



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara
 Estação Elevatória de Esgoto - EEE-3
 Implantação do Sistema Preliminar

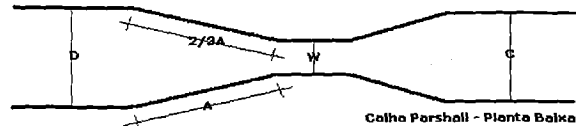
Atuação:
 18/12/2019

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O sistema preliminar será composto por gradeamento, caixa de areia e medidor de vazão do tipo Parshall. Os sistemas foram dimensionados considerando as condições de 2ª etapa.

2. MEDIDOR DE VAZÃO: CALHA PARSHALL

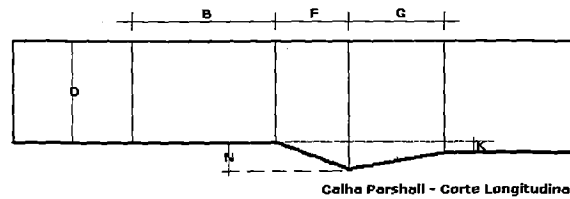
O medidor de vazão utilizado para a ETE será a Calha Parshall. A partir das vazões máximas e mínimas da ETE, pela Tabela 1 define-se suas dimensões, especificando-o pela largura de sua seção estrangulada (garganta).



As vazões a serem consideradas para o dimensionamento são:

Vazão	
Q mín	2,44 l/s
Q med	4,88 l/s
Q máx	10,87 l/s

Será adotada a Calha Parshall com capacidade de atendimento entre a Qmin (1ª etapa) e a Qmax (2ª etapa).



Especificação: **3pol**

W (pol)	W (cm)	A	B	C	D	E	F	G	K	N	Q mín (l/s)	Q max (l/s)
3pol	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	38,1	15,2	30,5	2,5	5,7	1,52	110,4
6pol	15,2	62,1	61,0	39,4	40,3	45,7	30,5	61,0	7,6	11,4	2,55	251,9
9pol	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	61,0	30,5	45,7	7,6	11,4	3,11	455,6
1	30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	4,25	696,2
1 1/2	45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	11,89	936,7
2	61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	17,26	1426,3
3	91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	36,79	1921,5
4	122,0	183,0	179,5	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	62,80	2422,0
5	152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	74,40	2929,0
6	183,0	213,5	209,0	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	115,40	3440,0
7	213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	130,70	3950,0
8	244,0	244,0	239,2	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	200,00	5660,0
10	305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,0	15,3	34,3		

Para relacionar a vazão com a altura da lâmina de água, utiliza-se a seguinte equação:

$$Q = k \cdot H^n$$

onde "k" e "n" são em função da calha parshall adotada, conforme se verifica na tabela abaixo:

W	cm	n	K
3pol	7,6	1,547	0,176
6pol	15,2	1,580	0,381
9pol	22,9	1,530	0,535
1	30,5	1,522	0,690
1,5	45,7	1,538	1,054
2	61	1,550	1,426
3	91,5	1,566	2,182
4	122	1,578	2,935
5	152,5	1,587	3,728
6	183	1,595	4,515
7	213,5	1,601	5,306
8	244	1,606	6,101

Para W = 3pol

K	n
0,176	1,547

A equação ficará igual a:

$$Q = 0,176 H^{1,547}$$



3. DESARENADOR (CAIXA DE AREIA)

A caixa de areia ficará à montante da calha Parshall. Contará com dois canais paralelos idênticos, de forma a permitir a sua limpeza sem comprometer a remoção das partículas para o qual foi idealizado, e terá seção trapezoidal para permitir que a vazão do esgoto seja diretamente proporcional à altura da lâmina líquida, utilizando para tal, a equação da Calha Parshall.

A velocidade do esgoto na caixa de areia deverá estar próxima de 0,30m/s, não devendo estar abaixo de 0,15m/s ou acima de 0,40m/s para evitar sedimentação de material orgânico (problemas com decomposição e geração de odor) ou arraste de partículas arenosas para as unidades posteriores.

Velocidade do esgoto:

0,35 m/s

As vazões de dimensionamento da caixa de areia serão:

Vazões	
Q min	2,44 L/s
Q med	4,88 L/s
Q máx	10,87 L/s

A determinação da lâmina de esgoto é dada pela equação da calha Parshall:

$$Q = 0,176 H^{1,547}$$

Vazão	L/s	H
Q min	2,44	0,063 m
Q max	10,87	0,165 m
Q méd	4,88	0,099 m

Dimensões da Caixa de Areia

O dimensionamento consistirá em definir a sua seção transversal, seu comprimento, rebaixo para a calha Parshall e o depósito de areia. A metodologia de cálculo foi baseada em Sergio Rolim, no seu livro entitulado Sistemas de Lagunas de Estabilização (2000).

Caixa de Areia com câmeras operando alternadamente

Tipos de Seção	
Retangular	0,03 m
Rebaixo da calha Parshall (z)	0,14 m
Altura máxima da lâmina d'água (H)	0,23 m
Largura do canal calculado (bcc)	0,30 m
Largura total (b)	3,38 m
Largura do canal (L)	3,50 m
Comprimento do canal adotado (L)	401,55 m ³ /m ² ·d
Taxa de escoamento superficial (T)*	

(*) Vazão entre 700 e 1600 m³/m²d (Fonte: Tratamento de Águas Residuárias, J.M. Azevedo Neto) ou entre 600 e 1200 m³/m²d (Fonte: Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias, J.A. Nunes)

Depósito de areia

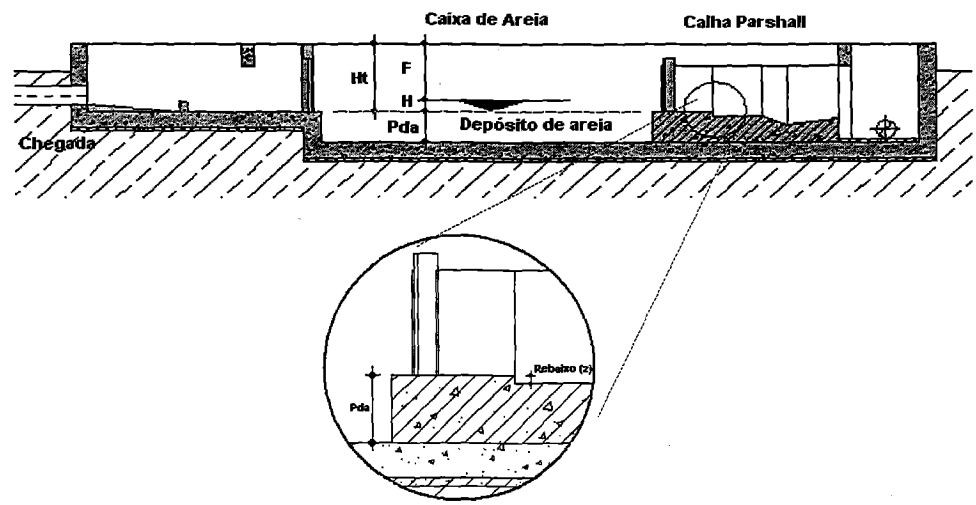
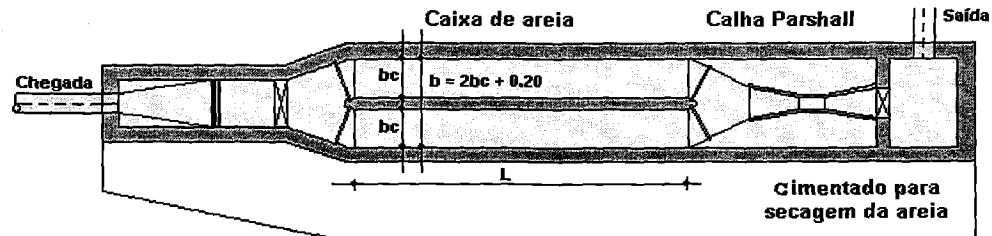
Taxa produção de material retido (Tp)	
0,00004 m ³ /m ³	(1)
15 dias	(2)
0,02 m ³	(3)
0,253 m ³	(4)
Largura do depósito de areia (B _{DA})	0,30 m
Comprimento do depósito (L _{DA})	3,50 m
Profundidade do depósito de areia (p _{DA})	0,24 m
Prof. do depósito de areia adotada (p _{DA})	0,30 m

Verificação das velocidades

Vazão (Q)	H	H - z	S=Lx(H-z)	V
Qmin	0,063 m	0,033 m	0,0099 m ²	0,25m/s
Qmed	0,099 m	0,069 m	0,0206 m ²	0,24m/s
Qmax	0,165 m	0,135 m	0,0406 m ²	0,27m/s

Considerando que a velocidade ficou em torno de 0,30m/s com variação menor que 20%, o dimensionamento da caixa de areia está adequado.

ESQUEMA GRÁFICO



4. GRADEAMENTO

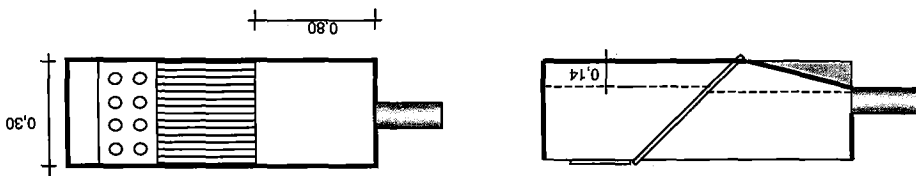
O gradeamento é a primeira parte da remoção dos sólidos no tratamento preliminar de resíduos domésticos ou industriais. São dispositivos de retenção e, geralmente, são barras de aço ou ferro dispostas paralelamente em vertical ou inclinada de modo a permitir o fluxo normal do esgoto. O espaçamento das barras é definido em termos das dimensões dos sólidos a serem retidos:

- a) Grades grosseiras: 4 a 10 cm
- b) Grades médias: 2 a 4 cm
- c) Grades finas: 1 a 2 cm

Tipo Grade	Seção da Barra
Grosseira	3/8 X 2
	3/8 X 2 1/2
	1/2 X 1 1/2
Média	1/2 X 2
	5/16 X 2
	3/8 X 1 1/2
Fina	3/8 X 2
	1/4 X 1 1/2
	5/16 X 1 1/2
	3/8 X 1 1/2

O gradeamento será do tipo simples, em barras paralelas, inclinado, com limpeza manual. Seu dimensionamento consiste em definir as barras, o espaçamento e a largura do canal da grade, bem como o nível máximo do esgoto.

Gradeamento	Formulas e Observações:
Tipo de gradeamento: Médio Especificação das barras: Largura (l): 8 mm Espessura (e): 50 mm Espaçamento (a): 20 mm Inclinação das barras (α): 45° Velocidade entre as barras (v): 0,37 m/s Vazão de dimensionamento: Qmin: 2,44 L/s Qmed: 4,88 L/s Qmax: 10,87 L/s Obstrução máxima (R): 50%	$N = \frac{B_g - a}{t + a}$
Área útil (Au): 0,029 m ² Eficiência da grade (E): 71,4% Área efetiva (At): 0,041 m ² Comprimento do canal (Lg): 0,80 m Largura do canal (Bg): 0,30 m Número de barras (N): 10,00 unid. Número de barras (N): 10,00 unid. O número de barras da grade adotado	



Verificação das velocidades

Vazão (Q)	H	H - z	At = Eg. (H-z)	Au = At . E	V
Qmin: 0,0024 m ³ /s	0,063 m	0,033 m	0,0099 m ²	0,0071 m ²	0,35 m/s
Qmed: 0,0049 m ³ /s	0,099 m	0,069 m	0,0206 m ²	0,0147 m ²	0,33 m/s
Qmax: 0,0109 m ³ /s	0,165 m	0,135 m	0,0406 m ²	0,0290 m ²	0,37 m/s

Os valores de velocidade encontrados deveriam ser próximos a 0,60m/s (+/- 20%). Porém, as velocidades obtidas são consequência da seção do canal, que neste caso específico, é a menor dimensão praticada, Bg=30cm.

Verificação da perda de carga:

Utilizando a equação abaixo, estima-se a perda de carga através da grade. Deve-se verificá-la tanto para a grade limpa como para a grade obstruída, geralmente considerando 50% suja.

(Metcalf & Eddy)

Obstrução	V	hf
Grade Limpa	0,37m/s	0,005 m
50%Obstruída	0,75m/s	0,036 m



	Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara Projeto da Estação Elevatória de Esgoto - EEE-3 Poço de Sucção	Atualização: 18/12/2019 09:07
		DE LICITAÇÃO

5. POÇO DE SUCCÃO

VAZÕES DE DIMENSIONAMENTO	MÁXIMA AFLUENTE DE FIM DE PLANO - Q_{max} (L/s)	10,87
	MÉDIA AFLUENTE DE INÍCIO DE PLANO - Q_{med} (L/s)	4,88
	MÍNIMA AFLUENTE DE INÍCIO DE PLANO - Q_{min} (L/s)	2,44
BOMBAS	Nº DE BOMBAS ATIVA(S)	01
	Nº DE BOMBAS RESERVA(S)	01
	TIPO DE BOMBA	Submersíveis
	VAZÃO DE BOMBEAMENTO - Q_{bom} (L/s)	10,87
POÇO DE SUCCÃO	COTA DO TERRENO NATURAL - CT (m)	829,000
	COTA DO TUBO DE CHEGADA - CCJ (m)	827,146
	FOLGA ENTRE O NA.max E A SOLEIRA DO TUBO - F (m)	0,20
	SUBMERGÊNCIA MÍNIMA - S_{bm} (m)	0,50
	SECÇÃO TRANSVERSAL DO POÇO DE SUCCÃO - S (m²)	QUADRADO
	COMPRIMENTO INTERNO DO LADO DO POÇO (m)	2,00
	VOLUME ÚTIL CALCULADO V_{Ucalc} (m³)	1,63
	ALTURA ÚTIL CALCULADA - h_{Ucalc} (m)	0,41
	ALTURA ÚTIL ADOTADA - h_{Uadot} (m)	0,60
	VOLUME ÚTIL ADOTADO V_{Uadot} (m³)	2,40
	PROFUNDIDADE DO POÇO EM RELAÇÃO AO TERRENO - P (m)	3,15
	COTA DO NÍVEL D'ÁGUA MÁXIMO - NA_{max} (m)	826,946
COTA DO NÍVEL D'ÁGUA MÍNIMO - NA_{min} (m)	826,346	
COTA DO FUNDO DO POÇO - CFp (m)	825,846	
TEMPO DE DETENÇÃO	ÁREA INTERNA DO POÇO - A (m²)	4,00
	ALTURA MÉDIA DO NA - h_{med} (m)	0,80
	VOLUME MÉDIO DO POÇO - V_{med} (m³)	3,20
	DESCONTO DO CHANFRO + BOMBAS - V_c (m³)	0,62
	TEMPO DE DETENÇÃO MÉDIA - T_d (minutos)	17,65
TEMPO DE CICLO MÍNIMO (min) - T_c		21,14
NÚMERO MÁXIMO DE PARTIDAS POR HORA - N_{par}		2,84

