



DIMENSIONAMENTO DE UMA ETE PARA HOSPITAL, COM 30 LEITOS E 90 FUNCIONARIOS

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS (ETE) TIPO REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE – UASB, SEGUIDO POR FILTRO BIOLÓGICO, DECANTADOR SECUNDÁRIO, TANQUE DE LODO E TANQUE DE CLORAÇÃO, PRÉ-FABRICADA EM PRFV

EFLUENTE HOSPITALAR – VAZÃO NOMINAL MÉDIA DE 0,61 m³/h – 14,64 m³/dia

1 JUSTIFICATIVA DO TRATAMENTO

Para a ETE do hospital em Sobral – CE, esta preconizado os seguintes níveis de tratamento:

Fase 1 - Tratamento preliminar: Constituído por cesto para remoção de sólidos grosseiros, que precede a ETE, na Elevatória EEE1, a remoção do material retido será manual e deverá ser adequadamente destinada a aterros sanitários.

Fase 2 - Tratamento secundário: Construído por 01 (um) reator anaeróbico de fluxo ascendente, reator UASB, nele será removida grande parte da DBO e DQO do esgoto bruto, no processo de remoção ocorre a formação de gás, estes serão extintos na forma de lavagem com a utilização de tanques com solução de cal, com bastante eficiência e não provocando mal cheiro na ETE, além da instalação de um filtro aeróbico submerso FAS, além de 01 (um) decantador secundário DS. O principal objetivo desta fase do tratamento será a remoção da matéria orgânica, esta apresenta-se na forma de DBO solúvel ou filtrada e DBO suspensa ou particulada, neste será removida a maior parte da DBO em suspensão além do Decantador que remove a fração remanescente.

Fase 3 - Tratamento terciário: A ETE constará 01 (um) tanque de contato, dimensionado para a cloração de todo efluente antes do lançamento no emissário, será utilizado 01 (um) dosador de cloro tipo pastilhas para atender a vazão necessária da ETE, este tem a função de eliminar toda carga patogênica com a cloração.

Por meio do sistema do tratamento em questão é possível obter a seguinte eficiência de remoção: **85% a 90% de DBO; 75% a 93% de DQO; 70% a 80% de SST, N-NH₃ 80% e 75% na eliminação de Fósforo e eliminação de 99,99% de coliformes Termo tolerantes**, com dosagem de cloro.

A resolução CONAMA 430, de 13/05/2011, preconiza para as condições e padrões de lançamento de efluentes provenientes de estações de tratamento de esgoto sanitário domésticos os seguintes parâmetros:



PARÂMETROS	PADRÃO DE LANÇAMENTO
PH	entre 5 e 9
Temperatura	< 40°
SST	1 ml/L
DBO ₅	< 120 ml/l
DBO	Eficiência de remoção de 60%
Materiais Sedimentáveis	Ausentes
Coliformes Termotolerantes	< 1 x 10 ³ org./100 ml

Fonte – Resolução Conama 430 de 13/05/2011

A ETE aqui projetada atende a todos esses parâmetros exigidos na Resolução Conama 430, para os padrões de lançamento de seu efluente haverá, entretanto, por parte da Concessionária que fará a operação do sistema, a necessidade do monitoramento e avaliação criteriosa dos resultados obtidos nas análises a serem feitas periodicamente, conforme determina a legislação visando sempre garantir a manutenção destes padrões do lançamento.

2 APRESENTAÇÃO DA TECNOLOGIA DE TRATAMENTO

O sistema de tratamento adotado associa reatores anaeróbios e aeróbios, as vantagens de tal associação estarão descritas nos próximos parágrafos.

A tecnologia anaeróbia, já consolidada na América Latina (em especial no Brasil), se destaca pela sua eficiência na remoção de matéria orgânica (DBO/DQO) e sólidos suspensos (SST). Dentre as variantes da tecnologia, temos os reatores anaeróbios de fluxo ascendente através de leito de lodo, que apresentam grandes vantagens:

- Curto tempo de detenção ocasionando pequenos volumes e áreas;
- Produzem pouco lodo, e esse é estabilizado;
- Não consomem energia;



- Não necessitam de equipamentos eletromecânicos;
- Requerem construção e operação simples;
- Maior facilidade no controle de odores;
- Baixo custo de manutenção;

A associação de reatores anaeróbios e filtros biológicos aerados submersos, com meio de suporte granular e elevado índice de vazios e superfície específica, promove o polimento do efluente, reduzindo muito significativamente a concentração de matéria orgânica biodegradável, sólidos em suspensão e microrganismos do efluente do reator anaeróbio. Entre as principais vantagens dessa associação estão:

- A redução significativa da concentração de material orgânico no reator anaeróbio resulta numa menor carga orgânica a tratar no filtro aerado, reduzindo assim as suas dimensões;
- A presença de um reator anaeróbio dispensa a necessidade de uma unidade de estabilização de lodo, uma vez que o lodo descartado do filtro aerado é recirculado ao anaeróbio, onde ocorrerão digestão e adensamento;
- A quantidade de lodo estabilizado será muito menor num sistema anaeróbio/aeróbio, pois a produção de lodo por unidade de massa de material orgânico é muito menor num sistema anaeróbio que num sistema aeróbio. Além disso, o lodo estabilizado no reator anaeróbio tem uma concentração muito maior, o que facilita sua manipulação até seu descarte na ETE;
- Como consequência da remoção de grande parte da carga orgânica na parte anaeróbia do sistema, a demanda de oxigênio na parte aeróbia se reduz, de modo que se precisa menos energia para a aeração, se compararmos com um sistema aeróbio tratando sozinho.

Para uma remoção mais eficiente de patogênicos é sugerido o processo de desinfecção química com cloro, onde o efluente do decantador secundário é encaminhado ao tanque de contato e ficará retido por um tempo de detenção mínimo de 30 minutos. A aplicação do cloro é feita na tubulação anterior a entrada no compartimento do tanque de contato, através de bombas dosadoras de cloro, de modo a permitir o tempo de contato mínimo para inativação de todos dos microrganismos.

Faz-se necessário a implantação de um pré-tratamento, antes da ETE, para retirada de sólidos grosseiros e sólidos inorgânicos sedimentáveis presentes no esgoto, visto que estes podem vir a prejudicar o funcionamento das bombas elevatórias, ocasionar travamentos e/ou obstruções, bem como interferir no tratamento biológico comprometendo a eficiência da Estação.

Para o desenvolvimento de seus equipamentos a Compacta tem procurado sempre se atualizar e adotar tecnologias mais recentes e eficazes, para o tratamento de esgotos



sanitários, inclusive adotando resultados positivos do PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico), assim como nas Normas para tratamento de esgotos sanitários da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12209 e NBR 13969.

Todos os equipamentos fabricados em plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV), seguindo as normas ASTM-D3299, ASTM-D2563 e NBS-PS15, conforme abaixo:

- Superfície interna formada de uma camada de véu sintético e duas mantas 450 g/m², impregnadas com resina com neo-pentil-glicol, pelo processo manual, formando uma barreira química inerte à hidrólise e ataque de substâncias agressivas dos esgotos;
- Camadas estruturais compostas por fios contínuos e picados, pelo processo de filament winding, com resina, totalizando espessura compatível com as condições operacionais e externamente receberá nervuras em toda sua circunferência para suportar os esforços da carga;
- A superfície externa recebe um banho com resina parafinada para uma melhor cura do laminado.

A opção aqui desenvolvida, tem demonstrado ser de grande eficiência no tratamento específico para o esgoto doméstico, além das vantagens de ser operacionalmente mais econômica, de baixo consumo de energia e baixa produção de lodo.

Trata-se de um sistema completo que demanda reduzida área de construção, além de baixo custo e implantação e operação sua eficiência tem demonstrado satisfatória para o lançamento de efluentes em rios e lagoas, pois a eficiência deste tipo de estação apresenta-se em torno de 90% para os diversos parâmetros da resolução Conama 430.

3 DESCRIÇÃO DO TRATAMENTO

3.1 TRATAMENTO PRELIMINAR E ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO BRUTO – EEEB e CESTO DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS GROSSEIROS.

O esgoto deverá passar primeiramente pelo pré-tratamento e, na sequência, ser recalcado até as unidades de tratamento.

O pré-tratamento, e a elevatória de esgoto bruto serão instalados juntos em um único local, dentro de uma estrutura de contenção com profundidade de acordo com a chegada do esgoto bruto. O esgoto bruto é direcionado do último PV (poço de visita) ao pré-tratamento vertical onde, inicialmente, ocorrerá a retenção dos sólidos grosseiros na grade metálica em Inox de entrada do tratamento primário e logo em seguida na entrada do poço de sucção um cesto construído em PRFV, e o esgoto seguirá para o tanque de sucção das bombas. Após passar pelo



cesto de retenção de sólidos grosseiros, o esgoto será recalcado através de bombas submersas e encaminhado a ETE através do emissário por recalque o dimensionamento da unidade de tratamento preliminar bem como a estação elevatória de esgoto bruto, obedeceram a **Norma Brasileira NBR 12.208 Projeto de Estação de Bombeamento ou de Estação Elevatória de Esgotos, NBR 12209 Elaboração de projetos hidráulico sanitário de estações de tratamento de esgoto sanitário de 24/12/2011 e NBR 9648 Estudo de Concepção de Sistemas de esgotos sanitário de Nov./1986.**

