



SÃO LOURENÇO
SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS
VOLUME I: PROJETO BÁSICO
TOMO I: Memória Descritiva e Justificativa / Memória de Cálculo

Outubro/2015



SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO



SÃO LOURENÇO - MG SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

CONTRATO: XXXXX

RESUMO:

Este documento apresenta adequação do Projeto Básico da Estação de Tratamento de Esgotos da cidade de São Lourenço/MG.

0	Out/2015	C	ORIGINAL	José Alfredo	José Alfredo	Gizelda	
REV.	DATA	TIPO	DESCRIÇÃO	POR	VERIFICADO	AUTORIZADO	APROVADO

EMISSIONES

TIPOS	A – PARA APROVAÇÃO B – REVISÃO	C – ORIGINAL D – CÓPIA
-------	-----------------------------------	---------------------------

PROJETISTA:

OLIVEIRA E MARQUES ENGENHARIA

AV. PRUDENTE DE MORAIS 621, SL. 501/502 – TEL/FAX (31) 3309-8367
SANTO ANTÔNIO – CEP 30.380-000 – BELO HORIZONTE–MG
e-mail: contato@oemengenharia.com.br



EQUIPE TÉCNICA:

Gizelda de Melo Machado
José Alfredo Carneiro dos Santos
Leonardo Machado Marques de Souza
Luís Eduardo Machado Barini

VOLUME:

VOLUME I: PROJETO BÁSICO

TOMO I: Memorial Descritivo e Justificativo / Memória de Cálculo

REFERÊNCIA:

Outubro/2015

SUMÁRIO

O Projeto Básico e Executivo do Sistema de Esgotamento Sanitário de São Lourenço/MG é composto pelos seguintes volumes:

VOLUME I – PROJETO BÁSICO

TOMO I – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA E MEMÓRIAS DE CÁLCULO

TOMO II – DESENHOS DE 01/58 A 17/58

TOMO III – DESENHOS DE 18/58 A 39/58

TOMO IV – DESENHOS DE 40/58 A 58/58 e 01/02 a 02/02

VOLUME II – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE OBRA, MATERIAIS E ESQUIPAMENTOS

TOMO I – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE OBRA

TOMO II – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE MATERIAIS E ESQUIPAMENTOS

VOLUME III – ORÇAMENTO

TOMO I – ORÇAMENTO / PLANILHAS

TOMO II – MEMÓRIA DE CÁLCULO DE QUANTITATIVOS

TOMO III – COLETA DE PREÇOS

ÍNDICE

1	APRESENTAÇÃO	5
2	ELEMENTOS PARA O PROJETO	6
2.1	TOPOGRAFIA	6
2.2	PARÂMETROS E VAZÕES DE PROJETO	6
2.2.1	Vazões sem infiltração	6
2.2.2	Vazão de infiltração	6
2.2.3	Vazões com infiltração	6
3	ELEVATÓRIA DE RECIRCULAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO	7
3.1	VAZÃO DE RECALQUE	7
3.2	LINHA DE RECALQUE	7
3.3	POÇO DE SUCÇÃO	8
3.4	CONJUNTO MOTOBOMBA	9
3.4.1	Desnível Geométrico (Hg)	10
3.4.2	Perda de Carga Distribuída na Linha de Recalque (H_d)	10
3.4.3	Perda de Carga Localizada (H_L)	10
3.4.4	Conjunto Motobomba	11
3.4.5	Ponto Operacional	14
3.4.6	Verificação das Velocidades na Linha de Recalque	15
3.4.7	Blocos de Ancoragem	15
4	ELEVATÓRIA DE RECIRCULAÇÃO DE LODO	16
4.1	VAZÃO DE RECALQUE	16
4.2	LINHA DE RECALQUE	16
4.3	POÇO DE SUCÇÃO	16
4.4	CONJUNTO MOTOBOMBA	17
4.4.1	Desnível Geométrico (Hg)	17
4.4.2	Perda de Carga Distribuída na Linha de Recalque (H_d)	17
4.4.3	Perda de Carga Localizada (H_L)	18
4.4.4	Conjunto Motobomba	19
4.4.5	Ponto Operacional	21
4.4.6	Verificação das Velocidades na Linha de Recalque	21
4.4.7	Blocos de Ancoragem	25
5	INTERLIGAÇÃO DAS UNIDADES	26
5.1	LINHA DE TRANSPORTE DE LODO PARA DESIDRATAÇÃO	26
5.2	INTERLIGAÇÃO DO UASB COM A CDV-4	28
5.3	INTERLIGAÇÃO DA CDV-4 COM O FBP	29
5.4	INTERLIGAÇÃO DA FBP COM O DES	30

1 APRESENTAÇÃO

Apresenta-se a seguir a **Adequação do PROJETO BÁSICO/HIDRÁULICO da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE de São Lourenço/MG**, elaborada pela **OeM – Oliveira e Marques Engenharia Ltda.**, conforme contrato de prestação de serviços firmado com o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (**SAAE**) do município e Edital nº 238/2015, Convite nº 001/2015.

O projeto básico da ETE de São Lourenço foi elaborado pela ESCOAR Engenharia, para o Serviço Autônomo de Água e Esgoto –SAAE, no ano de 2011. O projeto necessita de adequações para tender às exigências e recomendações da FUNASA, o que constitui o escopo deste projeto, compreendendo os seguintes serviços:

- Projeto de contenção em gabião na margem do Rio Verde, inclusive adequação do projeto de terraplanagem;
- Elaboração de novo projeto para a estação elevatória final e para tratamento preliminar (mecanizado), evitando-se o segundo bombeamento, incluindo nova locação para o tratamento preliminar que será elevado;
- Adequação geral do projeto dos reatores anaeróbios, aproveitando-se a estrutura de concreto, porém adequando a laje de cobertura no projeto estrutural. Inclusão de todos os detalhes construtivos, principalmente do sistema de jateamento de água para quebra da espuma; nova distribuição interna para os tubos distribuidores; adequação da retirada de lodo; amostragem; substituição de tampas e suportes por materiais resistentes à corrosão; e, preparação dos mesmos para futura inserção de tratamento de odor;
- Elaboração de novo projeto para a desidratação mecanizada;
- Adequação dos layouts de interligação, urbanização, esgotamento, água de serviço, fluxograma e perfil hidráulico;
- Elaboração do Memorial descritivo;
- Elaboração do orçamento completo das obras no modo SINAPI;
- Elaboração das Especificações Técnicas e de Obras.

2 ELEMENTOS PARA O PROJETO

2.1 TOPOGRAFIA

Os dimensionamentos e detalhamentos elaborados pela Oem tiveram como base o Levantamento Topográfico disponibilizado pelo SAAE de São Lourenço.

2.2 PARÂMETROS E VAZÕES DE PROJETO

O dimensionamento das unidades projetadas considerou as vazões estabelecidas no Relatório Técnico elaborado pela Escoar Engenharia, em outubro de 2011, conforme apresentado a seguir.