EQUAÇÕES UTILIZADAS NO CÁLCULO

$$V_u = 2,5 \times Q_{bom}$$

$$h_u = \frac{V_u}{A}$$

$$V_{Uadot} = A \cdot h_{Uadot}$$

$$h_i = \frac{h_{Uadot}}{2} + (C_{NAmin} - C_{fundo})$$

$$C_{NAmin} = C_{NAmax} - h_{Uadot}$$

$$C_{fundo} = C_{NAmin} - h_{RB}$$

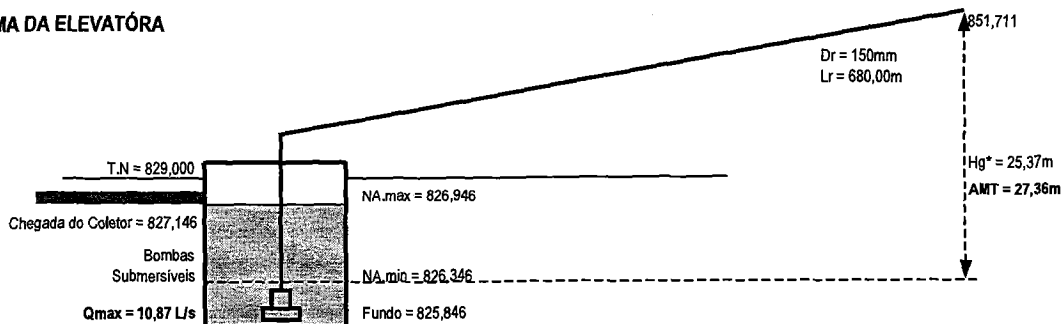
$$V_{irt} = A \cdot h_i$$

$$T_d = \frac{V_{irt}}{Q_{MED}}$$

$$T_{cm in} = \frac{V_{Uadot}}{Q_{min}} + \frac{V_{Uadot}}{Q_{bom} - Q_{min}}$$

$$N_{par} = \frac{60(\text{min/hor})}{T_{cm in}}$$

ESQUEMA DA ELEVATÓRA





6. DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

6.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

6.1.1 - LINHA DE RECALQUE

Tipo de material da tubulação

Q_{max} = Vazão máxima de bombeamento

L = Comprimento da tubulação

6.1.2 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

N_p = Número de bombas em funcionamento simultâneo (ativas)

N_{br} = Número de bombas reservas

Tipo de bombas:

6.2. DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES

6.2.1 - CÁLCULO DO DIÂMETRO ECONÔMICO

O cálculo do diâmetro econômico é obtido pela fórmula de Bresse apresentada a seguir:

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

Onde:

D = Diâmetro econômico

K = Coeficiente da fórmula de Bresse

Q = Vazão máxima de fim de plano, em m³/s

Por esta equação o diâmetro da tubulação de recalque (D_p) será de:

Deverá ser adotado diâmetro comercial próximo ao calculado da 2ª etapa, podendo ser inferior ou não em função da velocidade da velocidade a ser desenvolvida (entre 0,6 e 3,0m/s). Neste caso,

tem-se:

D_r = Diâmetro de recalque

D_p = Diâmetro de barrilete

6.2.2 - CÁLCULO DA VELOCIDADE NO TRECHO

Para o cálculo da velocidade do fluxo na tubulação usou-se a equação a seguir:

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

Onde:

Q = Vazão na tubulação, em m³/s

D = Diâmetro de recalque, em m

V = Velocidade do fluxo na tubulação, em m/s

6.2.3 - CÁLCULO DA PERDA DE CARGA LINEAR

Pela fórmula de HAZEN-WILLIAMS, obtém-se a perda de carga linear na tubulação, conforme equação a seguir:

$$j = \frac{10,643 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

Onde:

j = Perda de carga linear

Q = Vazão no trecho

D = Diâmetro no tubo

C = Coeficiente de Hazen-Williams

Por esta equação, a perda de carga linear na tubulação é igual a:

j = perda de carga linear

6.2.4 - CÁLCULO DA PERDA DE CARGA LOCALIZADA

Segundo Azevedo Netto, as perdas de carga localizadas são função do quadrado da velocidade e do coeficiente "K". O valor deste coeficiente diz respeito aos tipos de singularidades existentes nas tubulações do barrilete e na própria linha de recalque. Ver a equação a seguir:

$$h_l = K_p \frac{V_p^2}{2g} + K_r \frac{V_r^2}{2g}$$

Implantação	
1ª Etapa	2ª Etapa
MPVC	MPVC
10,87 L/S	10,87 L/S
680,00 m	680,00 m
1 bomba	1 bomba
1 bomba	1 bomba
Submersíveis	Submersíveis
150 mm	150 mm
150 mm	150 mm
0,011 m ³ /s	0,011 m ³ /s
115 mm	115 mm
115 mm	115 mm
0,0109 m ³ /s	0,0109 m ³ /s
150 mm	150 mm
0,62 m/s	0,62 m/s
0,0109 m ³ /s	0,0109 m ³ /s
0,150 m	0,150 m
140	140
0,00273m/m	0,00273m/m

6. DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATORIA

Onde:

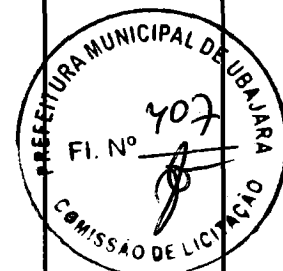
- K_b = Coeficiente relacionado às singularidades no barrilete
- K_r = Coeficiente relacionado às singularidades na linha de recalque
- V_b = Velocidade do fluxo no barrilete
- V_r = Velocidade do fluxo na linha de recalque
- g = Aceleração da gravidade
- h_b = Perda de carga localizada no barrilete
- h_r = Perda de carga localizada na linha de recalque
- h_t = Perda de carga localizada total

OBS: K foi obtido através do somatório de todos os K(s) relativos à todas as singularidades na linha de recalque e sucção. Ver tabela a seguir:

Barrilete			
TIPO	K	QUANT.	K PARCIAL
Curva 45°	0,20	1,00	0,20
Ampliação d/D=3/4	0,19	1,00	0,19
Redução d/D=1/2	0,33		
Curva 90°	0,40	1,00	0,40
Tê (passagem direta)	0,90	1,00	0,90
Tê (saída lateral)	2,00		
Te bilateral	1,80		
Registro de gaveta	0,20	1,00	0,20
Válvula de retenção	3,00	1,00	3,00
Outros	1,00		

Recalque			
TIPO	K	QUANT.	K PARCIAL
Curva 45°	0,20	5,00	1,00
Ampliação d/D=3/4	0,19		
Redução d/D=1/2	0,33		
Curva 90°	0,40	3,00	1,20
Tê (passagem direta)	0,90		
Tê (saída lateral)	2,00		
Te bilateral	1,80		
Válvula de gaveta	0,20		
Válvula de retenção	3,00		
Outros	1,00		

Implantação	
1ª Etapa	2ª Etapa
4,89	4,89
2,20	2,20
0,62 m/s	0,62 m/s
0,62 m/s	0,62 m/s
9,81 m/s ²	9,81 m/s ²
0,09 m	0,09 m
0,04 m	0,04 m
0,14 m	0,14 m
K_b	4,89
K_r	2,20
K_{Total}	7,09



A perda de carga localizada será (h_t):

6.2.5 - CÁLCULO DA PERDA DE CARGA TOTAL

A perda de carga total na tubulação é obtida pela equação a seguir:

$$H_j = L \cdot j + h_t$$

Onde:

- L = Comprimento da tubulação
- j = Perda de carga linear
- h_t = Perda de carga localizada
- H_j = Perda de carga total na tubulação

680,00 m	680,00 m
0,00273m/m	0,00273m/m
0,14 m	0,14 m
1,99 m	1,99 m

6.3. DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATORIA

6.3.1 - CÁLCULO DA ALTURA MANOMÉTRICA

Para o cálculo da altura manométrica total da(s) bomba(s), somou-se ao desnível geométrico o valor da perda de carga distribuída ao longo da tubulação de recalque e a perda de carga localizada total.

O desnível geométrico é dado pela diferença entre a cota mais alta do ponto de recalque e a cota mínima do líquido no poço de sucção. Ver a equação a seguir:

$$H_g = C_{MAX,rec} - C_{MIN,suc}$$

6. DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATORIA

Implantação	
1ª Etapa	
2ª Etapa	

Onde:
 $C_{\text{máx,rec}}$ = Cota do ponto mais alto da linha de recalque
 $C_{\text{mín,suc}}$ = Cota do nível mínimo do poço de sucção

Desta forma obtém-se o seguinte desnível geométrico
 H_g = Desnível Geométrico

A altura manométrica total (AMT) será dada pela equação a seguir:

$$AMT = H_g + H_i$$

Onde:

H_g^* = Desnível Geométrico

H_i = Perda de carga total

AMT = Altura Manométrica Total

6.3.2 - CÁLCULO DA POTÊNCIA DOS MOTORES

A potência dos motores foi calculada utilizando-se a equação a seguir. Para isto levou-se em conta o número de motores em funcionamento simultâneo.

$$P = \frac{W \cdot Q_{\text{max}} \cdot AMT}{\eta_p \cdot 75 \cdot \eta_s \cdot F_s}$$

Onde:

P = Potência instalada para cada conj. motor-bomba da estação elevatória

W = Peso específico do líquido a ser recalcado

Q_{max} = Vazão de bombeamento para fim de plano para cada bomba

H_g = desnível geométrico

AMT = Altura Manométrica Total

N_p = Número de conjuntos motor-bomba em funcionamento simultâneo

η = Rendimento do conjunto motor-bomba

F_s = Fator de Serviço

Para o cálculo, adotou-se as bombas com as seguintes características

Tipo de bombas:

η_p = Rendimento da bomba

η_m = Rendimento do motor

Aplicando a equação acima, a potência instalada em cada conjunto motor-bomba é igual à:

P = Potência instalada por conjunto motor-bomba:

Os motores elétricos normalmente não possuem a potência especificada, portanto foi necessário utilizar as seguintes potências comerciais:

Potência comercial em cada conjunto motor-bomba da estação elevatória:

Potência comercial total da estação elevatória:

6.3.3 CURVAS CARACTERÍSTICAS

Na Figura a seguir, estão apresentadas as curvas características da bomba e do sistema. A curva do sistema foi caracterizada em função da vazão, conforme equação abaixo:

$$AMT = H_g + \left(\frac{Q_2}{h_1} \right) \cdot Q_2 + \left(\frac{Q_2}{L \cdot J} \right) \cdot Q_2^{1,85}$$

Aplicando os valores obtidos ao longo do dimensionamento, chega-se à seguinte curva do sistema:

$$AMT = 25,37 + 0,001157 \cdot Q_2 + 0,022474 \cdot Q_2^{1,85}$$



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara
Projeto da Estação Elevatória de Esgoto - EEE-3
RESUMO



7. RESUMO

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

Nb = Número de bombas em funcionamento simultâneo (ativas)
Nbr = Número de bombas reservas
Vazão em cada conjunto Motor-Bomba
Vazão Total da Estação Elevatória
Desnível Geométrico
Altura Manométrica Total
Rendimento do Sistema
Potência Comercial de cada Conjunto Motor-Bomba
Potência Comercial da Estação Elevatória
Bomba considerada nos calculos:

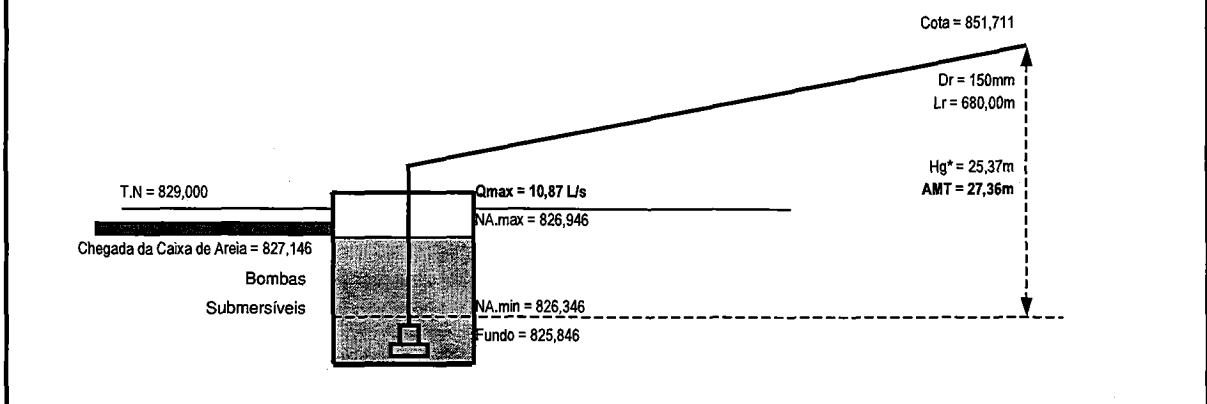
Tipo de bombas:

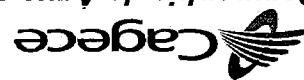
LINHA DE RECALQUE

Material da Tubulação
Vazão na Tubulação
Comprimento da Tubulação
Diâmetro da Tubulação

Implantação	
1ª Etapa	2ª Etapa
01	01
01	01
10,87 L/s	10,87 L/s
10,87 L/s	10,87 L/s
25,37 m	25,37 m
27,36 m	27,36 m
38,8%	37,2%
12,5 CV	12,5 CV
12,5 CV	12,5 CV
Submersíveis	Submersíveis
MPVC	MPVC
10,87 L/s	10,87 L/s
680,00 m	680,00 m
150 mm	150 mm

ESQUEMA DA ELEVATÓRIA





Companhia de Água e Esgoto do Ceará

Diretoria de Engenharia (DEN)

Gerência de Projetos (GPROJ)

Dados do Projeto:

Obra: Sistema de Esgotamento Sanitário
Localidade: Ubajara
Título: Estação Elevatória de Esgoto - EEE-5
Serviço: Projeto

Título:

Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara
Projeto da Estação Elevatória de Esgoto - EEE-5

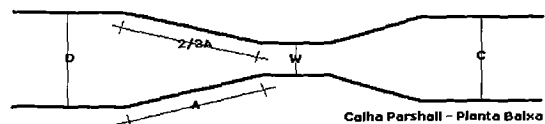
Processo:

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O sistema preliminar será composto por gradeamento, caixa de areia e medidor de vazão do tipo Parshall. Os sistemas foram dimensionados considerando as condições de 2ª etapa.

