

PROJETO EXECUTIVO

MEMORIAL TÉCNICO

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SAMAMBAIA

IMPLANTAÇÃO DA 2ª ETAPA

REV 01

Piracicaba, 01 de Abril de 2016

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem a autorização dos autores.

Termos gerais:

Este projeto tem por objetivo principal fornecer as especificações e detalhes técnicos da Estação de Tratamento de Esgoto Samambaia, envolvendo a planta completa, para análise técnica e compreensão do projeto como um todo e não somente das unidades da 2ª etapa.

Este documento inclui a descrição dos processos e operações unitárias, especificações técnicas dos equipamentos, memorial de cálculo do dimensionamento, os procedimentos básicos e as diretrizes para operação da Estação de Tratamento de Esgoto ETE Samambaia.

Dados do projeto:

Cliente:	SAAESP – Serviço Autônomo de Águas e Esgoto de São Pedro
Endereço:	Rua Malaquias Guerra, nº 37 - Centro - CEP 13520-000 - São Pedro/SP
Tel/Fax:	(19) 3481-8111
CNPJ:	05.211.356/0001-98
Título do documento:	Implantação da 2ª etapa da ETE Samambaia no município de São Pedro/SP
Autor(es):	Tiago de Mattos Seydell CREA 5061115692 SP Engenheiro Civil - Consultor Técnico
Data da elaboração:	01/04/2016
Contato:	STS Engenharia t: +51 (19) 99607-4632 sts.eng@uol.com.br

SUMÁRIO

1	VAZÕES E DEMAIS CARACTERÍSTICAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS AFLUENTES	6
1.1	PREVISÃO DA POPULAÇÃO DE PROJETO	6
1.2	DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS SANITÁRIOS AFLUENTES.....	8
1.3	DEFINIÇÃO DAS ETAPAS E ALCANCE DO PROJETO.....	11
1.4	CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE TRATADO.....	13
1.5	VERIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO AOS PADRÕES DE QUALIDADE:	13
2	DESCRIÇÃO SUCINTA DO PROCESSO.....	19
3	DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	23
3.1	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA INICIAL	24
3.1.1	GRADE FIXA MANUAL.....	24
3.1.2	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA INICIAL – POÇO DE SUCCÃO	25
3.1.3	BOMBA CENTRÍFUGA PARA ALIMENTAÇÃO DO REATOR	26
3.2	PENEIRA ROTATIVA.....	27
3.3	CAIXA DE AREIA.....	28
3.4	CALHA PARSHALL INICIAL.....	29
3.5	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA – POÇO DE SUCCÃO	30
3.6	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA – BOMBA CENTRÍFUGA PARA ALIMENTAÇÃO DO REATOR	31
3.7	REATOR MISTO ANAERÓBIO - AERÓBIO	32
3.7.1	REATOR ANAERÓBIO	33
3.7.2	REATOR AERÓBIO	34
3.7.3	DECANTADOR SECUNDÁRIO LAMELAR	35
3.7.4	LAVADOR DE BIOGÁS.....	36
3.8	SOPRADORES.....	37
3.9	FLARE.....	38
3.10	DOSADORES DE HIPOCLORITO DE SÓDIO	39
3.11	TANQUE DE CONTENÇÃO PARA HIPOCLORITO DE SÓDIO.....	40
3.12	RESERVATÓRIO VERTICAL FECHADO PARA ARMAZENAMENTO PARA HIPOCLORITO DE SÓDIO ..	41
3.13	TANQUE DE CONTATO	42
3.14	CALHA PARSHALL FINAL.....	43
3.15	DECANTER CENTRÍFUGO	44
3.16	BOMBA DE RECALQUE DE LODO	45
3.17	BOMBA DOSADORA DE POLIÉTRÓLITO	46

3.18	TANQUE DE PREPARO DE POLIÉTRÓLITO	47
3.19	AGITADOR LENTO PARA PREPARO DE POLIÉTRÓLITO	48
4	MANUAL DE OPERAÇÃO	49
4.1	PLANO DE ACOMPANHAMENTO DA OPERAÇÃO DA ETE.....	49
4.2	PLANO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL	52
4.3	PARÂMETROS E DIRETRIZES PARA AS ANÁLISES.....	54
4.3.1	PRIMEIROS SOCORROS.....	54
4.3.2	VAZÃO	55
4.3.3	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO – PH	55
4.3.4	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - DBO _{5,20}	58
4.3.5	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO - DQO	60
4.3.6	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS.....	61
4.3.7	SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	62
4.3.8	MATERIAIS SEDIMENTÁVEIS	62
4.3.9	OXIGÊNIO DISSOLVIDO	63
4.3.10	ÓLEOS E GRAXAS	64
4.3.11	NITROGÊNIO TOTAL (NKT)	65
4.3.12	NITROGÊNIO AMONÍACAL.....	65
4.3.13	NITROGÊNIO NITRATO.....	66
4.3.14	FÓSFORO TOTAL	66
4.3.15	COLIFORMES TERMOTOLERANTES.....	67
4.4	PLANO DE INSPEÇÃO E OPERAÇÃO	67
4.4.1	EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL	67
4.4.2	PENEIRA ROTATIVA.....	67
4.4.3	CAIXA DE AREIA	68
4.4.4	CALHA PARSHALL INICIAL E FINAL	69
4.4.5	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA – POÇO DE SUÇÃO.....	69
4.4.6	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA – CJTOS MOTOR BOMBA	70
4.4.7	REATOR INTEGRADO ANAERÓBIO - AERÓBIO	70
4.4.7.1	Processo anaeróbio	71
4.4.7.1.1	Perfil de sólidos	73
4.4.7.1.2	Cálculo do volume de lodo excedente anaeróbio para descarte	74
4.4.7.1.3	Coeficiente de produção de lodo anaeróbio	75
4.4.7.2	Processo aeróbio	76
4.4.7.2.1	Concentração de oxigênio dissolvido.....	76
4.4.7.2.2	Concentração de biomassa	76
4.4.7.2.3	Cálculo do volume de lodo excedente aeróbio para descarte	77
4.4.7.2.4	Relação alimento / microrganismo:	78
4.4.7.2.5	Coeficiente de produção de lodo aeróbio	78
4.4.7.2.6	Índice volumétrico do lodo	79

4.4.7.3	Operações de limpeza.....	80
4.4.8	SOPRADORES DE AR	81
4.4.9	DOSADORES DE HIPOCLORITO DE SÓDIO	82
4.5	PROCEDIMENTO DE PARTIDA DO REATOR.....	83
ANEXO I – MEMORIAL DE CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DO PROCESSO		86
ANEXO II – DESENHOS.....		105

1 VAZÕES E DEMAIS CARACTERÍSTICAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS AFLUENTES

1.1 PREVISÃO DA POPULAÇÃO DE PROJETO

O município de São Pedro possui população total residente de 31.662 habitantes, segundo o censo do IBGE de 2010. A população urbana corresponde a 26.607 habitantes, representando 84% da população total. Apresentamos a seguir uma projeção do crescimento da população total do município de São Pedro, levando em consideração dados oficiais do IBGE.

Tabela 1. Dados censitários do IBGE.

Ano	População Urbana Nº de habitantes	População total Nº de habitantes
1.980		13.175
1.991		20.032
1.996		23.352
2.000	22.412	27.866
2.007		29.733
2.010	26.607	31.662

A projeção do crescimento da população total do município de São Pedro foi realizada segundo o modelo matemático da curva logística, calibrado e apresentado a seguir:

$$P_{(t)} = \frac{P_{\text{saturação}}}{1 + e^{0,565 + 0,043(t-1980)}}$$

Onde

P(t): Função de crescimento da população em nº de habitantes

t: Tempo em anos.

P_{saturação}: População de saturação, calculada em 51.512 habitantes

Foram analisados também os modelos da curva geométrica e da curva aritmética, sendo que o modelo que forneceu melhor coeficiente de regressão linear foi o da Curva Logística, com R₂ = 0,89.