2.2.1 Vazões sem infiltração

Vazão média (Q_M)

$$Q_M = \frac{P \times q \times c}{86.400} = \frac{67.906 \times 180 \times 0,8}{86.400} = 113,18 \text{ L/s}$$

Vazão mínima (Q_m)

$$Q_m = K_3 \times Q_M = 0,50 \times 113,18 = 56,59 \text{ L/s}$$

Vazão máxima diária (Q_{MD})

$$Q_{MD} = K_1 \times Q_M = 1,20 \times 113,18 = 135,82 \text{ L/s}$$

Vazão máxima horária (Q_{MH})

$$Q_{MH} = K_1 \times K_2 \times Q_M = 1,20 \times 1,50 \times 113,18 = 203,72 \text{ L/s}$$

2.2.2 Vazão de infiltração

$$Q_{inf} = L \times i = 125.684 \times 0,00033 = 41,48 \text{ L/s}$$

2.2.3 Vazões com infiltração

Vazão mínima ($Q_{mín}$)

$$Q_{mín} = Q_m + Q_{inf} = 56,59 + 41,48 = 98,07 \text{ L/s}$$

Vazão média ($Q_{méd}$)

$$Q_{méd} = Q_M + Q_{inf} = 113,18 + 41,48 = 154,66 \text{ L/s}$$

Vazão máxima diária ($Q_{máx-d}$)

$$Q_{máx-d} = Q_{MD} + Q_{inf} = 135,82 + 41,48 = 177,30 \text{ L/s}$$

Vazão máxima horária ($Q_{máx-h}$)

$$Q_{máx-h} = Q_{MH} + Q_{inf} = 203,72 + 41,48 = 245,20 \text{ L/s}$$

3 ELEVATÓRIA DE RECIRCULAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO

A vazão afluyente à Elevatória de Recirculação será medida através de uma calha Parshall de 12" (1'), a ser instalada a montante da unidade, com capacidade de medição de vazões entre 3,11 L/s e 455,6 L/s, compatível com a vazão máxima afluyente, aproximadamente $Q = 250,00$ L/s.

Para melhorar as condições de medição das vazões foi detalhado um canal com 1,5 m de extensão para tranquilização das vazões afluyentes, seguido de uma rampa com inclinação negativas de 1:4.

3.1 VAZÃO DE RECALQUE

A estação elevatória de recirculação do efluente tratado destina-se a garantir a sustentação de uma vazão mínima necessária ao funcionamento dos distribuidores dos filtros biológicos percoladores e, assim, manter sempre irrigado o biofilme aderido ao material de enchimento.

No dimensionamento desta unidade foi estabelecida uma vazão de recirculação máxima de 50% da vazão média de projeto., ou seja, de 77,33 L/s, quando em final de plano. Desta forma, o filtro biológico estará, no mínimo, sendo alimentado com a vazão média, uma vez que, na situação crítica, quando a vazão afluyente na ETE for a mínima ($Q_{med} \div 2$), a ERE estará recalcando $Q_{med} \div 2$, o FBP e a ERE recebendo Q_{med} , e o corpo receptor recebendo $Q_{med} \div 2$.

O processo de acionamento dos motores da ERE estará automatizado com a vazão afluyente à ETE, apurada no medidor de vazões ultrassônico do Tratamento Preliminar. As bombas apenas deverão ser acionadas quando essa vazão afluyente for menor do que a vazão média de projeto.

A vazão de recalque, por sua vez, será apurada no medidor eletromagnético de vazões instalado na linha de recalque da ERE. Assim, a leitura dessas vazões alimentará o inversor de frequências, que, parametrizado, comandará a frequência necessária para que o sistema de recalque funcione apenas com a vazão complementar, ou seja, $Q_{med} - Q_{afluyente}$.

3.2 LINHA DE RECALQUE

A linha de recalque da elevatória ERE será implantada com tubos de ferro fundido e extensão total de 68,35 m.

Para o dimensionamento da linha de recalque utilizou-se o modelo de Bresser como referência para a determinação do diâmetro comercial, ou seja: $D = K\sqrt{Q}$; a velocidade mínima

recomendada nas normas T.235/0 da COPASA e NBR 12208 da ABNT – $V \geq 0,60$ m/s; e, o diâmetro nominal mínimo de 75 mm para promover melhores condições operacionais da unidade.

Considerando-se $K = 1$ e $Q = 77,33$ L/s, o diâmetro econômico é $D = 278$ mm.

O projeto existente adotou o diâmetro de PVC 250 mm, fazendo com que o escoamento na tubulação ocorra com a velocidade $V = 1,58$ m/s. Optou-se, no entanto, pela execução da tubulação de recalque da ERE com tubos de ferro fundido, em DN 200 mm. Nesta situação, a velocidade máxima na tubulação será $V = 2,21$ L/s

3.3 POÇO DE SUCÇÃO

O poço de sucção foi dimensionado para receber dois conjuntos motobomba submersíveis sendo um para reserva/rodízio.

Considerando-se o tempo mínimo de ciclo de funcionamento de 10 minutos, o volume útil mínimo para a ERE é:

$$V = \frac{T \times 60 \times Q_b}{4} = \frac{10 \times 60 \times 77,33}{4} = 11.599,5 \text{ litros}$$

Considerando a altura útil estabelecida no projeto existente $H_u = 1,20$ m, a área mínima necessária é de $9,7$ m². Para a verificação da unidade projetada, seguem os dados característicos do poço de sucção projetado:

Compartimento das bombas:

- Seção retangular
- Número de câmaras 01 un
- Comprimento 2,00 m
- Largura 2,80 m
- Área do compartimento 5,60 m²

Compartimento de entrada no poço de sucção:

- Seção retangular
- Número de câmaras 01 un
- Comprimento 0,55 m
- Largura 2,80 m
- Área da câmara 1,54 m²

Volume do Poço de Sucção:

- Altura útil 1,00 m
- Área total 7,14 m²
- Volume útil 7,14 m³

O volume do poço de sucção projetado não é suficiente para manter o tempo mínimo de ciclo de funcionamento de 10 minutos.

Para a adequação do poço de sucção da ERE foi detalhada uma nova unidade com as seguintes características:

Compartimento das bombas:

- Seção retangular
- Número de câmaras 01 un
- Comprimento 2,50 m
- Largura 2,95 m
- Área do compartimento 7,375 m²

Compartimento de entrada no poço de sucção:

- Seção retangular
- Número de câmaras 01 un
- Comprimento 0,70 m
- Largura 2,95 m
- Área da câmara 2,065 m²

Volume do Poço de Sucção:

- Altura útil 1,20 m
- Área total 9,44 m²
- Volume útil 11,33 m³

3.4 CONJUNTO MOTOBOMBA

Para a determinação das curvas do sistema foi utilizada a seguinte equação:

$$H_m = H_g + H_d + \sum H_l, \text{ sendo,}$$

H_m Altura Manométrica (mca)

H_g Desnível geométrico (m)

H_d Perda de carga distribuída ao longo da linha de recalque (mca)

$\sum H_l$ Somatória das Perdas de carga localizadas nas conexões da instalação e da linha de recalque (mca)

3.4.1 Desnível Geométrico (Hg)

– Cota do NA mínimo no poço de sucção	863,30 m
– Cota do NA máximo no poço de sucção	864,50 m
– Cota do Nível da Água na CDV-4	871,14 m
– <u>Desnível geométrico máximo</u>	7,84 m
– <u>Desnível geométrico mínimo</u>	6,64 m

3.4.2 Perda de Carga Distribuída na Linha de Recalque (H_d)

Para a determinação da perda de carga distribuída ao longo da linha de recalque utilizou-se o modelo de Darcy-Weisbach, o modelo de Colebrook-White e a equação da continuidade, conforme formulação apresentada.

Fórmula Universal de Darcy-Weisbach $H_d = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{U^2}{2g}$

Equação da Continuidade $Q = U \cdot A$

Modelo de Colebrook-White $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{k}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{f}} \right)$

Sendo:

H_d	Perda de carga distribuída (mca)
f	Fator de atrito de Darcy
L	Extensão de tubulação (m)
D	Diâmetro interno da tubulação (m)
U	Velocidade do escoamento no interior da tubulação (m/s)
g	Aceleração da gravidade (= 9,81 m/s ²)
Q	Vazão transportada (m ³ /s)
A	Área da seção transversal interna da tubulação (m ²)
k	Rugosidade equivalente da parede interna do tubo (m)
Re	Número de Reynolds ($\text{Re} = \frac{U \cdot D}{\nu}$)
ν	Viscosidade cinemática da água (= 1,0 x 10 ⁻⁶ m ² /s)

3.4.3 Perda de Carga Localizada (H_L)

A perda de carga localizada foi calculada somando-se o valor da perda para cada conexão da instalação de recalque, conforme apresentado no Quadro 1, utilizando-se os respectivos coeficientes “K” de perda localizada.

