10,00 - 0,32 - 1,00 - 0,38$$

$$NPSHd = 8,30 \text{ mca}$$

2 – ESTUDO POPULACIONAL

Este estudo foi baseado nos resultados do Censo do IBGE.

Foram utilizados os dados populacionais dos Censos de 1991 e 2000 de acordo com a PL-01.

Após a análise das projeções estabelecidas conforme detalhado no Relatório Técnico Preliminar adotou-se para a estimativa da população urbana futura de Frecheirinha, o Processo do Prolongamento da Curva de Regressão Logarítmica:

$$Pp = 444.413,43 \times \ln(\text{ano}) - 3.370.635,23, \text{ onde:}$$

Pp – População projetada

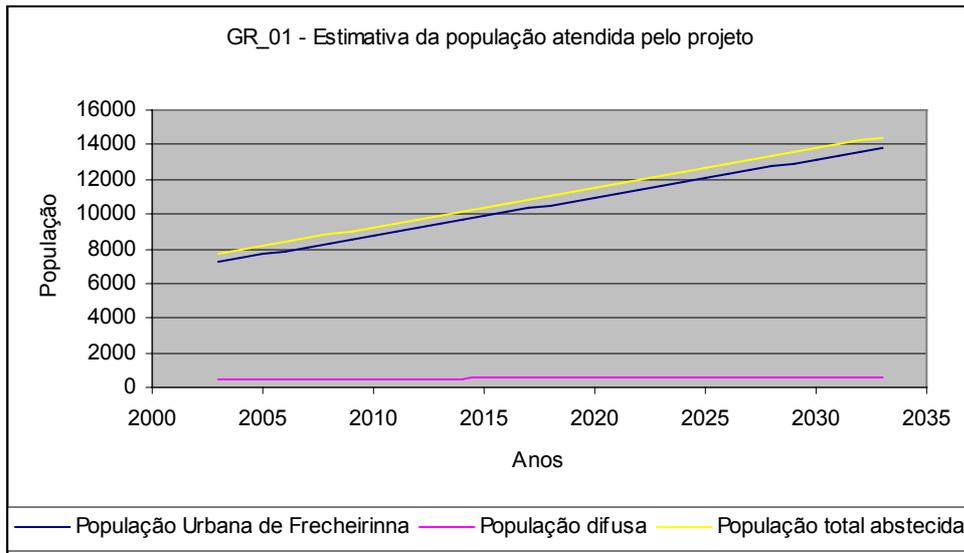
Para a população difusa estimou-se para o horizonte de 30 anos do projeto uma taxa de crescimento da população geométrica de 1% a.a.

Os resultados da população urbana e difusa foram projetados para o horizonte de projeto que é de 30 anos.

Na planilha PL-01 , e no gráfico GR-01 , encontram-se os resultados ano a ano da população projetada para ser atendida pelo sistema.

PL-01 - Quadro Resumo da População em Frecheirinha

Ano	População Urbana de Frecheirinha	População difusa	População total abastecida
2003	7214	464	7677
2004	7436	468	7904
2005	7657	473	8130
2006	7879	478	8356
2007	8100	482	8583
2008	8322	487	8809
2009	8543	492	9035
2010	8764	497	9261
2011	8985	502	9487
2012	9206	507	9713
2013	9427	512	9939
2014	9647	517	10164
2015	9868	522	10390
2016	10088	528	10616
2017	10309	533	10841
2018	10529	538	11067
2019	10749	544	11293
2020	10969	549	11518
2021	11189	555	11743
2022	11409	560	11969
2023	11628	566	12194
2024	11848	571	12419
2025	12067	577	12644
2026	12287	583	12870
2027	12506	589	13095
2028	12725	595	13320
2029	12944	601	13545
2030	13163	607	13770
2031	13382	613	13994
2032	13601	619	14219
2033	13819	625	14444



3 – ESTIMATIVAS DOS CONSUMOS

Na planilha PL-02 , encontram-se os consumos de água projetados ano a ano, no horizonte de projeto calculado pela seguinte fórmula:

$$C = \frac{p \cdot c \cdot k_1}{86400}$$

C – consumo (l/s)

p – população

c – consumo per capita

k_1 – coeficiente do dia de maior consumo = 1,2

4 – DIÂMETRO INICIAL PARA PROJETO

A primeira aproximação dos diâmetros a serem adotados no projeto baseou-se apenas nas vazões de cada trecho, sendo o diâmetro estimado por:

$$D_E = 1,3 \cdot X^{1/4} \sqrt{Q}$$

onde: $X = \frac{\text{n}^\circ \text{ de horas operação por dia}}{24}$

Q = vazão - m³/s

PL-02 - Estimativa de consumos para a adutora de Frecheirinha

Ano	População urbana projetada	População difusa projetada	qs/hab urbano (l/pessoa/dia) - s/perdas	qs/hab rural (l/pessoa/dia) - s/perdas	q/hab urbano (l/pessoa/dia) - c/perdas	q/hab rural (l/pessoa/dia) - c/perdas	lp - Índice se perdas máximo (%)	I ab (%) - Índice de Abastecimento (pop.urb.)	I ab (%) - Índice de Abastecimento (pop.dif.)	Coefficiente dia de maior consumo	Vazão total (l/s)	Consumo (m3/ano)
2003	7214	464	120	96	150	120	25	90	100	1,2	14,30	450.920
2004	7436	468	120	96	150	120	25	90	100	1,2	14,72	464.277
2005	7657	473	120	96	150	120	25	90	100	1,2	15,15	477.629
2006	7879	478	120	96	150	120	25	90	100	1,2	15,57	490.978
2007	8100	482	120	96	150	120	25	90	100	1,2	15,99	504.323
2008	8322	487	120	96	150	120	25	90	100	1,2	16,41	517.663
2009	8543	492	120	96	150	120	25	90	100	1,2	16,84	531.000
2010	8764	497	120	96	150	120	25	90	100	1,2	17,26	544.333
2011	8985	502	120	96	150	120	25	90	100	1,2	17,68	557.661
2012	9206	507	120	96	150	120	25	90	100	1,2	18,11	570.986
2013	9427	512	120	96	150	120	25	90	100	1,2	18,53	584.307
2014	9647	517	120	96	150	120	25	90	100	1,2	18,95	597.625
2015	9868	522	120	96	150	120	25	90	100	1,2	19,37	610.938
2016	10088	528	120	96	150	120	25	90	100	1,2	19,79	624.248
2017	10309	533	120	96	150	120	25	90	100	1,2	20,22	637.554
2018	10529	538	120	96	150	120	25	90	100	1,2	20,64	650.856
2019	10749	544	120	96	150	120	25	90	100	1,2	21,06	664.155
2020	10969	549	120	96	150	120	25	90	100	1,2	21,48	677.450
2021	11189	555	120	96	150	120	25	90	100	1,2	21,90	690.741
2022	11409	560	120	96	150	120	25	90	100	1,2	22,32	704.029
2023	11628	566	120	96	150	120	25	90	100	1,2	22,75	717.313
2024	11848	571	120	96	150	120	25	90	100	1,2	23,17	730.594
2025	12067	577	120	96	150	120	25	90	100	1,2	23,59	743.872
2026	12287	583	120	96	150	120	25	90	100	1,2	24,01	757.146
2027	12506	589	120	96	150	120	25	90	100	1,2	24,43	770.417
2028	12725	595	120	96	150	120	25	90	100	1,2	24,85	783.684
2029	12944	601	120	96	150	120	25	90	100	1,2	25,27	796.948
2030	13163	607	120	96	150	120	25	90	100	1,2	25,69	810.209
2031	13382	613	120	96	150	120	25	90	100	1,2	26,11	823.466
2032	13601	619	120	96	150	120	25	90	100	1,2	26,53	836.721
2033	13819	625	120	96	150	120	25	90	100	1,2	26,95	849.972

TRECHO	VAZÃO (l/s)	DE Calc (mm)
Adutora	32,34	200

O diâmetro da adutora foi estimado a partir de um estudo econômico de diversos diâmetros, em que se considerou os custos de implantação, operação, manutenção da adutora. O estudo foi realizado sem maiores sofisticções no caráter econômico, e visando apenas concluir pelo diâmetro mais adequado às condições do projeto. Nos cálculos considerou-se 30 anos de operação com uma taxa de juros anuais de 10%. Os diâmetros comparados foram 150 mm, 200 mm e 250 mm.

Na planilha PL-03, encontra-se a estimativa do diâmetro econômico da adutora. O diâmetro adotado foi **D=200 mm** correspondente ao menor Valor Presente Líquido (VPL) observado.

5 – CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA

Na planilha PL-04, encontram-se os cálculos das perdas de carga unitárias para as tubulações consideradas no projeto de acordo com a formulação seguinte:

Fórmula de DARCY (Universal)

A fórmula de DARCY é a fórmula geral para o cálculo das perdas de carga:

$$h = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \cdot \frac{8fQ^2}{\pi^2 g D^5}$$

h: perda de carga (em m de carga do fluido por m de tubo)

f: coeficiente de atrito, adimensional, determinado pela fórmula de Colebrook-White

D: diâmetro interno do tubo (m)

V: velocidade do fluido (m/s)

Q: vazão (m³/s)

g: aceleração da gravidade (m³/s)

Fórmula de COLEBROOK-WHITE

A fórmula de COLEBROOK-WHITE é hoje universalmente utilizada para determinar o coeficiente de atrito *f*:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re\sqrt{f}} - \frac{k}{3,71D} \right)$$