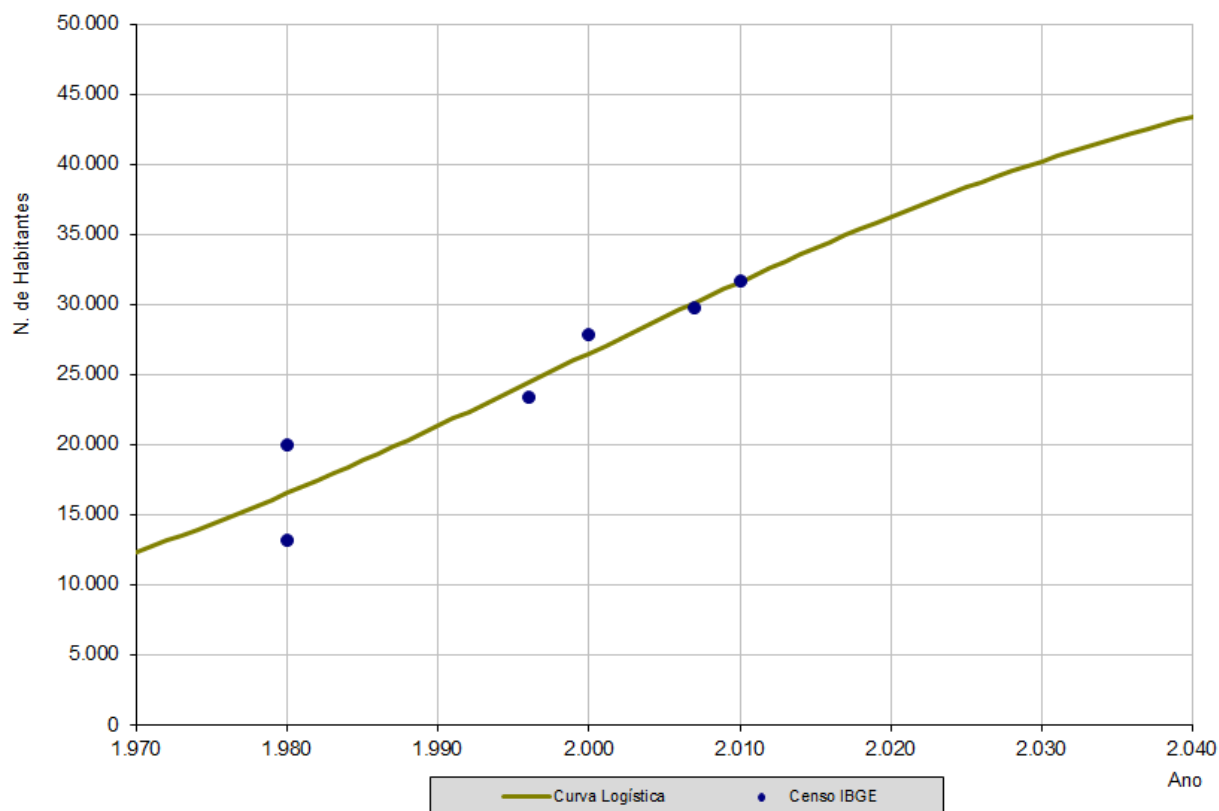


Figura 1: Projeção da população total do município de São Pedro – SP, segundo o modelo da curva logística.

Tabela 1. Estimativa da população total de São Pedro para o alcance do projeto segundo o modelo da curva logística.

Ano	Nº de habitantes	Ano	Nº de habitantes	Ano	Nº de habitantes
2.015	34.018	2.025	38.345	2.035	41.904
2.016	34.482	2.026	38.737	2.036	42.216
2.017	34.939	2.027	39.121	2.037	42.519
2.018	35.390	2.028	39.497	2.038	42.815
2.019	35.834	2.029	39.865	2.039	43.103
2.020	36.271	2.030	40.225	2.040	43.383
2.021	36.700	2.031	40.577	2.041	43.656
2.022	37.123	2.032	40.921	2.042	43.921
2.023	37.538	2.033	41.257	2.043	44.179
2.024	37.945	2.034	41.584	2.044	44.429

Deverá ser considerado que este projeto irá tratar o esgoto sanitário gerado pela população urbana, que corresponde a 85% da população total.

1.2 DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS SANITÁRIOS AFLUENTES

A planta projetada fará o tratamento de esgoto sanitário, definido pela NBR 9648/1986 como “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”.

Entende-se como esgoto doméstico a fração de despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas. Esta parcela normalmente constitui a maior fração do esgoto sanitário, sendo que o seu tratamento é o principal objetivo deste equipamento.

Os efluentes não domésticos podem ser lançados na rede coletora de esgoto, desde que respeitados os condicionantes previstos na legislação.

A água de infiltração constitui toda água, proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações. Entendemos que caso esta parcela venha a diluir excessivamente a concentração dos constituintes do esgoto, resultando simultaneamente no aumento da vazão afluente, as medidas corretivas e preventivas devem ser realizadas na rede coletora de esgoto, sendo de total responsabilidade da Instituição responsável pelo Sistema de Esgotamento Sanitário.

O sistema projetado não tolera contribuição pluvial parasitária excessiva, lembrando que no Brasil é adotado o sistema de esgoto sanitário do tipo separador absoluto, cujo objetivo é coletar e transportar somente esgoto sanitário.

A ETE poderá receber contribuição de efluentes líquidos industriais, os quais deverão ser lançados na rede coletora respeitando-se as condições previstas no Artigo 19-A da Lei Estadual 997/76, regulamentada pelo Decreto Estadual 8468/76. Caberá à fonte geradora dos efluentes líquidos industriais a realização do tratamento para condicionamento previamente ao lançamento na rede, em grau que atenda à Legislação vigente. A Prefeitura de São Pedro poderá exigir a qualquer instante a aplicação de valores mais restritivos para as concentrações de elementos e substâncias presentes nos efluentes líquidos industriais, que possam prejudicar o funcionamento do sistema.

Para efeito de dimensionamento da Estação de Tratamento de Esgoto, foram utilizados os seguintes valores para os parâmetros e variáveis de consumo de água normalmente utilizados nos projetos de sistemas de esgotamento sanitários.

População de projeto: _____ 20 mil habitantes – 1ª etapa
+ 20 mil habitantes – 2ª etapa

Contribuição per capita de DBO: _____ 54,0 g/habitante

Contribuição per capita de DQO: _____ 108,0 g/habitante

Consumo per capita de água: _____ 193 l/habitante.d

Coeficiente de retorno (esgoto/água): _____ 0,8

Coeficiente de consumo K_1 : _____ 1,2

Coeficiente de consumo K_2 : _____ 1,5

Entende-se que os demais constituintes orgânicos e inorgânicos não estão presentes nos esgotos sanitários em concentrações que venham a comprometer o processo ou os padrões de lançamento preconizados no Artigo 34 da Resolução CONAMA 357/2005 ou Artigos 16 e 21 da Resolução CONAMA 430/2011.

VAZÕES ESTIMADAS	FORMA DE CÁLCULO	1ª ETAPA	2ª ETAPA	Fim de plano	UNID.
	P	20.000	40.000	47.077	N. habitantes
VAZÃO MÉDIA	$Q_m = P \times q / 86400 + Q_i$	40,9	81,9	96,37	l/s
		3.537,2	7.074,4	8.326	m ³ /d
VAZÃO DE INFILTRAÇÃO	$Q_{INF} = P \times 2,3 \times I / 1000$	5,2	10,4	12,24	l/s
VAZÃO MÁXIMA HORÁRIA	$Q_{MAX,H} = Q_m \times K_1 \times K_2 + Q_{INF}$	69,5	139,1	163,67	l/s
		250,2	500,5	7.776	m ³ /h
CARGAS ORGÂNICAS					UNID.
CARGA MÉDIA DE DBO:	$C_{DBO} = P \times c_{DBO} \times 1000$	1.080	2.160	2.542,2	kg DBO _{5,20} /d
CARGA MÉDIA DE DQO:	$C_{DQO} = P \times c_{DQO} \times 1000$	2.160	4.320	5.084,4	kg DQO/d
CARGA MÉDIA DE NTK:	$C_{NTK} = P \times c_{NTK} \times 1000$	160	320	376,6	kg NTK/d
CARGA MÉDIA DE FÓSFORO TOTAL:	$C_P = P \times c_P \times 1000$	28	56	65,9	kg P/d
QUALIDADE DOS ESGOTOS					UNID.
CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE DBO:	$[DBO] = C_{DBO} / Q_m \times 1000$	305,3	305,3	305,3	mg O ₂ /l
CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE DQO:	$[DQO] = C_{DQO} / Q_m \times 1000$	610,7	610,7	610,7	mg O ₂ /l
CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE NTK:	$[NTK] = C_{NTK} / Q_m \times 1000$	45,2	45,2	45,2	mg N/l
CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE FÓSFORO TOTAL:	$[P] = C_P / Q_m \times 1000$	7,9	7,9	7,9	mg P/l
CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES (CTer):	$[CTer] = C_{CTer} / Q_m \times 1000$	10E+08	10E+08	10E+08	NMP/ml

1.3 DEFINIÇÃO DAS ETAPAS E ALCANCE DO PROJETO

A ETE foi dimensionada para implantação em etapas, com alcance até 2045.

1ª etapa:

Capacidade:	20 mil habitantes / 45 l/s
Grau de tratamento:	Secundário 90% de remoção de DBO Nitrificação Desinfecção por cloração
Alcance do projeto:	A capacidade instalada será inferior à demanda do município.

2ª etapa:

Capacidade:	+20 mil habitantes / 45 l/s (40 mil habitantes / 90 l/s no total)
Grau de tratamento:	Secundário 90% de remoção de DBO Nitrificação Desinfecção por cloração
Alcance do projeto:	Ano 2018, considerando a população flutuante

Tendo em vista que São Pedro é cidade com atividade de Turismo significativa, visando atender à população sazonal e prolongar o alcance do projeto, será prevista uma 3ª etapa de igual capacidade.

3ª etapa:

Capacidade:	+20 mil habitantes / 45 l/s (60 mil habitantes / 135 l/s no total)
Grau de tratamento:	Secundário 90% de remoção de DBO

Nitrificação

Desinfecção por cloração

Alcance do projeto:

Além do ano Ano 2033, considerando a população flutuante.