Quadro 1 – ERE: Conexões da Instalação de Recalque

Local	Conexão	DN (mm)	Qtd	Valor de K	Soma de K
Poço (Tr.1)	Curva 90°	150	1	0,40	0,40
	Ampliação	150x200	1	0,30	0,30
Poço (Tr.2)	Válvula de Retenção	200	1	2,50	2,50
	Curva 45°	200	1	0,20	0,20
	Válvula de Gaveta	200	1	0,20	0,20
	Y Saída Lateral	200	1	1,30	1,30
Barrilete (Tr.3)	Tê de Passagem	200	1	0,60	0,60
Recalque (Tr.4)	Curva 90°	200	2	0,40	0,80
	Curva 45°	200	1	0,20	0,20
	Saída	200	1	1,00	1,00

A soma dos valores de K, para cada trecho, está apresentada a seguir.

- Trecho 1 (Ø150 mm) 0,70
- Trechos 2, 3 e 4 (Ø200 mm) 6,80

Para o cálculo da perda de carga de cada conexão utilizou-se a fórmula $h_L = K \cdot \frac{U^2}{2 \cdot g}$, que, para sua composição na curva do sistema pode ser escrita em função da vazão, ou seja,

$$h_L = \frac{8 \cdot K}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4} \times Q^2.$$

3.4.4 Conjunto Motobomba

As características do conjunto motobomba são apresentadas a seguir:

- Marca KSB
- Modelo KRT K 150-315/206 W GS
- Potência Nominal 18 cv
- Rotação 1.160 rpm
- Diâmetro da descarga 150 mm
- Diâmetro do rotor 295 mm

3.4.4.1 Material do fornecedor

Segue o material disponibilizado pelo fornecedor da bomba.

Type series booklet
2553.523/12-14

KRT



Applications

KRT submersible motor pumps are used for pumping all types of sewage and effluent in water treatment and industry, especially untreated sewage with long fibrous and solid substances, liquids containing air and gas as well as raw, activated and digested sludge.

Operating data

Capacity	Q	up to 45 000 USgpm (10 000 m ³ /h)
Head	H	up to 330 ft (100 m)
Motor power	P ₂	up to 1080 HP (800 kW)
Temperature of pumped liquid	t	up to 140 °F (60 °C)

Drive

Three-phase asynchronous motor
200 V, 230 V, 380 V, 460 V, 575 V, others optional

Material

Standard version in cast iron
Material variants of wear resistant chromium white iron and corrosion-resistant duplex stainless steel

Shaft sealing

2 mechanical seals being independent of the direction of rotation, lubricated with non-toxic oil

Bearings

grease lubricated ball bearings

Designation

Example

	KRT K 150-401 / 80 4 UN G - S
Pump type	K
Impeller type	S, F, E, D, K
Hydraulics dimension	150-401
Motor size	80
Number of poles	4
Motor version	U, X, W, Z, UN, XN, WN, ZN
Material version / variant	G, G1, G2, GH, C1, C2
Installation Type	S = Stationary wet-well installation without cooling jacket P = Transportable wet-well installation without cooling jacket K = Stationary wet-well installation with cooling jacket D = Stationary dry installation, vertical (S1 operation) H = Stationary dry installation, horizontal (S1 operation)

New:

Motor versions UK, XK for wet and dry installation with energy-saving motors (Classification: NEMA MG1 "Energy Efficient Motors").



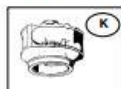


KRT

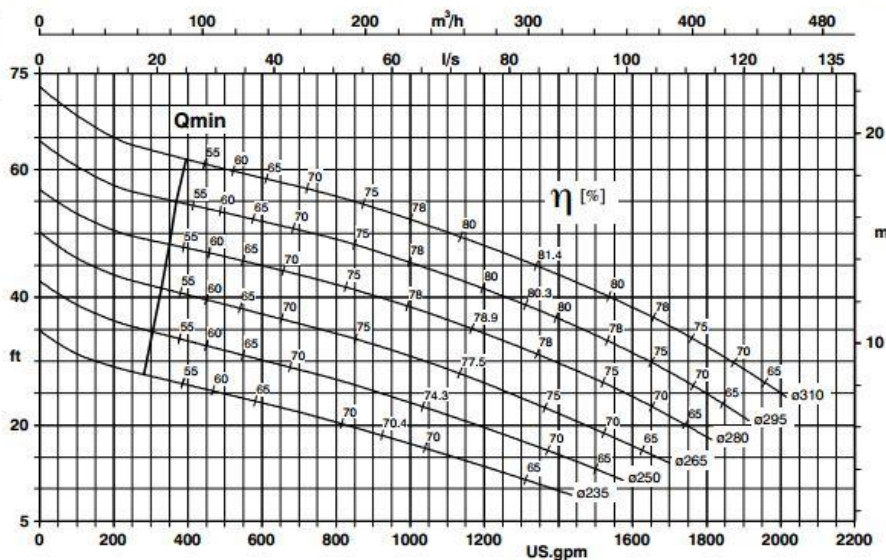
KRT K 150-315

1160 rpm

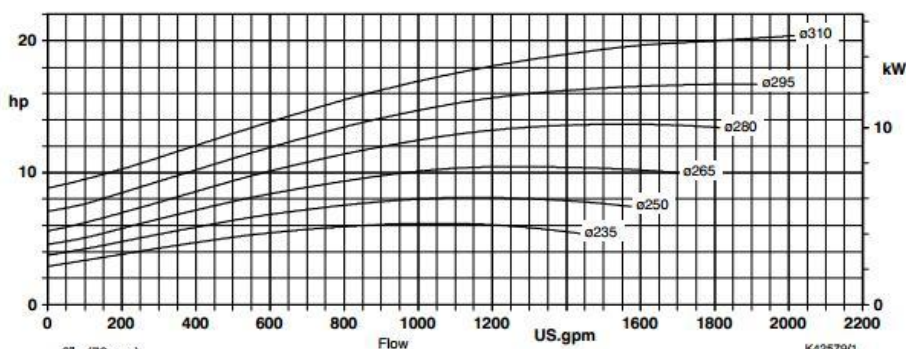
6 inch



TDH



Power Input



Free passage

3" (76 mm)

Flow

K42579/1

MOTOR RATING Material				MAX. LIQUID TEMP.		MOTOR CODE
G, G1, GH, H	C1, C2	Hp	kW	°F	°C	
6.5	4.8	-	-	104	40	46UK IE3 46XK IE3 *)
				140	60	66W 66Z *)
7.5	5.6	-	-	104	40	66UK IE3 66XK IE3 *)
	7.5	5.6	140	60		96W 96Z *)
10	7.5	10	7.5	104	40	96U 96X *)
				140	60	126W 126Z *)

MOTOR RATING Material				MAX. LIQUID TEMP.		MOTOR CODE
G, G1, GH, H	C1, C2	Hp	kW	°F	°C	
15	11.2	15	11.2	104	40	126U 126X *)
20	14.9	-	-	104	40	156U 156X *)
18	13.4	15	11.2	140	60	196W 196Z *)
24	17.9	22	16.4	104	40	196U 196X *)
	20	14.9	140	60		266W 266Z *)
-	-	27	20.1	104	40	266U 266X *)

*) FM/CSA = Explosionproof to Class I, Division 1, Groups C & D

New: Motor versions UK, XK for wet and dry installation with energy-saving motors (Classification: NEMA MG1 "Energy Efficient Motors").