2. MEDIDOR DE VAZÃO: CALHA PARSHAL

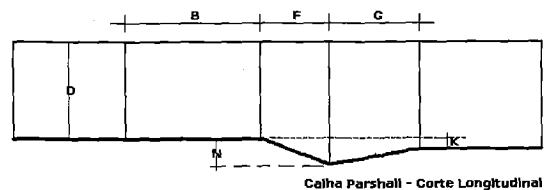
O medidor de vazão utilizado para a ETE será a Calha Parshall. A partir das vazões máximas e mínimas da ETE, pela Tabela 1 define-se suas dimensões, especificando-o pela largura de sua seção estrangulada (garganta).



As vazões a serem consideradas para o dimensionamento são:

Vazão	
Q min	13,88 l/s
Q med	27,76 l/s
Q máx	58,61 l/s

Será adotada a Calha Parshall com capacidade de atendimento entre a Qmin (1ª etapa) e a Qmax (2ª etapa).



Especificação: **6pol**

W (pol)	W (cm)	A	B	C	D	E	F	G	K	N	Q min	Q max
											(l/s)	(l/s)
1pol	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9		
3pol	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	38,1	15,2	30,5	2,5	5,7	0,85	53,8
6pol	15,2	62,1	61,0	39,4	40,3	45,7	30,5	61,0	7,6	11,4	1,52	110,4
9pol	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	61,0	30,5	45,7	7,6	11,4	2,55	251,9
1	30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	3,11	455,6
1 1/2	45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	4,25	696,2
2	61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	11,89	936,7
3	91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	17,26	1426,3
4	122,0	183,0	179,5	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	36,79	1921,5
5	152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	62,80	2422,0
6	183,0	213,5	209,0	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	74,40	2929,0
7	213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	115,40	3440,0
8	244,0	244,0	239,2	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	130,70	3950,0
10	305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,0	15,3	34,3	200,00	5660,0

Para relacionar a vazão com a altura da lâmina de água, utiliza-se a seguinte equação:
 onde "k" e "n" são em função da calha parshall adotada, conforme se verifica na tabela abaixo:

$$Q = k \cdot H^n$$

W	cm	n	K
3pol	7,6	1,547	0,176
6pol	15,2	1,580	0,381
9pol	22,9	1,530	0,535
1	30,5	1,522	0,690
1,5	45,7	1,538	1,054
2	61	1,550	1,426
3	91,5	1,566	2,182
4	122	1,578	2,935
5	152,5	1,587	3,728
6	183	1,595	4,515
7	213,5	1,601	5,306
8	244	1,606	6,101

Para W = 6pol

K	n
0,381	1,580

A equação ficará igual a:

$$Q = 0,381 H^{1,580}$$

3. DESARENADOR (CAIXA DE AREIA)

A caixa de areia ficará à montante da calha Parshall. Contará com dois canais paralelos idênticos, de forma a permitir a sua limpeza sem comprometer a remoção das partículas para o qual foi idealizado, e terá seção trapezoidal para permitir que a vazão do esgoto seja diretamente proporcional à altura da lâmina líquida, utilizando para tal, a equação da Calha Parshall.

A velocidade do esgoto na caixa de areia deverá estar próxima de 0,30m/s, não devendo estar abaixo de 0,15m/s ou acima de 0,40m/s para evitar sedimentação de material orgânico (problemas com decomposição e geração de odor) ou arraste de partículas arenosas para as unidades posteriores.

Velocidade do esgoto: **0,35 m/s**

As vazões de dimensionamento da caixa de areia serão:

Vazões	
2ª Etapa	
Q min	13,88 L/s
Q med	27,76 L/s
Q máx	58,61 L/s

A determinação da lâmina de esgoto é dada pela equação da calha Parshall:

$$Q = 0,381 H^{1,580}$$

Vazão	
L/s	
Q min	13,88
Q med	27,76
Q max	58,61
H	0,123
H	0,306
H	0,191

Dimensões da Caixa de Areia

O dimensionamento consistirá em definir a sua seção transversal, seu comprimento, rebaixo para a calha Parshall e o depósito de areia. A metodologia de cálculo foi baseada em Sergio Folim, no seu livro intitulado Sistemas de Lagunas de Estabilização (2000).

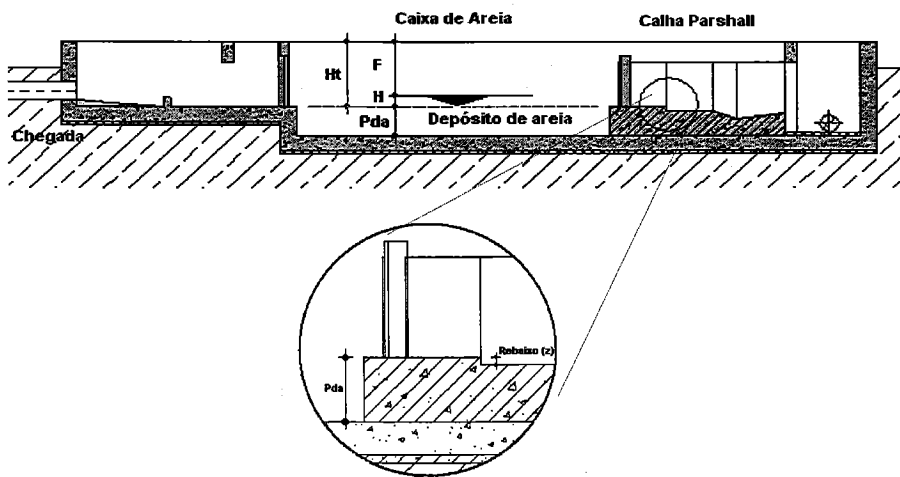
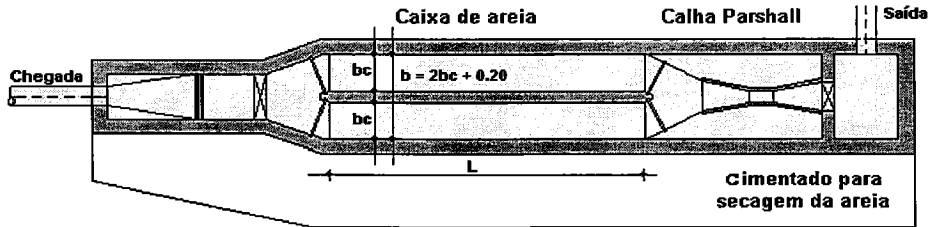
Caixa de Areia com câmaras operando alternadamente	
Fórmulas e Observações:	
Tipo de Seção	Retangular
Rebaixo da calha Parshall (z)	0,07 m
Altura máxima da lâmina d'água (H)	0,24 m
Largura do canal calculado (bcc)	0,71 m
Largura do canal adotado (bc)	0,70 m
Largura total (b)	1,60 m
Comprimento do canal (L)	5,90 m
Comprimento do canal adotado (L)	6,00 m
Taxa de escoamento superficial (T)*	571,06 m³/m².d

Depósito de areia	
Fórmulas e Observações:	
Taxa produção de material retido (Tp)	0,00004 m³/m²
Período de limpeza (t)	15 dias
Volume diâmetro de material retido (V _{md})	0,10 m³
Capacidade do depósito (V _t)	1,439 m³
Largura do depósito de areia (B _{0a})	0,70 m
Comprimento do depósito (L _{0a})	6,00 m
Profundidade do depósito de areia (p _{0a})	0,34 m
Prof. do depósito de areia adotada (p _{0a})	0,35 m

Verificação das velocidades	
Fórmulas e Observações:	
Taxa produção de material retido (Tp)	0,00004 m³/m²
Período de limpeza (t)	15 dias
Volume diâmetro de material retido (V _{md})	0,10 m³
Capacidade do depósito (V _t)	1,439 m³
Largura do depósito de areia (B _{0a})	0,70 m
Comprimento do depósito (L _{0a})	6,00 m
Profundidade do depósito de areia (p _{0a})	0,34 m
Prof. do depósito de areia adotada (p _{0a})	0,35 m

Considerando que a velocidade ficou em torno de 0,30m/s com variação menor que 20%, o dimensionamento da caixa de areia está adequado.

ESQUEMA GRÁFICO



4. GRADEAMENTO

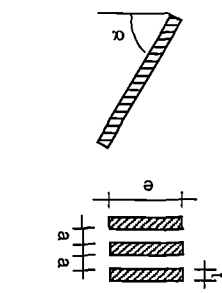
O gradeamento é a primeira parte da remoção dos sólidos no tratamento preliminar de resíduos domésticos ou industriais. São dispositivos de retenção e, geralmente, são barras de aço ou ferro dispostas paralelamente em vertical ou inclinada de modo a permitir o fluxo normal do esgoto. O espaçamento das barras é definido em termos das dimensões dos sólidos a serem retidos:

- a) Grades grosseiras: 4 a 10 cm
- b) Grades médias: 2 a 4 cm
- c) Grades finas: 1 a 2 cm

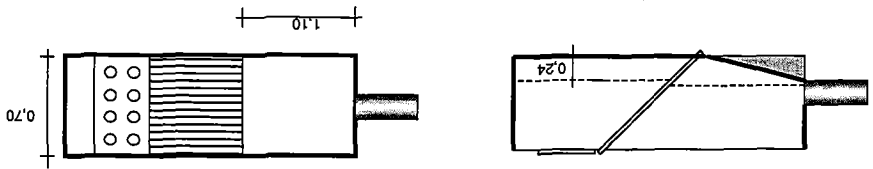
Tipo Grade	Seção da Barra
Grosseira	3/8 X 2
	3/8 X 2 1/2
	1/2 X 1 1/2
	1/2 X 2
Média	5/16 X 2
	3/8 X 1 1/2
	3/8 X 2
Fina	1/4 X 1 1/2
	5/16 X 1 1/2
	3/8 X 1 1/2

O gradearamento será do tipo simples, em barras paralelas, inclinado, com limpeza manual. Seu dimensionamento consiste em definir as barras, o espaçamento e a largura do canal da grade, bem como o nível máximo do esgoto.

Gradearamento	
Tipo de gradearamento	Médio
Especificação das barras:	Largura (t) 8 mm Espessura (e) 50 mm Espaçamento (a) 20 mm Inclinação das barras (α): 45° Velocidade entre as barras (v): 0,50 m/s Vazão de dimensionamento
Q _{min} Q _{med} Q _{max}	13,88 L/s 27,76 L/s 58,61 L/s
Obstrução máxima (H)	50%
Dimensionamento	
Área útil (Au)	0,118 m ²
Eficiência da grade (E)	71,4%
Área efetiva (At)	0,165 m ²
Comprimento do canal (Lg)	1,10 m
Largura do canal (Bg)	0,70 m
Número de barras (N)	24,29 unid
O número de barras da grade adotado	25,00 unid



Área útil (Au)	0,118 m ²
Eficiência da grade (E)	71,4%
Área efetiva (At)	0,165 m ²
Comprimento do canal (Lg)	1,10 m
Largura do canal (Bg)	0,70 m
Número de barras (N)	24,29 unid
O número de barras da grade adotado	25,00 unid



Verificação das velocidades	
Vazão (Q)	H
H - z	H - z
At = Bg · (H - z)	Au = At · E
Q _{min} 0,0139 m ³ /s	0,123 m
Q _{med} 0,0278 m ³ /s	0,191 m
Q _{max} 0,0586 m ³ /s	0,306 m
	0,236 m
	0,121 m
	0,0844 m ²
	0,1651 m ²
	0,1179 m ²
	0,0603 m ²
	0,0264 m ²
	0,0370 m ²
	0,52 m/s
	0,46 m/s
	0,50 m/s

Como os valores de velocidade obtidos situam-se próximos a 0,60m/s (+/- 20%), o dimensionamento está adequado.

Verificação da perda de carga:

Utilizando a equação abaixo, estima-se a perda de carga através da grade. Deve-se verificá-la tanto para a grade limpa, como para a grade obstruída, geralmente considerando 50% suja.

(Metcalf & Eddy)

Obstrução	V	ht
Grade Limpa	0,50m/s	0,009 m
50%Obstruída	0,99m/s	0,063 m



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara
Projeto da Estação Elevatória de Esgoto - EEE-5
Poço de Sucção



VAZÕES DE DIMENSIONAMENTO	MÁXIMA AFLUENTE DE FIM DE PLANO - Q_{max} (L/s)	58,61
	MÉDIA AFLUENTE DE INÍCIO DE PLANO - Q_{med} (L/s)	40,68
	MÍNIMA AFLUENTE DE INÍCIO DE PLANO - Q_{min} (L/s)	13,68
BOMBAS	Nº DE BOMBAS ATIVA(S)	01
	Nº DE BOMBAS RESERVA(S)	01
	TIPO DE BOMBA	Submersíveis
	VAZÃO DE BOMBEAMENTO - Q_{bom} (L/s)	62,26
POÇO DE SUÇÃO	COTA DO TERRENO NATURAL - CT (m)	816,500
	COTA DO TUBO DE CHEGADA - CCJ (m)	814,503
	FOLGA ENTRE O NA.max E A SOLEIRA DO TUBO - F (m)	0,20
	SUBMERGÊNCIA MÍNIMA - S_{bm} (m)	0,50
	SECÇÃO TRANSVERSAL DO POÇO DE SUÇÃO - S (m²)	QUADRADO
	COMPRIMENTO INTERNO DO LADO DO POÇO (m)	2,70
	VOLUME ÚTIL CALCULADO V_{Ucalc} (m³)	9,34
	ALTURA ÚTIL CALCULADA - h_{Ucalc} (m)	1,28
	ALTURA ÚTIL ADOTADA - h_{Uadot} (m)	1,30
	VOLUME ÚTIL ADOTADO V_{Uadot} (m³)	9,48
	PROFUNDIDADE DO POÇO EM RELAÇÃO AO TERRENO - P (m)	4,00
TEMPO DE DETENÇÃO	COTA DO NÍVEL D'ÁGUA MÁXIMO - NA_{max} (m)	814,303
	COTA DO NÍVEL D'ÁGUA MÍNIMO - NA_{min} (m)	813,003
	COTA DO FUNDO DO POÇO - CFp (m)	812,503
	ÁREA INTERNA DO POÇO - A (m²)	7,29
	ALTURA MÉDIA DO NA - h_{med} (m)	1,15
	VOLUME MÉDIO DO POÇO - V_{med} (m³)	8,38
	DESCONTO DO CHANFRO + BOMBAS - V_c (m³)	1,00
	TEMPO DE DETENÇÃO MÉDIA - T_d (minutos)	8,86
	TEMPO DE CICLO MÍNIMO (min) - T_c	14,64
NÚMERO MÁXIMO DE PARTIDAS POR HORA - N_{par}		4,10