Remoção de nutrientes:

A remoção de nutrientes será postergada para etapa futura, quando será implantada unidade de tratamento terciário capaz de aumentar o grau de tratamento

Grau de tratamento:

Terciário

DBO ≤ 20 mg/l

Nitrogênio Nitrato ≤ 10 mg N/l

Nitrogênio Amoniacal $\leq 5,0$ mg N/l

Fósforo total $\leq 0,25$ mg P/l

Sólidos em suspensão ≤ 20 mg SST/l

Coliformes Termotolerantes ≤ 1.000 NMP/100 ml

1.4 CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE TRATADO

O grau de tratamento a ser fornecido pela Estação de Tratamento de Esgoto corresponde ao **Secundário com desinfecção**, na etapa imediata, sendo que o efluente apresentará seus constituintes dentro das seguintes características e condições:

Demanda bioquímica de oxigênio:	Concentração efluente $\leq 30 \text{ mg O}_2/\text{l}$ Remoção de 90%
Potencial hidrogeniônico:	pH entre 6 e 9
Materiais Sedimentáveis:	1 ml/l no cone de Imhoff
Coliformes termotolerantes:	Remoção de 99,999% Concentração efluente $\leq 1.000 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$

Em etapa futura, será implantado sistema de remoção de fósforo através de tecnologia de filtração terciária, onde o efluente tratado passará a apresentar as seguintes características adicionais:

Demanda bioquímica de oxigênio:	Concentração efluente $\leq 20 \text{ mg O}_2/\text{l}$ Remoção de 93,3%
Nitrogênio Nitrato:	$\leq 20 \text{ mg N/l}$
Fósforo total:	$\leq 0,25 \text{ mg P/l}$
Sólidos em suspensão:	$\leq 20 \text{ mg/l}$

O esgoto tratado irá garantir o atendimento aos padrões de lançamento regulamentados pelo Artigo 34 da Resolução CONAMA 357/2005, complementados pelos Artigos 16 e 21 da Resolução CONAMA 430/2011.

1.5 VERIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO AOS PADRÕES DE QUALIDADE:

O lançamento dos esgotos tratados será realizado no Ribeirão Samambaia, classificado perante o Decreto Estadual Nº 10.755 como águas doces classe 2, no trecho sob a influência do lançamento de esgotos. O Ribeirão Samambaia desagua no Rio Piracicaba.

Os padrões de qualidade dos parâmetros de interesse na avaliação da qualidade das águas do corpo receptor, para águas doces classe 2, correspondem, em atendimento ao Art. 15 da Resolução Conama 357/2005, ao seguinte:

Demanda bioquímica de oxigênio:	$\leq 5,0 \text{ mg/L (DBO}_{5,20})$
Oxigênio dissolvido:	$\geq 5 \text{ mg/L}$
Nitrogênio amoniacal:	$\leq 3,7 \text{ mg/L}$
Nitrogênio nitrato:	$\leq 10,0 \text{ mg/L}$
Fósforo total:	$\leq 0,1 \text{ mg/L}$
Coliformes termotolerantes:	$\leq 1.000 \text{ NMP/100 ml}$

A vazão mínima do corpo receptor foi calculada através da metodologia de regionalização hidrológica desenvolvida pelo DAEE. As coordenadas do ponto de lançamento, a área da bacia de contribuição e a vazão mínima do corpo receptor são apresentadas a seguir:

$A_{\text{contribuição}}$:	$32,8 \text{ km}^2$
Coordenadas aproximadas:	N 7.501,5 km / E 200,5 km
$Q_{7,10}$:	103 L/s

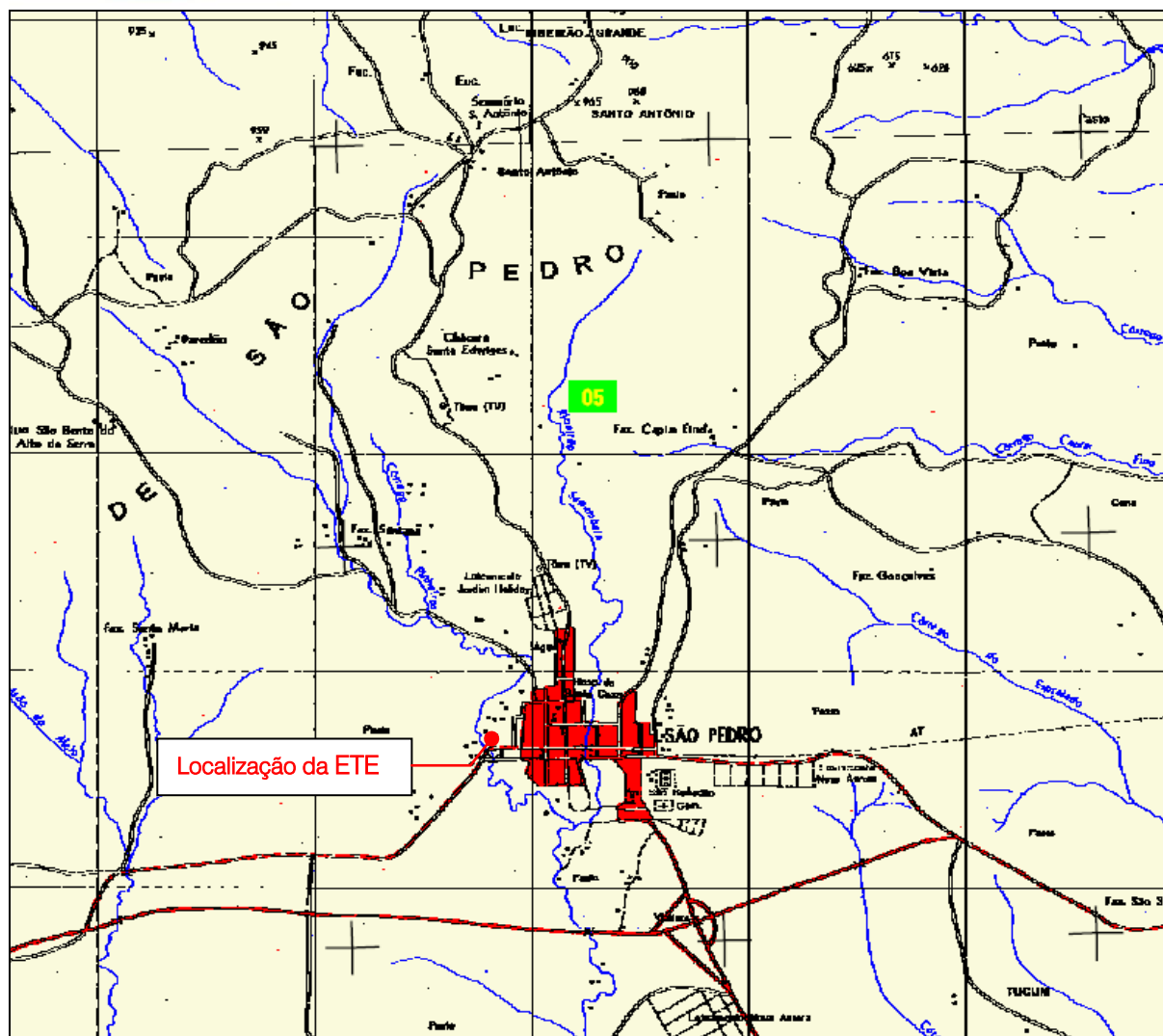


Figura 2: Localização Geral da ETE

Fonte: IBGE – Série Mapas municipais – Geocódigo 3550407

O trecho sujeito a maior impacto do Córrego da Ponte Alta tem extensão aproximada 12,8 km mensurados a partir do ponto de lançamento até a confluência com o rio Piracicaba, onde ocorre significativo aumento da vazão de diluição.

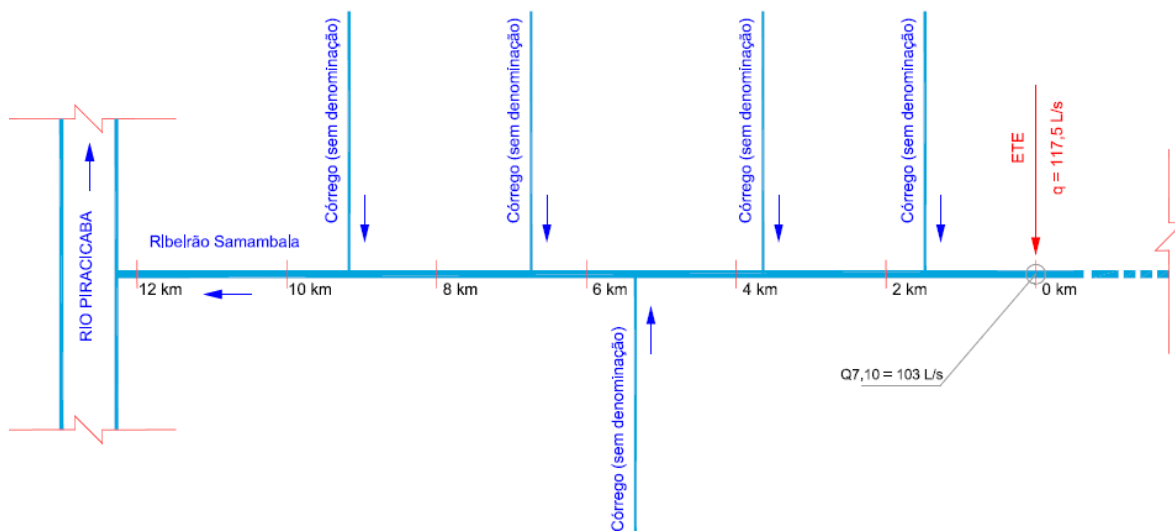


Figura 3: Diagrama unifilar do Ribeirão Samambala no trecho sob influência do lançamento do esgoto tratado da ETE de São Pedro.