**PL-03 - Estimativa do Diâmetro Econômico pela comparação de Investimentos
pelo Método do Valor Presente Líquido**

Alternativa	D = 150 mm	D = 200 mm	D = 250 mm
Diâmetro (m)	0,15	0,2	0,25
Vazão (m ³ /s)	0,032	0,032	0,032
Velocidade de escoamento (m/s)	1,83	1,03	0,66
k (localizadas)	7,75	7,75	7,75
Perda de carga localizada	1,32	0,42	0,17
Perda de carga unitária	0,0202	0,0050	0,0017
Extensão(m)	18131,00	18131,00	18131,00
Desnível geométrico (m)	17,35	17,35	17,35
Altura manométrica total	403,09	112,47	49,47
Horas de funcionamento/dia	24,00	24	24,00
Dias de funcionamento/ano	365,00	365	365,00
Potência instalada cv	238,99	66,68	29,33
Potência consumida kwh	1538789,41	429347,69	188835,98
Custo unitário da adutora r\$/m	75,30	79,28	95,14
Custo total da adutora R\$	2.184.422,88	2.300.000,00	2.760.000,00
Custo da estação elevatória e ETA	85000,00	85000,00	85000,00
Custo unitario da Demanda Eletrica (kw/mês)	10,63	10,63	10,63
Custo unitario do consumo Eletrico (kwh)	0,1043	0,1043	0,1043
Custo de energia R\$/ano	162363,01	45301,96	19924,74
n	30,00	30,00	30,00
i	10,00	10,00	10,00
FVA	9,43	9,43	9,43
VPL energia R\$	1.530.582,21	427.057,74	187.828,81
Custo anual de manutenção R\$	26.400,00	26.400,00	26.400,00
VPL manutenção R\$	248.870,54	248.870,54	248.870,54
VPL do sistema R\$ (10%,30 anos)	4.048.875,63	3.060.928,29	3.281.699,36

PL-04
Adutora de Frecheirinha
Dimensionamento Hidráulico das alternativas de cada trecho

<i>Trecho</i>	<i>Trecho Flutuante</i>	<i>Trecho Pressurizado</i>	<i>Trecho Gravitário</i>
Q (l/s) =	32,34	32,34	32,34
Ext.(m)=	180,00	13.260,00	4.891,00
k (mm) =	0,00	0,00	0,00
D (mm) =	161,00	200,00	200,00
V (m/s) =	1,59	1,03	1,03
n '(m²/s) =	0,00	0,00	0,00
Re =	255.884,80	205.987,26	205.987,26
f (m/m) =	0,02	0,02	0,02
1/(raiz f)	7,52	7,53	7,53
h (Univ) (m/m) =	0,0141	0,0048	0,0048
J (Hazen) (m/m)=	0,0143	0,0050	0,0050
C =	140,00	140,00	140,00

$$\text{Re: } \frac{VD}{\mu} \text{ (Número de REYNOLDS)}$$

μ : viscosidade cinemática do fluido à temperatura de serviço (m^2/s)

k: rugosidade da superfície interna equivalente do tubo (m); observa-se que não é igual à altura real da rugosidade da superfície; é uma dimensão fictícia relativa à rugosidade da superfície, daí o termo “equivalente”

Os dois termos da função logarítmica correspondem:

- para o primeiro termo $\left(\frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right)$, à parte das perdas de carga devidas ao atrito interno do fluido com ele mesmo;
- para o segundo termo $\left(\frac{k}{3,71D} \right)$, à parte das perdas de carga causadas pelo atrito do fluido com a parede do tubo; para os tubos idealmente lisos ($k=0$), este termo é nulo e as perdas de carga são simplesmente devidas ao atrito interno do fluido.

Para $D = 200 \text{ mm}$ e $Q = 32,34 \text{ l/s}$, $h = 0,0048 \text{ m/m}$

Fórmula de HAZEN-WILLIAMS

A fórmula de Hazen-Williams, com o seu fator numérico em unidades métricas, é a seguinte:

$$j = 10,643 Q^{1,852} \times C^{-1,852} \times D^{-4,87}$$

Onde: Q: vazão (m^3/s)

D: diâmetro interno do tubo (m)

j: perda de carga unitária (m/m)

C: coeficiente que depende da natureza (material e estado) das paredes dos tubos.

Para $D = 200 \text{ mm}$ e $Q = 32,34 \text{ l/s}$, $J = 0,0050 \text{ m/m}$

Bastante próximo do resultado obtido pela fórmula universal.

6 – POSIÇÃO DE LINHA PIEZOMÉTRICA EM REGIME NORMAL DE OPERAÇÃO

A linha piezométrica é calculada pela equação:

$$P_j = P_m - h \cdot L + kv^2/2g$$

onde: P_j – cota piezométrica de jusante

P_m – cota piezométrica de montante

h – perda de carga unitária pela Fórmula Universal

L – distância entre os pontos de montante e jusante

K – soma dos coeficientes de perdas localizadas

G – Aceleração da gravidade

Para a determinação da linha piezométrica da adutora, adotou-se os resultados obtidos pela Fórmula Universal. Esta metodologia é a mais indicada pelas Normas Técnicas usuais neste tipo de projeto.

Nos pontos de atendimento para cada localidade estabeleceu-se uma pressão disponível mínima de 8,50 m. Em toda linha adotou-se pressões disponíveis de no mínimo 4 m, visando evitar eventuais pressões negativas em qualquer ponto da tubulação. A seguir encontram-se as Planilhas de Cálculo e os Perfis Piezométricos para cada trecho da adutora a ser implantada.

7 – CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS TUBULAÇÕES PRESSURIZADAS

Para cada linha de recalque com característica resumida na planilha PL-05, foi calculada e traçada sua curva característica, ilustrada nos gráficos GR-02, GR-03.

$$H_{man} = f(Q) \quad \text{ou}$$

$$H_{man} = H_g + hL$$

onde: H_g – altura geométrica

h – perda de carga unitária pela Fórmula Universal

L – comprimento da tubulação incluindo comprimento de perda localizada.

Os cálculos da curva característica das adutoras são mostrados nas planilhas PL-06 e PL-07.

8 – ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS

Foram previstas uma estação elevatória flutuante para água bruta até a ETA, (EE-AB), uma estação elevatória de água tratada (EE-AT) além de uma estação para lavagem dos filtros, cujas características principais estão resumidas na planilha PL-08.

Para estimar a potência dos conjuntos elevatórios utilizou-se a fórmula:

$$P = \gamma QH / 75 \eta \quad \text{onde:}$$

P = potência do conjunto elevatório em cv;

γ = peso específico do líquido bombeado = 1000 kg/m³;

Q = vazão bombeada em m³/s;

H = altura manométrica total = altura manométrica de sucção + altura manométrica de recalque;

η = rendimento do conjunto (bomba-motor).

PL-05 - Curva Característica EA-T - Frecheirinha						
Q (m3/s)	Q (m3/h)	J (m/m)	Hman max (mca)	Hman min (mca)	L(m) =	13200
0,000	0,000	0,00000	38,29	38,29	C =	142
0,004	14,400	0,00010	39,69	39,69	D(m) =	0,2
0,006	21,600	0,00021	41,26	41,26	JI =	1,05
0,008	28,800	0,00036	43,34	43,34	Hg(m) =	38
0,010	36,000	0,00055	45,93	45,93	Q (m3/s) =	0,02695
0,012	43,200	0,00077	49,00	49,00	V (m/s) =	0,86
0,014	50,400	0,00103	52,54	52,54	KI	7,75
0,014	48,960	0,00097	51,79	51,79		
0,016	57,600	0,00132	56,53	56,53		
0,018	64,800	0,00164	60,98	60,98		
0,020	72,000	0,00199	65,87	65,87		
0,018	65,000	0,00165	61,11	61,11		
0,022	79,200	0,00237	71,19	71,19		
0,024	86,400	0,00279	76,95	76,95		
0,026	93,600	0,00323	83,12	83,12		
0,028	100,800	0,00371	89,72	89,72		
0,030	108,000	0,00422	96,73	96,73		
0,032	115,200	0,00475	104,15	104,15		
0,034	122,400	0,00532	111,97	111,97		
0,036	129,600	0,00591	120,20	120,20		
0,038	136,800	0,00653	128,83	128,83		
0,040	144,000	0,00718	137,85	137,85		
0,042	151,200	0,00786	147,26	147,26		

**PL-08a - Condições de operação do sistema com uma bomba KSB MEGANORM 65-125 3500 rpm
D rotor = 131 mm**

Ponto operação	Q (l/s)	Q (m3/h)	H man (mca)	Rendimento (%)	P bomba (cv)	P calculada acionador	P adotada acionador (cv)	NPSH (m)
1	27	97,20	25,00	75,00	12,00	13,20	20,00	5,00
2	32	115,20	26,00	78,50	14,13	15,54	20,00	5,00
3	42	151,20	18,50	80,50	12,87	14,16	20,00	6,50
4	46	165,60	19,30	77,00	15,37	16,91	20,00	7,00