EQUAÇÕES UTILIZADAS NO CÁLCULO

$$V_u = 2,5 \times Q_{bom}$$

$$V_{itx} = A \cdot h_i$$

$$h_u = \frac{V_u}{A}$$

$$T_d = \frac{V_{it}}{Q_{MED}}$$

$$V_{Uadot} = A \cdot h_{Uadot}$$

$$T_{cm\ in} = \frac{V_{Uadot}}{Q_{min}} + \frac{V_{Uadot}}{Q_{bom} - Q_{min}}$$

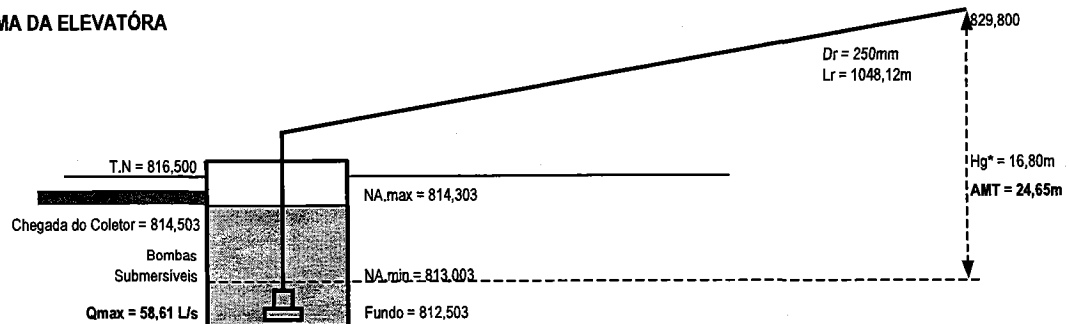
$$h_i = \frac{h_{Uadot}}{2} + (CNA_{min} - C_{fundo})$$

$$N_{par} = \frac{60(\text{min/ hor})}{T_{cm\ in}}$$

$$CNA_{min} = CNA_{max} - h_{Uadot}$$

$$C_{fundo} = CNA_{min} - h_{RB}$$

ESQUEMA DA ELEVATÓRA





5. DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATORIA

5.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

5.1.1 - LINHA DE RECALQUE

Tipos de material da tubulação
 Q_{max} : Estação Elevatória de Esgoto - EEE-7
 L = Comprimento da tubulação

5.1.2 - ESTAÇÃO ELEVATORIA

N_p = Número de bombas em funcionamento simultâneo (ativas)
 N_r = Número de bombas reservas

Tipos de bombas:

5.2. DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES

5.2.1 - CÁLCULO DO DIÂMETRO ECONÔMICO

O cálculo do diâmetro econômico é obtido pela fórmula de Bresse apresentada a seguir:

$$D = K \cdot \sqrt[3]{Q}$$

Onde:

D = Diâmetro econômico
 K = Coeficiente da fórmula de Bresse
 Q = Vazão máxima de fim de plano, em m³/s

Por esta equação o diâmetro da tubulação de recalque (D_p) seria de:
 Deverá ser adotado diâmetro comercial próximo ao calculado da 2ª etapa, podendo ser inferior ou não em função da velocidade a ser desenvolvida (entre 0,6 e 3,0m/s). Neste caso, tem-se:

D = Diâmetro de recalque
 D_p = Diâmetro de barrilete

5.2.2 - CÁLCULO DA VELOCIDADE NO TRECHO

Para o cálculo da velocidade do fluxo na tubulação usou-se a equação a seguir:

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

Onde:

Q = Vazão na tubulação, em m³/s
 D = Diâmetro de recalque, em m
 V = Velocidade do fluxo na tubulação, em m/s

5.2.3 - CÁLCULO DA PERDA DE CARGA LINEAR

Pela fórmula de HAZEN-WILLIAMS, obtém-se a perda de carga linear na tubulação, conforme equação a seguir:

$$j = \frac{10,643 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

Onde:

j = Perda de carga linear
 Q = Vazão no trecho
 D = Diâmetro no tubo
 C = Coeficiente de Hazen-Williams
 Para esta equação, a perda de carga linear na tubulação é igual à:
 j = perda de carga linear

5.2.4 - CÁLCULO DA PERDA DE CARGA LOCALIZADA

Segundo Azevedo Netto, as perdas de carga localizadas são função do quadrado da velocidade e do coeficiente "K". O valor deste coeficiente diz respeito aos tipos de singularidades existentes nas tubulações do barrilete e na própria linha de recalque. Ver a equação a seguir:

$$h_l = K_p \frac{V_p^2}{2g} + K_r \frac{V_r^2}{2g}$$

Implantação	
1ª Etapa	2ª Etapa
MPVC	MPVC
20 12 L/s	58 65 L/s
1,048,12 m	1,048,12 m
1 bomba	1 bomba
1 bomba	1 bomba
Submersíveis	Submersíveis
1 bomba	1 bomba
Submersíveis	Submersíveis
156 mm	266 mm
0,020 m ³ /s	0,059 m ³ /s
1,10	1,10
250 mm	250 mm
250 mm	250 mm
0,0201 m ³ /s	0,0587 m ³ /s
250 mm	250 mm
0,41 m/s	1,19 m/s
0,0201 m ³ /s	0,0587 m ³ /s
0,250 m	0,250 m
140	140
0,00071m/m	0,00513m/m



5. DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATORIA

Onde:

- K_b = Coeficiente relacionado às singularidades no barrilete
- K_r = Coeficiente relacionado às singularidades na linha de recalque
- V_b = Velocidade do fluxo no barrilete
- V_r = Velocidade do fluxo na linha de recalque
- g = Aceleração da gravidade
- h_b = Perda de carga localizada no barrilete
- h_r = Perda de carga localizada na linha de recalque
- h_l = Perda de carga localizada total

OBS: K foi obtido através do somatório de todos os K(s) relativos à todas as singularidades na linha de recalque e sucção. Ver tabela a seguir:

Barrilete			
TIPO	K	QUANT.	K PARCIAL
Curva 45°	0,20	1,00	0,20
Ampliação d/D=3/4	0,19	1,00	0,19
Redução d/D=1/2	0,33		
Curva 90°	0,40	1,00	0,40
Tê (passagem direta)	0,90	1,00	0,90
Tê (saída lateral)	2,00		
Te bilateral	1,80		
Registro de gaveta	0,20	1,00	0,20
Válvula de retenção	3,00	1,00	3,00
Outros	1,00		

Recalque			
TIPO	K	QUANT.	K PARCIAL
Curva 45°	0,20	2,00	0,40
Ampliação d/D=3/4	0,19		
Redução d/D=1/2	0,33		
Curva 90°	0,40	3,00	1,20
Tê (passagem direta)	0,90		
Tê (saída lateral)	2,00		
Te bilateral	1,80		
Válvula de gaveta	0,20		
Válvula de retenção	3,00		
Outros	1,00		

Implantação	
1ª Etapa	2ª Etapa
4,89	4,89
1,60	1,60
0,41 m/s	1,19 m/s
0,41 m/s	1,19 m/s
9,81 m/s ²	9,81 m/s ²
0,04 m	0,36 m
0,01 m	0,12 m
0,06 m	0,47 m
K_b	4,89
K_r	1,60
K_{Total}	6,49

A perda de carga localizada será (h_l):

0,06 m	0,47 m
--------	--------

5.2.5 - CÁLCULO DA PERDA DE CARGA TOTAL

A perda de carga total na tubulação é obtida pela equação a seguir:

$$H_l = L \cdot j + h_l$$

Onde:

- L = Comprimento da tubulação
- j = Perda de carga linear
- h_l = Perda de carga localizada
- H_l = Perda de carga total na tubulação

1.048,12 m	1.048,12 m
0,00071 m/m	0,00513 m/m
0,06 m	0,47 m
0,80 m	5,85 m

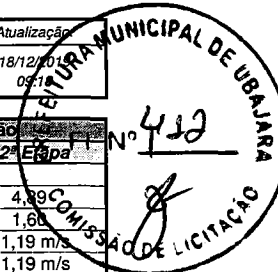
5.3. DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

5.3.1 - CÁLCULO DA ALTURA MANOMÉTRICA

Para o cálculo da altura manométrica total da(s) bomba(s), somou-se ao desnível geométrico o valor da perda de carga distribuída ao longo da tubulação de recalque e a perda de carga localizada total.

O desnível geométrico é dado pela diferença entre a cota mais alta do ponto de recalque e a cota mínima do líquido no poço de sucção. Ver a equação a seguir:

$$H_g = C_{MAX,rec} - C_{MIN,suc}$$





Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubarara

Projeto da Estação Elevatória de Esgoto - EEE-5

Linha de Recalque e Conjunto Motor-Bomba

Atualização:

18/12/2019

09:18

5. DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATORIA

Implantação

1ª Etapa

2ª Etapa

Onde: $C_{max,rec}$ = Cota do ponto mais alto da linha de recalque

$C_{min,suc}$ = Cota do nível mínimo do poço de sucção

Desta forma obtém-se o seguinte desnível geométrico

H_g = Desnível Geométrico

A altura manométrica total (AMT) será dada pela equação a seguir:

$$AMT = H_g + H_l$$

Onde:

H_g = Desnível Geométrico

H_l = Perda de carga total

Folga (m)

AMT = Altura Manométrica Total

5.3.2 - CÁLCULO DA POTÊNCIA DOS MOTORES

A potência dos motores foi calculada utilizando-se a equação a seguir. Para isto levou-se em conta o número de motores em funcionamento simultâneo.

$$P = \frac{W \cdot Q_{max} \cdot AMT}{N_p \cdot 75 \cdot \eta} \cdot F_s$$

Onde:

P = Potência instalada para cada conj. motor-bomba da estação elevatória

W = Peso específico do líquido a ser recalcado

Q_{max} = Vazão de bombeamento para fim de plano para cada bomba

H_g = desnível geométrico

AMT = Altura Manométrica Total

N_p = Número de conjuntos motor-bomba em funcionamento simultâneo

η = Rendimento do conjunto motor-bomba

F_s = Fator de Serviço

Para o cálculo, adotou-se as bombas com as seguintes características

Tipo de bombas:

η_p = Rendimento da bomba

η_m = Rendimento do motor

Aplicando a equação acima, a potência instalada em cada conjunto motor-bomba é igual à:

P = Potência instalada por conjunto motor-bomba:

10,8 CV	39,3 CV
10,7 HP	38,8 HP
7,94 kW	28,89 kW
12,50 CV	40,00 CV
12,50 CV	40,00 CV

Os motores elétricos normalmente não possuem a potência especificada, portanto foi

necessário utilizar as seguintes potências comerciais:

Potência comercial em cada conjunto motor-bomba da estação elevatória:

Potência comercial total da estação elevatória:

5.3.3 CURVAS CARACTERÍSTICAS

Na Figura a seguir, estão apresentadas as curvas características da bomba e do sistema. A curva do sistema foi caracterizada em função da vazão, conforme equação abaixo:

$$AMT = H_g + \left(\frac{Q^2}{h} \right) \cdot Q^2 + \left(\frac{Q}{L \cdot J} \right) \cdot Q^{1,85}$$

Aplicando os valores obtidos ao longo do dimensionamento, chega-se à seguinte curva do sistema:

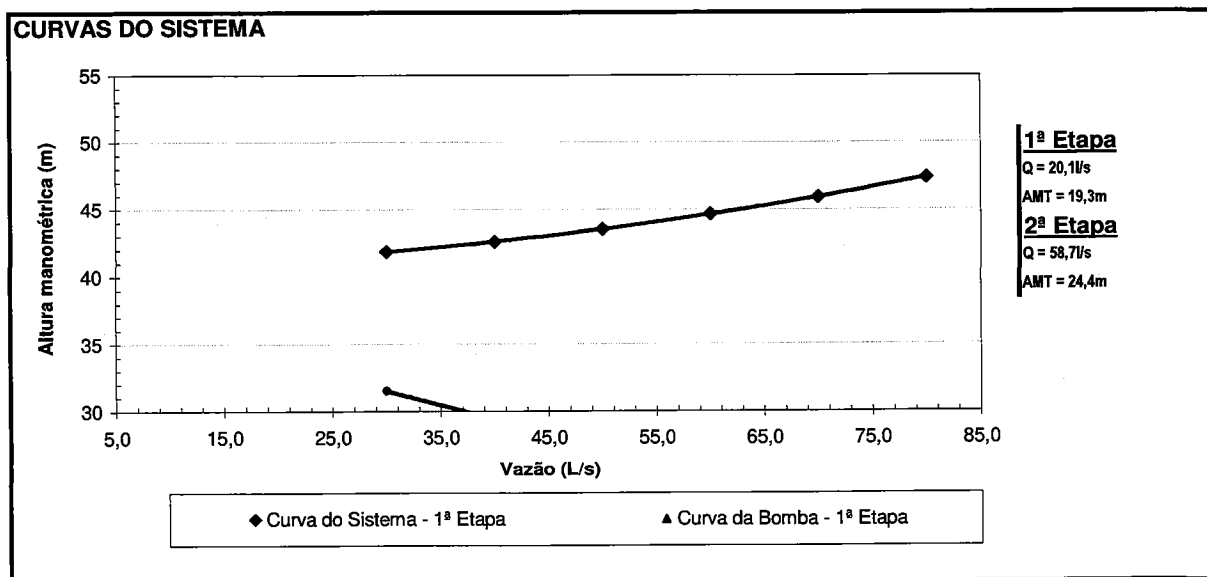
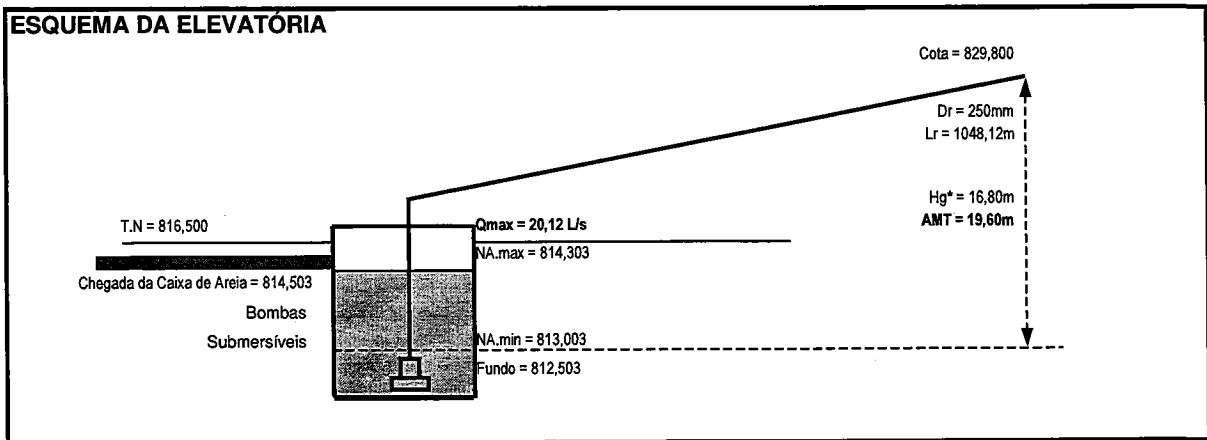
$$AMT = 16,8 + 0,000137 \cdot Q^2 + 0,002879 \cdot Q^{1,85}$$