3.4.5 Ponto Operacional

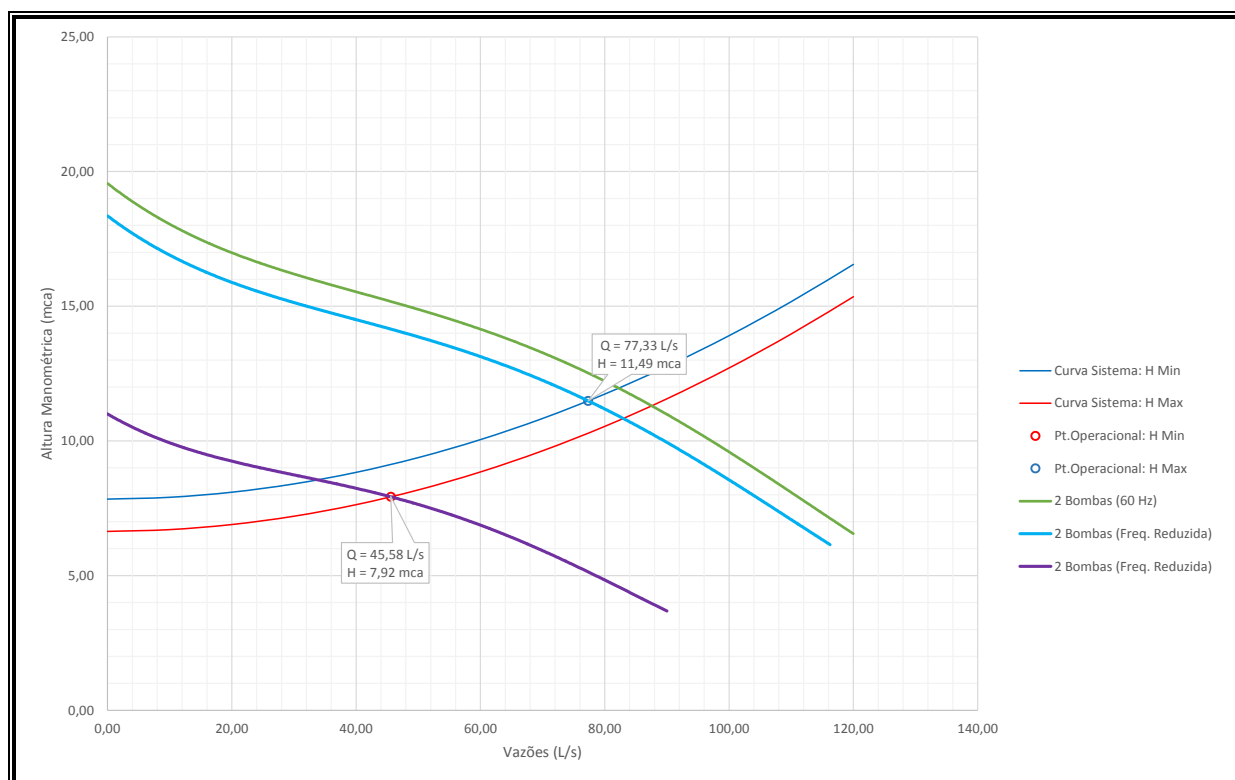


Figura 1 – ERE: Ponto Operacional

Funcionamento com 60 Hz – Ponto Médio

Vazão 84,90 L/s
Manométrica 11,63 mca
Rendimento 81,7%
Potência 16,1 cv

Funcionamento com 58 Hz (Hg Máximo)

Vazão 77,33 L/s
Manométrica 11,49 mca
Rendimento 82,2%
Potência 14,4 cv

Funcionamento com 45 Hz (Hg Mínimo)

Vazão 45,58 L/s
Manométrica 7,92 mca
Rendimento 76,8%
Potência 6,1 cv

3.4.6 Verificação das Velocidades na Linha de Recalque

A linha de recalque da ERE foi projetada com DN 200 mm, diâmetro interno de Ø211,2 mm. As velocidades do efluente recalcado, para os pontos operacionais de desnível geométrico mínimo e máximo estão apresentadas a seguir.

Funcionando em 58 Hz

Vazão 77,33 L/s
Velocidade 2,21 m/s

Funcionamento em 45 Hz

Vazão 45,58 L/s
Velocidade 1,30 m/s

3.4.7 Blocos de Ancoragem

Os blocos de ancoragem foram dimensionados para a manométrica máxima da bomba operando em 60 Hz. O Quadro 2 com as pressões e os empuxos atuantes em cada bloco de ancoragem previsto no projeto da ERE e sua linha de recalque.

Quadro 2 – ERE: Blocos de Ancoragem

Acessório	Pressões		Diâmetro (mm)	Área (cm²)	Empuxo Calculado (kg)	Empuxo Arred. (toneladas)	Empuxo Adotado (toneladas)	Bloco de Ancoragem
	(mca)	(kg/cm²)						
Flange Cego	12,00	1,20	211,2	350,33	420	0,50	0,50	PA
Tê	12,00	1,20	211,2	350,33	420	0,50	0,50	BH-01
C90°	12,00	1,20	211,2	350,33	595	0,60	0,60	BH-02
C45°	12,00	1,20	211,2	350,33	322	0,40	0,40	BH-03
C90°	12,00	1,20	211,2	350,33	595	0,60	0,60	BV-01

4 ELEVATÓRIA DE RECIRCULAÇÃO DE LODO

O lodo aeróbio produzido no filtro biológico e retido no decantador secundário deverá ser retornado aos reatores anaeróbios (UASB) para melhor estabilização da fração volátil. Para tanto foi prevista uma elevatória de retorno de lodo e filtrado, denominada ERL. O lodo retirado dos decantadores secundários é reunido e encaminhado para a CDV-1, que alimenta os reatores anaeróbios.

4.1 VAZÃO DE RECALQUE

A vazão de dimensionamento da elevatória de recirculação de lodo foi estabelecida em aproximados 10,00 L/s, atendendo uma vazão regularizada de 5,00 L/s para cada decantador.

4.2 LINHA DE RECALQUE

A linha de recalque da elevatória ERL será implantada com tubos de ferro fundido e extensão aproximada de 83,6 m.

Para o dimensionamento da linha de recalque utilizou-se o modelo de Bresser como referência para a determinação do diâmetro comercial, ou seja: $D = K\sqrt{Q}$; a velocidade mínima recomendada nas normas T.235/0 da COPASA e NBR 12208 da ABNT – $V \geq 0,60$ m/s; e, o diâmetro nominal mínimo de 75 mm para promover melhores condições operacionais da unidade.

Considerando-se $K = 1$ e $Q = 10,0$ L/s, o diâmetro econômico é $D = 100$ mm. Optou-se, assim, pela execução da tubulação de recalque da ERL com tubos de ferro fundido, em DN 100 mm. Nesta situação, a velocidade na tubulação será $V = 1,13$ L/s

4.3 POÇO DE SUCÇÃO

O poço de sucção foi dimensionado para receber dois conjuntos motobomba submersíveis sendo um para reserva/rodízio.