PL-06 - Adutora de Frecheirinha - Perfil da Adutora de Água Tratada

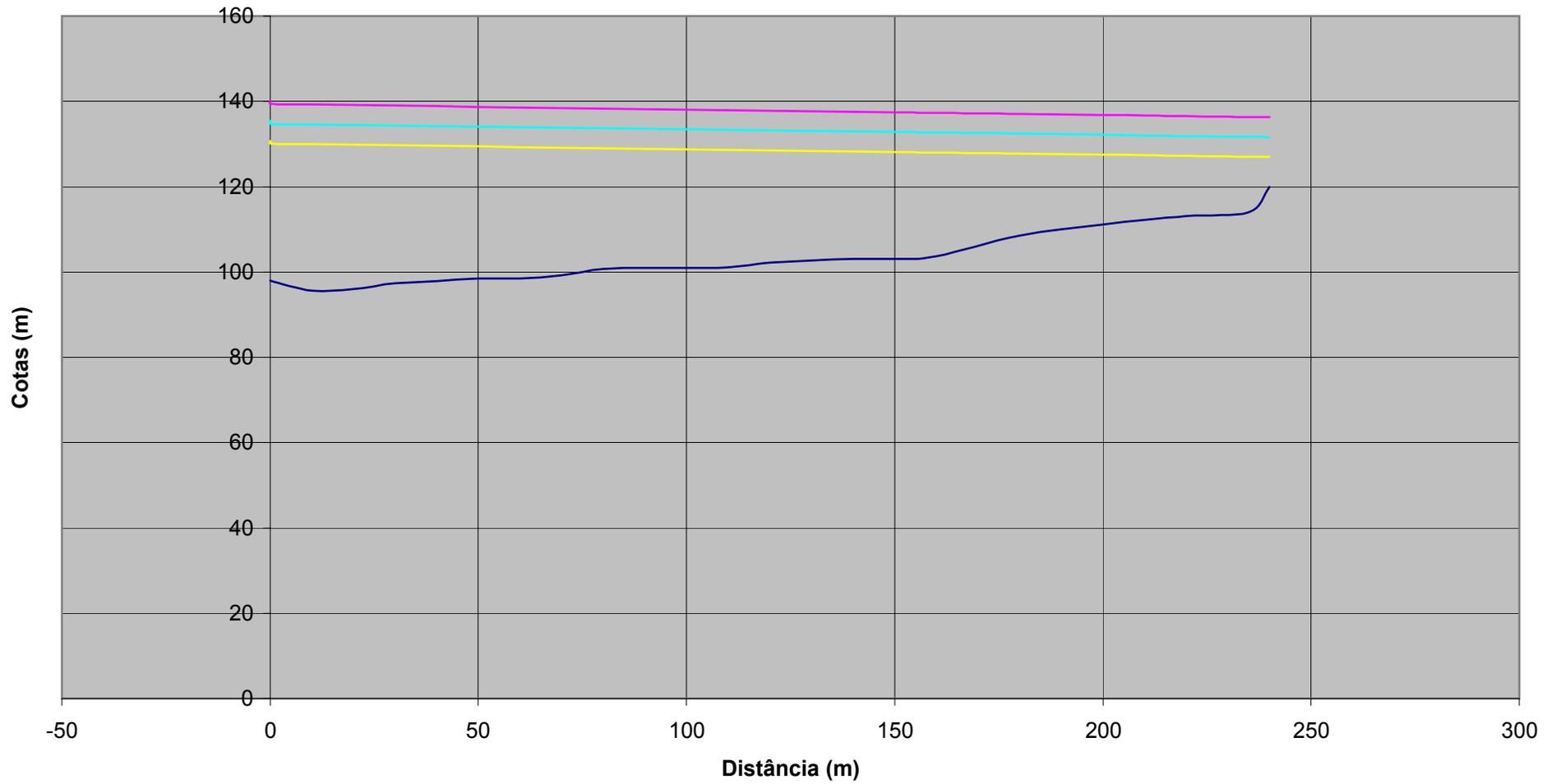
Nível Mínimo Operacional	115,61
Nível Médio Operacional	115,61
Nível Máximo Operacional	115,61
Cota Operacional na chegada	137,32
Hg max	21,71
Hg med	21,71
Hg min	21,71

Estaca	Dist Parc (m)	Dist.Acum	Cota TN	Cota Piez	PD (mca)
1	0	0	115,61	221,25	105,64
1	0	0	115,61	220,83	105,22
10	180	180	125,91	220,00	94,09
20	200	380	127,62	219,08	91,46
30	200	580	126,85	218,16	91,31
40	200	780	128,06	217,24	89,18
50	200	980	124,22	216,31	92,09
60	200	1180	111,01	215,39	104,38
70	200	1380	110,72	214,47	103,75
80	200	1580	110,57	213,55	102,98
90	200	1780	113,6	212,63	99,03
100	200	1980	120,54	211,71	91,17
110	200	2180	118,97	210,79	91,82
120	200	2380	115,97	209,86	93,89
130	200	2580	119,09	208,94	89,85
140	200	2780	118,64	208,02	89,38
150	200	2980	115,95	207,10	91,15
160	200	3180	113,98	206,18	92,20
170	200	3380	120,61	205,26	84,65
180	200	3580	114,63	204,33	89,70
190	200	3780	110,58	203,41	92,83
200	200	3980	112,03	202,49	90,46
210	200	4180	123,23	201,57	78,34
220	200	4380	127,86	200,65	72,79
230	200	4580	113,86	199,73	85,87
240	200	4780	109,96	198,80	88,84
250	200	4980	121,12	197,88	76,76
260	200	5180	110,2	196,96	86,76
270	200	5380	115,58	196,04	80,46
280	200	5580	108,35	195,12	86,77

Adutora		
105,64	De (m)	0,200
	L (m)	18.131,000
	Di (m)	0,200
	k (m)	0,00003
	n (m ² /s)	0,00000101
	f	0,017
	V (m/s)	1,03
	Q (m ³ /s)	0,032
	Re	203947,78
	1/raiz(f)	7,7353
	0	0,0000
	h (m)	81,91
	hf (m/km)	4,52

Bombas		
	Quant	1
	Q (m ³ /s)/bom	0,03234
	Q (m ³ /h)/bom	116,424
	H man (mca)	94,39
	H g (m)	39,06
	n (%)	76
	ip (%)	2
	P (cv)/bomba	58,91

GR-05 - Adutora de Frecheirinha - Perfil Piezométrico da Adutora de Água Bruta



— Cota TN — Cota Piez max — Cota Piez min — Cota Piez med

9 – TRANSIENTES HIDRÁULICOS

Os transientes hidráulicos foram estimados utilizando-se um modelo computacional desenvolvido por Rodrigo Neiva em sua tese de mestrado, datado de dezembro de 2.000.

No modelo utilizou-se o método das características para avaliar o golpe de aríete em cada adutora.

Os dados de entrada encontram-se nas planilhas PL-09, PL-10, PL-11 e PL-12.

Os resultados da simulação com as curvas características e suas envoltórias acham-se ilustrados no gráfico GR-06, apresentado a seguir.

Observa-se que não são necessários equipamentos especiais de combate aos golpes, que são perfeitamente suportáveis pela condição de pressão de serviço das tubulações e equipamentos projetados.

10 – BLOCOS DE ANCORAGEM

As forças de empuxo hidráulico em uma canalização sob pressão:

- a cada mudança de direção (curvas, tês)
- a cada mudança de diâmetro (reduções)
- a cada extremidade (flanges ou caps).

Essas forças podem ser calculadas pela fórmula geral:

$$F = K.P.S.$$

F: força de empuxo (N)

P: pressão interna máxima (pressão de teste na obra) (Pa)

S: seção transversal (interna para as juntas com flanges, externa para os outros tipos de juntas) (m²)

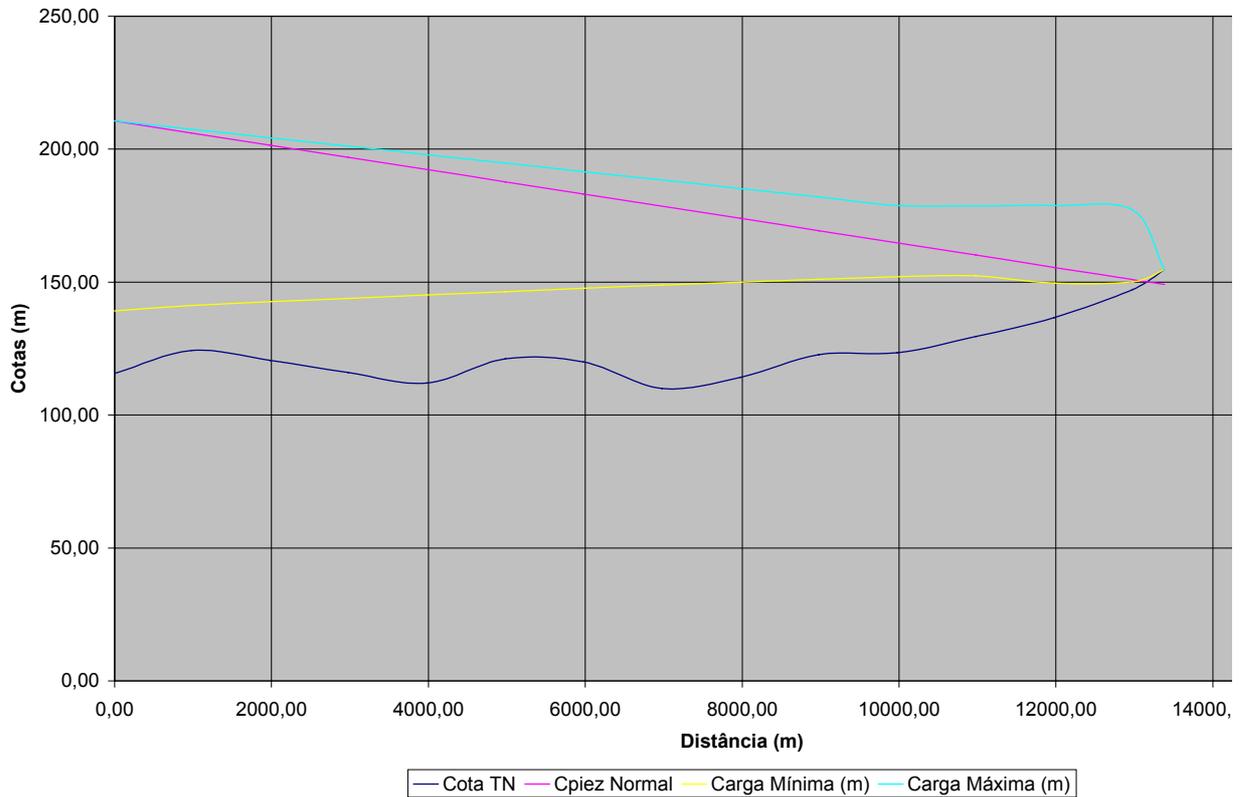
K: coeficiente, função da geometria da peça da canalização.

PL - 09

Características dos sub-sistemas adutores

Características das Linhas de Recalque						
Denominação	Início	Final	Extensão	DN (mm)	DI (mm)	f
ADT AB	Captação flutuante	ETA	180,00	200,00	164,00	0,016
ADT AT PRES.	EEAT	R.A. 300m ³	13260,00	200,00	200,00	0,017
ADT AT GRAV.	RA 300m ³	Frecheirinha	4891,00	200,00	200,00	0,017

**GR-06 - Envoltórios Máximos e Mínimos da Adutora de Água Tratada
Frecheirinha**



Flanges cegos, caps, tês: $K=1$

Reduções: $K = 1 - S' / S$ (S' = seção do menor diâmetro)

curvas de ângulo θ : $K = 2 \operatorname{sen} \frac{\theta}{2}$

$K = 1,414$ para as curvas 90°

$K = 0,765$ para as curvas 45°

$K = 0,390$ para as curvas $22^\circ 30'$

$K = 0,196$ para as curvas $11^\circ 15'$

A utilização de blocos de ancoragem de concreto é a técnica geralmente mais utilizada para equilibrar os esforços de empuxo hidráulico de uma canalização com bolsas, sob pressão.