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara
 Projeto da Estação Elevatória de Esgoto - EEE-5
RESUMO



ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	Implantação:	
	1ª Etapa	2ª Etapa
Nb = Número de bombas em funcionamento simultâneo (ativas)	01	01
Nbr = Número de bombas reservas	01	01
Vazão em cada conjunto Motor-Bomba	20,12 L/s	58,65 L/s
Vazão Total da Estação Elevatória de Esgoto - EEE-7	20,12 L/s	58,65 L/s
Desnível Geométrico	16,80 m	16,80 m
Altura Manométrica Total	19,60 m	24,65 m
Rendimento do Sistema	53,5%	53,9%
Potência Comercial de cada Conjunto Motor-Bomba	12,5 CV	40,0 CV
Potência Comercial da Estação Elevatória	12,5 CV	40,0 CV
Bomba considerada nos calculos:		
Tipo de bombas:	Submersíveis	Submersíveis
LINHA DE RECALQUE		
Material da Tubulação	MPVC	MPVC
Vazão na Tubulação	20,12 L/s	58,65 L/s
Comprimento da Tubulação	1048,12 m	1048,12 m
Diâmetro da Tubulação	250 mm	250 mm



VAZÕES DE PROJETO

Parâmetros Básicos

No cálculo das vazões de projeto, foram admitidos os seguintes parâmetros:

P = população de início de plano	6.442 hab
P = população meio de plano	16.394 hab
P = população de final de plano	19.987 hab

Vazão Média

A vazão média (Q_{med}), em L/s, é obtida pela seguinte equação:

$$Q_{med} = P \times q \times C / 86.400 + L \times T_i$$

Q_{med} = vazão média (início de plano)	8,95 L/s
Q_{med} = vazão média (início de plano)	773,28 m³/d

Q_{med} = vazão média (meio de plano)	25,68 L/s
Q_{med} = vazão média (meio de plano)	2.218,75 m³/d

Q_{med} = vazão média (final de plano)	27,76 L/s
Q_{med} = vazão média (final de plano)	2.398,46 m³/d

Vazão Mínima

A vazão mínima (Q_{min}), em L/s, é dada por:

$$Q_{min} = K_3 \times P \times q \times C / 86.400 + L \times T_i$$

Q_{min} = vazão mínima (início de plano)	4,48 L/s
Q_{min} = vazão mínima (início de plano)	387,07 m³/d

Q_{med} = vazão mínima (meio de plano)	9,05 L/s
Q_{med} = vazão mínima (meio de plano)	781,92 m³/d

Q_{min} = vazão mínima (final de plano)	13,88 L/s
---	-----------

Q_{min} = vazão mínima (final de plano)	1.199,23 m³/d
---	---------------



Vazão Máxima

A vazão máxima ($Q_{m\acute{a}x}$), em L/s, é assim obtida:

$$Q_{m\acute{a}x} = K_1 \times K_2 \times P \times q \times C / 86.400 + L \times T_i$$

$Q_{m\acute{a}x}$ = vazão máxima (início de plano)	20,12 L/s
$Q_{m\acute{a}x}$ = vazão máxima (início de plano)	1.738,37 m ³ /d
$Q_{m\acute{a}x}$ = vazão máxima (meio de plano)	40,16 L/s
$Q_{m\acute{a}x}$ = vazão máxima (meio de plano)	3.469,82 m ³ /d
$Q_{m\acute{a}x}$ = vazão máxima (final de plano)	58,65 L/s
$Q_{m\acute{a}x}$ = vazão máxima (final de plano)	5.067,36 m ³ /d

CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE - INÍCIO DE PLANO

Obs: O início de plano, corresponde ao atendimento total das sub-bacias 3 e 5 para o período de 20 anos.

Cargas Orgânicas

As cargas orgânicas do esgoto afluente (L_0), em kg/d, são assim calculadas:

$$L_0 = P \times c / 1.000$$

onde:

P = população

c = contribuição *per capita* de DBO ou DCO, admitindo-se os seguintes valores:

c_{DBO} = contribuição *per capita* de DBO (adotada) 54 g/hab.d

c_{DCO} = contribuição *per capita* de DCO (adotada) 100 g/hab.d

Logo, as cargas orgânicas são:

L_{DBO} = carga afluente de DBO 347,87 kg/d

L_{DCO} = carga afluente de DCO 644,20 kg/d

Concentrações

As concentrações do esgoto afluente (S_0), em mg/L, são dadas por:

$$S_0 = L_0 / Q^{méd} \times 1.000$$

Portanto, as concentrações calculadas são:

$S_{0,DBO}$ = concentração afluente de DBO 145,04 mg/L

$S_{0,DCO}$ = concentração afluente de DCO 268,59 mg/L

Adotaram-se as seguintes concentrações:

$S_{0,DBO}$ = concentração afluente de DBO

$S_{0,DCO}$ = concentração afluente de DCO

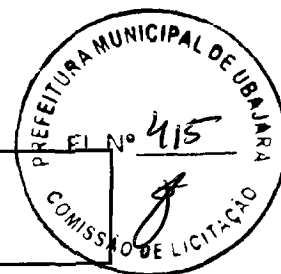
N_0 = concentração afluente de coliformes

300	mg/L
500	mg/L
1,0E+07	NMP/100 mL



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto



CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE - FINAL DE PLANO

Obs: O final de plano, corresponde ao atendimento total de todas as sub-bacias para o período de 20 anos.

Cargas Orgânicas

As cargas orgânicas do esgoto afluente (L_0), em kg/d, são assim calculadas:

$$L_0 = P \times c / 1.000$$

onde:

P = população 19.987 hab

c = contribuição *per capita* de DBO ou DQO, admitindo-se os seguintes valores:

c_{DBO} = contribuição *per capita* de DBO (adotada) 54 g/hab.d

c_{DQO} = contribuição *per capita* de DQO (adotada) 100 g/hab.d

Logo, as cargas orgânicas são:

L_{DBO} = carga afluente de DBO 1.079,30 kg/d

L_{DQO} = carga afluente de DQO 1.998,70 kg/d

Concentrações

As concentrações do esgoto afluente (S_0), em mg/L, são dadas por:

$$S_0 = L_0 / Q_{méd} \times 1.000$$

Portanto, as concentrações calculadas são:

$S_{0,DBO}$ = concentração afluente de DBO 450,00 mg/L

$S_{0,DQO}$ = concentração afluente de DQO 833,33 mg/L

Adotaram-se as seguintes concentrações:

$S_{0,DBO}$ = concentração afluente de DBO 450 mg/L

$S_{0,DQO}$ = concentração afluente de DQO 850 mg/L

N_0 = concentração afluente de coliformes $1,0E+07$ NMP/100 mL

UASB - INÍCIO DE PLANO

Obs: O início de plano, corresponde ao atendimento total das sub-bacias 3 e 5 para o período de 20 anos.

UASB

Volume do Reator

O volume total do reator (V), em m³, é dado por:

$$V = Q_{med} \times TDH$$

onde:

Q_{med} = vazão média (início de plano)

TDH = tempo de detenção hidráulica (adotado)

32,22 m³/h

8,0 h

Sendo assim, tem-se:

V = volume total

257,76 m³

O volume unitário (V_u), correspondente a cada módulo, é assim calculado:

$$V_u = V / N$$

onde:

N = número de módulos (adotado)

2

Logo:

V_u = volume unitário

128,88 m³

Com isso, as vazões unitárias, referentes a um módulo, valem:

Q_{max} = vazão máxima unitária

36,22 m³/h

Q_{med} = vazão média unitária

16,11 m³/h

Os cálculos apresentados a seguir correspondem às vazões unitárias.

Dimensões do Reator

A área do reator (A), em m², é dada por:

$$A = V_u / H$$

onde:

H = altura útil (adotada)

4,50 m

Assim, tem-se:

A = área do reator

28,64 m²



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto



UASB - INÍCIO DE PLANO

Serão adotados reatores retangulares com as seguintes dimensões:

L = largura	6,00 m
C = comprimento	6,00 m
A = área corrigida	36,00 m ²

Tempo de Detenção Corrigido

Considerando as dimensões adotadas, o volume unitário corrigido (V_u) é, então:

$$V_u = A \times H$$

$$V_u = \text{volume unitário corrigido} \quad 162,00 \text{ m}^3$$

Logo, o tempo de detenção hidráulica corrigido passa a ser:

$$TDH = V_u / Q$$

$$TDH_{\text{méd}} = \text{tempo de detenção hidráulica para } Q_{\text{méd}} \quad 10,1 \text{ h}$$

$$TDH_{\text{mín}} = \text{tempo de detenção hidráulica para } Q_{\text{máx}} \quad 4,5 \text{ h}$$

Cargas Aplicadas

A carga hidráulica volumétrica (CHV), em $\text{m}^3/\text{m}^3.\text{d}$, é dada por:

$$CHV = Q / V$$

Portanto, os valores obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

$$CHV_{\text{méd}} = \text{carga hidráulica volumétrica para } Q_{\text{méd}} \quad 2,39 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$$

$$CHV_{\text{máx}} = \text{carga hidráulica volumétrica para } Q_{\text{máx}} \quad 5,37 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$$

Estes valores encontram-se abaixo de $4,00 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$ para a vazão média, e abaixo de $6,0 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$ para a vazão máxima, atendendo aos critérios recomendados.

Velocidades Superficiais

A velocidade superficial de fluxo (v), em m/h , é assim calculada:

$$v = Q / A$$

Logo, as velocidades obtidas para a vazão média e para vazão máxima são:

$$v_{\text{méd}} = \text{velocidade superficial para } Q_{\text{méd}} \quad 0,5 \text{ m}/\text{h}$$

$$v_{\text{máx}} = \text{velocidade superficial para } Q_{\text{máx}} \quad 1,0 \text{ m}/\text{h}$$

Estes valores encontram-se entre 0,5 e 0,7 m/h para a vazão média, e entre 0,9 e 1,1 m/h para a vazão máxima, estando dentro da faixa recomendada.

UASB - INÍCIO DE PLANO

Tubos de Distribuição

A área de influência dos tubos de distribuição do esgoto afluente (A_i) é dada por:

$$A_i = A / N_d$$

onde:

N_d = número de distribuidores (adotado)

16

Com isso, tem-se:

A_i = área de influência do distribuidor

2,25 m²

A área de influência dos tubos de distribuição encontra-se em torno de 2,0 e 3,0 m², atendendo aos critérios recomendados.

A velocidade descendente nos tubos de distribuição (V_{td}) é assim calculada:

$$V_{td} = (Q_{max} / N / N_d) / (p \times D_z^2 / 4)$$

onde:

D_{td} = diâmetro do tubo de distribuição (adotado)

100 mm

Logo:

V_{td} = velocidade descendente

0,08 m/s

A velocidade descendente nos tubos de distribuição encontra-se abaixo de 0,20 m/s, atendendo aos critérios recomendados.

Estimativas das Eficiências e Concentrações do Efluente

A eficiência de remoção de DBO (E_{DBO}) é calculada pela seguinte equação:

$$E_{DBO} = 100 \times (1 - 0,70 \times TDH^{-0,50})$$

E_{DBO} = eficiência de remoção de DBO

77,9 %

Para a eficiência de remoção de DCO (E_{DCO}), tem-se:

$$E_{DCO} = 100 \times (1 - 0,68 \times TDH^{-0,50})$$

E_{DCO} = eficiência de remoção de DCO

69,7 %

Para a eficiência de remoção de coliformes (E_{CF}), adotou-se:

E_{CF} = eficiência de remoção de coliformes

90,0 %



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto



UASB - INÍCIO DE PLANO

As concentrações efluentes são dadas por:

$$S = S_0 - (E \times S_0)/100 \quad N = N_0 - (E \times N_0)/100$$

onde:

S_0 e N_0 = concentrações do esgoto afluente.

Aplicando-se os valores na equação, as concentrações obtidas são as seguintes:

S_{DBO} = concentração efluente de DBO	66,3 mg/L
S_{DQO} = concentração efluente de DQO	151,5 mg/L
N = concentração efluente de coliformes	1,0E+06 NMP/100 mL

Produção de Metano e de Biogás

A parcela de DQO convertida em metano (DQO_{CH_4}), em kgDQO/d, é calculada pela seguinte equação:

$$DQO_{CH_4} = Q_{méd} \times (S_0 - S_{DQO}) - Y_{obs} \times Q_{méd} \times S_0$$

onde:

Y_{obs} = coeficiente de produção de sólidos (adotado) 0,21 kgDQO_{lodo}/kgDQO_{apl}

Tem-se, portanto:

DQO_{CH_4} = parcela de DQO convertida em metano 94,15 kgDQO/d

O fator de correção para a temperatura operacional do reator, $K(t)$, em kgDQO/m³, é dado por:

$$K(t) = (P \times K) / [R \times (273 + t)]$$

onde:

t = temperatura operacional do reator	28 °C
P = pressão atmosférica	1 atm
K = DQO correspondente a um mol de CH ₄	64 gDQO/mol
R = constante universal dos gases	0,08206 atm.L/mol.°K

Logo:

$K(t)$ = fator de correção para a temperatura 2,59 kgDQO/m³

A produção volumétrica de metano (Q_{CH_4}), em m³/d, é, então, calculada pela seguinte relação:

$$Q_{CH_4} = DQO_{CH_4} / K(t)$$

Aplicando os valores obtidos, tem-se:

Q_{CH_4} = vazão de metano 36,33 m³/d

UASB - INICIO DE PLANO

Para a determinação da produção total de biogás (Q_g), deve ser considerado o teor de metano no biogás:

$$Q_g = Q_{CH_4} / P_{CH_4}$$

onde:

P_{CH_4} = percentual de metano no biogás (adotado)

75 %

Portanto:

$$Q_g = \text{vazão de biogás}$$

48,45 m³/d

Coletor de Gás

A área dos coletores de gás (A_g), em m², é dada por:

$$A_g = N_g \times C_g \times L_g$$

onde:

N_g = número de coletores por reator (adotado)

C_g = comprimento do coletor (adotado)

4,90 m

L_g = largura do coletor (adotada)

0,30 m

Sendo assim:

A_g = área total dos coletores de gás

1,47 m²

A taxa de liberação de biogás nos coletores (V_g), em m³/m².h, vale, então:

$$V_g = Q_g / A_g$$

V_g = taxa de liberação de biogás

1,37 m³/m².h

A taxa encontra-se acima de 1,0 m³/m².h e abaixo de 5,0 m³/m².h, atendendo aos limites recomendados.