O estudo de autodepuração aponta como trecho crítico estando restrito somente à zona de mistura. Apresentamos a verificação do atendimento aos padrões de qualidade do corpo receptor:

Demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$):

$$DBO_{5,20} = \frac{(q_{\text{média, lançamento}} \times DBO_{5,20_{\text{lançamento}}} + Q_{\text{corpo_receptor}} \times DBO_{5,20_{\text{corpo_receptor}}})}{q_{\text{média, lançamento}} + Q_{\text{corpo_receptor}}}$$

$$DBO_{5,20} = \frac{(39,8 \times 30 + 61 \times 0,0)}{39,8 + 61}$$

$$DBO_{5,20} = 11,8 \text{ mg/l}$$

Nitrogênio amoniacal total:

$$N_{\text{amoniacal}} = \frac{(q_{\text{média, lançamento}} \times N_{\text{amoniacal}_{\text{lançamento}}} + Q_{\text{corpo_receptor}} \times N_{\text{amoniacal}_{\text{corpo_receptor}}})}{q_{\text{média, lançamento}} + Q_{\text{corpo_receptor}}}$$

$$N_{\text{amoniacal}} = \frac{(39,8 \times 5 + 61 \times 0,0)}{39,8 + 61}$$

$$N_{\text{amoniacal}} = 1,97 \text{ mg N/l}$$

Nitrogênio nitrato:

$$N_{\text{nitrato}} = \frac{(q_{\text{média, lançamento}} \times N_{\text{nitrato}_{\text{lançamento}}} + Q_{\text{corpo_receptor}} \times N_{\text{nitrato}_{\text{corpo_receptor}}})}{q_{\text{média, lançamento}} + Q_{\text{corpo_receptor}}}$$

$$N_{\text{nitrito}} = \frac{(39,8 \times 25 + 61 \times 0,0)}{39,8 + 61}$$

$$N_{\text{nitrito}} = 9,9 \text{ mg N/l}$$

Coliformes termotolerantes:

$$C = \frac{(q_{\text{média, lançamento}} \times C_{\text{lançamento}} + Q_{\text{corpo_receptor}} \times C_{\text{corpo_receptor}})}{q_{\text{média, lançamento}} + Q_{\text{corpo_receptor}}}$$

$$C = \frac{(39,8 \times 10.000 + 61 \times 0,0)}{39,8 + 61}$$

$$C = 394 \text{ NMP/100 ml}$$

Fósforo total:

$$P = \frac{(q_{\text{média, lançamento}} \times P_{\text{lançamento}} + Q_{\text{corpo_receptor}} \times P_{\text{corpo_receptor}})}{q_{\text{média, lançamento}} + Q_{\text{corpo_receptor}}}$$

$$P = \frac{(39,8 \times 0,25 + 61 \times 0,0)}{39,8 + 61}$$

$$P = 0,099 \text{ mg P/l}$$

Oxigênio dissolvido:

Concentração de oxigênio dissolvido no ponto de lançamento, após a mistura:

$$OD = \frac{(q_{\text{média, lançamento}} \times OD_{\text{lançamento}} + Q_{\text{corpo_receptor}} \times OD_{\text{corpo_receptor}})}{q_{\text{média, lançamento}} + Q_{\text{corpo_receptor}}}$$

$$OD = \frac{(39,8 \times 5,0 + 61 \times 8,0)}{39,8 + 61}$$

$$OD = 6,8 \text{ mg/l}$$

Além desta verificação foi conduzido um estudo de autodepuração segundo o modelo de STREETER&PHELPS apresentado a seguir:

$$D_t = \frac{K' L_o (e^{-K't} - e^{-K_2't}) + D_o e^{-K_2't}}{K_2' - K'}$$

Na aplicação deste modelo foram consideradas as seguintes variáveis:

Velocidade média de escoamento: 0,4 m/s

Temperatura média: 18° C

Constante de reaeração a 20°C ($K'_{2, 20^\circ\text{C}}$): 0,60 d⁻¹

Constante de reaeração corrigida (17°C): 0,608 d⁻¹

Constante de degradação a 20°C (K'_{20°C}): 0,20 d⁻¹

Constante de degradação corrigida (17°C): 0,204 d⁻¹

*Expressão para correção da constante de reaeração em função da temperatura:

$$K'_{2,\theta} = K'_{2,20^{\circ}\text{C}} \times 1,024^{\theta-20}$$

**Expressão para correção da constante de degradação em função da temperatura:

$$K' = K'_{20^{\circ}\text{C}} \times 1,035^{\theta-20}$$

O gráfico a seguir apresenta a curva de autodepuração do trecho do Ribeirão dos Araras.

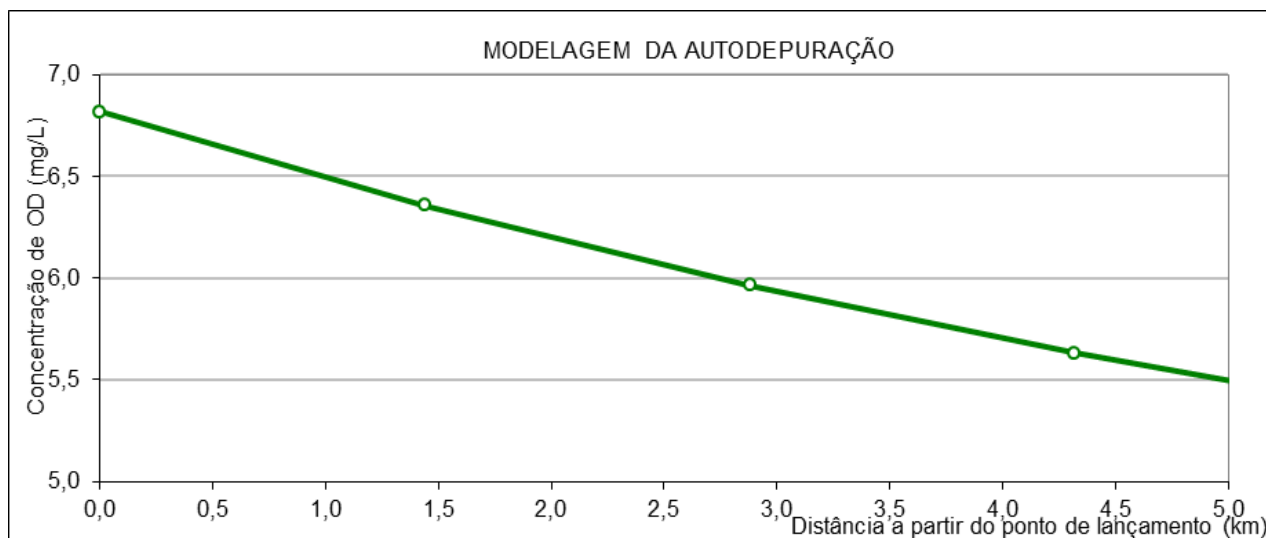


Figura 4: Curva do oxigênio dissolvido no Ribeirão da Água Quente, a partir do ponto de lançamento até a confluência com o Rio do Peixe.

2 DESCRIÇÃO SUCINTA DO PROCESSO

Tratamento Preliminar:

O tratamento do esgoto inicia-se com o peneiramento em malha de 1 mm, seguido por desarenação em caixa de areia do tipo “canal com velocidade constante”. A medição da vazão e controle do nível à montante será feito em vertedor de canal aberto tipo Calha Parshall. Previamente ao peneiramento, o esgoto passa por gradeamento em #25 mm.

Tratamento Secundário:

Após a desarenação o esgoto é bombeado para alimentação do reator misto anaeróbio / aeróbio por meio dos conjuntos motor-bomba re-autoescurvantes.

De uma forma simplificada, o processo biológico de tratamento do esgoto é conduzido por microrganismos que obtêm sua energia a partir da matéria orgânica presente nestes despejos. Assim, o objetivo final deste processo é converter a matéria orgânica, representada pelos parâmetros demanda bioquímica de oxigênio (DBO) ou demanda química de oxigênio (DQO), a compostos mais simples, eventualmente passíveis de serem removidos da fase líquida ou com menor potencial de causar impacto ambiental. Pela via biológica, estes processos podem ocorrer com ou sem a presença de oxigênio.

O processo biológico anaeróbio da primeira etapa do tratamento é conduzido no compartimento do reator anaeróbio, onde a degradação da matéria orgânica ocorre, simplificada, segundo a equação a seguir:



A remoção do gás sulfídrico presente no biogás gerado no processo anaeróbio é feita no lavador de gases tipo reator de contato, sendo realizado previamente à sua queima em flare de chama aparente.

O processo biológico aeróbio é conduzido no compartimento, onde é feito o fornecimento de oxigênio ao meio líquido que, junto ao lodo aeróbio, promovem a degradação da carga orgânica remanescente. Este processo é representado de forma simplificada segundo a equação a seguir:



O fornecimento de oxigênio é feito por sistema de aeração do tipo Ar Difuso com Bolhas Finas, o qual possui a maior eficiência na transferência de oxigênio ao meio líquido, juntamente com o menor consumo de energia elétrica. O fornecimento de ar aos difusores será feito por meio de Soprador de Ar tipo Roots.

Após o tanque de aeração, o efluente é conduzido ao Decantador Secundário, onde ocorrem a separação e a recirculação do lodo. O objetivo da recirculação do lodo é acelerar

a degradação da matéria orgânica no tanque de aeração, o que caracteriza o processo de lodos ativados.

A concepção do reator integrado é baseada na integração de quatro processos (anaeróbio, aeróbio, decantação e tratamento do biogás) em um único tanque. Este reator foi desenvolvido com a preocupação de evitar a exalação de odores desagradáveis, custos e impactos paisagísticos.