Diferentes tipos de blocos de ancoragem podem ser colocados segundo a configuração da canalização, a resistência e a natureza do solo, a presença ou não de lençol freático.

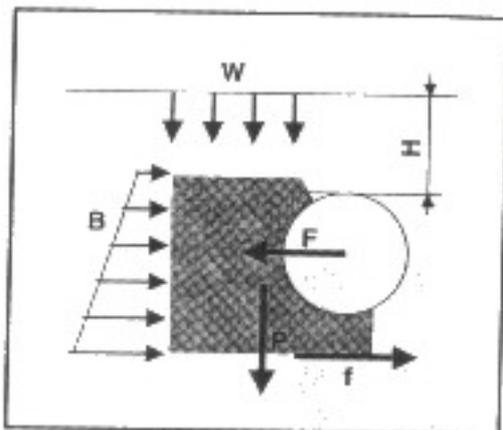
O bloco reage aos esforços de empuxo hidráulico de duas formas:

- por atrito entre o bloco e o solo (peso do bloco)
- por reação de apoio da parede da vala (engastamento)

Na prática, os blocos de ancoragem são calculados levando em consideração o atrito e a resistência de apoio sobre o terreno.

As hipóteses de cálculo são dadas a seguir. Em todos os outros casos, é necessário fazer os cálculos.

Forças envolvidas (Bloco de ancoragem)



F: empuxo hidráulico

P: peso do bloco

W: peso do reaterro

B: apoio sobre a parede da vala

f: atrito sobre o solo

M: momento de tombamento

Terreno

φ : ângulo de atrito interno do solo

σ : resistência admissível do sol sobre uma parede vertical

H: altura de recobrimento: 1,20 m

γ : massa específica

Características mecânicas adotadas nos cálculos

$\varphi = 40^\circ$; $\sigma = 1 \text{ daN/cm}^2$; $\gamma = 2 \text{ t/m}^3$ (terreno de boa resistência mecânica)

Para o projeto serão utilizadas blocos de ancoragem conforme características na tabela seguinte:

Atrito interno: $\varphi = 40^\circ$

Altura de recobrimento: $H = 1,2 \text{ m}$

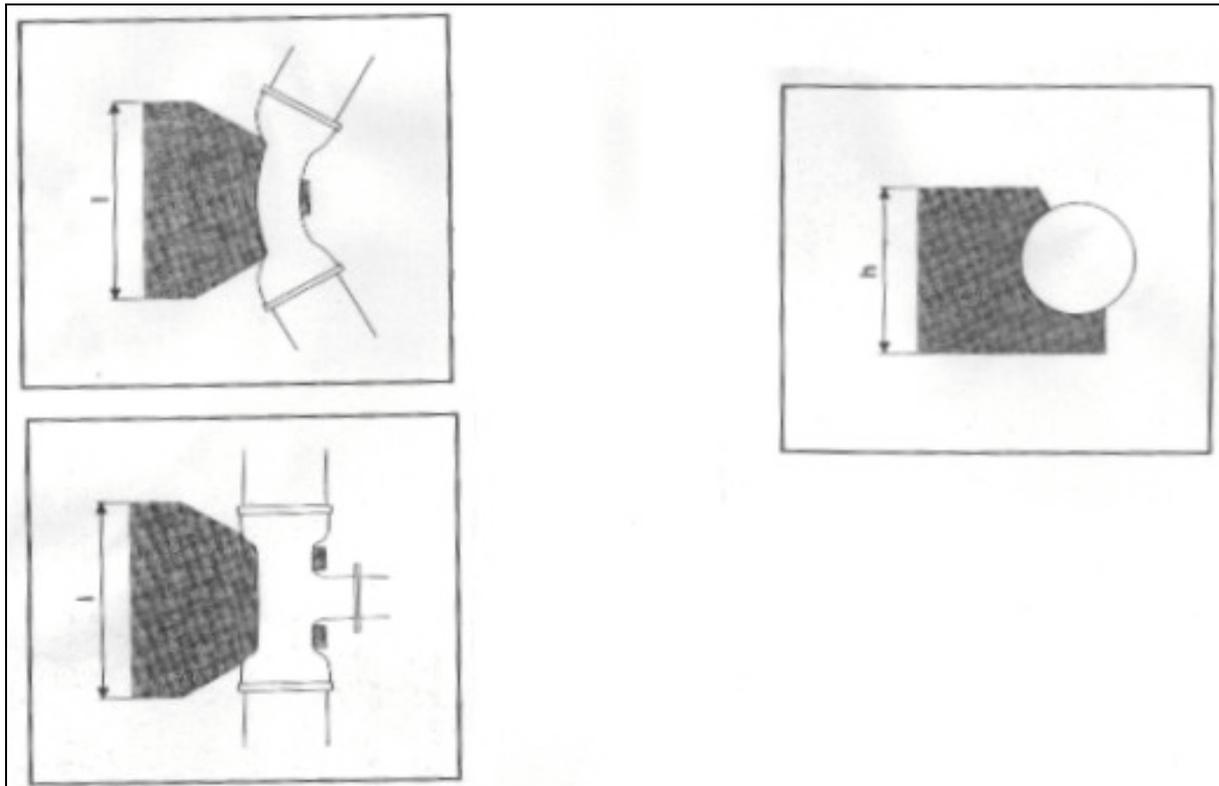
Resistência $\sigma = 1 \text{ daN/cm}^2$

Sem lençol freático

Massa específica $\gamma = 2 \text{ t/m}^3$

Terreno de boa resistência mecânica						
DN	Pressão de teste		Curva 22°30' (l x h/V)	Curva 45° (l x h/V)	Curva 90° (l x h/V)	Flange cego (l x h/V)
	Mpa		M x m/m ³	M x m/m ³	M x m/m ³	M x m/m ³
200	1,0		0,37 x 0,40/0,12	0,68 x 0,40/0,12	0,98 x 0,50/0,54	0,86 x 0,40/0,33
200	1,6		0,56 x 0,40/0,19	0,87 x 0,50/0,42	1,46 x 0,50/1,17	1,09 x 0,50/0,66

onde: l e h são representadas nos desenhos seguintes:



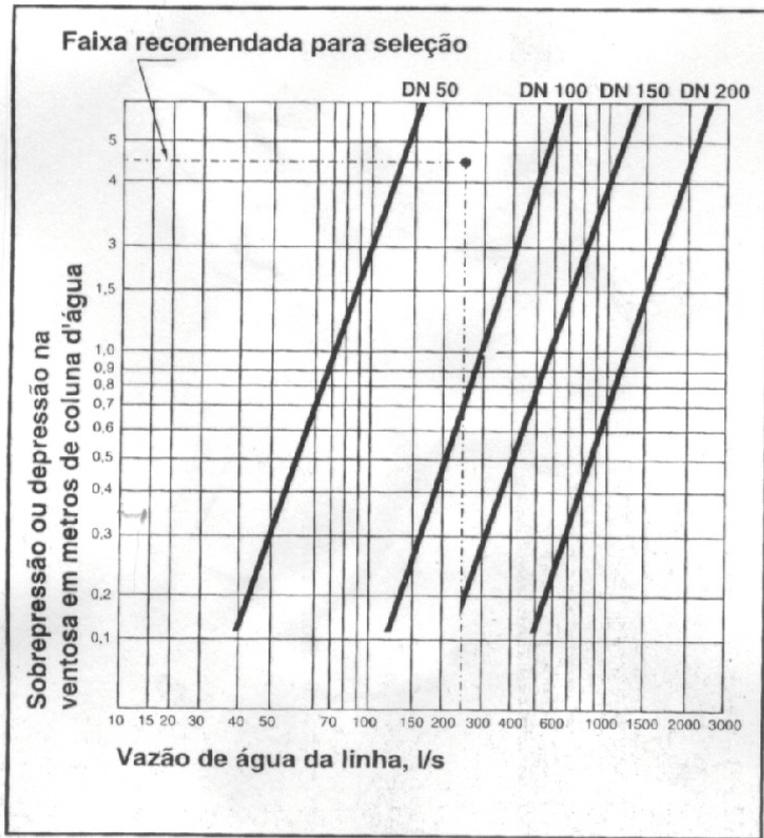
11 – VENTOSAS

Nos pontos altos da tubulação indicados nos desenhos dos perfis do projeto foram projetadas ventosas de tríplice função com as seguintes finalidades:

- expelir o ar deslocado pela água durante o enchimento da linha (compartilhamento principal)
- admitir quantidade suficiente de ar, durante o esvaziamento da linha, a fim de evitar depressões e o conseqüente colapso da rede (compartilhamento principal)
- expelir o ar proveniente das bombas em operação e difuso na água, funcionando como uma ventosa simples (compartilhamento auxiliar)

Para se dimensionar as ventosas

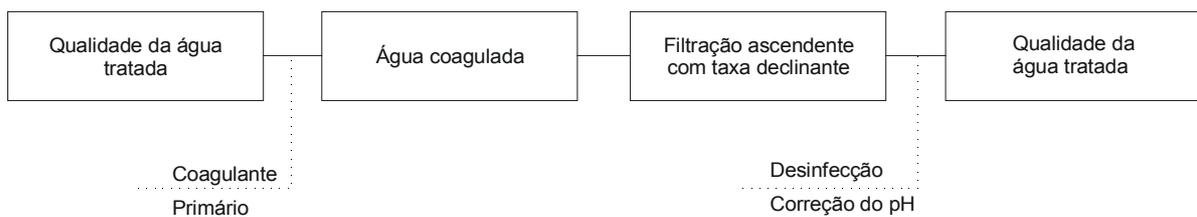
Conhecida a vazão da linha e adotado um valor para o diferencial de pressão entre o interior da ventosa e a atmosfera no momento do enchimento ou esvaziamento da canalização (geralmente adota-se 3,5 m.c.a. ou 0,035 Mpa), obtém-se um ponto que indicará o tamanho da ventosa a ser utilizada, na curva apresentada a seguir



para $Q = 26,95$ l/s ($Q_{\text{máx.}}$ na adutora) e $\Delta H = 0,035$ Mpa
obtendo-se $D = 50$ mm com flanges PN 10

12 – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

12.1 – ESQUEMA DA TECNOLOGIA ADOTADA



12.2 – DIMENSIONAMENTO DO FILTRO

- Dados:**

- horizonte de projeto..... ano 2033
- vazão (l/s)..... 26,95
- vazão (m³/h) 97,02

- tempo de funcionamento..... 20 h/dia
- vazão p/20 h..... 116,42 m³/h
- taxa de filtração adotada-TF 120 m³/m² . dia

- **Número de filtros**

Tratando-se de uma ETA de pequeno porte adotou-se o número mínimo de filtros recomendável que é n = 2. Deste modo o suprimento de água será mantido mesmo quando uma unidade estiver fora de operação para a limpeza.