3.2 TRATAMENTO SECUNDÁRIO

No reator anaeróbio corresponde a unidade de tratamento primária, o esgoto recalcado chega nele na parte superior, de onde partem diversas tubulações de distribuição, que o conduzem até o fundo do reator, garantindo uma distribuição equitativa do esgoto no fundo do mesmo. Esta distribuição equilibrada propicia a ocorrência do processo de digestão anaeróbia em todo o tanque, evitando-se assim a ocorrência de zonas mortas ou curtos-circuitos hidráulicos. O próprio esgoto em movimento ascendente forma uma manta de lodo com elevada concentração de microrganismos anaeróbios, os quais são responsáveis pela digestão da matéria orgânica, estabilizando-a. O lodo age como meio filtrante, ao mesmo tempo em que provê o substrato para os microrganismos anaeróbios responsáveis pelo processo. O líquido é coletado junto à superfície do reator através de canaletas que se reúnem e conduzem o efluente até o filtro aerado.

Os gases gerados no processo de digestão anaeróbio, cujo maior volume corresponde ao gás metano, são direcionados pelos defletores e campânulas ao topo do reator, sendo conduzidos por tubulação ao coletor de gases, equipamento anexo ao reator anaeróbio.

O objetivo do coletor de gases é neutralizar os odores ocasionado pelo gás sulfídrico, pela adição da solução básica de leite de cal. A reação do óxido de cálcio com o sulfeto de hidrogênio forma o sulfeto de cálcio, conforme a equação: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{CaS} + \text{H}_2\text{O}$. Face ao pequeno volume de gases produzidos na ETE, optamos por sistema de lavagem do gás sulfídrico, uma vez que por Norma apenas devemos colocar o queimador de gás, em estações de grande e médio porte, na referida ETE não haverá a produção necessária a manutenção de uma chama para extinção do gás.

Feito isso, todos os gases são liberados na atmosfera, inclusive o metano, pois o volume gerado é baixo, não sendo representativo.

O efluente do reator anaeróbio é conduzido por gravidade até a unidade que promoverá o tratamento complementar, o filtro biológico aerado submerso e na sequência ao decantador



secundário.

O filtro provê um tratamento aeróbio ao efluente do reator anaeróbio, realizando a remoção de compostos orgânicos solúveis e de partículas em suspensão. O efluente é distribuído no fundo do filtro, iniciando sua trajetória ascendente. Na parte inferior do equipamento, logo acima do fundo falso, é feita a distribuição de ar, por meio de difusores de bolhas grossas, fornecendo o oxigênio necessário para o metabolismo das bactérias aeróbias. Acima dos difusores está o meio suporte, constituído de peças plásticas corrugadas, que servem de substrato para a fixação e desenvolvimento dos microrganismos aeróbios, bem como a retenção física dos sólidos suspensos do esgoto.

O uso de tubetes plásticos, com alto índice de vazios e superfície específica em torno de 250 m²/m³, evita problemas de colmatção precoce e proporciona um efluente bastante clarificado, pela elevada retenção de lodo nos espaços vazios.

Após atravessar o meio suporte do filtro o afluente é conduzido a outra unidade, onde fica o decantador secundário associado ao tanque de contato. Nesta o efluente passa, primeiramente, pelo decantador, dotado de lamelas construídas de PRFV, aceleradores de decantação, distribuídos horizontalmente no tanque para propiciar um melhor escoamento e sedimentação dos sólidos remanescentes. O lodo sedimentado é acumulado numa espécie de bacia de sedimentação.

3.3 TRATAMENTO TERCIÁRIO

Após o decantador, o esgoto já tratado sofrerá desinfecção, para eliminação dos microrganismos patogênicos. Sendo este direcionado ao tanque de contato, que fica após o decantador, onde é misturada a solução de cloro adicionada, por um tempo de contato adequado. A dosagem da solução de cloro é feita por meio de bomba dosadora.

As três principais unidades de tratamento (reator anaeróbio, filtro aerado e decantador secundário) tem como produto do tratamento o lodo.

O decantador secundário também deverá sofrer descargas periódicas, para evitar o acúmulo excessivo de lodo na sua bacia de coleta, o que poderia ocasionar uma obstrução nos ramais de distribuição, impedindo o afluente de passar pelo processo de decantação.

Todo o lodo descartado dos filtros biológicos e dos decantadores são recirculados para os reatores anaeróbios, para que sofram estabilização. Desse modo, a única fonte de lodo da ETE passa a ser os reatores anaeróbios, reator UASB. Em função do tempo mínimo necessário para a estabilização do lodo, a descarga deve ser feita num intervalo mínimo de 10 dias. Neste caso, serão feitas descargas no tanque de lodo para acúmulo e logo em seguida descartado para uma



ETE próxima. Este tanque terá dimensões compatíveis com o período de coleta e a quantidade de lodo a ser descartada no processo do tratamento.