Considerando-se que o funcionamento da elevatória se dará por batelada, o poço de sucção foi projetado com as seguintes características:

– Seção	circular
– Diâmetro	1,40 m
– Altura útil	0,60 m
– Área do poço	1,54 m ²
– Volume	0,92 m ³

4.4 CONJUNTO MOTOBOMBA

Para a determinação das curvas do sistema foi utilizada a seguinte equação:

$$H_m = H_g + H_d + \sum H_l, \text{ sendo,}$$

H_m Altura Manométrica (mca)

H_g Desnível geométrico (m)

H_d Perda de carga distribuída ao longo da linha de recalque (mca)

$\sum H_l$ Somatória das Perdas de carga localizadas nas conexões da instalação e da linha de recalque (mca)

4.4.1 Desnível Geométrico (H_g)

- Cota do NA mínimo no poço de sucção 864,91 m
- Cota do NA máximo no poço de sucção 865,51 m
- Cota da tubulação na CDV-1 874,00 m
- Desnível geométrico máximo 9,09 m
- Desnível geométrico mínimo 6,49 m

4.4.2 Perda de Carga Distribuída na Linha de Recalque (H_d)

Para a determinação da perda de carga distribuída ao longo da linha de recalque utilizou-se o modelo de Darcy-Weisbach, o modelo de Colebrook-White e a equação da continuidade, conforme formulação apresentada.

Fórmula Universal de Darcy-Weisbach $H_d = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{U^2}{2g}$

Equação da Continuidade $Q = U \cdot A$

Modelo de Colebrook-White $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{k}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{f}} \right)$

Sendo:

H_d Perda de carga distribuída (mca)

f Fator de atrito de Darcy

L Extensão de tubulação (m)

D Diâmetro interno da tubulação (m)

U Velocidade do escoamento no interior da tubulação (m/s)

g Aceleração da gravidade (= 9,81 m/s²)

Q Vazão transportada (m³/s)

A Área da seção transversal interna da tubulação (m²)

k Rugosidade equivalente da parede interna do tubo (m)

Re Número de Reynolds ($Re = \frac{U \cdot D}{\nu}$)

ν Viscosidade cinemática da água ($= 1,0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)

4.4.3 Perda de Carga Localizada (H_L)

A perda de carga localizada foi calculada somando-se o valor da perda para cada conexão da instalação de recalque, conforme apresentado no Quadro 1, utilizando-se os respectivos coeficientes “K” de perda localizada.

Quadro 3 – ERE: Conexões da Instalação de Recalque

Local	Conexão	DN (mm)	Qtd	Valor de K	Soma de K
Poço (Tr.1)	Cotovelo 90°	Ø4"	1	0,90	0,90
Barrilete (Tr.2)	Curva 90°	100	1	0,40	0,40
	Válvula de Retenção	100	1	2,50	2,50
	Válvula de Gaveta	100	1	0,20	0,20
	T Saída Lateral	100	1	1,30	1,30
	Tê Passagem Direta	100	2	0,60	1,20
Recalque (Tr.3)	Curva 45°	100	5	0,20	1,00
	Curva 90°	100	2	0,40	0,80
	Saída	100	1	1,00	1,00

A soma dos valores de K, para cada trecho, está apresentada a seguir.

- Trecho 1 (Ø4") 0,90
- Trechos 2 e 3 (Ø100 mm) 8,40

Para o cálculo da perda de carga de cada conexão utilizou-se a fórmula $h_L = K \cdot \frac{U^2}{2 \cdot g}$, que,

para sua composição na curva do sistema pode ser escrita em função da vazão, ou seja,

$$h_L = \frac{8 \cdot K}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4} \times Q^2.$$

4.4.4 Conjunto Motobomba

As características do conjunto motobomba são apresentadas a seguir:

- Marca ABS
- Modelo EJ 20 B STD
- Potência Nominal 2 cv
- Rotação 1.750 rpm
- Diâmetro da descarga 3" mm

4.4.4.1 Material do fornecedor

Segue o material disponibilizado pelo fornecedor da bomba.

Especificações Técnicas

Modelo	Motor 60Hz			Cabo Elétrico			Tipo Propulsor	Recalque o Nominal pol/rosc	Passagem de Sólidos Ø mm		
	Potência Nominal cv/kW	Rotação Nominal rpm	Tensão de Operação V	Corrente Máxima (I) A	Condutores x Bitola Qtde. x mm²	Comp. Padrão m					
EJ 10 B STD	1,0/0,75	1750	220/380/440	5,0/3,0/2,5	4 x 1,5	7	Semiaberto (ContraBlock)	Flange 3" ANSI 125/ DN 75 NBR 7675	65		
EJ 10 BX STD*					7 x 1,5						
EJ 20 B STD	2,0/1,5	1750	220/380/440	10,0/5,8/5,0	4 x 1,5	7	Semiaberto (ContraBlock)	Flange 3" ANSI 125/ DN 75 NBR 7675	65		
EJ 20 BV STD D140							Vortex		60		
EJ 20 BV STD D155											
EJ 20 BV STD D170				10/5,8/5,0	7 x 1,5		Semiaberto (ContraBlock)		65		
EJ 20 BX STD*							Vortex		60		
EJ 20 BVX STD D140*											
EJ 20 BVX STD D155*											
EJ 20 BVX STD D170*											
EJ 30 B STD	3,0/2,2	1750	220/380/440	15/8,7/7,5	4 x 2,5	7	Semiaberto (ContraBlock)	Flange 3" ANSI 125/ DN 75 NBR 7675	65		
EJ 30 BV STD D170				12/7,0/6,0			Vortex				
EJ 30 BV STD D186											
EJ 30 BV STD D199				15/8,7/7,5	7 x 2,5		Semiaberto (ContraBlock)				
EJ 30 BX STD*							Vortex				
EJ 30 BVX STD D170*											
EJ 30 BVX STD D186*											
EJ 30 BVX STD D199*											
EJ 40 B 2/3/4 V STD D110	4,0/3,0	3450	220/380/440	15/8,7/7,5	4 x 2,5	7	Semiaberto (ContraBlock)	Flange 3" ANSI 125/ DN 75 NBR 7675	50		
EJ 40 B 2/3/4 V STD D115									Vortex	45	
EJ 40 B 2/3/4 V STD D120											
EJ 40 B 2/3/4 V STD D125					7 x 2,5		Semiaberto (ContraBlock)		50		
EJ 40 BV 2/3/4 V STD										Vortex	45
EJ 40 BX 2/3/4 V STD D110*											
EJ 40 BX 2/3/4 V STD D115*											
EJ 40 BX 2/3/4 V STD D120*											
EJ 40 BX 2/3/4 V STD D125*											
EJ 40 BVX STD*							Vortex		45		
EJ 50 B STD	5,0/3,7	1750	220/380/440	19/11/9,5	4 x 4,0	7	Semiaberto (ContraBlock)	Flange 3" ANSI 125/ DN 75 NBR 7675	65		
EJ 50 B Y-D 2/4 V			220/440	19/9,5	7 x 2,5						
EJ 50 B Y-D 3/6 V			380	11	4 x 4,0/3 x 1,5						
EJ 50 BX STD*			220/380/440	19/11/9,5							
EJ 50 BX Y-D 2/4 V*			220/440	19/9,5	7 x 2,5/3 x 1,5						
EJ 50 BX Y-D 3/6 V*			380	11							
EJ 75 B STD	7,5/5,5	1750	220/380/440	24/13,9/12	4 x 6,0	7	Semiaberto (ContraBlock)	Flange 3" ANSI 125/ DN 75 NBR 7675	65		
EJ 75 B Y-D 2/4 V			220/440	24/12	7 x 2,5						
EJ 75 B Y-D 3/6 V			380	13,9							
EJ 75 BX STD*			220/380/440	24/13,9/12	4 x 6,0/3 x 1,5						
EJ 75 BX Y-D 2/4 V*			220/440	24/12	7 x 2,5/3 x 1,5						
EJ 75 BX Y-D 3/6 V*			380	13,9							

* Protetor térmico de sobreaquecimento de cabeceira de bobinas e di-eletrodo para proteção contra entrada de água no depósito de óleo da bomba.