- **Área de filtração (Af)**

$$A_f = \frac{V_F}{T_F}$$

VF = volume diário = 2.328,48 m³/dia

$$AF = \frac{2328,76}{120} = 19,41 \text{ m}^2$$

- **Diâmetro de cada filtro**

$$D_F = \left(\frac{4A_F}{n\pi} \right)^{1/2}$$

DF = 3,52 m

Adotado: DF = 4,00 m

12.3 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE LAVAGEM

- **Vazão de lavagem q1**

q1 = velocidade de lavagem (VL) x AF

De acordo com a NBR 12.216

$$v_1 \geq 0,80 \text{ m} / \text{min}$$

$$\text{logo } q_1 = \frac{0,80\pi \times 4^2}{60 \times 4} = 0,16747 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{ou} \quad q_1 = 167,47 \text{ l/s}$$

- **Volume de lavagem**

$$VL = q_1 \times T_1$$

pela NBR 12.216, $T_1 > 15\text{min}$

$$VL = 15 \times 60 \times 0,1674$$

$$VL = 150,72 \text{ m}^3$$

- **Vazão da EE de lavagem**

adotou-se $Q_1 = 168 \text{ l/s}$ ou $604,8 \text{ m}^3/\text{h}$

- **Hman da EE de lavagem**

adotou-se $H_{man} \cong 10 \text{ m.c.a.}$

No projeto adotou-se uma ETA compactada com 2 filtros de fluxo ascendente com diâmetro 4,0 m, altura mínima de 3,60 m, e uma câmara de carga $D_c = 0,70 \text{ m}$ com $H = 7,00 \text{ m}$, e 3 Kits de dosagem com capacidade de armazenamento de 500 l, e bomba de 0,5 c.v.

13 – RESERVAÇÃO

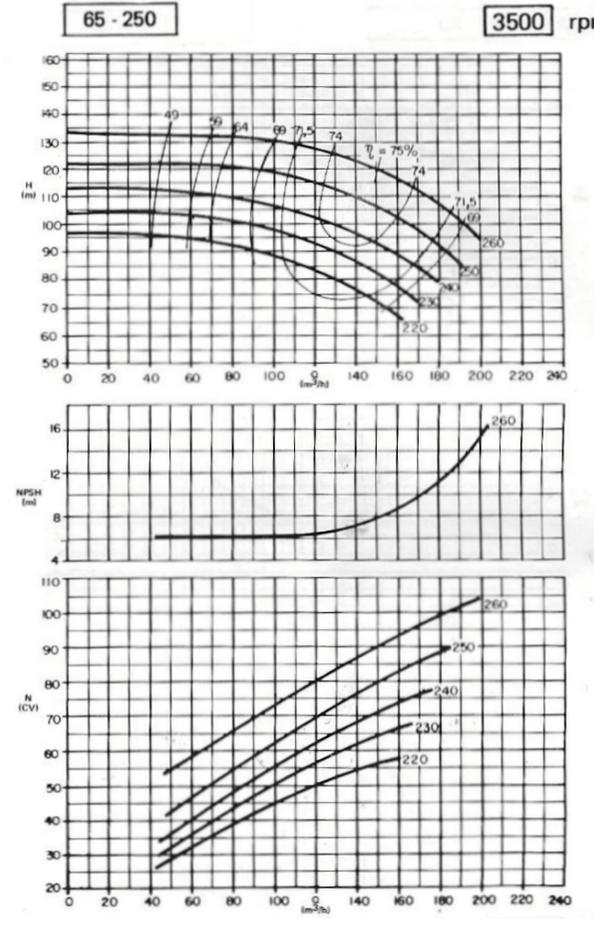
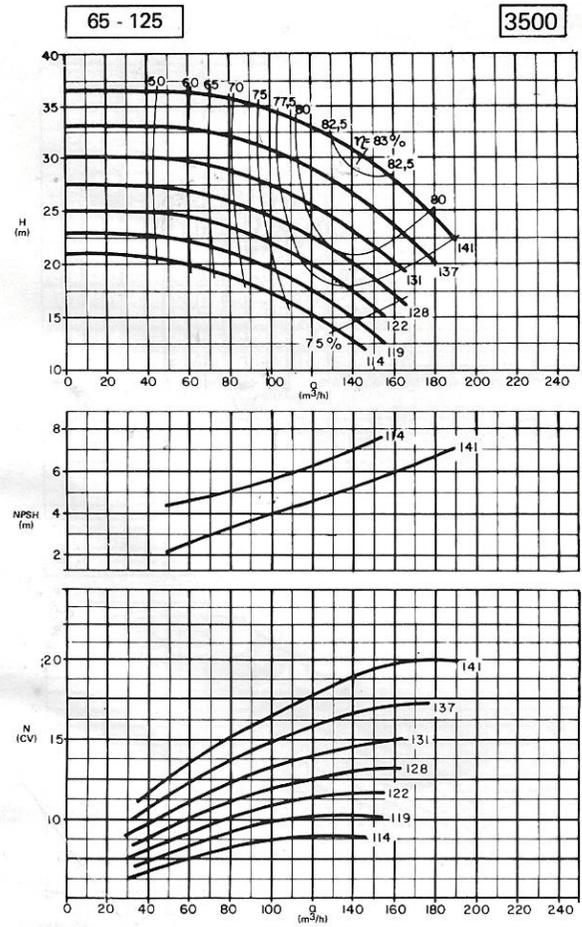
A capacidade total dos reservatórios de distribuição deve ser de um terço do consumo máximo diário (NRPT 1/86).

No quadro seguinte pode-se verificar as capacidades de reservação necessária em cada localidade, e a capacidade a incrementar no sistema de distribuição existente.

Distrito	Consumo máximo diário (m³)	Reservação necessária (m³)	Reservação existente (m³)	Reservação a incrementar (m³)
Frecheirinha	2.329	776	-	-

ANEXOS

ANEXO I – CURVAS CARACTERÍSTICAS UTILIZADAS NO ESTUDO



ANEXO II – RESULTADOS DOS ESTUDOS DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS

RESULTADOS DOS ESTUDOS DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS

===== DADOS DE ENTRADA =====

Número de Trechos do Sistema = 14
 Número de Trechos do último tubo = 1
 Vazão no Estado Permanente (m³/s) = 0,02695
 Rotação Inicial da Bomba (rpm) = 3500
 Tempo de Cálculo do Transitório a ser considerado (s) = 180
 Número de Bombas em Paralelo = 1
 Vazão ótima (m³/s) = 0,02695
 Carga ótima (m) = 95
 Rotação ótima (rpm) = 3500
 Eficiência ótima = 0,72
 Momento de Inércia das Massas Girantes (kg.m²) = 0,223
 Intervalo de Tempo Computacional (DT) em segundos = 0,9355193

 Rotação Específica (Ns) = 18,88229

PONTOS DA CURVA CARACTERÍSTICA

	TH	FH(i)	FB(i)
Posição = 1	0	-0,44	-0,62
Posição = 2	5	-0,37	-0,51
Posição = 3	10	-0,21	-0,41
Posição = 4	15	-0,11	-0,3
Posição = 5	20	-0,04	-0,19
Posição = 6	25	-0,01	0,01
Posição = 7	30	0,09	0,23
Posição = 8	35	0,22	0,34
Posição = 9	40	0,36	0,42
Posição = 10	45	0,5	0,5
Posição = 11	50	0,64	0,54
Posição = 12	55	0,79	0,57
Posição = 13	60	0,92	0,57
Posição = 14	65	1,03	0,55
Posição = 15	70	1,11	0,51
Posição = 16	75	1,2	0,47
Posição = 17	80	1,24	0,42
Posição = 18	85	1,27	0,38
Posição = 19	90	1,28	0,34
Posição = 20	95	1,28	0,3
Posição = 21	100	1,27	0,27
Posição = 22	105	1,26	0,25
Posição = 23	110	1,25	0,24
Posição = 24	115	1,24	0,25
Posição = 25	120	1,25	0,28
Posição = 26	125	1,23	0,31
Posição = 27	130	1,19	0,38
Posição = 28	135	1,19	0,44
Posição = 29	140	1,2	0,5
Posição = 30	145	1,19	0,56
Posição = 31	150	1,14	0,62
Posição = 32	155	1,09	0,67
Posição = 33	160	1,02	0,7
Posição = 34	165	0,96	0,72
Posição = 35	170	0,9	0,73
Posição = 36	175	0,83	0,74
Posição = 37	180	0,77	0,73
Posição = 38	185	0,7	0,7
Posição = 39	190	0,63	0,66
Posição = 40	195	0,56	0,61
Posição = 41	200	0,49	0,56
Posição = 42	205	0,43	0,51
Posição = 43	210	0,4	0,45
Posição = 44	215	0,39	0,39
Posição = 45	220	0,4	0,33
Posição = 46	225	0,42	0,27
Posição = 47	230	0,48	0,2
Posição = 48	235	0,53	0,13
Posição = 49	240	0,6	0,07
Posição = 50	245	0,63	0
Posição = 51	250	0,67	-0,07