Após o tratamento e desinfecção do efluente, este será encaminhado a rede de esgoto pública (ressalta-se o caráter de esgoto hospitalar - especial que não deve ser injetado em rede de esgoto pública antes de um tratamento prévio) ou ao curso hídrico mais próximo, este por sua vez, deverá conter vazão suficiente para uma depuração eficiente do efluente destinado, através de uma tubulação de esgoto por gravidade com DN 150 mm até este ponto indicado no projeto.





APRESENTAMOS A SEGUIR A MEMÓRIA DE CÁLCULO DO
DIMENSIONAMENTO DA ETE PARA O HOSPITAL.

DADOS INICIAIS PARA O DIMENSIONAMENTO ETE HOSPITAL COM 30 LEITOS E 90 FUNCIONARIOS			
UNIDADES		POP.	UNID.
Nº DE LEITOS		30	Leitos
Nº DE FUNCIONÁRIOS		90	Funcinários
DADOS		UNIDADES	
K1	1,20	Do dia de maior consumo	
K2	1,50	Da hora de maior consumo	
K3	0,50	Vazão mínima	
C	0,80	Retorno água/esgoto	
Numero de pessoas		120,00	
Consumo percapita/leito		400	litros/leitoxdia
consumo percapta/funcionário		70	litros/func.xdia
Consumo diário de água/dia		18300	litros/dia
Demanda diária de esgoto/dia		14640	litros/dia
VAZÕES DO SISTEMA			
	l/s	m³/h	m³/dia
Vazão Mínima) = (Qmédia x 1/2) + Qinf.	0,08	0,30	7,20
Q média (Pop*q*C)/86400 + Qinf.	0,17	0,61	14,64
QMax diária (Pop*q*C*K1)/86400 + Qinf.	0,20	0,73	17,52
QMax horária(Pop*q*C*K1*K2)/86400 + Qinf.	0,25	0,91	21,84



**DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO ECONÔMICO PARA O EMISSÁRIO
DE RECALQUE DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO - EEE-01**

QMax, Hor.	l/s	0,25
$D = 1,1 \cdot Q^{1/2}$ - Fórmula de Bresser	m	0,018
D adotado	mm	50
D interno	mm	50
$S = (\pi \cdot D_{\text{adot}}^2) / 4$	m ²	0,00196
Velocidade na tubulação $V = Q/S$	m/s	0,13
Extensão	m	20,00
Material - PVC soldável classe 12		



DIMENSIONAMENTO REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE - RAFA

Vazão afluyente média (Q _{méd})	m³/dia	14,64	0,61	m³/h
Vazão afluyente máxima diária (Q _{máx.diár})	m³/dia	17,52	0,73	m³/h
Vazão afluyente máxima horária (Q _{max.hor})	m³/dia	21,84	0,91	m³/h
Concentração média de DBO afluyente no ao reator RAFA (So-RAFA-DBO)	mg/l	400		
Concentração média de DQO afluyente no ao reator RAFA (So-RAFA-DQO)	mg/l	650		
Nº De habitantes (P)	hab	120,00		
Carga orgânica de DBO/hab (CDBO) = Q _{méd} *So-RAFA-DBO	kgDBO/dia	5,86		
Carga orgânica de DQO/hab (CDQO) = Q _{méd} *So-RAFA-DQO	kgDQO/dia	9,52		
Carga orgânica média de DBO de esgoto bruto (DBO.média.eb) = P*(CDBO/1000)	kg/DBO*dia	0,70		
Carga orgânica média de DQO de esgoto bruto (DQO.média.eb) = P*(CDQO/1000)	kg/DQO*dia	1,14		
Temp. méd. Esgoto	°C	25		
Y	kgDQO lodo/kgDQOapl	0,21		
Clodo		4,5%		
Dens. Lodo (y)	kgSST/m³	1020		

CÁLCULO DO VOLUME DO REATOR

Carga afluyente média de DQO (LO-DARFA-DQO) = Q _{méd} *So-RAFA-DQO	kgDQO/dia	9,516
Tempo de detenção hidráulica adotado (t)	h	8
Volume total de reatores (V) = Q _{méd} *t	m³	4,88
Número de reatores adotados (n)	und	1
Volume de cada reator (V _{reator}) = V/n	m³	4,88
Altura adotada para cada reator (H _{reator})	m	4
Área de cada reator (A _{reator}) = V _{reator} /H	m²	1,22
Diâmetro dos reatores (D) = (4*Ar/pi)^0,5	m	1,25
Diâmetro dos reatores (D) = adotado	m	1,25
Área total corrigida (A _{corrig}) = (pi*d^2/4)*n	m²	1,23
Volume total corrigido (V _{corrig}) = A _{corrig} *H	m³	4,92
Tempo de detenção hidráulica corrigido (t _{corrig}) = V _{corrig} /Q _{méd}	h	8,0700
Carga hidráulica volumétrica (CHV) = Q _{méd} /V _{corrig}	m³/m³*dia	2,98
Carga Orgânica volumétrica (Cv) = (Q _{méd} *So-RAFA-DQO)/V _{corrig}	kgDQO/m³ x dia	1,93