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto



UASB - INÍCIO DE PLANO

Abertura para o Decantador

As velocidades através das aberturas (v_a), em m/h, são dadas por:

$$v_a = Q / A_a$$

onde:

N_a = Número de Aberturas dos decantadores	2	unid
L_a = Largura das Aberturas dos decantadores	0,80	m
A_a = área das aberturas para os decantadores	9,60	m ²

Logo, as velocidades obtidas para a vazão média e para a vazão máxima são:

$$v_{a,méd} = \text{velocidade nas aberturas para } Q_{méd} \quad 1,68 \text{ m/h}$$

$$v_{a,máx} = \text{velocidade nas aberturas para } Q_{máx} \quad 3,77 \text{ m/h}$$

As velocidades encontram-se abaixo de 2,3 m/h para a vazão média, e abaixo de 4,2 m/h para a vazão máxima, atendendo aos limites recomendados.

Decantador

As taxas de aplicação superficial (v_d), em m/h, são dadas por:

$$v_d = Q / A_d$$

onde:

N_d = Número de decantadores	2	unid
L_d = Largura dos decantadores	2,70	m
A_d = área dos decantadores	32,40	m ²

Com isso, as taxas obtidas para a vazão média e para a vazão máxima são:

$$v_{d,méd} = \text{taxa de aplicação superficial para } Q_{méd} \quad 0,50 \text{ m/h}$$

$$v_{d,máx} = \text{taxa de aplicação superficial para } Q_{máx} \quad 1,12 \text{ m/h}$$

As taxas encontram-se próxima de 0,6 e 0,8 m/h para a vazão média, e abaixo de 1,2 m/h para a vazão máxima, atendendo aos limites recomendados.

UASB - INÍCIO DE PLANO

O tempo de detenção hidráulica nos decantadores (TDH_d) é assim calculado:

$$TDH_d = N_d \times V_d / Q$$

onde:

V_d = volume do decantador

68,04 m³

Os tempos de deteção obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

TDH_{d,med} = tempo de deteção para Q_{med}

4,22 h

TDH_{d,max} = tempo de deteção para Q_{max}

1,88 h

Os valores encontram-se acima de 1,5 h para a vazão média, e acima de 1,0 h para a vazão máxima, atendendo aos limites mínimos recomendados.

Produção de Lodo

A produção mássica de lodo no UASB (P_{lodo}), em kgSS/d, é dada por:

$$P_{lodo} = Y \times DCO_{api}$$

onde:

Y = coeficiente de produção de sólidos (adotado)

0,43

kgSS/kgDQO_{api}

DQO_{api} = carga de DQO aplicada (item 2.1)

644,20 kgDQO/d

Com isso:

P_{lodo} = produção de lodo

96,63 kgSS/d

A vazão de lodo (Q_{lodo}), em m³/d, é dada por:

$$Q_{lodo} = P_{lodo} / (g \times C_{lodo})$$

onde:

g = densidade do lodo (adotada)

1,020

kgSS/m³

C_{lodo} = concentração de sólidos no lodo (adotada)

4,0%

Tem-se, então:

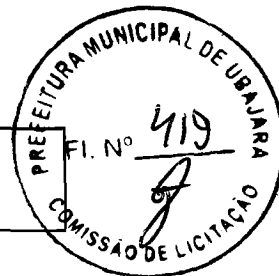
Q_{lodo} = vazão de lodo

2,37 m³/d



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto



UASB - FINAL DE PLANO

Obs: O final de plano, corresponde ao atendimento total de todas as sub-bacias para o período de 20 anos.

UASB

3.1. Volume do Reator

O volume total do reator (V), em m³, é dado por:

$$V = Q_{\text{méd}} \times \text{TDH}$$

onde:

$$Q_{\text{méd}} = \text{vazão média (final de plano)} \quad 99,94 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{TDH} = \text{tempo de detenção hidráulica (adotado)} \quad 8,0 \text{ h}$$

Sendo assim, tem-se:

$$V = \text{volume total} \quad 799,52 \text{ m}^3$$

O volume unitário (V_u), correspondente a cada módulo, é assim calculado:

$$V_u = V / N$$

onde:

$$N = \text{número de módulos (adotado)} \quad 6$$

Logo:

$$V_u = \text{volume unitário} \quad 133,25 \text{ m}^3$$

Com isso, as vazões unitárias, referentes a um módulo, valem:

$$Q_{\text{méd}} = \text{vazão média unitária} \quad 16,66 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{máx}} = \text{vazão máxima unitária} \quad 35,19 \text{ m}^3/\text{h}$$

Os cálculos apresentados a seguir correspondem às vazões unitárias.

Dimensões do Reator

A área do reator (A), em m², é dada por:

UASB - FINAL DE PLANO

$$A = V_u / H$$

onde:

H = altura útil (adotada)

4,50 m

Assim, tem-se:

A = área do reator

29,61 m²

Serão adotados reatores retangulares com as seguintes dimensões:

L = largura

6,00 m

C = comprimento

6,00 m

A = área corrigida

36,00 m²

Tempo de Detenção Corrigido

Considerando as dimensões adotadas, o volume unitário corrigido (V_u) é, então:

$$V_u = A \times H$$

V_u = volume unitário corrigido

162,00 m³

Logo, o tempo de detenção hidráulica corrigido passa a ser:

$$TDH = V_u / Q$$

TDH^{med} = tempo de detenção hidráulica para Q^{med}

9,72 h

TDH^{min} = tempo de detenção hidráulica para Q^{max}

4,60 h

Cargas Aplicadas

A carga hidráulica volumétrica (CHV), em m³/m².d, é dada por:

$$CHV = Q / V$$

Portanto, os valores obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

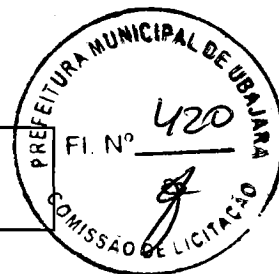
CHV^{med} = carga hidráulica volumétrica para Q^{med}

2,47 m³/m².d



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto



UASB - FINAL DE PLANO

$CHV_{m\acute{a}x}$ = carga hidráulica volumétrica para $Q_{m\acute{a}x}$ 5,21 $m^3/m^3.d$

Estes valores encontram-se abaixo de 4,00 $m^3/m^3.d$ para a vazão média, e abaixo de 6,0 $m^3/m^3.d$ para a vazão máxima, atendendo aos critérios recomendados.

Velocidades Superficiais

A velocidade superficial de fluxo (v), em m/h, é assim calculada:

$$v = Q / A$$

Logo, as velocidades obtidas para a vazão média e para vazão máxima são:

$v_{m\acute{e}d}$ = velocidade superficial para $Q_{m\acute{e}d}$ 0,5 m/h

$v_{m\acute{a}x}$ = velocidade superficial para $Q_{m\acute{a}x}$ 1,0 m/h

Tubos de Distribuição

A área de influência dos tubos de distribuição do esgoto afluente (A_i) é dada por:

$$A_i = A / N_d$$

onde:

N_d = número de distribuidores (adotado)

16

Com isso, tem-se:

A_i = área de influência do distribuidor 2,25 m^2

A área de influência dos tubos de distribuição encontra-se em torno de 2,0 e 3,0 m^2 , atendendo aos critérios recomendados.

A velocidade descendente nos tubos de distribuição (v_{td}) é assim calculada:

UASB - FINAL DE PLANO

$$V_{td} = (Q_{max} / N / N_d) / (\pi \times D^2 / 4)$$

onde:

D_{td} = diâmetro do tubo de distribuição (adotado)

100 mm

Logo:

V_{td} = velocidade descendente

0,08 m/s

A velocidade descendente nos tubos de distribuição encontra-se abaixo de 0,20 m/s, atendendo aos critérios recomendados.

Estimativas das Eficiências e Concentrações do Efluente

A eficiência de remoção de DBO (E_{DBO}) é calculada pela seguinte equação:

$$E_{DBO} = 100 \times (1 - 0,70 \times TDH^{-0,50})$$

E_{DBO} = eficiência de remoção de DBO

77,5 %

Para a eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}), tem-se:

$$E_{DQO} = 100 \times (1 - 0,68 \times TDH^{-0,50})$$

E_{DQO} = eficiência de remoção de DQO

69,3 %

Para a eficiência de remoção de coliformes (E_{CF}), adotou-se:

E_{CF} = eficiência de remoção de coliformes

90,0 %

As concentrações efluentes são dadas por:

$$S = S_0 - (E \times S_0) / 100 \quad N = N_0 - (E \times N_0) / 100$$

onde:

S_0 e N_0 = concentrações do esgoto afluente.

Aplicando-se os valores na equação, as concentrações obtidas são as seguintes:



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto



UASB - FINAL DE PLANO

S_{DBO} = concentração efluente de DBO	101,3 mg/L
S_{DQO} = concentração efluente de DQO	261,0 mg/L
N = concentração efluente de coliformes	1,0E+06 NMP/100 mL

Produção de Metano e de Biogás

A parcela de DQO convertida em metano (DQO_{CH_4}), em kgDQO/d, é calculada pela seguinte equação:

$$DQO_{CH_4} = Q_{méd} \times (S_0 - S_{DQO}) - Y_{obs} \times Q_{méd} \times S_0$$

onde:

Y_{obs} = coeficiente de produção de sólidos (adotado) 0,21 kgDQO_{lodo}/kgDQO_{apl}

Tem-se, portanto:

DQO_{CH_4} = parcela de DQO convertida em metano 164,11 kgDQO/d

O fator de correção para a temperatura operacional do reator, K (t), em kgDQO/m³, é dado por:

$$K(t) = (P \times K) / [R \times (273 + t)]$$

onde:

t = temperatura operacional do reator 28 °C

P = pressão atmosférica 1 atm

K = DQO correspondente a um mol de CH₄ 64 gDQO/mol

R = constante universal dos gases 0,08206 atm.L/mol.°K

Logo:

K (t) = fator de correção para a temperatura 2,59 kgDQO/m³

A produção volumétrica de metano (Q_{CH_4}), em m³/d, é, então, calculada pela seguinte relação:

$$Q_{CH_4} = DQO_{CH_4} / K(t)$$

UASB - FINAL DE PLANO

Aplicando os valores obtidos, tem-se:

$$Q_{CH_4} = \text{vazão de metano} \quad 63,34 \text{ m}^3/\text{d}$$

Para a determinação da produção total de biogás (Q_g), deve ser considerado o teor de metano no biogás:

$$Q_g = Q_{CH_4} / P_{CH_4}$$

onde:

P_{CH_4} = percentual de metano no biogás (adotado) 75 %

Portanto:

$$Q_g = \text{vazão de biogás} \quad 84,45 \text{ m}^3/\text{d}$$

Coletor de Gás

A área dos coletores de gás (A_g), em m^2 , é dada por:

$$A_g = N_g \times C_g \times L_g$$

onde:

N_g = número de coletores por reator (adotado) 1

C_g = comprimento do coletor (adotado) 4,90 m

L_g = largura do coletor (adotada) 0,30 m

Sendo assim:

A_g = área total dos coletores de gás 1,47 m²

A taxa de liberação de biogás nos coletores (V_g), em $m^3/m^2 \cdot h$, vale, então:

$$V_g = Q_g / A_g$$

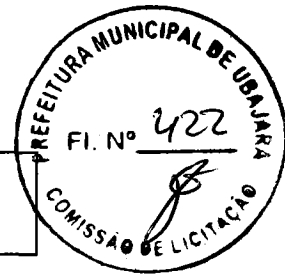
V_g = taxa de liberação de biogás 2,39 m³/m²·h

A taxa encontra-se acima de $1,0 \text{ m}^3/m^2 \cdot h$ e abaixo de $5,0 \text{ m}^3/m^2 \cdot h$, atendendo aos limites recomendados.



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto



UASB - FINAL DE PLANO

Abertura para o Decantador

As velocidades através das aberturas (v_a), em m/h, são dadas por:

$$v_a = Q / A_a$$

onde:

N_a = Número de Aberturas dos decantadores

2 unid

L_a = Largura das Aberturas dos decantadores

0,80 m

A_a = área das aberturas para os decantadores

9,60 m²

Logo, as velocidades obtidas para a vazão média e para a vazão máxima são:

$v_{a,méd}$ = velocidade nas aberturas para $Q_{méd}$

1,74 m/h

$v_{a,máx}$ = velocidade nas aberturas para $Q_{máx}$

3,67 m/h

As velocidades encontram-se abaixo de 2,3 m/h para a vazão média, e abaixo de 4,2 m/h para a vazão máxima, atendendo aos limites recomendados.

Decantador

As taxas de aplicação superficial (v_d), em m/h, são dadas por:

$$v_d = Q / A_d$$

onde:

N_d = Número de decantadores

2 unid

L_d = Largura dos decantadores

2,70 m

A_d = área dos decantadores

32,40 m²

Com isso, as taxas obtidas para a vazão média e para a vazão máxima são:

$v_{d,méd}$ = taxa de aplicação superficial para $Q_{méd}$

0,51 m/h

$v_{d,máx}$ = taxa de aplicação superficial para $Q_{máx}$

1,09 m/h

As taxas encontram-se próxima de 0,6 e 0,8 m/h para a vazão média, e abaixo de 1,2 m/h para a vazão máxima, atendendo aos limites recomendados.

UASB - FINAL DE PLANO

O tempo de detenção hidráulica nos decantadores (TDH_d) é assim calculado:

$$TDH_d = N_d \times V_d / Q$$

onde:

V_d = volume do decantador

68,04 m³

Os tempos de deteção obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

TDH_{d,méd} = tempo de deteção para Q_{méd}

4,08 h

TDH_{d,máx} = tempo de deteção para Q_{máx}

1,93 h

Os valores encontram-se acima de 1,5 h para a vazão média, e acima de 1,0 h para a vazão máxima, atendendo aos limites mínimos recomendados.

Produção de Lodo

A produção mássica de lodo no UASB (P_{lodo}), em kgSS/d, é dada por:

$$P_{lodo} = Y \times DQO_{api}$$

onde:

Y = coeficiente de produção de sólidos (adotado)

0,15 kgSS/kgDQO_{api}

DQO_{api} = carga de DQO aplicada (item 2.1)

1.998,70 kgDQO/d

Com isso:

P_{lodo} = produção de lodo

299,81 kgSS/d

A vazão de lodo (Q_{lodo}), em m³/d, é dada por:

$$Q_{lodo} = P_{lodo} / (Y \times C_{lodo})$$

onde:

Y = densidade do lodo (adotada)

1,020 kgSS/m³

C_{lodo} = concentração de sólidos no lodo (adotada)

4,0 %

Tem-se, então:

Q_{lodo} = vazão de lodo

7,35 m³/d



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto



LEITO DE SECAGEM - INÍCIO DE PLANO

Obs: O início de plano, corresponde ao atendimento total das sub-bacias 3 e 5 para o período de 20 anos.