Posição = 52	255	0,71	-0,15
Posição = 53	260	0,73	-0,24
Posição = 54	265	0,74	-0,31
Posição = 55	270	0,74	-0,4
Posição = 56	275	0	0
Posição = 57	280	0	0
Posição = 58	285	0	0
Posição = 59	290	0	0
Posição = 60	295	0	0
Posição = 61	300	0	0
Posição = 62	305	0	0
Posição = 63	310	0	0
Posição = 64	315	0	0
Posição = 65	320	0	0
Posição = 66	325	0	0
Posição = 67	330	0	0
Posição = 68	335	0	0
Posição = 69	340	0	0
Posição = 70	345	0	0
Posição = 71	350	0	0
Posição = 72	355	0	0

TUBO	COMPR.	DIAMETRO	CELERIDADE	COEF.DE ATRITO
1	980	0,2	523,7733	2151,007
2	1000	0,2	356,3083	1463,27
3	1000	0,2	356,3083	1463,27
4	1000	0,2	356,3083	1463,27
5	1000	0,2	356,3083	1463,27
6	1000	0,2	356,3083	1463,27
7	1000	0,2	356,3083	1463,27
8	1000	0,2	356,3083	1463,27
9	1000	0,2	356,3083	1463,27
10	1000	0,2	356,3083	1463,27
11	1000	0,2	356,3083	1463,27
12	1000	0,2	356,3083	1463,27
13	1000	0,2	356,3083	1463,27
14	400	0,2	427,57	1755,924

TUBO	CELERIDADE AJUSTADA
1	523,7733
2	356,3083
3	356,3083
4	356,3083
5	356,3083
6	356,3083
7	356,3083
8	356,3083
9	356,3083
10	356,3083
11	356,3083
12	356,3083
13	356,3083
14	427,57

RESUMO DOS RESULTADOS =====

Carga Máxima no Sistema = 210,61
 Carga Mínima no Sistema = 139,15

TUBO = 1
 Carga Máxima no Trecho 1 = 210,61
 Carga Mínima no Trecho 1 = 139,15

TUBO = 2
 Carga Máxima no Trecho 2 = 207,49
 Carga Mínima no Trecho 2 = 141,25

TUBO = 3
 Carga Máxima no Trecho 3 = 204,30
 Carga Mínima no Trecho 3 = 142,68

TUBO = 4
 Carga Máxima no Trecho 4 = 201,11
 Carga Mínima no Trecho 4 = 143,91

TUBO = 5

Carga Máxima no Trecho 5 = 197,92

Carga Mínima no Trecho 5 = 145,16

TUBO = 6

Carga Máxima no Trecho 6 = 194,73

Carga Mínima no Trecho 6 = 146,41

TUBO = 7

Carga Máxima no Trecho 7 = 191,54

Carga Mínima no Trecho 7 = 147,64

TUBO = 8

Carga Máxima no Trecho 8 = 188,36

Carga Mínima no Trecho 8 = 148,84

TUBO = 9

Carga Máxima no Trecho 9 = 185,17

Carga Mínima no Trecho 9 = 149,98

TUBO = 10

Carga Máxima no Trecho 10 = 181,98

Carga Mínima no Trecho 10 = 151,03

TUBO = 11

Carga Máxima no Trecho 11 = 178,79

Carga Mínima no Trecho 11 = 151,98

TUBO = 12

Carga Máxima no Trecho 12 = 178,70

Carga Mínima no Trecho 12 = 152,39

TUBO = 13

Carga Máxima no Trecho 13 = 178,84

Carga Mínima no Trecho 13 = 149,60

TUBO = 14

Carga Máxima no Trecho 14 = 177,06

Carga Mínima no Trecho 14 = 150,06

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

Este documento tem como objetivo, o dimensionamento de condutores, materiais e equipamentos, fixar os requisitos básicos necessários e demais condições a serem adotadas e exigidas no projeto elétrico executivo da Adutora de Água Tratada de Frecheirinha – CE.

O projeto elétrico compreende a Captação em flutuante em açude, a Estação de Tratamento de Água (ETA) e a Estação Elevatória de Água Tratada.

Na captação serão instalados 02 (dois, sendo um reserva) conjunto motobomba de 20 CV; na ETA, para lavagem dos filtros serão instalados 04 (quatro, sendo um reserva) conjunto motobomba de 15 CV; na elevatória serão instalados 02 (dois, sendo um reserva) conjunto motobomba de 60 CV.

O projeto atende:

- às Normas Brasileiras (ABNT);
- às Normas da COELCE (Companhia Energética do Ceará) especificamente as seguintes:

Norma Técnica para Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição (NT 02/2002); Norma Técnica para Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição (NT 01/2001).

- como referências às Normas da CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará), especificamente as seguintes:

Termo de Referência para Projetos Elétricos(TR-01) e Termo de Referência para Aquisição de Painéis Elétricos com Soft-Starter (TR-02)

Responsável Técnico pela elaboração deste trabalho
Eng. Eletricista José Odilo Gonçalves - CREA-6694-D
Rua: Andrade Furtado 1311 Apto1001-Papicu- Cep- 60.190-070
Fone: (0xx85) 234-7781-9988-4285

1 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

1 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

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

Para os cálculos usamos os seguintes dados:

1.1 – SISTEMA ELÉTRICO DA COELCE

Tensão primária trifásica : 13.800V

Tensão secundária trifásica : 380V

Tensão secundária monofásica : 220V

1.2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO DO PROJETO ELÉTRICO

1.2.1 – Carga Instalada

CARGAS	
Motor da Captação 20CV x 736W (1 ativo).	14.720W
Motor dos Filtros 60CV x 736 W (1 ativos).	44.160W
Motor das Elevatorias 3x15CV x 736 W (3 ativos).	33.120W
Iluminação e tomadas.	1.293W
Tomada de Força	10.000W
TOTAL	103.293W

1.2.2 – Correntes do Sistema (A)

$$I_{M1x20} = \frac{14.720}{380x\sqrt{3}x0,82x0,92} = 29,68A \quad I_{M3x15} = \frac{33.120}{380x\sqrt{3}x0,78x0,915} = 70,59A$$

$$I_{M1x60} = \frac{44.160}{380x\sqrt{3}x0,81x0,937} = 88,50A \quad I_{TF} = \frac{10.000}{380x\sqrt{3}x0,95} = 16,01A$$

$$I_{M1x60} = \frac{1.293}{220x0,95} = 6,18A$$

TOTAL: 210,96 A

1.2.3 – Dimensionamento dos Cabos e Disjuntores

1.2.3.1 – Alimentação do Circuito 1 : CCM 1 (Captação)/2 Motores de 20CV (1 reserva)

a) Dados

1 MOTOR ATIVO DE 20CV/380V
$I_M = 29,68A$
$I_T = 1,25 \times 29,68 = 37,10A$
$L = 280m$
$U = 380V$
Cabo estimado: 35,0mm ²

b) Pela Corrente Nominal dos Motores

$$\Delta U = \frac{37,10 \times \sqrt{3} \times 280 \times 0,82}{56 \times 35,0} = 7,51V$$

$$\Delta U\% = \frac{7,51}{380} \times 100 = 1,97\%$$

c) Pela Corrente de Partida dos Motores (partida por Soft Starter)

1 MOTOR DE 20CV PARTINDO
$I_M = 29,68 A$
$I_P = (7 \times 29,68)/3 = 69,25 A$

$$\Delta U = \frac{69,25 \times \sqrt{3} \times 280 \times 0,82}{56 \times 35,0} = 14,03V$$

$$\Delta U\% = \frac{14,03}{380} \times 100 = 3,69\%$$

Será adotado cabo de cobre isolado de 35,0mm² para fases, e 25,0mm² para neutro e proteção .

d) Cálculo da Proteção do Motor

MOTOR DE 20 CV
Disjuntor = 29,68 x 2,00 = 59,36 A

Será adotado disjuntor trifásico termomagnético de 63 A/380V/5KA.

e) Correção do Fator de Potência

Potência do Motor (PM) = 14.720 W

FP do motor ($\Phi 1$) = 0,82

FP do corrigido ($\Phi 2$) = 0,95

Cálculo da potência do capacitor(Q)

$$Q = P_M \times Tg(\arccos \Phi 1 - \arccos \Phi 2) = kVar$$

$$Q = 14,720 \times 0,369 = 5,43kVar$$

Adotaremos um banco de capacitor trifásico, 380V/5KVar

1.2.3.2 – Alimentação do Circuito 2 : CCM 2 (Lavagem dos Filtros)/4 Motores de 20CV (1 reserva)

a) Dados para calculo do CCM:

3 MOTORES ATIVOS DE 15CV/380V
$I_M = 23,53^A$
$I_T = (1,25 \times 23,53) + (2 \times 23,53) = 76,47A$
L = 10m
U = 380V
Cabo estimado: 35,0mm ²

b) Calculo do cabo de alimentação do CCM, pela Corrente Nominal dos Motores

$$\Delta U = \frac{76,47 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,78}{56 \times 35,0} = 0,52V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,52}{380} \times 100 = 0,13\%$$

c) Cálculo do cabo de alimentação do CCM, pela Corrente de Partida dos Motores (partida por Soft Starter)

1 MOTOR DE 15CV PARTINDO E MAIS 2 MOTORES DE 15CV EM FUNCIONAMENTO

$$I_M = 23,53 \text{ A}$$

$$I_P = (8 \times 23,53)/3 + (2 \times 23,53) = 109,80 \text{ A}$$

$$\Delta U = \frac{109,80 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,78}{56 \times 35,0} = 0,75 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,75}{380} \times 100 = 0,19\%$$

Será adotado cabo de cobre isolado de 35,0mm² para fases; e 25,0mm² para neutro e proteção .

d) Cálculo da Proteção do CCM

3 MOTORES DE 15 CV

$$\text{Disjuntor} = (3 \times 23,53) \times 1,10 = 77,64 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor trifásico termomagnético de 80A/380V/5KA.

e) Dados para cálculo do Alimentador do Motor:

MOTOR ATIVOS DE 15CV/380V

$$I_M = 23,53^A$$

$$I_T = 1,25 \times 23,53 = 29,41 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 6,0mm²

f) Cálculo do cabo de alimentação do motor, pela Corrente Nominal dos Motores

$$\Delta U = \frac{29,41 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,78}{56 \times 6,0} = 1,18 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,18}{380} \times 100 = 0,31\%$$

g) Cálculo do cabo de alimentação do motor, pela Corrente de Partida dos Motores (partida por Soft Starter)