Tabela de Recalque

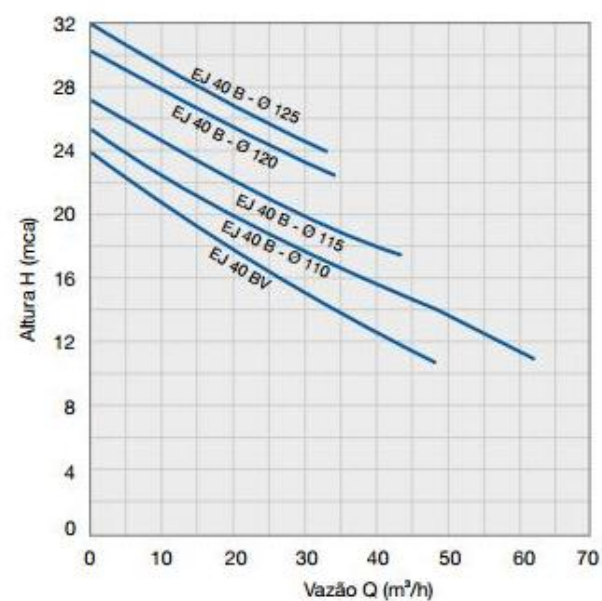
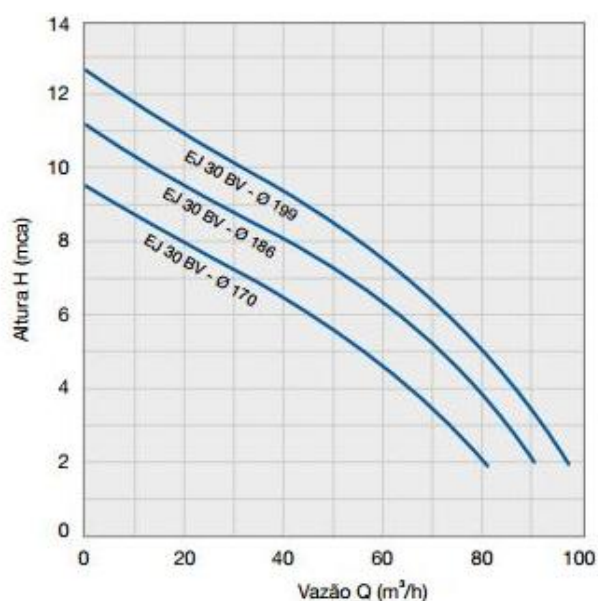
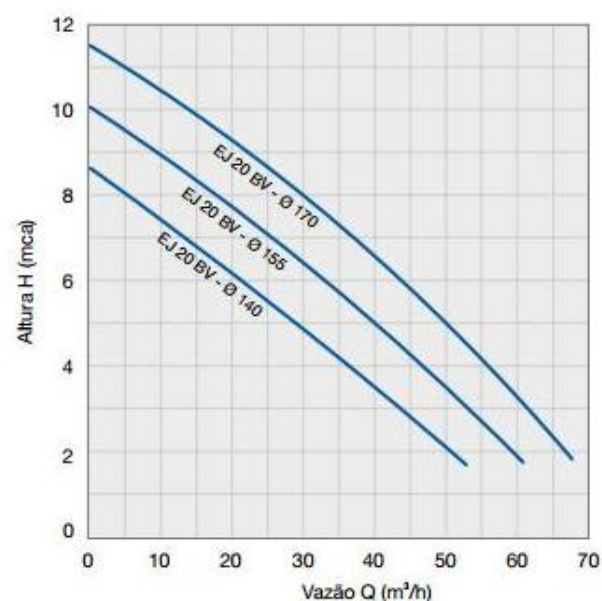
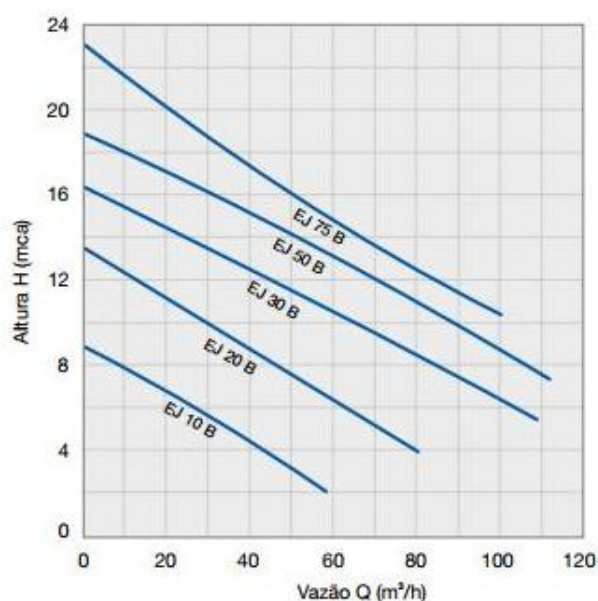
Modelo	10B/BX	20B/BX	20BV/BVX			30B/BX	30BV/BVX			40B/BX				40BV/BVX	50B/BX	75B/BX
Ø Propulsor	130	164	140	155	170	176	170	186	199	110	115	120	125	120	190	205
mca	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h
2	58,5	-	51	59,4	66,8	-	80,8	90,6	97,5	-	-	-	-	-	-	-
4	43,8	80,0	37,1	47,7	56,8	-	66,5	79,7	87,1	-	-	-	-	-	-	-
6	24,0	64,9	21,8	33,9	45,1	106,0	47,2	65,0	74,3	-	-	-	-	-	-	-
8	1,9	48,5	5,5	17,9	30,4	89,0	20,7	42,8	57,1	-	-	-	-	-	109,0	-
10	-	30,7	-	-	13,2	69,0	-	14,2	33,0	-	-	-	-	-	91,6	100,0
12	-	13,3	-	-	-	46,6	-	-	3,5	56,0	-	-	-	45,3	74,6	88,0
14	-	-	-	-	-	23,8	-	-	-	47,0	-	-	-	36,6	54,7	70,0
16	-	-	-	-	-	3,9	-	-	-	38,0	-	-	-	28,3	33,7	51,0
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,0	42,0	-	-	20,3	10,0	32,0
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,0	31,0	-	-	12,9	-	12,5
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,0	21,0	32,0	-	5,8	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	13,0	22,0	33,0	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	13,0	23,5	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0	15,0	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,0	-	-	-

Materiais Construtivos

Componentes	Material
Tampa com alça integrada	EN-GJL-250 DIN EN 560 (Ferro fundido GG 25)
Carcaça do motor	
Flange intermediária (EJ 30 a EJ 75)	
Depósito de óleo	
Voluta	
Propulsor	Aço inox AISI 420
Eixo	
Mancais	Rolamento de esferas
Selo mecânico duplo	Carvão/Cerâmica/Aço inox AISI 316
Elementos de fixação	Aço Inox AISI 304
Anéis de vedação	Borracha nitrílica Buna N
Motor elétrico (grau de proteção IP68)	Classe de isolamento B (1 e 2 cv) e F (3 a 7,5 cv)
Cabo elétrico	PVC
Óleo isolante/lubrificante	Óleo mineral branco atóxico

Scavenger	EJ 10 B e BX	EJ 20 B e BX	EJ 40 BV e BVX	EJ 40 B e BX
A (mm)	492	535	535	589
Peso (kg) com cabo elétrico	32	38	41	48