ÁREA, VOLUME E TEMPO DE DETENÇÃO DOS REATORES				
Numero de reatores - N	1	und		
Diâmetro do reator - D	1,25	m		
Altura útil do reator - H	4	m		
Área total dos reatores $A = \pi D^2/4 \times N$	1,23	m²		
Volume dos Reatores $V_{reat} = A \times H$	4,91	m³		
Tempo de Detenção - $T = V_{reat} / Q_{média}$	8,05	h		
Verificação das velocidades ascensionais resultantes, para vazões, média, máxima diária e máxima horária.				
Para vazão média ($v = Q_{méd}/A_{corrig}$)	m/h	0,5	0,50 a 0,70 m/h	Verdadeiro
Para vazão máxima diária ($v = Q_{Máx.dia}/A_{corrig}$)	m/h	0,59	< = 1,10 m/h	Verdadeiro
Para vazão máxima horária ($v = Q_{Máx.Hor}/A_{corrig}$)	m/h	0,74	< = 1,50 m/h	Verdadeiro
Sistema de distribuição do esgoto afluente ao Reator				
$N_d = A_t / A_d$				
$A_t =$ Área total dos reatores	1,23	m²		
$A_d =$ Área de influência de cada distribuidor	2	m²		
Número de tubos distribuidores ($N_d = A_{corrig}/A_d$)	0,61	und		
Numero de distribuidor a ser adotado em cada reator	4,00	und		
Área de influência corrigida ($A_{d.corrig} = A_{corrig}/N_d$)	0,10	m²		
Estimativa da eficiência de remoção de DQO do sistema				
$EDQO = 1 - 0,68 \cdot t^{-0,35}$	%	67,16%		
Estimativa da eficiência de remoção de DBO do sistema				
$EDBO = 1 - 0,7 \cdot t^{-0,5}$	%	75,25%		
Estimativa das concentrações de DQO e DBO no efluente final do reator UASB				
$S_{-RAFA-DQO} = S_o - RAFA-DQO - (EDQO \cdot S_o - RAFA-DQO)$	mgDQO/l	213,47		
$S_{-RAFA-DBO} = S_o - RAFA-DBO - (EDBO \cdot S_o - RAFA-DBO)$	mgDBO/l	98,99		



Avaliação da produção de metano no reator					
DQO _{CH4} = Carga de DQO convertida em metano	kgDQO/dia	4,63			
Q _{média} = vazão média do esgoto afluente	m³/dia	14,64			
S ₀ = concentração de DQO afluente	kgDQO/m³	650			
S = concentração de DQO efluente	kgDQO/m³	197,04			
Y _{coef. Sol.}	kgDQO _{lodo} /kgDQO _{apl.}	0,21			
Conversão da massa de metano em produção volumétrica					
Q _{CH4} = DQO _{CH4} / f(T)	QUANT.	kgDQO/m³			
Q _{CH4} Produção volumétrica de metano	1,77	m³/dia			
f(T) Fator de correção para temperatura operacional do reator		kgDBO/m³			
f(T) P x K _{DQO} / R x (273 x T)	2,62	kgDBO/m³			
P pressão atmosférica	1	atm			
K _{DQO} : DQO correspondente a 1 mol de CH ₄	64	gDQO/mol			
R constante dos gases	0,08206	atm.l/mol. K			
T: temperatura operacional do reator	25	C			
Avaliação da produção de biogás					
Q _{biogás} = Q _{CH4} /C _{CH4} produção volumétrica de biogás					
C _{CH4} = Concentração de metano no biogás, usualmente da ordem de:	70,00%				
Q _{biogás} = Q _{CH4} /C _{CH4}	2,53	m³/dia			
Q _{biogás} = Q _{CH4} /C _{CH4}	0,11	m³/h			
Dimensionamento da abertura (passagem) para o decantador					
Área de abertura da passagem do decantador A _{abert.} = $\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot n$	0,72	m²			
D: diâmetro do reator	1,25	m			
d: diâmetro da base da campanula	0,8	m			
n: quantidade de reatores	1	und			