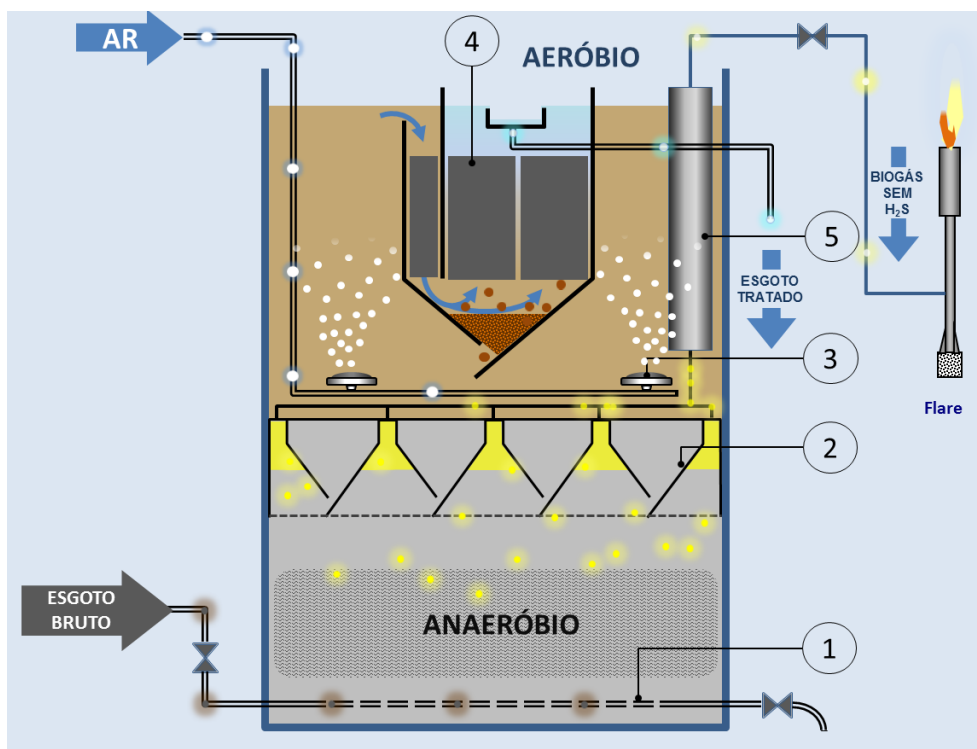


Figura 5: Concepção do reator Integrado Anaeróbio / Aeróbio: Sistema de distribuição (1), barreira de separação do estágio anaeróbio e separador de sólidos/líquido/biogás (2), tanque de aeração com difusores de bolha fina (3), decantador secundário lamelar de alta taxa (4) e sistema de remoção de gás sulfídrico (5).

Sistema de alimentação e distribuição (1)

A alimentação do reator é realizada por meio de recalque, que associada à concepção de distribuição pressurizada, garante a agitação necessária no fundo, para se evitar a formação de zonas mortas. Em nenhuma hipótese haverá entrada de ar atmosférico no processo anaeróbio. O sistema de distribuição conta com ramais independentes dotados de registros na entrada e no trecho final, que viabilizam a realização esporádica de operações de desentupimento sem a necessidade de interrupção da operação do reator.

Na zona anaeróbia ocorre a digestão da maior parte da matéria orgânica presente no esgoto. A zona de digestão do reator oferece 5 pontos distintos para a realização do descarte do lodo excedente de forma controlada. Há 3 dispositivos localizados um pouco abaixo do separador do estágio anaeróbio, para descarte de lodo de baixa densidade, e 2 na base do reator, que servem também para esgotamento total do reator, quando necessário.

Barreira de separação do estágio anaeróbio (2)

A separação do estágio anaeróbio do aeróbio é realizada por meio de uma barreira construída em polipropileno, de forma a resistir à agressividade do gás sulfídrico. Esta barreira incorpora também o separador trifásico, projetado de modo a promover a retenção de lodo na câmara de digestão, a separação do biogás gerado no processo anaeróbio e a passagem do efluente do processo anaeróbio ao tanque de aeração.

Tanque de aeração (3)

Imediatamente acima do dispositivo de sedimentação anaeróbia, estão posicionados difusores de bolha fina para aeração do efluente proveniente da seção anaeróbia. O tanque de aeração, juntamente ao decantador lamelar embutido, constitui o processo de lodos ativados para pós-tratamento do esgoto, o qual foi projetado na modalidade de “aeração prolongada” e conta com sistema de aeração por ar difuso (bolhas finas), de modo a agregar eficiência energética e mitigação dos impactos relacionados ao lançamento de aerossóis.

Decantador secundário lamelar de alta taxa (4)

O reator possui decantador secundário de alta taxa dentro do tanque de aeração, como alternativa ao uso de equipamentos externos os quais requerem também um sistema de recirculação do lodo para fins de concentração de biomassa ativa. O *liquor* misto do tanque de aeração entra no sistema de sedimentação via câmaras de degasagem de fluxo descendente. Em seguida passa por um sistema de placas inclinadas, onde a turbulência no efluente é reduzida e o lodo se sedimenta sobre a superfície destas placas. A massa de lodo acumulada adquire maior densidade e desliza para a zona abaixo das placas inclinadas, de onde retorna ao tanque de aeração por passagem protegida da turbulência do sistema de aeração. Já o efluente líquido transborda para uma calha para ser descartado do reator.

Tratamento do biogás (5)

O biogás produzido no reator anaeróbio é canalizado e conduzido ao scrubber localizado no tanque de aeração. O tratamento do biogás visa principalmente à oxidação do gás sulfídrico, por via biológica, sem adição de insumos de qualquer natureza, para que este permaneça na fase líquida. Este dispositivo atua também como selo hídrico regulando a pressão e permitindo somente a passagem do biogás ao flare, onde este poderá ser queimado sem acarretar problemas de odores. O scrubber foi projetado de modo que haja regeneração constante do lodo biológico no interior de sua câmara de contato.

Dispositivos de limpeza

Os principais elementos do reator são dotados de dispositivo especial de limpeza baseado no princípio de “limpeza por turbulência de ar forçada”, que pode ser aplicada periodicamente de modo a remover incrustações e materiais sólidos acumulados sobre a

superfície, sem a interrupção da operação. Estes dispositivos estão localizados na zona de sedimentação / passagem do separador do estágio anaeróbio, no decantador lamelar e na câmara de contato do scrubber.

Desinfecção:

Previamente ao descarte do esgoto tratado será feita a cloração, cuja finalidade é a destruição de microrganismos patogênicos, sendo que sua eficiência será avaliada por meio dos parâmetros Coliformes totais, Coliformes termotolerantes ou Enterococcus. O processo consiste na aplicação de cloro, fornecido na modalidade líquida cuja solução possui 12% de Hipoclorito de Sódio. A dosagem será feita na entrada do tanque de contato, onde o desnível geométrico do reator garante a agitação necessária para a diluição e mistura na entrada do agente desinfetante. O tanque de contato possui tempo de detenção de 30 minutos. Na saída do tanque de contato será instalada Calha Parshall (CP-02) para medição da vazão efluente.

A solução de hipoclorito de sódio será armazenada em tanque vertical com autonomia da ordem de 15 dias. A dosagem será feita por meio de dosadores do tipo diafragma. O equipamento dosador reserva ficará guardado no almoxarifado e disponível para a substituição imediata, quando necessária.

Tratamento do lodo biológico excedente:

O lodo biológico excedente será descartado a partir do reator anaeróbio, cujo teor de sólidos pode variar de 1 a 4%. Este lodo será desaguado por meio de *decanter* centrífugo. A alimentação das centrífugas será feita por meio de bombas helicoidais. Haverá aplicação de auxiliar de floculação (polieletrólito) ao lodo previamente à entrada no *decanter* centrífugo.

A solução de polieletrólito será preparada em tanque com agitador lento de pás inclinadas, em quantidade suficiente para 12 horas de operação. A dosagem da solução de polieletrólito será feita por meio de bomba helicoidal, cujo acionamento será feito por meio de inversor de frequência.

Reator UASB + Lodos Ativados (integrado): _____ 2.146 m² (58,0 x 37,0 m)

3 DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Apresentamos neste capítulo uma descrição dos equipamentos envolvidos no processo de tratamento de esgoto, considerando tanto a fase líquida como a fase sólida, conforme fluxograma do processo.

3.1 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA INICIAL

3.1.1 Grade fixa manual

Escopo do Processo Sinfehidro PCJ COB 138.

TAG: GR-01

Função: Remoção de resíduos sólidos grosseiros potencialmente capazes de causar danos como entupimento e travamento dos rotores dos conjuntos motor bomba da estação elevatória inicial.

Dados gerais:

Descrição do equipamento:	Grade fixa de limpeza manual
Quantidade:	1 em operação
Dimensões:	1200 x 2500 mm (largura x comprimento)
Fluido:	Esgoto bruto
Abertura da grade:	40 mm

Especificações mínimas:

Material da grade:	Aço carbono com revestimento anti corrosivo
Acessórios:	Rastelo para limpeza da grade
	Bandeja para acondicionamento dos resíduos

3.1.2 Estação elevatória Inicial – poço de sucção

Escopo do Processo Sinfehidro PCJ COB 138.

TAG: EL-01

Função: Tanque de transição para proporcionar as condições hidráulicas adequadas de operação das unidades de recalque, que garante o volume efetivo para bombeamento uniforme do esgoto, a submergência adequada na sucção, evitando-se a entrada de ar e a deposição de materiais sólidos.

Dados gerais:

Descrição do equipamento: Estação elevatória de poço seco, tipo retangular, com calha tranquilizadora da vazão para a redução de turbulência e cascatas, para evitar a exalação de odores. Dotada de bóias de controle do nível máximo e nível mínimo, para acionamento das bombas, e nível de calamidade, para acionamento de alarme sonoro, que permitirá a tomada de medidas para se evitar extravasamento do esgoto.