Curvas de Performance



4.4.5 Ponto Operacional

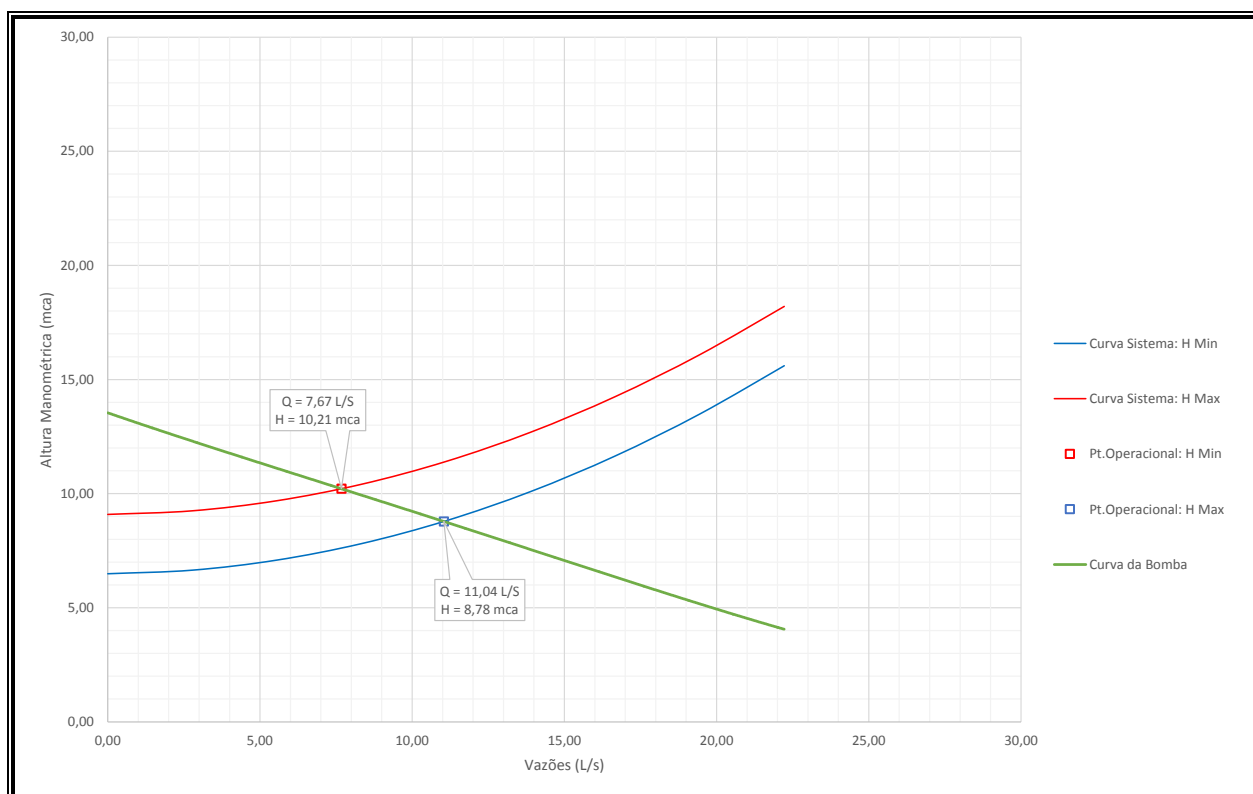


Figura 2 – ERL: Ponto Operacional

Hg Máximo

Vazão 7,67 L/s
Manométrica 10,21 mca

Hg Mínimo

Vazão 11,04 L/s
Manométrica 8,78 mca

4.4.6 Verificação das Velocidades na Linha de Recalque

A linha de recalque da ERL foi projetada com DN 100 mm, diâmetro interno de Ø106 mm. As velocidades do efluente recalcado, para os pontos operacionais de desnível geométrico mínimo e máximo estão apresentadas a seguir.

Hg Máximo

Vazão 7,67 L/s
Velocidade 0,87 m/s

Hg Mínimo

Vazão 11,04 L/s

Velocidade 1,25 m/s

4.4.7 Blocos de Ancoragem

Os blocos de ancoragem foram dimensionados para a manométrica máxima da bomba. O Quadro 4 com as pressões e os empuxos atuantes em cada bloco de ancoragem previsto no projeto da ERL e sua linha de recalque.

Quadro 4 – ERL: Blocos de Ancoragem

Acessório	Pressões		Diâmetro (mm)	Área (cm ²)	Empuxo Calculado (kg)	Empuxo Arred. (toneladas)	Empuxo Adotado (toneladas)	Bloco de Ancoragem
	(mca)	(kg/cm ²)						
Flange Cego	12,00	1,20	106,0	88,25	106	0,20	0,20	PA
Tê	12,00	1,20	106,0	88,25	106	0,20	0,20	BH-01
C45°	12,00	1,20	106,0	88,25	81	0,10	0,20	BH-02
C90°	12,00	1,20	106,0	88,25	150	0,20	0,60	BV-01

5 INTERLIGAÇÃO DAS UNIDADES

Apresenta-se, a seguir, o dimensionamento/verificação das interligações entre as unidades da ETE.

5.1 LINHA DE TRANSPORTE DE LODO PARA DESIDRATAÇÃO

- Extensão da linha 186,0 m
- Cota do NA nos reatores anaeróbios 871,50 m

A discriminação das conexões ao longo da linha de lodo está apresentada no Quadro 5 a seguir.

Quadro 5 - Conexões na linha de lodo para desidratação

Conexão	Qtd	Valor de K	Soma de K
Entrada de borda°	1	1,00	1,00
Curva 90°	5	0,40	2,00
Y Passagem direta	1	0,60	0,60
Válvula de esfera	2	0,23	0,46
Tê Passagem direta	15	0,60	9,00
Tê Saída lateral	4	1,30	5,20
Curva 45°	1	0,20	0,20
Saída	1	1,00	1,00

O coeficiente 'k' das válvulas de esfera foi calculado com base no catálogo da válvula Eflux da Glass, que informa, para o diâmetro de 6" (150 mm), com a válvula totalmente aberta, o valor de $K_v = 1860 \text{ m}^3/\text{h}$ para causar 1 bar de perda de carga, que equivale, aproximadamente, a $0,5167 \text{ m}^3/\text{s}$ para causar 3,1623 mca de perda de carga, ou seja, $K_v \approx 0,1637 \text{ m}^3/\text{s.mca}$.

A perda de carga localizada em conexões é usualmente calculada pela expressão:

$$h_f = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = \frac{8 \cdot k}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4}$$

Utilizando-se o coeficiente K_v , a perda de carga pode ser calculada com a seguinte expressão:

$$K_v = \frac{Q}{\sqrt{h_f}}, \text{ ou seja, } h_f = \frac{Q^2}{K_v^2}$$

Unindo-se as expressões, tem-se:

$$k = \frac{g \cdot \pi^2 \cdot D^4}{8 \cdot K_v^2}$$

Para o cálculo da perda de carga localizada, considerou-se a soma dos coeficientes de perda de carga localizada $\Sigma K = 19,46$.

A determinação da vazão de lodo na linha vai depender do nível da água (NA) no Taque Pulmão de Lodo (TPL), conforme a expressão seguinte.

$$Q = \sqrt{\frac{NA_{UASB} - NA_{TPL}}{f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{8}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4} + \frac{8 \cdot \Sigma K}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4}}}$$

O cálculo valor de “f” considerou a viscosidade do lodo $\nu = 8,82 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, convertida do valor da viscosidade absoluta $\mu = 900 \text{ cpi}$ (900 centipoise), apresentado por Dalton Luis da Cunha Ramaldes, Márcia Regina Pereira Lima e Ricardo Franci Gonçalves, no XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, em outubro de 2002m Cancún, México – ver Figura 3.