Velocidade de passagem do compartimento de digestão para o de decantador				
Velocidade de passagem máxima para Q _{méd} (V _p . Máx.Q _{méd})	2,50	m/h		
Velocidade de passagem máxima para Q _{Máx} (V _p . Máx.Q _{Máx})	4,00	m/h		
Número de unidade de reator	1,00	und		
Vazão Média por reator - Q _{méd} . Reator	0,61	m³/h		
Vazão Máxima por reator - Q _{Máx} . reator	0,91	m³/h		
Diâmetro adotado para o reator	1,25	m		
Área do reator	1,23	m²		
Diâmetro da base da campanula	0,8	m		
A.base campânula = $\pi/4 * ((D.base\ campânula^2)/4)$	0,50	m²		
Área de passagem do compartimento de digestão para o de digestão (A.de passagem) = (A _{reator} - A _{base campanula})	0,72	m²		
Velocidade de passagem máxima para Q _{méd} = $Q_{méd.reator}/A.de\ passagem$	0,84	m/h	< 2,50 m/h	Verdadeiro
Velocidade de passagem máxima para Q _{Máx} = $Q_{Máx.reator}/A.de\ passagem$	1,26	m/h	< 4,00 m/h	Verdadeiro
Taxa de escoamento superficial no compartimento de decantação				
Taxa escoamento superficial máximo para Q _{Máx} (Tx.esc.máx.p./Q _{Máx}) <=	1,2	m³/m² x h		
Taxa escoamento superficial máximo para Q _{média} (Tx.esc.máx.p./Q _{Máx}) <=	0,8	m³/m² x h		
Quantidade de reator	1	und		
Vazão média por reator	0,61	m³/h		
Vazão máxima por reator	0,91	m³/h		
Diâmetro adotado para o reator	1,25			
Área por reator	1,23	m²		
Taxa escoamento superficial para Q _{Máx} (Tx.esc.Q _{méd}) = $Q_{Máx.reator}/A_{reator}$	0,74	m³/m² x h	< 1,20	Verdadeiro
Taxa escoamento superficial para Q _{méd} (Tx.esc.Q _{méd}) = $Q_{méd.Reator}/A_{reator}$	0,50	m³/m² x h	< 0,80	Verdadeiro
Tempo de detenção no compartimento de decantação				
Tempo de detenção para vazão média >=	>= 1,5 h			
Tempo de detenção para vazão máxima >=	>= 1,00			
Vazão média por reator	0,61	m³/h		
Vazão máxima por reator	0,91	m³/h		
Altura do compartimento de decantação (h.decantação)	1,25	m		
Volume do compartimento de decantação (Vol. decantação) = $A_{reator} * h.decantação$	1,53	m³		
Tempo de detenção resultante do compartimento de decantação para vazão média (Td.resultante.Q _{méd}) = $Vol. decantação/Q_{méd.Reator}$	2,51	h	> 1,50 h	Verdadeiro
Tempo de detenção resultante do compartimento de decantação para vazão máxima (Td.resultante.Q _{méd}) = $Vol. decantação/Q_{Máx.reator}$	1,69	h	> 1,0 h	Verdadeiro



Avaliação da produção de lodo no reator					
Produção de lodo no sistema de tratamento (Plodo) = $Y \cdot Q_{\text{méd}} \cdot S_o - \text{RAFA-DQO}$	0,16	kgSST/dia			
So RAFA - DQO - KgDQOapl.	0,65	kg/m³			
Lo RAFA-DQO m³/dia	1,14	m³/dia			
Y = densidade de sólidos em kgSST/KgDQOapl.	0,21	KgDQO/KgDQOapl.			
Volume de lodo produzido por dia					
Vlodo = (Plodo)/(y*Cclodo)	0,00	m³/dia			
Y = lodo densidade do logo	1020	kg/m³			
Cclodo =	5,00%				
Dimensionamento do Tanque de lodo					
Ciclo de opere ração dos leitos (Tc)	15	dias			
Massa de lodo retirada dos reatores por ciclo de operação dos leitos (Mc) = Plodo* Tc	2,34	kgSST			
Volume de lodo retirado dos reatores, por ciclo de operação dos leitos					
Volume de lodo retirado dos reatores, por ciclo de operação dos leitos (Vc) = Vlodo * tc	0,05	m³			
Diâmetro do Tanque (m)	Quant. De Tanques	Área (m²)	Volume (m³)	Altura Útil (m)	Altura Total (m)
1,25	1,00	1,23	4,91	4	4,4



DIMENSIONAMENTO DO FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO - FBAS