Produção de Lodo

O lodo descartado nos leitos de secagem refere-se ao lodo produzido no UASB:

$$Plodo = Plodo,UASB + Plodo,rem$$

onde:

$$Plodo,UASB = \text{produção de lodo no UASB} \quad 96,63 \text{ kgSS/d}$$

Logo:

$$P_{lodo} = \text{produção total de lodo descartado} \quad 96,63 \text{ kgSS/d}$$

A vazão total de lodo descartado (Q_{lodo}) é dada por:

$$Q_{lodo} = P_{lodo} / (\gamma \times C_{lodo})$$

onde:

γ = densidade do lodo (adotada)

1,020 kgSS/m³

C_{lodo} = concentração de sólidos no lodo (adotada)

4,0 %

Assim, tem-se:

$$Q_{lodo} = \text{vazão total de lodo descartado} \quad 2,37 \text{ m}^3/\text{d}$$

Área Requerida

A área requerida para os leitos de secagem (A) é função da carga de sólidos em suspensão aplicada, definida na NBR 12209:

$$A = P_{lodo} \times t / C_s$$

onde:

t = ciclo de operação (adotado)

15 d

C_s = carga de sólidos aplicada (adotada)

15 kgSS/m²

Logo:

$$A = \text{área requerida} \quad 96,63 \text{ m}^2$$

Dimensões

Serão adotadas as seguintes dimensões:

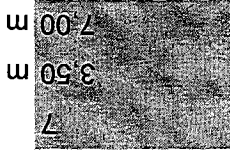
N = número de leitos de secagem

L = largura

C = comprimento

A = área total resultante = $N \times L \times C$

171,50 m²



Altura da Lâmina de Lodo

A altura da lâmina de lodo nos leitos de secagem (h_{lodo}) é dada por:

$$h_{lodo} = Q_{lodo} \times t / A$$

Logo:

$h_{lodo} =$ altura da lâmina de lodo

0,21 m

$h_{lodo,adot} =$ altura da lâmina de lodo adotada

0,33 m



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto



LEITO DE SECAGEM - FINAL DE PLANO

Obs: O final de plano, corresponde ao atendimento total de todas as sub-bacias para o período de 20 anos.

Produção de Lodo

O lodo descartado nos leitos de secagem refere-se ao lodo produzido no UASB:

$$P_{\text{lodo}} = P_{\text{lodo,UASB}} + P_{\text{lodo,rem}}$$

onde:

$$P_{\text{lodo,UASB}} = \text{produção de lodo no UASB} \quad 299,81 \text{ kgSS/d}$$

Logo:

$$P_{\text{lodo}} = \text{produção total de lodo descartado} \quad 299,81 \text{ kgSS/d}$$

A vazão total de lodo descartado (Q_{lodo}) é dada por:

$$Q_{\text{lodo}} = P_{\text{lodo}} / (\gamma \times C_{\text{lodo}})$$

onde:

γ = densidade do lodo (adotada)

1 020 kgSS/m³

C_{lodo} = concentração de sólidos no lodo (adotada)

4,0 %

Assim, tem-se:

$$Q_{\text{lodo}} = \text{vazão total de lodo descartado} \quad 7,35 \text{ m}^3/\text{d}$$

Área Requerida

A área requerida para os leitos de secagem (A) é função da carga de sólidos em suspensão aplicada, definida na NBR 12209:

$$A = P_{\text{lodo}} \times t / C_s$$

onde:

t = ciclo de operação (adotado)

15 d

C_s = carga de sólidos aplicada (adotada)

15 kgSS/m²

Logo:

$$A = \text{área requerida} \quad 299,81 \text{ m}^2$$

Dimensões

Serão adotadas as seguintes dimensões:

N = número de leitos de secagem

L = largura

C = comprimento

A = área total resultante = $N \times L \times C$

514,50 m²

21	3,50 m	7,00 m
----	--------	--------

Altura da Lâmina de Lodo

A altura da lâmina de lodo nos leitos de secagem (h_{lodo}) é dada por:

$$h_{lodo} = Q_{lodo} \times t / A$$

Logo:

h_{lodo} = altura da lâmina de lodo

0,21 m

$h_{lodo,adot}$ = altura da lâmina de lodo adotada

0,33 m



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto



LAGOA DE POLIMENTO 1

Obs1: Para o início de plano, será considerada a execução de uma lagoa de Polimento 1, correspondendo ao atendimento das sub-bacias 3 e 5 para o período de 20 anos.

Obs2: Para final de plano, será considerada a execução de mais duas lagoas de Polimento 1, correspondendo ao atendimento de todas as sub-bacias para o período de 20 anos. Totalizando no final de plano três lagoas de polimento 1 em paralelo.

Obs3: O sistema de lagoa de polimento para início de plano, será constituído por uma lagoa de polimento 1 seguido por uma lagoa de Polimento 2 em série, correspondendo ao atendimento das sub-bacias 3 e 5 para o período de 20 anos.

Obs4: O sistema de lagoas de polimento para final de plano, será constituído por três lagoas de polimento 1 seguido por três lagoas de Polimento 2 em série, correspondendo ao atendimento de todas as sub-bacias para o período de 20 anos.

CARACTERÍSTICAS GERAIS

DADOS GERAIS

P = População atendida pelo sistema	19.987 habitantes
Q = Vazão média afluyente ao sistema de tratamento	27,76 L/s
N= Número de lagoas em paralelo	3 unid
Q = Vazão média afluyente ao sistema de tratamento em cada lagoa	9,25 L/s
T = Temperatura média anual do líquido na lagoa	25,0 °C
N ₀ = Número de coliformes fecais do afluyente ao sistema	1,E+06 cf/100mL
DBO = Carga orgânica per capita diária (DBO per capita diária)	54 g/hab.dia

DADOS PARA LAGOAS DE POLIMENTO

q = Coeficiente empírico para a equação de Kb	1,07
n = Número de lagoas de polimento em série	2 lagoa(s)
h _{pol} = Profundidade das Lagoas de polimento	0,80 m
t _{pol} = Tempo de detenção para cada lagoa de polimento (adotado)	3,0 dias

CÁLCULO DA LAGOA DE POLIMENTO COM CHINCANAS

GENERALIDADES

As lagoas de polimento são projetadas com base no tempo de detenção hidráulica para admitir decaimento suficiente de organismos patogênicos.

O cálculo da lagoa de polimento com chincanas segue o modelo adotado por Marcos Von Sperling (1996) em seu livro, "Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Volume 3 - Lagoas de Estabilização".

CÁLCULO DA ÁREA DAS LAGOAS DE POLIMENTO

As lagoas de polimento são usualmente projetadas com baixas produtividades, de forma a maximizar os efeitos bactericidas da luz solar, bem como da fotossíntese, resultando na elevação do pH. Valores comumente adotados encontram-se na faixa de 0,8 a 1.

$$A_{POL} = \frac{t_{POL} \times Q}{h_{POL}}$$

LAGOA DE POLIMENTO 1

Onde:
 A pol = Área de cada lagoa de polimento
 t pol = Tempo de detenção em cada lagoa de polimento
 Q = Vazão média afluente ao sistema
 hpol = Profundidade das Lagoas de polimento

Através deste cálculo obtém-se o seguinte resultado:

A pol = Área de cada lagoa de polimento

2.998,08 m²

3,00 dia(s)
 799,49 m³/dia
 0,80 m

CÁLCULO DA DISTRIBUIÇÃO DAS CHINCANAS

Para este cálculo serão adotadas 3 chincanas. Dessa maneira te-se a lagoa dividida em 4 trechos, que podem ser dispostos tanto na largura quanto no comprimento, seguindo para isso as seguintes equações:

O Coeficiente de Remoção de Coliformes Fecais, já foi calculado no item 2.10 e pode ser admitido para todas as lagoas do sistema de tratamento.

Para divisórias paralelas a comprimento B:

$$B/L = \frac{L}{B} \times (N_{ch} + 1)^2$$

Para divisórias paralelas ao largura L:

$$L/B = \frac{L}{B} \times (N_{ch} + 1)^2$$

Onde:

L/B = relação largura/ comprimento dos canais

L = largura da lagoa

B = comprimento da lagoa

Nch = Número de chincanas

Assim, para chincanas igualmente espessadas paralela a B temos:
 B/L = Relação comprimento/largura dos canais internos
 86,67

Assim, para chincanas igualmente espessadas paralela a L temos:
 L/B = Relação largura/comprimento dos canais internos
 2,95

24,00 m
 130 m
 3 unid.

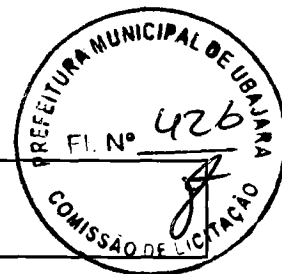
REGIME IDRAULICO A SER ADOTADO

Visando obter uma situação próxima a realidade, uma vez que os regimes de fluxo em pista e mistura completa são idealizados em laboratório, adotou-se o regime de fluxo disperso.

CÁLCULO DO NÚMERO DE DISPERSÃO

Para eficiência superior a 99,9% o número de dispersão deve ser inferior a 0,3, e de preferência inferior 0,1. O número de dispersão na lagoa de polimento foi calculado pela fórmula de Yanez (993) mostrada a seguir:

$$d = \frac{L/B}{-0,261 + 0,254x(L/B) + 1,014x(L/B)^2}$$



LAGOA DE POLIMENTO 1

Onde:

d = Número de dispersão pela fórmula de Yanez.
L/B = Relação largura/comprimento dos canais internos 86,67

Temos, então:

d = Número de dispersão pela fórmula de Yanez. 0,011

CÁLCULO DO COEFICIENTE DE REMOÇÃO DE COLIFORMES FECAIS

Segundo diversos autores como C.º Andrade Neto, S. Rolim, D. D. Mara e H.W. Person, pode-se estimar o coeficiente de velocidade de remoção de coliformes fecais pela seguinte equação empírica:

Kb_T°C = Kb_20°C * x(theta)^(T-20)

Os valores do coeficiente empírico para a equação de Kb variam, segundo a literatura. O valor extremo foi reportado por Moraes (1974), igual 1,19. Segundo Yanez, no entanto, estes valores estão superestimados e devem ser adotados valores próximos de 1,07.

Onde:

KbT = coeficiente da velocidade de remoção de coliformes fecais
Kb20 = coeficiente de remoção de coliformes fecais a 20º C 1,70
q = Coeficiente empírico para a equação de Kb 1,07
T = temperatura média do líquido na lagoa 25,00

Desta forma tem-se que o coeficiente de velocidade de remoção de coliformes fecais é:

KbT = coeficiente da velocidade de remoção de coliformes fecais 2,38

CÁLCULO DO NÚMERO DE COLIFORMES FECAIS NO EFLUENTE

O cálculo do número de coliformes fecais efluente a lagoa de polimento foi feito através da fórmula de contagem de coliformes fecais efluente N, utilizando o regime hidráulico tipo fluxo disperso, seguindo as equações a seguir:

a = sqrt(1 + 4Kb_T * t * x * d)

Onde:

a = variável de cálculo para o regime de fluxo disperso
KbT = coeficiente da velocidade de remoção de coliformes fecais 2,38 l/dia
t = tempo de detenção na lagoa de polimento (adotado) 3,00 dia(s)
d = Número de dispersão pela fórmula de Yanez. 0,01

Assim, obtem-se:

a = variável de cálculo para o regime de fluxo disperso 1,15

N3 = N0 * (4ae^(1/2d)) / ((1+a)^2 * e^(a/2d) - (1-a)^2 * e^(-a/2d))

LAGOA DE POLIMENTO 1

Onde:
 N3 = número de coliformes fecais efluente ao sistema de tratamento
 N0 = Número de coliformes fecais afluente a lagoa de polimento
 a = variável de cálculo para o regime de fluxo disperso
 d = Número de dispersão pela fórmula de Yanez.

Assim, obtem-se:
 N3 = número de coliformes fecais efluente ao sistema de tratamento

128627 CF/100ml

CÁLCULO DO COEFICIENTE DE REMOÇÃO DE DBO

Segundo S. Rolim (1992) pode-se estimar o coeficiente da velocidade de remoção de DBO pela seguinte equação empírica:

$$K = 0,3x(1,05)^{T-20}$$

Onde:
 K = Coeficiente da velocidade de remoção de DBO
 T = temperatura média do líquido na lagoa

25,00

Assim, obtem-se:
 K = Coeficiente da velocidade de remoção de DBO

0,38 l/dia

CÁLCULO DA CARGA (DBO5) DO AFLUENTE DAS LAGOAS DE POLIMENTO

O cálculo da eficiência da lagoa de polimento na remoção de DBO pode ser feito através das equações a seguir (regime hidráulico de fluxo disperso):

$$a = \sqrt{1 + 4Kxtxd}$$

Onde:
 a = variável de cálculo para o regime de fluxo disperso
 K = coeficiente da velocidade de remoção de DBO
 t = tempo de detenção na lagoa de polimento (adotado)
 d = Número de dispersão pela fórmula de Yanez.

0,38 l/dia
 3,00 dia(s)
 0,01

Assim, obtem-se:

a = variável de cálculo para o regime de fluxo disperso

1,03

$$S = S_0 \frac{4ae \frac{2d}{1}}{(1+a)^2 e^{\frac{2d}{a}} - (1-a)^2 e^{-\frac{2d}{a}}}$$

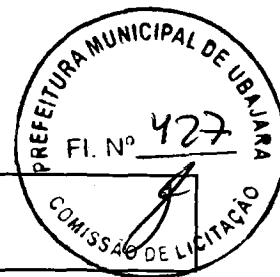
Onde:
 S = Carga orgânica do efluente das lagoas de polimento
 S0 = Carga orgânica do afluente a lagoa de polimento
 a = variável de cálculo para o regime de fluxo disperso
 d = Número de dispersão pela fórmula de Yanez.