Quantidade: 1

Fluido: Esgoto após tratamento preliminar

Especificações mínimas:

Dimensões: 4,0 m x 3,0 m (comprimento x largura)

Profundidade total/útil: 3,9 m x 1,5 m (total / útil)

Volume útil: 18,0 m³

Material: Concreto com $f_{ck} \geq 25$ MPa

Revestimento interno: tipo epóxica com 2 demãos

3.1.3 Bomba centrífuga para alimentação do reator

TAG: BC-1A **Processo Sinfehidro PCJ COB 138.**
BC-1B **Processo Sinfehidro PCJ COB 138.**
BC-1C (2ª etapa)

Função: Recalque do esgoto na chegada do emissário por gravidade para início do tratamento preliminar na peneira rotativa.

Dados gerais:

Descrição do equipamento: Conjunto motor-bomba centrífuga re-autoeskorvante de eixo horizontal e rotor aberto.

Quantidade: 1 em operação + 1 de reserva (1ª etapa)

2 em operação + 1 de reserva (2ª etapa)

Fluido: Esgoto sanitário

Temperatura: 28° C

Vazão nominal: 250 m³/h por cjto. motor bomba

Altura manométrica total: 9,27 m.c.a.

Rendimento da bomba: 56% (mínimo)

Rotação da bomba: ≤1750 rpm

Potência consumida: 14,43 KW

Especificações construtivas:

Motor elétrico: 20 CV

NPSH_{REQUERIDO}/NPSH_{DISPONÍVEL}: 2,0 / 6,0 m.c.a.

Carcaça: ASTM 536 65-45-12

3.2 PENEIRA ROTATIVA

Escopo do Processo Sinféhidro PCJ COB 138.

TAG: PR-01

Função: Remoção de resíduos sólidos grosseiros potencialmente prejudiciais ao processo biológico e equipamentos mecânicos do sistema de tratamento de esgoto.

Dados gerais:

Descrição do equipamento: Peneira rotativa de fluxo axial com distribuição interna através de vertedor bilateral

Quantidade: 1 em operação (etapa única)

Fluido: Esgoto pré-gradeado em #40 mm ou inferior

Capacidade: 480 m³/h

Abertura da tela: 1 mm

Acessórios: Bandeja de sólidos

Tipo de tela: Perfil “V” auto-limpante, com abertura contínua eletrosoldada em varetas de suporte

Distribuição: Bandeja com distribuição bilateral através de vertedor

Especificações mínimas:

Tela filtrante do tambor: AISI 304

Material do suporte / base: AISI 304

Material das tampas e bandejas: AISI 304

Flange de entrada: 14 Pol. Furação conforme norma B 16.5

Carenagem Lateral basculante: AISI 304

Motor elétrico: Potência ≤ 1,5 KWH
220/380V 60Hz / IP 65.

Vertedor Bilateral: AISI 304 / espessura mínima de 2 mm

Lavador externo do tambor: Bicos de alta pressão para água ou vapor, em AISI 304, tubulação de 1 Pol. em AISI 304

Lavador interno do tambor: Bicos de alta pressão para água ou vapor, em AISI 304, tubulação de 1 Pol. em AISI 304

3.3 CAIXA DE AREIA

Escopo do Processo Sinféhidro PCJ COB 138.

TAG:

CA-01

Função:

Remoção de resíduos sólidos grosseiros de características abrasivas, sedimentáveis e não biodegradáveis, com densidade de 2,65 g/cm³ e velocidade de sedimentação de 2 cm/s, capazes de se acumular na forma de bancos de lodo sedimentados no fundo dos reatores biológicos.

*O critério de remoção corresponde à retenção de 95 % em massa das partículas com diâmetro equivalente igual ou superior a 0,2 mm e densidade de 2,65.

Dados gerais:

Descrição do equipamento:	Caixa de areia tipo canal de velocidade constante, com limpeza manual.
Quantidade:	1 + 1 R (etapa única)
Fluido:	Esgoto da saída da peneira rotativa
Capacidade:	480 m ³ /h
Seção de controle de nível:	Calha Parshall
Taxa de aplicação superficial:	$\leq 1300 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$
Velocidade horizontal:	$\leq 0,40 \text{ m/s}$
Controle do fluxo:	Comportas tipo <i>stop log</i>
Dimensões:	8,0 m x 1,1 m (comprimento x largura)
Profundidade:	0,30 m – para acumulação de resíduos

Especificações construtivas:

Material:	Concreto com fck $\geq 25 \text{ MPa}$
Revestimento interno:	tipo epóxica com 2 demãos

3.4 CALHA PARSHALL INICIAL

Escopo do Processo Sinféhidro PCJ COB 138.

TAG:

CP-01

Função:

Medição da vazão de esgoto afluyente ao reator, para finalidade de acompanhamento da operação, de forma a estabelecer um registro das vazões. Constitui também a seção de controle de nível à montante, com a finalidade de controlar a velocidade de escoamento horizontal na caixa de areia.

Dados gerais:

Descrição do equipamento:

Calha Parshall pré-fabricada em fibra de vidro

Quantidade:

1 conjunto

Garganta:

w = 9 Pol.

Capacidade:

10 a 900 m³/h

Especificações mínimas:

Material:

Poliéster estruturado com fibra de vidro

Dotada de aba horizontal superior

Camada de proteção a raios Ultravioleta

Detalhes:

Régua graduada para leitura da vazão e lâmina líquida

Instalação da calha:

Escoamento livre à montante e jusante da calha

Canal à montante livre de turbulência

Leitura da lâmina d'água/ vazão: à 2/3 do comprimento da parede convergente

3.5 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA – POÇO DE SUCÇÃO

Escopo do Processo Sinfedro PCJ COB 138.

TAG: EE-02

Função: Tanque de transição para proporcionar as condições hidráulicas adequadas de operação das unidades de recalque, que garante o volume efetivo para bombeamento uniforme do esgoto, a submergência adequada na sucção, evitando-se a entrada de ar e a deposição de materiais sólidos.

Dados gerais:

Descrição do equipamento: Estação elevatória de poço seco, tipo retangular, com calha tranquilizadora da vazão para a redução de turbulência e cascatas, para evitar a exalação de odores. Dotada de bóias de controle do nível máximo e nível mínimo, para acionamento das bombas, e nível de calamidade, para acionamento de alarme sonoro, que permitirá a tomada de medidas para se evitar extravasamento do esgoto.

Quantidade: 1

Fluido: Esgoto após tratamento preliminar

Especificações mínimas:

Dimensões: 4,0 m x 3,0 m (comprimento x largura)

Profundidade total/útil: 3,4 m x 1,2 m (total / útil)

Volume útil: 40,8 / 14,4 m³ (total / útil)

Material: Concreto com $f_{ck} \geq 25$ MPa

Revestimento interno: tipo epóxica com 2 demãos

3.6 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA – BOMBA CENTRÍFUGA PARA ALIMENTAÇÃO DO REATOR

TAG: BC-01A **Processo Sinfehidro PCJ COB 138.**
BC-01B **Processo Sinfehidro PCJ COB 138.**
BC-01C (2ª etapa)

Função: Recalque do esgoto para alimentação do reator, com pressão de descarga para a distribuição uniforme dentro do reator e garantia de agitação mínima no fundo do reator, para evitar a compactação do lodo.

Dados gerais:

Descrição do equipamento: Conjunto motor-bomba centrífuga re-autoescorvante de eixo horizontal e rotor aberto.

Quantidade: 1 em operação + 1 de reserva (1ª etapa)
2 em operação + 1 de reserva (2ª etapa)

Fluido: Esgoto sanitário

Temperatura: 28° C

Vazão nominal: 160 m³/h por cjto. motor bomba

Altura manométrica total: 18 m.c.a.

Potência consumida: 14,1

Rendimento da bomba: 56% (mínimo)

Rotação da bomba: ≤1750 rpm

Especificações construtivas:

Motor elétrico: 20 CV

NPSH_{REQUERIDO}/NPSH_{DISPONÍVEL}: 2,0 / 6,0 m.c.a.

Carcaça: ASTM 536 65-45-12

Rotor: Tipo aberto

Transmissão: Correia e polia

3.7 REATOR MISTO ANAERÓBIO - AERÓBIO

TAG: RU-01A **Processo Sinféhidro PCJ COB 138.**
RU-01B (2ª etapa)

Função: Tratamento do esgoto em nível secundário, por processo biológico anaeróbio seguido por aeróbio, visando a remoção de 90% de matéria orgânica expressa em termos de DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Dados gerais:

Descrição do equipamento: Reator integrado anaeróbio e aeróbio verticalizado, com lavador de biogás e sistema de clarificação (decantador lamelar).

Quantidade: 2 reatores

Fluido: Esgoto sanitário

Temperatura: 28° C

Vazão nominal: 160 m³/h - por reator

Especificações mínimas:

Tanque do reator: (cada unidade)

Dimensões: 26,5 m x 7,5 m (comprimento x largura)

Altura total/útil: 8,80 m / 8,20 m (total / útil)

Volume útil: 1630 m³ por reator

Material: Concreto estrutural com $f_{ck} \geq 30$ MPa

Revestimento interno: *Tipo impermeabilização a base de poliuretano*

Equipamentos internos do processo:

Vide descrições nos subitens a seguir.

3.7.1 Reator Anaeróbio

Função:

Etapa preliminar da remoção de matéria orgânica visando à destruição de **75%** da matéria orgânica expressa pelos parâmetros DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio e DQO – Demanda Química de Oxigênio.