Carga inicial(CO.DBO) = $Q_{med} \cdot (So - RAFA - DBO / 1000)$	kgDBO/dia	5,856			
Eficiência	%	75,25%			
Vazão Média diária	m³/dia	14,64			
Carga orgânica média de DBO efluente no reator (CO.DBO ef) = $(So - RAFA - DBO - (So - RAFA - DBO \cdot E)) \cdot Q_{med} / 1000$	kgDBO/dia	1,45			
Carga Volumétrica máxima (COV _{máx})	kgDBO/m³·dia	1,80			
Altura adotada para o material de enchimento (H _{ench})	m	2,00			
Volume mínimo de enchimento (V _{mín.ench}) = CO.DBO ef / COV _{máx}	m³	0,81			
Área total mínima dos FBAS (A _{tmin}) = V _{mín.ench} / H _{ench}	m²	0,405			
Nº de unidades (n)	und	1			
Área por unidade = A _{tmin} / n	m²	0,41			
Diâmetro calculado para o FBAS (D _{calc}) = $(4 \cdot A_{tmin} / \pi)^{0,5}$	m	0,72			
Diâmetro adotado para o FBAS (D _{adot})	m	1,00			
Área de cada unidade (A _{und}) = D _{adot} ² · π / 4	m²	0,79			
Área total das unidade (A _t) = A _{und} · n	m²	0,79			
Volume total dos reatores (V _{tench}) = A _{und} · H _{reator}	m³	1,58			
Verificação da COV = CO.DBO ef / V _{tench}	kgDBO/m³ x dia	0,92			
Carga orgânica superficial					
Carga orgânica superficial máxima (COS _{máx})	gDBO/m² x dia	15,00			
Área superficial do meio suporte (A _s)	m³/m²	250,00			
Carga orgânica superficial (COS) = $(CO.DBO ef / (A_s \cdot V_{reator})) \cdot 1000$	gDBO/m²·dia	3,67			
Sistema de geração de ar					
Taxa de aeração adotada (Tx.aer.Adot)	Nm³/Kg x DBOaplic	50,00			
Demanda de ar (Dem.ar) = Tx.aer.Adot x CO.DBO ef	m³ar/dia	72,5			
Demanda de ar por hora (Dem.ar/h) = Dem.ar / 24	m³ar/h	3,02			
Altura estimada	mca	3,60			
Nº de sopradores	und	2,00			
Vazão do soprador adotada para a AMT (Q _{sop})	m³ar/h	40,00			
Taxa de aeração adotada (Tx.aer.Res.) = $Q_{sop} \times 1,00 \times 24 / CO.DBO ef$	Nm³/Kg·DBOaplic	662,07			



Cálculo do volume de lodo gerado no Filtro Biológico					
Taxa de produção de lodo	kgSS/kgDBOaplic	0,75			
DBO afluente ao FBAS	mg/l	1,45			
Vazão Média diária afluente aos filtros	m³/h	14,64			
Plodo = Qméd*DBO afluente ao FBAS x taxa de produção de lodo x DBO afluente ao FBAS	kgSS/dia	0,02			
Cálculo da perda de carga estimada do ar: em bar					
Taxa de aeração adotada (Tx, era, adot)	NM//3/kg DBO aplic	50			
Demanda de ar (Dem.ar) = Txaer. Adota x CO DBO ef.	m³ar/dia	72,50			
Demanda de ar /hora = Dem.ar / 24	m³/h	3,02			
Altura estimada para o ar no tanque	mca	3,6			
Nº de sopradores (Nºsop.), sendo 1 de reserva	und	2			
Vazão do soprador adotada para	m³ar/h	40			
Taxa de aeração resultante (T x era. Res) = Qsop. x 1 x 24 / CoDBO ef.	Nm³/kg DBO apl.	662,07			
Cálculo da perda de carga estimada do ar: em bar $H_f = C \times L \times Q^2 / r \times d^2$					
Coefficiente que depende do material (C) = 0,1025 / (0,042/0,025)⁰,31		0,087			
Vazão de ar do soprador (Qar.sop)	pes³/s	0,393			
Diâmetro da tubulação Aguatherm (d) = 42 mm	pol	1,65			
Comprimento da tubulação do ar (L.tub.Ar)	m	36,00			
Comprimento da tubulação do ar (L.tub.Ar)	pés	118,07			
Relação entre a pressão absoluta do ar na linha e pressão atmosférica (r)=0,35/0,98		3,57			
Perda de carga (Hf) = (C*L.tub.Ar*Qar.sop²)/(r*d²)	bar	0,163			
Diâmetro (m)	Quant.	Área (m²)	Volume Útil (m³)	Altura Útil (m)	Altura Total (m)
1,00	1,00	0,79	2,20	2,8	3



DIMENSIONAMENTO DO DECANTADOR SECUNDÁRIO - DS					
Vazão média diária	l/s	0,17			
Vazão média diária	m³/h	0,61			
Vazão média diária	m³/dia	14,64			
Taxa de escoamento superficial máxima (Tx.esc.sup.máx)	m³/m² x dia	80			
Taxa de escoamento superficial adotada (Tx.esc.sup.adot)	m³/m²*dia	34			
Área mínima (Amin) = Qméd / Tx.esc.sup.adot	m²	0,43			
Número de decantadores adotados (n)	und	1			
Área por reator (m²)	m²	0,43			
Diâmetro (D) = (4*Amin/pi)^0,5	m	0,74			
Diâmetro adotado (Dadot) =	m	1			
Área corrigida (Acorrig) = Dadot² x pi/4	m²	0,79			
Número de decantadores adotados (n)	und	1			
Área total dos decantadores Acorrig. x n	m²	0,79			
Taxa de escoamento superficial resultante (Tx.esc.sup.result) = Qméd/Acorrig	m³/m²*dia	18,64			
Altura Útil adotada (hútil)	m	1,50			
Volume útil do decantador (Vol.útil) = Acorrig*hútil*n	m³	1,1780972			
Tempo de detenção resultante (Td.result) = Vol.útil/Qméd	min	115,878			
Diâmetro (m)	Quant.	Área (m²)	Volume (m³)	Altura Útil (m)	Tempo de detenção resultante (min)
1	2	0,79	0,79	2,00	115,88