101,25 mg/l
 1,03
 0,01



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto



LAGOA DE POLIMENTO 1

Assim, obtém-se:

S= Carga orgânica do efluente das lagoas de polimento

32,57 mg/l

EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO

EFICIÊNCIA GERAL NA REMOÇÃO DE DBO

A eficiência do sistema pode ser obtida através da seguinte equação:

$$e_{DBO} = \left(\frac{S_0 - S}{S_0} \right) \cdot 100$$

Onde:

e DBO = Eficiência do sistema para remoção de DBO

S₀ = Carga orgânica média do afluente (DBO afluente)

S= Carga orgânica do efluente das lagoas de polimento

101,25 mg/L
32,57 mg/L

A eficiência do sistema de tratamento na remoção de DBO foi:

e DBO = Eficiência do sistema para remoção de DBO

67,83 %

EFICIÊNCIA GERAL NA REMOÇÃO DE COLIFORMES FECALIS

A eficiência do sistema pode ser obtida através da seguinte equação:

$$e_{CF} = \left(\frac{N_0 - N_3}{N_0} \right) \cdot 100$$

Onde:

e_{CF} = Eficiência do sistema para remoção de coliformes fecais

N₃ = número de coliformes fecais efluente ao sistema de tratamento

N₀ = número de coliformes fecais do afluente ao sistema (adotado)

1,29E+03 CF/100ml
1,00E+06 CF/100ml

A eficiência do sistema de tratamento na remoção de DBO foi:

e DBO = Eficiência do sistema para remoção de DBO

99,871373 %

RESUMO DO DIMENSIONAMENTO

LAGOA DE POLIMENTO 1

Lagoa de polimento

Vazão de dimensionamento

9,25 L/s

Carga orgânica aplicada

1.079,30 Kg.DBO/dia

Taxa de aplicação superficial

3.599,96 Kg.DBO/ha.dia

Tempo de detenção

3,00 dias

Número de Lagoas de polimento em Série

2,00 lagoa(s)

Área de cada lagoa de polimento (a meia profundidade)

2.998,08 m²

LAGOA DE POLIMENTO 1

Largura de uma lagoa a meia profundidade	24,00 m
Comprimento de uma lagoa a meia profundidade	130,00 m
Profundidade das Lagoas de polimento	0,80 m
Folga da Lagoa de polimento	0,50 m
Declividade de talude de 1 para	2
Eficiência lagoa de polimento na Remoção de DBO	67,83 %
Eficiência da lagoa de polimento na Remoção de Coliformes Fecais	99,87 %
Area da Lagoa de polimento (no fundo da Lagoa)	2.876,16 m ²
Largura da lagoa de polimento (no fundo da Lagoa)	22,40 m
Comprimento de uma Lagoa de polimento (no fundo da Lagoa)	128,40 m
Area da Lagoa de polimento (no Namax da Lagoa)	3.368,96 m ²
Largura da Lagoa de polimento (no Namax da Lagoa)	25,60 m
Comprimento de uma Lagoa de polimento (no Namax da Lagoa)	131,60 m
Area da Lagoa de polimento (na altura do talude da Lagoa)	3.687,36 m ²
Largura da Lagoa de polimento (na altura do talude da Lagoa)	27,60 m
Comprimento de uma Lagoa de polimento (na altura do talude da Lagoa)	133,60 m
Sistema	
Area total teórica do sistema (a meia profundidade)	2.998,08 m ²
Eficiência Total do Sistema na Remoção de DBO	67,83 %
Eficiência Total do Sistema na Remoção de Coliformes Fecais	99,871373 %



Sistema de Esgotamento Sanitário de Ubajara

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto



LAGOA DE POLIMENTO 2

Obs1: Para o início de plano, será considerada a execução de uma lagoa de Polimento 2, correspondendo ao atendimento das sub-bacias 3 e 5 para o período de 20 anos.

Obs2: Para final de plano, será considerada a execução de mais duas lagoas de Polimento 2, correspondendo ao atendimento de todas as sub-bacias para o período de 20 anos. Totalizando no final de plano três lagoas de polimento 2 em paralelo.

Obs3: O sistema de lagoa de polimento para início de plano, será constituído por uma lagoa de polimento 1 seguido por uma lagoa de Polimento 2 em série, correspondendo ao atendimento das sub-bacias 3 e 5 para o período de 20 anos.

Obs4: O sistema de lagoas de polimento para final de plano, será constituído por três lagoas de polimento 1 seguido por três lagoas de Polimento 2 em série, correspondendo ao atendimento de todas as sub-bacias para o período de 20 anos.

CARACTERÍSTICAS GERAIS

DADOS GERAIS

P = População atendida pelo sistema	19.987 habitantes
Q = Vazão média afluyente ao sistema de tratamento	9,25 L/s
N= Número de lagoas em paralelo	3 unid
Q = Vazão média afluyente ao sistema de tratamento em cada lagoa	3,08 L/s
T = Temperatura média anual do líquido na lagoa	25,0 °C
N ₀ = Número de coliformes fecais do afluyente ao sistema	1,E+03 cf/100mL
DBO = Carga orgânica per capita diária (DBO per capita diária)	54 g/hab.dia

DADOS PARA LAGOAS DE POLIMENTO

q = Coeficiente empírico para a equação de Kb	1,07
n = Número de lagoas de polimento em série	2 lagoa(s)
h _{pol} = Profundidade das Lagoas de polimento	0,80 m
t _{pol} = Tempo de detenção para cada lagoa de polimento (adotado)	3,0 dias

CÁLCULO DA LAGOA DE POLIMENTO COM CHINCANAS

GENERALIDADES

As lagoas de polimento são projetadas com base no tempo de detenção hidráulica para admitir decaimento suficiente de organismos patogênicos.

O cálculo da lagoa de polimento com chincanas segue o modelo adotado por Marcos Von Sperling (1996) em seu livro, "Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Volume 3 - Lagoas de Estabilização".

CÁLCULO DA ÁREA DAS LAGOAS DE POLIMENTO

As lagoas de polimento são usualmente projetadas com baixas produtividades, de forma a maximizar os efeitos bactericidas da luz solar, bem como da fotossíntese, resultando na elevação do pH. Valores comumente adotados encontram-se na faixa de 0,8 a 1

$$A_{POL} = \frac{t_{POL} \times Q}{h_{POL}}$$

LAGOA DE POLIMENTO 2

Onde:
 A pol = Área de cada lagoa de polimento
 t pol = Tempo de detenção em cada lagoa de polimento
 Q = Vazão média afluente ao sistema
 hpol = Profundidade das Lagoas de polimento

Através deste cálculo obtém-se o seguinte resultado:

A pol = Área de cada lagoa de polimento	2.998,08 m ²
t pol = Tempo de detenção em cada lagoa de polimento	3,00 dia(s)
Q = Vazão média afluente ao sistema	799,49 m ³ /dia
hpol = Profundidade das Lagoas de polimento	0,80 m

CÁLCULO DA DISTRIBUIÇÃO DAS CHINCANAS

Para este cálculo serão adotadas 0 chincanas. Dessa maneira te-se a lagoa dividida em 1 trechos, que podem ser dispostos tanto na largura quanto no comprimento, eguindo para isso as seguintes equações:

O Coeficiente de Remoção de Coliformes Fecais, já foi calculado no item 2.10 e pode ser admitido para todas as lagoas do sistema de tratamento.

Para divisórias paralelas a comprimento B:

$$B/L = \frac{L}{B} x (N_{ch} + 1)^2$$

Para divisórias paralelas ao largura L:

$$L/B = \frac{L}{B} x (N_{ch} + 1)^2$$

Onde:

L/B = relação largura/ comprimento dos canais

L = largura da lagoa

B = comprimento da lagoa

Nch = Número de chincanas

Assim, para divisórias paralelas a B temos:	24,00 m
Assim, para chincanas igualmente espessadas paralela a B temos:	130 m
B/L = Relação comprimento/largura dos canais internos	0
Assim, para chincanas igualmente espessadas paralela a L temos:	5,42
L/B = Relação largura/comprimento dos canais internos	0,18

REGIME IDRAULICO A SER ADOTADO

Visando obter uma situação próxima a realidade, uma vez que os regimes de fluxo em pistão e mistura completa são idealizados em laboratório, adotou-se o regime de fluxo disperso.

CÁLCULO DO NÚMERO DE DISPERSÃO

Para eficiência superior a 99,9% o número de dispersão deve ser inferior a 0,3, e de preferência inferior 0,1. O número de dispersão na lagoa de polimento oi calculado pela fórmula de Yanez (993) mostrada a seguir:

$$d = \frac{-0,261 + 0,254x(L/B) + 1,014x(L/B)^2}{L/B}$$

LAGOA DE POLIMENTO 2

Onde:

d = Número de dispersão pela fórmula de Yanez.]
 L/B = Relação largura/comprimento dos canais internos 5,42

Temos, então:

d = Número de dispersão pela fórmula de Yanez. 0,175

CÁLCULO DO COEFICIENTE DE REMOÇÃO DE COLIFORMES FECALIS

Segundo diversos autores como C.º Andrade Neto, S. Rolim, D. D. Mara e H.W. Person, pode-se estimar o coeficiente de velocidade de remoção de coliformes fecais pela seguinte equação empírica:

$$K_{b,T} = K_{b,20} x (\theta)^{T-20}$$

Os valores do coeficiente empírico para a equação de Kb variam, segundo a literatura. O valor extremo foi reportado por Moraes (1974), igual 1,19. Segundo Yanez, no entanto, estes valores estão superestimados e devem ser adotados valores próximos de 1,07.

Onde:

KbT = coeficiente da velocidade de remoção de coliformes fecais
 Kb20 = coeficiente de remoção de coliformes fecais a 20° C 1,70
 q = Coeficiente empírico para a equação de Kb 1,07
 T = temperatura média do líquido na lagoa 25,00

Desta forma tem-se que o coeficiente de velocidade de remoção de coliformes fecais é:

KbT = coeficiente da velocidade de remoção de coliformes fecais 2,38

CÁLCULO DO NÚMERO DE COLIFORMES FECALIS NO EFLUENTE

O cálculo do número de coliformes fecais efluente a lagoa de polimento foi feito através da fórmula de contagem de coliformes fecais efluente N, utilizando o regime hidráulico tipo fluxo disperso, seguindo as equações a seguir:

$$a = \sqrt{1 + 4Kb_T x t x d}$$

Onde:

a = variável de cálculo para o regime de fluxo disperso
 KbT = coeficiente da velocidade de remoção de coliformes fecais 2,38 l/dia
 t = tempo de detenção na lagoa de polimento (adotado) 3,00 dia(s)
 d = Número de dispersão pela fórmula de Yanez. 0,18

Assim, obtem-se:

a = variável de cálculo para o regime de fluxo disperso 2,45

$$N_3 = N_0 \frac{4ae^{\frac{1}{2d}}}{(1+a)^2 e^{\frac{a}{2d}} - (1-a)^2 e^{\frac{-a}{2d}}}$$

LAGOA DE POLIMENTO 2

Onde:
 N3 = número de coliformes fecais efluente ao sistema de tratamento
 N0 = Número de coliformes fecais afluente a lagoa de polimento
 a = variável de cálculo para o regime de fluxo disperso
 d = Número de dispersão pela fórmula de Yanez.

Assim, obtém-se:

CF/100ml	1,29E+03	2,45	0,18
		

CÁLCULO DO COEFICIENTE DE REMOÇÃO DE DBO

Segundo S. Rolim (1992) pode-se estimar o coeficiente da velocidade de remoção de DBO pela seguinte equação empírica:

$$K = 0,3 \times (1,05)^{T-20}$$

Onde:
 K = Coeficiente da velocidade de remoção de DBO
 T = temperatura média do líquido na lagoa

Assim, obtém-se:

CF/100ml	25,00

CÁLCULO DA CARGA (DBO5) DO EFLUENTE DAS LAGOAS DE POLIMENTO

O cálculo da eficiência da lagoa de polimento na remoção de DBO pode ser feito através das equações a seguir (regime hidráulico de fluxo disperso):

$$a = \sqrt{1 + 4Kxtxd}$$

Onde:
 a = variável de cálculo para o regime de fluxo disperso
 K = coeficiente da velocidade de remoção de DBO
 t = tempo de detenção na lagoa de polimento (adotado)
 d = Número de dispersão pela fórmula de Yanez.

Assim, obtém-se:

l/dia	0,38
dia(s)	3,00
	0,18

$$S = S_0 \frac{4ae^{\frac{2d}{a}} - (1-a)^2 e^{\frac{2d}{a}}}{1 + a} - (1-a)^2 e^{\frac{2d}{a}}$$

Onde:
 S = Carga orgânica do efluente das lagoas de polimento
 S0 = Carga orgânica do afluente a lagoa de polimento
 a = variável de cálculo para o regime de fluxo disperso
 d = Número de dispersão pela fórmula de Yanez.

Assim, obtém-se:

mg/l	32,57

mg/l	1,34
	0,18

Assim, obtém-se:
 S = Carga orgânica do efluente das lagoas de polimento

11,96 mg/l

LAGOA DE POLIMENTO 2

EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO

EFICIÊNCIA GERAL NA REMOÇÃO DE DBO

A eficiência do sistema pode ser obtida através da seguinte equação:

$$e_{DBO} = \left(\frac{S_0 - S}{S_0} \right) \cdot 100$$

Onde:

DBO = Eficiência do sistema para remoção de DBO

S₀ = Carga orgânica média do afluente (DBO afluente)

S = Carga orgânica do efluente das lagoas de polimento

32,57 mg/L

11,96 mg/L

A eficiência do sistema de tratamento na remoção de DBO foi:

e DBO = Eficiência do sistema para remoção de DBO

63,28 %

EFICIÊNCIA GERAL NA REMOÇÃO DE COLIFORMES FECALIS

A eficiência do sistema pode ser obtida através da seguinte equação:

$$e_{CF} = \left(\frac{N_0 - N_3}{N_0} \right) \cdot 100$$

Onde:

e_{CF} = Eficiência do sistema para remoção de coliformes fecais

N₃ = número de coliformes fecais efluente ao sistema de tratamento

N₀ = número de coliformes fecais do afluente ao sistema (adotado)

16,82 CF/100ml

1.286,27 CF/100mL

A eficiência do sistema de tratamento na remoção de DBO foi:

DBO = Eficiência do sistema para remoção de DBO

98,69 %

RESUMO DO DIMENSIONAMENTO

LAGOA DE POLIMENTO 2

Lagoa de polimento

Vazão de dimensionamento

9,25 L/s

Carga orgânica aplicada

1.079,30 Kg.DBO/dia

Taxa de aplicação superficial

3.599,96 Kg.DBO/ha.dia

Tempo de detenção

3,00 dias

Número de Lagoas de polimento em Série

2,00 lagoa(s)

Área de cada lagoa de polimento (a meia profundidade)

2.998,08 m²

Largura de uma lagoa a meia profundidade

24,00 m

Comprimento de uma lagoa a meia profundidade

130,00 m

Profundidade das Lagoas de polimento

0,80 m

Folga da Lagoa de polimento

0,50 m

LAGOA DE POLIMENTO 2

2	Declividade de talude de 1 para	
63,28 %	Eficiência lagoa de polimento na Remoção de DBO	
98,69 %	Eficiência da lagoa de polimento na Remoção de Coliformes Fecais	
2.876,16 m ²	Area da Lagoa de polimento (no fundo da Lagoa)	
22,40 m	Largura da lagoa de polimento (no fundo da Lagoa)	
128,40 m	Comprimento de uma Lagoa de polimento (no fundo da Lagoa)	
3.368,96 m ²	Area da Lagoa de polimento (no NAmx da Lagoa)	
25,60 m	Largura da Lagoa de polimento (no NAmx da Lagoa)	
131,60 m	Comprimento de uma Lagoa de polimento (no NAmx da Lagoa)	
3.687,36 m ²	Area da Lagoa de polimento (na altura do talude da Lagoa)	
27,60 m	Largura da Lagoa de polimento (na altura do talude da Lagoa)	
133,60 m	Comprimento de uma Lagoa de polimento (na altura do talude da Lagoa)	
Sistema		
2.998,08 m ²	Area total teórica do sistema (a meia profundidade)	
63,28 %	Eficiência Total do Sistema na Remoção de DBO	
98,692598 %	Eficiência Total do Sistema na Remoção de Coliformes Fecais	