Tabela 1: Apresentação das dimensões do reator UASB utilizado no experimento, das características do efluente tratado e do lodo desse reator submetido aos testes de desidratação

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO REATOR UASB, EFLUENTE TRATADO E LODO GERADOS				
Dimensões do reator UASB	Características do efluente tratado			Características do lodo
	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	SS (mg/l)	
Diâmetro = 1,0 m	Média = 171	Média = 57	Média = 54	Densidade = 1,06 g/cm ³
Altura = 6,0 m	Des. Padrão = 45	Des. Padrão = 31	Des. Padrão = 18	Viscosidade cinemática (*) = 900 cpi
Vol. total = 4,8 m ³	Máx. = 266	Máx. = 126	Máx. = 93	ST = 9,0 %
TDH = 8 h	Min. = 90	Min. = 15	Min. = 22	SV = 55% (SV/ST)
	Nº amostras = 59	Nº amostras = 25	Nº amostras = 52	

Nota: (*) – Teste realizado pelo Laboratório de Pesquisas da Petrobrás

Figura 3 - Características do lodo de reator

A conversão da viscosidade absoluta para a viscosidade cinemática foi realizada considerando-se a densidade do lodo = 1.020 kg/m³.

Quando o nível da água no TPL estiver na cota máxima = 870,66 m, a vazão na linha de lodo será: $Q = 4,26 \text{ L/s}$ e o coeficiente de atrito $f = 0,2951$.

5.2 INTERLIGAÇÃO DO UASB COM A CDV-4

- Elevação máxima do nível da água nos reatores UASB 872,00 m

A tubulação de interligação do UASB à CDV-4 possui dois trechos a serem verificados, conforme discriminado a seguir.

Trecho 1

- Material ferro fundido
- Diâmetro DN 500 mm (DI 518 mm)
- Extensão 30 m
- Vazão máxima 166,66 L/s $\approx$ 167 L/s

Trecho 2

- Material ferro fundido
- Diâmetro DN 500 mm (DI 518 mm)
- Extensão 5 m
- Vazão máxima 250 L/s

Relação de conexões

Conexão	Trecho	Qtd	Valor de K	Soma de K
Entrada de borda°	Trecho 1	1	1,00	1,00
Curva 90°	Trecho 1	1	0,40	0,40
T Passagem direta	Trecho 1	1	0,60	0,60
Ampliação	Trecho 1	1	0,30	0,30
Tê Saída Lateral	Trecho 2	1	1,30	1,30
Saída	Trecho 2	1	1,00	1,00

- Somatório dos Coeficientes para o primeiro trecho 2,30
- Somatório dos Coeficientes para o segundo trecho 2,30

As perda de carga serão:

- Perda de carga distribuída no primeiro trecho 0,04 mca
- Perda de carga localizada no primeiro trecho 0,08 mca
- Perda de carga distribuída no segundo trecho 0,02 mca

- Perda de carga localizada no primeiro trecho 0,17 mca
- Perda de carga total na interligação **0,31 mca**
- Elevação do nível da água na CDV-4 **871,69 m**

Para o posicionamento da elevação da soleira do vertedor da CDV-4 utilizou-se a fórmula de Francis, para vertedores retangulares:

$$Q = 1,838 \times L \times H^{3/2}$$

- Largura do vertedor (L) 0,70 m
- Vazão em cada vertedor (Q) 125 L/s
- Altura da lâmina d'água no vertedor 0,2113 m
- Elevação da soleira do vertedor **871,48 m**

5.3 INTERLIGAÇÃO DA CDV-4 COM O FBP

A carga hidráulica disponível entre os reatores UASB e os filtros biológicos é bastante reduzida motivo pelo qual não será possível, com as vazões de final de plano, eliminar uma das linhas de FBP/DES (Filtro Biológico + Decantador Secundário), direcionando toda a vazão para o tratamento na linha restante. Porém, para permitir uma eventual paralização de uma das linhas, ou então o by-pass de um filtro, o trecho da interligação que ainda não foi implantado pelas obras foi redimensionado para DN 500 mm.

Como medida de segurança operacional foi projetado o sistema de extravasamento da CDV-4, com tubos de ferro fundido, DN 300 mm, encaminhando o efluente excedente para a calha Parshall da elevatória de recirculação que, por sua vez, extravasa para o corpo receptor através do emissário final, passando antes, pelo sistema de sanitização.

- Elevação do braço rotativo no Filtro Biológico 870,96 m

Assim como no caso da interligação do UASB com a CDV-4, a tubulação de interligação da CDV-4 com o FBP é dividida em dois trechos.

Trecho 1

- Material ferro fundido
- Diâmetro DN 500 mm (DI 518 mm)
- Extensão 19,75 m
- Vazão 125 L/s

Trecho 2

- Material PVC
- Diâmetro DN 400 mm (DI 394,6 mm)
- Extensão 19,85 m
- Vazão 125 L/s

Relação de conexões

Conexão	Trecho	Qtd	Valor de K	Soma de K
Entrada de borda°	Trecho 1	1	1,00	1,00
Curva 90°	Trecho 1	2	0,40	0,80
T Passagem direta	Trecho 1	2	0,60	1,20
Válv. Borboleta	Trecho 1	1	0,30	0,30
Curva 90°	Trecho 2	2	0,40	0,80
T Saída lateral	Trecho 2	1	1,30	1,30
Saída	Trecho 2	1	1,00	1,00

- Somatório dos Coeficientes para o primeiro trecho 3,30
- Somatório dos Coeficientes para o segundo trecho 3,10

As perda de carga serão:

- Perda de carga distribuída no primeiro trecho 0,02 mca
- Perda de carga localizada no primeiro trecho 0,06 mca
- Perda de carga distribuída no segundo trecho 0,05 mca
- Perda de carga localizada no primeiro trecho 0,17 mca
- Perda de carga total na interligação **0,30 mca**
- Elevação do nível da água na CDV-4 **871,26 m**

5.4 INTERLIGAÇÃO DA FBP COM O DES

A interligação entre o filtro biológico e o decantador secundário foi mantida com tubos de PVC, DN 400 mm, conforme já dimensionado. Com esse diâmetro tem-se:

- Cota do nível da água no DES 867,05 m
- Extensão da tubulação de interligação 23 m
- Material da tubulação PVC

- Diâmetro da tubulação DN 400 mm (DI 394,6 mm)
- Vazão máxima na tubulação (1 DES paralisado) 250 L/s

Relação de conexões

Conexão	Qtd	Valor de K	Soma de K
Entrada de borda°	1	1,00	1,00
Reg. Gaveta	2	0,20	0,40
T Passagem direta	1	0,60	0,60
Curva 45°	3	0,20	0,60
Saída	1	1,00	1,00

- Somatório dos Coeficientes para o primeiro trecho 3,60

As perda de carga serão:

- Perda de carga distribuída 0,18 mca
- Perda de carga localizada 0,77 mca
- Perda de carga total na interligação **0,95 mca**
- Elevação do nível da água no fundo do FBP **868,00 m**

Na pior das situações, ou seja, em final de plano, trabalhando com apenas um decantador secundário recebendo toda a vazão, a perda de carga provocará a elevação do nível da água dentro do filtro biológico, criando uma lâmina de água com aproximadamente $H = 0,54$ m a partir do fundo dessa unidade.

Em operação normal, a vazão de final de plano em cada decantador será $Q = 125$ L/s. Nesta situação tem-se:

- Perda de carga distribuída 0,05 mca
- Perda de carga localizada 0,19 mca
- Perda de carga total na interligação **0,24 mca**
- Elevação do nível da água no fundo do FBP **867,29 m**

A lâmina d'água no fundo do filtro biológico não extravasa a canaleta de recolhimento do efluente.