1 MOTOR DE 15CV

$$I_M = 23,53 \text{ A}$$

$$I_P = (8 \times 23,53)/3 = 62,74 \text{ A}$$

$$\Delta U = \frac{62,74 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,78}{56 \times 6,0} = 2,52 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{2,52}{380} \times 100 = 0,66\%$$

Será adotado cabo de cobre isolado de 6,0mm² para fases; para neutro e proteção .

h) Cálculo da Proteção do Motor

MOTOR DE 15 CV

$$\text{Disjuntor} = 23,53 \times 1,20 = 28,23 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor trifásico termomagnético de 30A/380V/5KA.

i) Correção do Fator de Potência

$$\text{Potência do Motor (PM)} = 11.040 \text{ W}$$

$$\text{FP do motor } (\Phi 1) = 0,78$$

$$\text{FP do corrigido } (\Phi 2) = 0,95$$

Cálculo da potência do capacitor(Q)

$$Q = P_M \times \text{Tg}(\arccos \Phi 1 - \arccos \Phi 2) = kVar$$

$$Q = 11,04 \times 0,526 = 5,80 kVar$$

Adotaremos um banco de capacitor trifásico, 380V/5Kvar

1.2.3.3 – Alimentação do Circuito 1 : CCM 3 (Elevatória)/2 Motores de 60CV (1 reserva)

a) Dados

1 MOTOR ATIVO DE 60CV/380V
$I_M = 88,50A$
$I_T = 1,25 \times 88,50 = 110,63A$
$L = 10m$
$U = 380V$
Cabo estimado: 35,0mm ²

b) Pela Corrente Nominal dos Motores

$$\Delta U = \frac{110,63 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,81}{56 \times 35,0} = 0,79V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,79}{380} \times 100 = 0,20\%$$

c) Pela Corrente de Partida dos Motores (partida por Soft Starter)

1 MOTOR DE 60CV PARTINDO
$I_M = 88,50 A$
$I_P = (7,5 \times 88,50)/3 = 221,25 A$

$$\Delta U = \frac{221,25 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,81}{56 \times 35,0} = 1,58V$$

$$\Delta U\% = \frac{1,58}{380} \times 100 = 0,41\%$$

Será adotado cabo de cobre isolado de 35,0mm² para fases, e 25,0mm² para neutro e proteção .

d) Cálculo da Proteção do Motor

MOTOR DE 60 CV
Disjuntor = 88,50 x 1,10 = 97,35 A

Será adotado disjuntor trifásico termomagnético de 100 A/380V/5KA.

e) Correção do Fator de Potência

$$\text{Potência do Motor (PM)} = 44.160 \text{ W}$$

$$\text{FP do motor } (\Phi 1) = 0,81$$

$$\text{FP do corrigido } (\Phi 2) = 0,95$$

Cálculo da potência do capacitor(Q)

$$Q = P_M \times Tg(\arccos \Phi 1 - \arccos \Phi 2) = kVar$$

$$Q = 44,160 \times 0,395 = 17,44kVar$$

Adotaremos um banco de capacitor trifásico, 380V/15KVar

1.2.3.4 – Alimentação do Circuito 4: Iluminação Interna

a) Dados

Carga: - 7 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W/220V.....448W

- 3 luminárias com 1 lâmpada incandescente de 15W/220V.....45W

Carga total:.....493W

$$I_{IL} = 2,35 \text{ A}$$

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

$$U = 220V$$

Cabo estimado: 1,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{2,35 \times 15 \times 0,95}{56 \times 1,5} = 0,40V$$

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

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

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,50 \times 2,35 = 3,52 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 15 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10A/250V/5kA, em caixa moldada.

1.2.3.5 – Alimentação do Circuito 5: Iluminação Externa Pátio

a) Dados

Carga:-9 luminárias com 1 lâmpada PL de 45/220V.....405W.

Carga Total:.....405W.

$$I_{IL} = 1,93 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{1,93 \times 50 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 0,65\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,65}{220} \times 100 = 0,29\%$$

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

c) Proteção do Circuito

$$I_p = 1,5 \times 1,93 = 2,89 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 15 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10A/250V/5kA, em caixa moldada.

1.2.3.6 – Alimentação do Circuito 6 : Tomadas de Uso Comum

a) Dados

Carga:

- 8 tomadas 10A/220V, 2P + T 800 W.

- Carga total: 800 W.

$$I_{It} = 3,82 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela queda de tensão

$$\Delta U = \frac{3,82 \times 15 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 0,38\text{V} \qquad \Delta U\% = \frac{0,38}{220} \times 100 = 0,17\%$$

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

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,5 \times 3,82 = 5,73 \text{ A}$$

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

1.2.3.7 – Alimentação do Circuito 7 : Tomada de Força

a) Dados

$$\text{Tomada de força } 32 \text{ A}/500 \text{ V} = 10.000 \text{ W}$$

$$\text{TOTAL} = 10.000 \text{ W}$$

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

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

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

Cabo estimado: 4,0mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16,01 \times \sqrt{3} \times 5,0 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 0,58 \text{ V} \qquad \Delta U\% = \frac{0,58}{380} \times 100 = 0,15\%$$

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

c) Proteção do Circuito

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

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

1.2.3.8 – Alimentador Geral (Dimensionamento do Transformador)

a) Dados

Potência do Transformador de Força

a – Iluminação e tomadas.....1.293 W

(FP= 0,95)

f – Motor (01 x 60CV)+ (3x15CV) + (1x20CV)..... (0,87 x 60) + (0,87 x 45)+ (1x20)= 52,20 + 39,15 + 17,4 = 108,75 KVA

g – Tomadas de Força 10.000W

Usaremos a seguinte fórmula para o cálculo da demanda:

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

D = Demanda total da instalação em kVA

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

b – Demanda de todos os aparelhos de aquecimento em kVA

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

d – Potência Nominal em kW das bombas d'água

e – Demanda de todos os elevadores em kW

FP- Fator de potência

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

P_{nm} – Potência nominal dos motores em CV

F_u- Fator de utilização

Fs- Fator de serviço

g- Outras cargas não relacionadas

$$D = \frac{0,77 \times 1,293}{0,95} + 108,75 + 10 = 119,79 \text{ kVA}$$

Transformador adotado 150 kVA.

b) Corrente de Curto Circuito(I_{CC})

$$Z = 3,5\%$$

$$I_T = \frac{150 \times 1000}{380 \times \sqrt{3}} = 228,17 \text{ A}$$

$$I_{CC} = \frac{228,17}{3,5} \times 100 = 6,52 \text{ kA}$$

Adotaremos ICC = 10 kA

c). Alimentador Geral do Transformador

a) Dados

$$I_T = 228,17 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 150 mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{228,17 \times \sqrt{3} \times 20 \times 0,95}{56 \times 150} = 0,89 \text{ V} \qquad \Delta U\% = \frac{0,89}{380} \times 100 = 0,23\%$$

Logo o condutor adotado será 150mm² para fase, 70mm² para neutro.

d) Proteção do Transformador

$$I_T \times 1,05 = 228,17 \times 1,05 = 239,57 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 250A / 380V / 10KA em caixa moldada.

1.2.4 – Dimensionamento do Pára-raios

a) Dados necessários

- Nível de proteção III (IE-1024-I): construção de uso comum
- Altura: menor de 20m
- Ângulo de proteção: 60°

b) Zona de proteção

A proteção será dada por um cone cujo vértice correspondente à extremidade superior do captor e cuja geratriz faz um ângulo de α° com a vertical, propiciando um raio de base do cone de valor dado pela seguinte equação:

$$R_p = H_c \times \operatorname{tg}\alpha$$

R_p = Raio da base do cone de proteção (m)

H_c = Altura da extremidade do captor (m)

α = Ângulo de proteção com a vertical, fornecido de acordo com o nível de proteção adotado.

c) Cálculo do Pára-raios

$$H_c = 8,0\text{m}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$R_p = H_c \times \operatorname{tg}\alpha$$

$$R_p = 13,84\text{m}$$

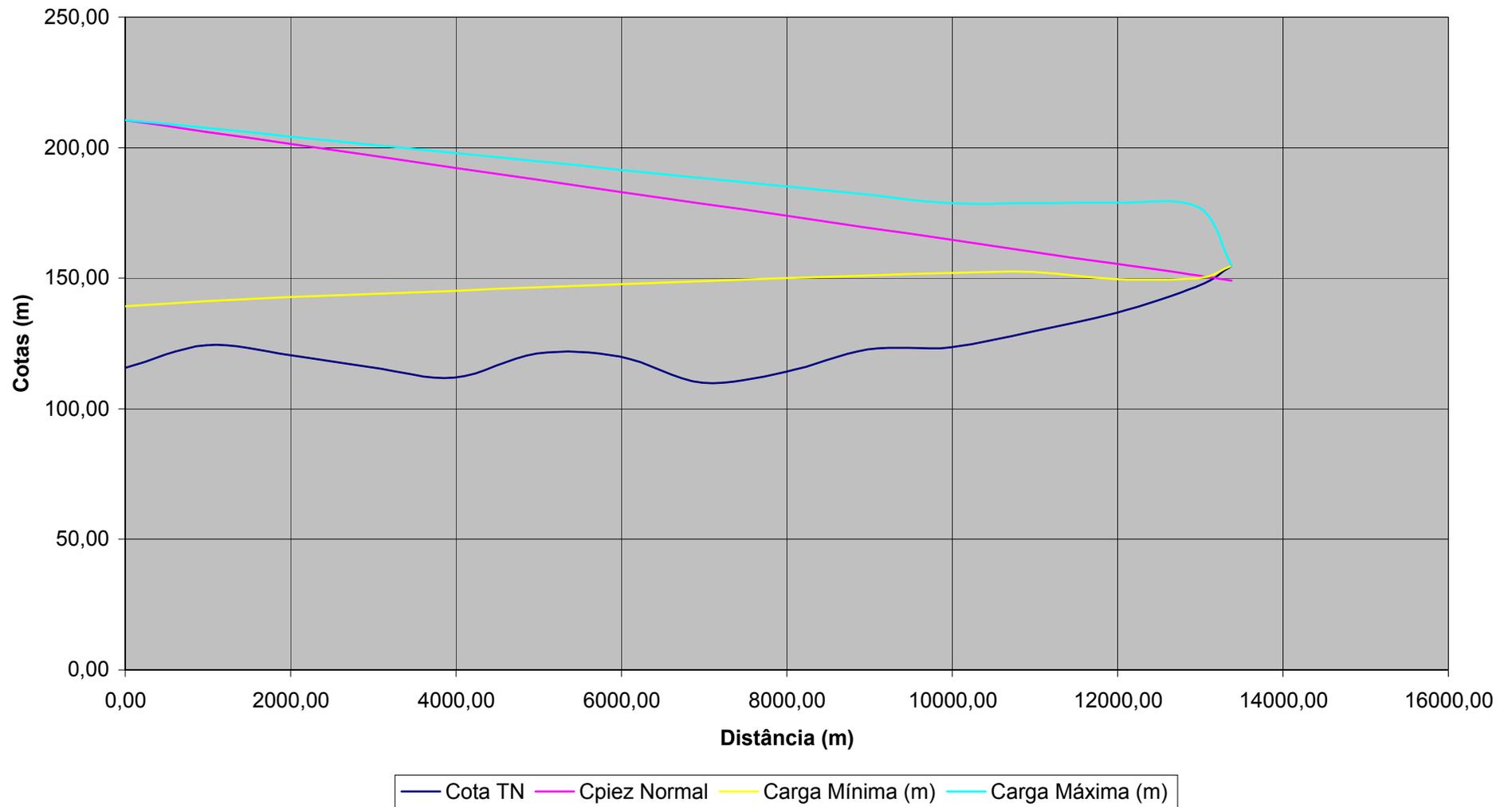
Como a construção tem comprimento máximo de 14m, um único pára-raio será adotado, tendo 8 metros de altura.