Dados gerais (cada unidade):

Descrição do equipamento:

Reator anaeróbio tipo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*)

Quantidade:

1 reator (1ª etapa)
+ 1 reator (2ª etapa)

Dimensões:

26,5 m x 7,5 m (comprimento x largura)

Altura total:

4,0 m

Volume útil:

795 m³ por reator

Tempo de detenção média:

5 horas

Equipamentos inclusos:

Sistema de distribuição de esgoto
Defletores de lodo tipo separador trifásico
Sistema de retirada de espuma
Sistema de coleta do biogás
Sistema de coleta de amostras do lodo anaeróbio
Sistema de limpeza contra incrustações por jateamento de ar
Bocal de acesso
Drenos do reator

Especificações mínimas:

Materiais:

Polipropileno

Materiais tubulares:

Tubo de PEAD PN 12

Conexões:

Aço Inoxidável – peças inseridas no concreto e flanges
Polipropileno – colarinhos

3.7.2 Reator Aeróbio

Função:

Etapa complementar da remoção de matéria orgânica visando à destruição adicional de 20% da matéria orgânica expressa pelos parâmetros DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio e DQO – Demanda Química de Oxigênio. Atua no controle de odores por estar localizado acima do reator anaeróbio, oxidando as substâncias odoríferas dissolvidas presentes no efluente do processo anaeróbio.

Dados gerais: (cada unidade):

Descrição do equipamento:

Reator de lodos ativados com biomassa suspensa, em regime de aeração prolongada, com sistema de aeração por ar difuso tipo bolhas finas, localizado acima do reator anaeróbio, com alimentação uniforme por fluxo ascendente.

Dimensões:

26,5 m x 7,5 x 4,2 m (comprimento x largura x altura útil)

Quantidade:

1 reator (1ª etapa) **Processo Sinféhidro PCJ COB 138.**
+ 1 reator (2ª etapa)

Volume útil:

660 m³ por reator

Relação A/M:

0,15 kg DBO/kg SSVTA

Idade do lodo:

15 dias

Tempo de detenção hidráulica:

4,15 horas

Componentes:

Sistema de distribuição de ar

Sistema de retirada de amostras

Sistema de drenagem do reator aeróbio

Especificações mínimas: (cada unidade):

Sistema de distribuição do ar:

Modalidade:

Ar difuso com bolhas finas

Difusores de ar:

Modalidade:

Tipo disco

Membrana:

EPDM com micro orifícios, revestida com PTFE

Corpo do difusor:

Polipropileno injetado

Ramais distribuidores de ar:

Tubulação:

Tubo de PEAD PE 100 PN 10

Suportes e abraçadeiras:

Polipropileno e Aço Inoxidável (AISI 304)

3.7.3 Decantador Secundário Lamelar

Função: Clarificação do efluente tratado, retenção e recirculação do lodo aeróbio no tanque de aeração, para aceleração do processo de degradação da matéria orgânica.

Dados gerais (cada unidade):

Descrição do equipamento: Decantador de placas lamelares, de alta taxa, com recirculação direta para o tanque de aeração e dotado de sistema de limpeza por ejetor de ar.

Quantidade: 2 módulos padrão de 81 m³/h por reator

Dimensões aproximadas: 11,0 m x 2,4 m (comprimento x largura)

Altura total: 4,0 m

Capacidade unitária: 81 m³/h

Componentes:

Módulos de entrada do *liquor* misto

Módulos de sedimentação do lodo

Base com bocal de acesso

Estrutura de suporte e encaixe dos módulos

Canaleta de retirada do clarificado com placas ajustáveis

Sistema de limpeza contra incrustações por jateamento de ar

Especificações mínimas:

Materiais: Polipropileno (módulos sedimentadores)

Aço carbono protegido para ambiente submerso

Materiais tubulares: Tubo de PEAD PN 12

Conexões: Aço Inoxidável – peças inseridas no concreto e flanges

Polipropileno – interligação de tubulações com defletores

3.7.4 Lavador de Biogás

Função:

Absorção das formas reduzidas de enxofre presentes no biogás gerado no processo anaeróbico, previamente à sua queima no flare, para evitar incômodos por exalação de substâncias odoríferas.

Dados gerais (cada unidade):

Descrição do equipamento:

Lavador de biogás por processo biológico em reator de contato com utilização do próprio lodo aeróbio.

Quantidade:

1 reator (1ª etapa)
+ 1 reator (2ª etapa)

Dimensões básicas:

1,0 m x 5,0 m (diâmetro x comprimento)

Altura total:

5,0 m

Componentes:

Reator de contato
Dispositivos de entrada e saída do lodo aeróbio
Dispositivo de limpeza contra incrustações
Estrutura de suporte do lavador

Especificações mínimas:

Materiais tubulares:

Tubo de PEAD PN 12

Conexões:

Aço Inoxidável – peças inseridas no concreto e flanges
Polipropileno – interligação de tubulações com defletores

3.8 SOPRADORES

TAG: SA-01A **Processo Sinféhidro PCJ COB 138.**
SA-01B **Processo Sinféhidro PCJ COB 138.**
SA-01C (2ª etapa)

Função: Fornecer ar para o processo biológico aeróbio e para operações de limpeza dos equipamentos do reator.

Dados gerais:

Descrição do equipamento: Soprador de ar tipo *roots*, trilobular, com cabine acústica.
Quantidade: 2 em operação + 1 de reserva
Fluido: Ar atmosférico
Temperatura de entrada: 38° C
Temperatura na saída: 96°C (máxima)
Vazão nominal: 800 m³/h por soprador
Pressão de entrada: Atmosférica
Pressão de saída (diferencial): 5 m.c.a.
Rotação do soprador: 3500 rpm (máximo)
Potência consumida: 17 KW
Motor elétrico: 25 CV
Nível de ruído com cabine: <80 dB(A) +/- 2 @ 1 metro.
Nível de ruído sem cabine: 99 dB(A) +/- 2 @ 1 metro.
Acessórios: Cabine Acústica com ventiladores
Silenciador na Sucção / Filtro
Silenciador na Descarga
Válvula de alívio
Válvula de Retenção
Manômetro
Termostato

Especificações construtivas (mínimas):

Soprador: Corpo em ferro fundido
Lóbulos em aço inoxidável
Eixo em aço carbono
Cabine acústica: Aço carbono com pintura (padrão fabricante)

3.9 FLARE

Processo Sinfehidro PCJ COB 138.

TAG: FL-01

Função: Queima do biogás gerado no processo anaeróbio para redução de seus impactos tais como a emissão de gases de efeito estufa (CH_4) e oxidação de demais componentes gasosos e voláteis.

Dados gerais:

Descrição do equipamento: Queimador tipo “flare” com chama aparente

Quantidade: 1 em operação

Vazão de projeto: $60 \text{ m}^3/\text{h}$

Instrumentação: Cjto Ignitor (inclui transformador)

Especificações mínimas:

Componentes do queimador:

Câmara de queima: Aço inox AISI 304

Cabeça de Ignição: Aço inox AISI 304

Difusor: Aço inox AISI 304L

Coluna de queima: Aço inox 304

Componentes de Automação: Ignitor eletrônico
Válvula reguladora de pressão

Componentes de Segurança: Válvula corta chamas

3.10 DOSADORES DE HIPOCLORITO DE SÓDIO

Processo Sinfehidro PCJ COB 138.

TAG: BD-01

Função: Dosar a solução de hipoclorito de sódio para o processo de desinfecção, cujo objetivo é a eliminação de microrganismos patogênicos presentes no esgoto.

Dados gerais:

Descrição do equipamento:	Bomba diafragma dosadora eletrônica
Quantidade:	1 em operação
Fluido:	Solução de hipoclorito de sódio a 12% / dens. < 1,4 g/cm ³
Viscosidade:	1,1 cP
Vazão de projeto:	10 l/h

3.11 TANQUE DE CONTENÇÃO PARA HIPOCLORITO DE SÓDIO

Processo Sinfehidro PCJ COB 138.

TAG: TQ-01

Função: Contenção de forma segura da solução de hipoclorito de sódio na hipótese de vazamentos acidentais.

Dados gerais:

Descrição do equipamento: tanque aberto protegido da corrosão acelerada ou abrasão através de uma impermeabilização interna compatível para contenção de solução de solução de hipoclorito de sódio.

Quantidade: 1

Fluido: Solução de hipoclorito de sódio a 12%

Dimensões: 4,6 m x 4,6 m (comprimento x largura)

Profundidade total/útil: 0,8 m (total) / 0,6 m (útil)

Volume útil: > 10 m³

3.12 RESERVATÓRIO VERTICAL FECHADO PARA ARMAZENAMENTO PARA HIPOCLORITO DE SÓDIO

Processo Sinféhidro PCJ COB 138.

TAG:	TQP-01
Função:	Armazenamento da solução de hipoclorito de sódio de forma segura, para redução do risco de vazamentos acidentais e da exalação de gases tóxicos.
Descrição do equipamento:	Reservatório vertical fechado resistente à agressividade da solução de hipoclorito de sódio a 16%
Quantidade:	1
Fluido a armazenar:	solução de hipoclorito de sódio de 10 a 16% Densidade máxima de 1,4 g/cm ³
Dimensões aproximadas:	2,6 m x 3,0 m (diâmetro máx. x altura máx.)
Volume útil:	10 m ³

3.13 TANQUE DE CONTATO

Processo Sinféhidro PCJ COB 138.

TAG:	TQCO-01
Função:	Proporcionar tempo de contato e condições hidráulicas adequadas para o processo de desinfecção de esgoto.
Descrição do equipamento:	Tanque de contato para desinfecção
Quantidade:	1
Fluido:	Esgoto tratado (após tratamento biológico)
Volume útil:	160 m ³
Tempo de detenção:	≥ 30 minutos
Dimensões:	11,40 m x 7,75 m (comprimento x largura)
Profundidade total/útil:	2,0 / 1,8 m (total / útil)

3.14 CALHA PARSHALL FINAL

Processo Sinfehidro PCJ COB 138.