DIMENSIONAMENTO DO TANQUE DE CONTATO - TC

Vazão média da ETE	m³/h	0,61		
	l/s	0,17		
Tempo de contato (Tc)	min	30		
Volume Tanque de contato (Vtc) = Q _{méd} *Tc/60	m³	0,31		
Vtc adot=	m³	1,00		
Verificação do Tc (tempo de contato corrigido) Tc. Corrig= Vtc/(Q _{méd} *60)	min	98,36		
Número de tanques adotados (n)	und	1		
Volume por tanque de contato	m³	1,00		
Dosagem de hipoclorito de cálcio (D _{prod})	mg/l	10,00		
Concentração de hipoclorito de cálcio (C _{prod})		65%		
Concentração da solução (C _{sol})		7%		
Vazão de dosagem (Q _{dos}) = (Q _{méd} *D _{prod})/(10*C _{sol})/(C _{prod} /100)	l/h	0,13		
Volume da solução para 24h (V _{sol}) = Q _{dos} *24	l	3,12		
Diâmetro (m)	Quant.	Volume (L)	Altura Útil (m)	Altura Total (m)
1	1	1,02	1,30	2,00



EFICIENCIA DA ETE

EFICIÊNCIA DA ETE	DBO		DQO		Fósforo		Nitrogênio		Coliformes Term.
	CONC.(mg/l)	Carga/ hab (kgDBO/dia)	CONC. (mg/l)	Carga/ hab (kgDQO/dia)	Conc. mgP/L	Carga/ hab (KgP/dia)	Conc. mgN/L	Carga/ hab (KgN/dia)	
Entrada do Reator UASB - So	400	5,86	650	9,52					
Eficiência na remoção - E	75,25%		67,16%						
Saída do Reator ao Filtro S = So - E x So	99,00	1,45	213,46	48,00					
Entrada no Filtro Biológico	86,63	21,1	197,04	48					
Eficiência na remoção - E	65,00%		60,00%						
Saída do Filtro ao Decantador Secundário S = So - E x So	30,32	7,39	78,82	19,2					
Entrada no Decantador Secundário	30,32	7,39	78,82	19,2	8	0,12	45	0,66	
Eficiência na remoção - E	15,00%		20,00%		35,00%		60,00%		
Saída do Decantador ao Tanque de Contato S = So - E x So	25,77	6,28	63,06	15,36	5,2	0,08	18	0,26	
Entrada Tanque de Contrato									1,00E+09
Eficiência na remoção - E					15,00%		25,00%		99,99%
Saída para o Emissário por gravidade					4,42	0,68	13,5	2,11	1,00E+03
EFICIÊNCIA GLOBAL DA ETE	93,56%		90,30%		44,75%		70,00%		99,99%

Vicente de
Paulo da Silva
Costa:01102139
394

Assinado de forma
digital por Vicente de
Paulo da Silva
Costa:01102139394
Dados: 2026.05.14
11:38:07 -03'00'

Quantidades da obra

BASE PARA REATORES

Data: 13/05/26

Notas:
Barras: Os valores indicados têm incluídas as perdas.
Superfície total: Foram deduzidas as aberturas de superfície maior que 0.00 m².

Fundação

Elemento	Fôrmas (m²)	Superfície (m²)	Volume (m³)	Barras (kg)
Lajes de fundação	-	6.87	1.370	127
Vigas	2.10	0.01	-	-
Total	-	6.88	1.370	127
Índices (por m²)	-	-	0.199	18.46
Superfície total: 6.88 m²				

Total obra

Elemento	Fôrmas (m²)	Superfície (m²)	Volume (m³)	Barras (kg)
Lajes de fundação	-	6.87	1.370	127
Vigas	2.10	0.01	-	-
Pilares	0.00	-	-	-
Total	-	6.88	1.370	127
Índices (por m²)	-	-	0.199	18.46
Superfície total: 6.88 m²				

Vicente de Paulo da Silva
Costa:01102139394
94

Assinado de forma digital por Vicente de Paulo da Silva Costa:01102139394
Dados: 2026.05.14 11:37:42 -03'00'