d) Número de Condutores de Descida em função do Perímetro

$$N = \frac{52 + 10}{60} = 1,03$$

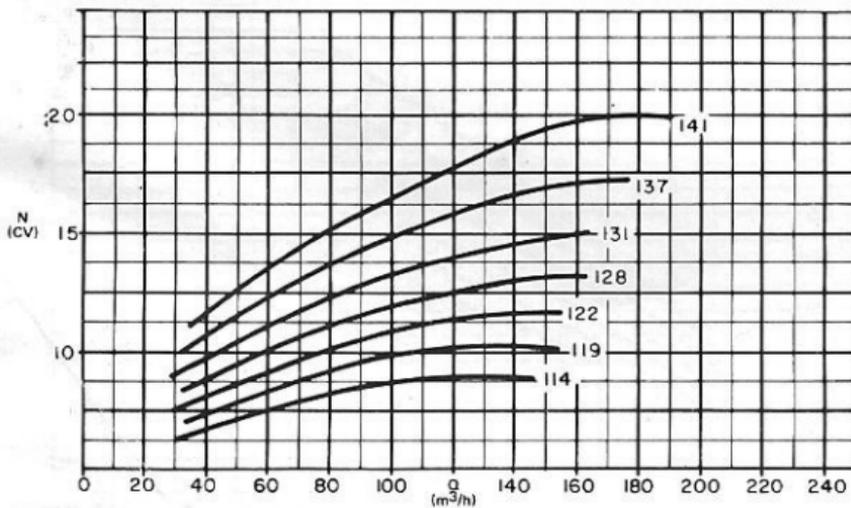
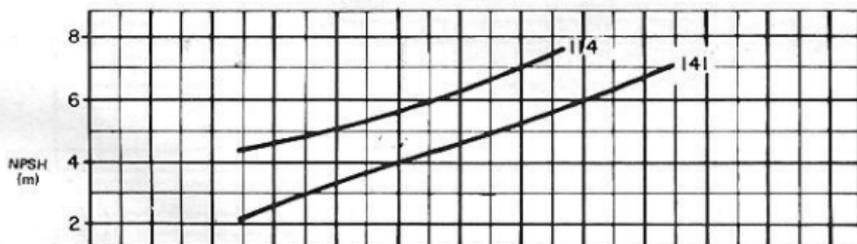
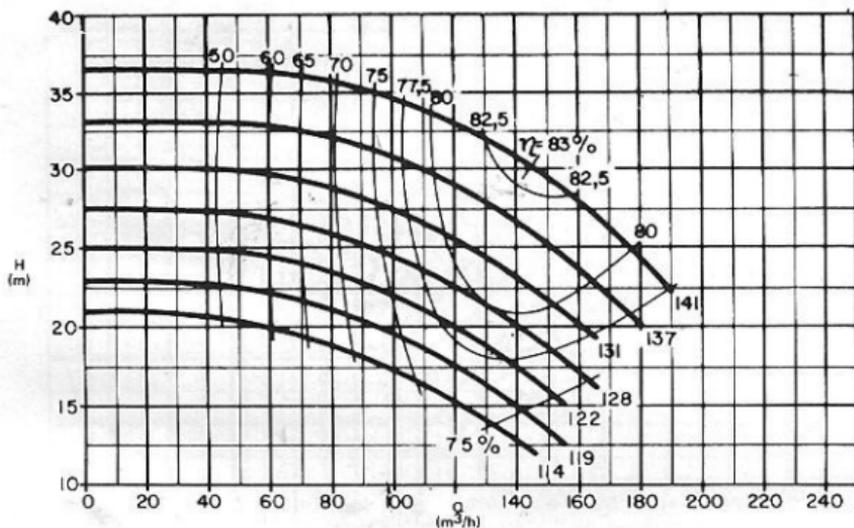
Logo será usada 1 descida.

GR-06 - Envoltórios Máximos e Mínimos da Adutora de Água Tratada Frecheirinha



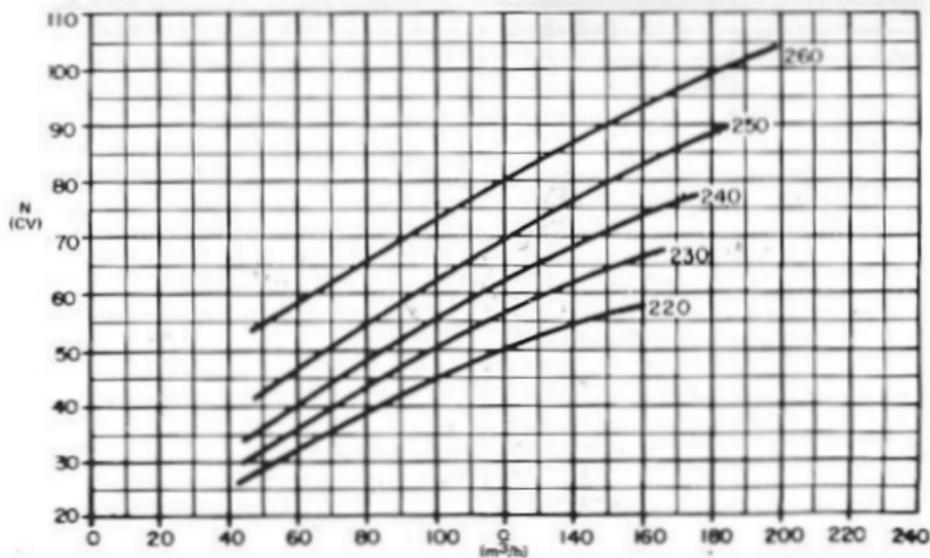
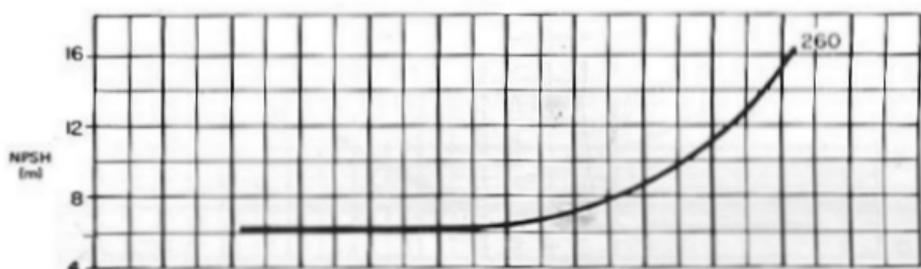
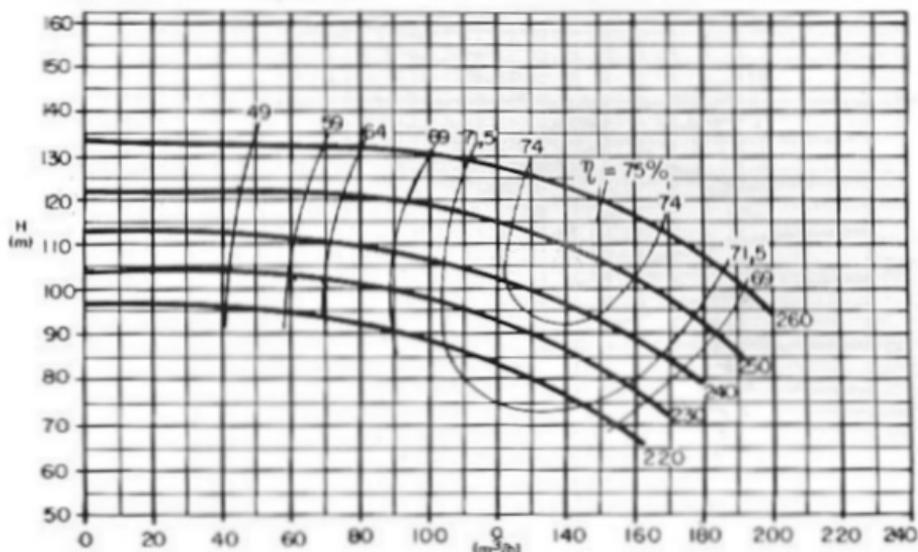
65 - 125

3500 rpm



65 - 250

3500 rpm





ANB - Águas do Nordeste do Brasil Ltda.
Av. Santos Dumont 1687 - Salas 209 e 210, Aldeota, Fortaleza-CE,
CEP 60150-160, Fone: 224-5309, Fax: 264-3741
anb@fortalnet.com.br