TAG:	CP-02
Função:	Medição da vazão de esgoto tratado, para finalidade de acompanhamento da operação, de forma a estabelecer um registro das vazões.
Descrição do equipamento:	Calha Parshall pré-fabricada em fibra de vidro
Quantidade:	1 conjunto
Garganta:	w = 9 Pol.
Capacidade:	10 a 907 m ³ /h

3.15 DECANter CENTRÍFUGO

Processo Sinfehidro PCJ COB 138.

TAG: CE-01

Função: Desaguamento do lodo biológico excedente para viabilizar o seu acondicionamento, transporte e disposição final adequado.

Dados gerais:

Descrição do equipamento: Decanter centrífugo

Quantidade: 1 conjunto

Fluido: Lodo biológico com teor de sólidos de 1 a 4%

Temperatura: 18 ~ 35°C

Capacidade: 3,0 m³/h para lodo a 2% de sólidos

Teor de sólidos na saída: >18%

Potência: ~ 11 kW

3.16 BOMBA DE RECALQUE DE LODO

Processo Sinfehidro PCJ COB 138.

TAG:	BH-01
Função:	Transporte e controle da vazão de descarte do lodo excedente para o Decanter centrífugo.
Descrição do equipamento:	Bomba helicoidal de cavidades progressivas para lodo biológico excedente com teor de sólidos de 1% a 4%
Quantidade:	1 conjunto motor bomba
Bomba modelo:	helicoidal com variador de velocidade mecânico
Número de estágios:	01
Pressão máxima:	2 Kg/cm ²
Fluido:	Lodo de tratamento biológico com teor de sólidos de 1 a 4%
Vazão hidráulica:	1,5 ~ 3,0 m ³ /h
Motoredutor:	3,0 cv

3.17 BOMBA DOSADORA DE POLIÉTRÓLITO

Processo Sinfehidro PCJ COB 138.

TAG:	BH-02
Função:	Dosagem de solução de auxiliar de floculação no lodo biológico excedente na entrada do decanter centrífugo.
Descrição do equipamento:	Bomba helicoidal de cavidades progressivas para solução de auxiliar de floculação com teor de sólidos de 0,1% a 0,5%
Quantidade:	1 conjunto motor bomba
Bomba modelo:	helicoidal com variador de velocidade mecânico
Número de estágios:	01
Pressão máxima:	2 Kg/cm ²
Fluido:	solução de polímero com teor de sólidos de 0,1 a 0,5%
Pressão de descarga:	Até 2,0 Kgf/cm ²
Vazão hidráulica:	240 /h
Motoredutor:	1,0 cv

3.18 TANQUE DE PREPARO DE POLIÉTRÓLITO

Processo Sinfehidro PCJ COB 138.

TAG: TQ-01

Função: Preparo de solução de polieletrólito.

Dados gerais:

Descrição do equipamento: Tanque vertical aberto com suporte agitador lento de pás inclinadas

Quantidade: 1 unidade

Concentração da solução: 0,1 a 0,5%

Tipo de polímero: em pó ou emulsão concentrada

Fluido: solução de polímero com teor de sólidos de 0,1 a 0,5%

Temperatura: 18 ~ 35°C

Dimensões do tanque: 1400 x 2400 mm (diâmetro máx. x altura total máxima)

3.19 AGITADOR LENTO PARA PREPARO DE POLIÉTRÓLITO

Processo Sinfehidro PCJ COB 138.

TAG: AG-01

Função: Preparo de solução de polieletrólito.

Dados gerais:

Descrição do equipamento: Agitador lento de pás inclinadas

Quantidade: 1 unidade

Concentração da solução: 0,1 a 0,5%

Tipo de polímero: em pó ou emulsão concentrada

Fluido: solução de polímero com teor de sólidos de 0,1 a 0,5%

Temperatura: 18 ~ 35°C

Modalidade: Agitador lento de pás inclinadas

Motor redutor: 2,0 cv

4 MANUAL DE OPERAÇÃO

O presente documento apresenta as diretrizes para operação da ETE. Procedimentos específicos de análises laboratoriais e manutenção de equipamentos eletromecânicos serão definidos na ocasião da instalação dos equipamentos definitivos, a partir das especificações dos fabricantes.

4.1 PLANO DE ACOMPANHAMENTO DA OPERAÇÃO DA ETE

Este plano de monitoramento tem objetivo subsidiar as operações da Estação de Tratamento de Esgoto.

Os dados dos pontos P1 a P5 fornecem um perfil dos sólidos no reator anaeróbio. Alternativamente poderá ser coletada uma amostra composta destes 5 pontos, para fins de simplificação das análises.

Recomendamos prever instrumentação de leitura contínua para os seguintes parâmetros:

- Vazão afluyente (com totalizador de vazão);
- Oxigênio dissolvido no tanque de aeração.

Na fase de partida os parâmetros e a frequência das análises poderão ser diferentes.

A frequência de amostragem, os parâmetros e pontos de coleta são apresentados na tabela 1 a seguir. Na tabela 2 são apresentados valores médios para finalidade de orientação das ações relacionadas à operação do reator.

Observação: na fase de partida os parâmetros e frequência de análises serão diferentes, obedecendo-se a critérios previstos no plano de posta em marcha.

Tabela 2. Plano de Acompanhamento da operação da ETE – Parâmetros e frequência.

			Esgoto		Processo anaeróbio					Processo aeróbio	Lodo	
Parâmetros		Unid.	Esgoto bruto	Esgoto tratado	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Lodo desaguado	Filtrado da centrífuga
1	Vazão afluyente	l/s	D	---								
2	Vazão efluente	l/s		D								
3	Potencial hidrogeniônico - pH	Log	D	D								
4	DBO _{5,20}	mg/l	S	S								
5	DQO	mg/l	S	S								
6	Sólidos suspensos totais	mg/l	M	M	M	M	M	M	M	M		M
7	Sólidos suspensos voláteis	mg/l	M	M	M	M	M	M	M	M		M
8	Materiais sedimentáveis	ml/l	D	D								
9	Oxigênio dissolvido	mg/l								D		
10	Óleos e graxas	mg/l	M	M								
11	Nitrogênio total (NKT)	mg/l	M	M								
12	Nitrogênio amoniacal	mg/l	M	M								
13	Nitrogênio nitrato	mg/l		M								
15	Fósforo total	mg/l	M	M								
16	Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml		M								
17	Teor de sólidos	%										

D: Frequência diária (leituras ao longo do dia)

S: Frequência semanal

M: Frequência mensal

Tabela 3. Plano de Acompanhamento da operação da ETE – Valores de referência.

			Esgoto		Processo anaeróbio					Processo aeróbio	Lodo	
Parâmetros		Unid.	Esgoto bruto	Esgoto tratado	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Lodo desaguado	Filtrado da centrífuga
1	Vazão afluente	l/s	90	---								
2	Vazão efluente	l/s		90								
3	Potencial hidrogeniônico - pH	Log	6,5~8,0	6,5~8,0								
4	DBO _{5,20}	mg/l	200 - 600	10 - 40								
5	DQO	mg/l	300 - 800	20 – 80								
6	Sólidos suspensos totais	mg/l	150 - 300	10 – 40	20.000	20.000	20.000	20.000	15.000	3.500		1.000 – 3.000
7	Sólidos suspensos voláteis	mg/l	80 - 200	5 – 20	16.000	16.000	16.000	16.000	10.000	2.700		700 – 2000
8	Materiais sedimentáveis	ml/l	0 - 20	0 – 1,0								
9	Oxigênio dissolvido	mg/l								1,5 – 2,5		
10	Óleos e graxas	mg/l	<50	<20								
11	Nitrogênio total (NKT)	mg/l	20 - 60									
12	Nitrogênio amoniacal	mg/l	15 - 45	5 – 30								
13	Nitrogênio nitrato	mg/l	---	5 - 30								
15	Fósforo total	mg/l	5 - 12	3 - 8								
16	Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml		10³								
17	Teor de sólidos	%									20%	

D: Frequência diária (leituras ao longo do dia)

S: Frequência semanal

M: Frequência mensal

4.2 PLANO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

Este plano de monitoramento ambiental tem por objetivo demonstrar a eficiência da ETE perante os órgãos ambientais de fiscalização e controle da poluição. As análises podem ser realizadas em laboratório próprio ou terceirizado, desde que creditado perante o INMETRO.

A frequência de amostragem, os parâmetros e pontos de coleta são apresentados na tabela 3 a seguir.

Os parâmetros previstos para o corpo receptor visam subsidiar a análise dos impactos da estação de tratamento de esgoto na qualidade das águas superficiais. Neste caso, a análise poderá ser realizada pelo órgão de controle ambiental.

Tabela 4. Frequência e parâmetros do Plano de Monitoramento Ambiental.

	Parâmetros	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO		CORPO RECEPTOR	
		Esgoto bruto	Esgoto tratado	Montante	Jusante
1	Vazão afluente	M			
2	Vazão efluente		M		
3	Potencial hidrogeniônico - pH		M	TRI	TRI
4	DBO _{5,20}	M	M	TRI	TRI
5	Materiais sedimentáveis		M		
6	Oxigênio dissolvido			TRI	TRI
7	Óleos e graxas	M	M		
8	Nitrogênio amoniacal			TRI	TRI
9	Nitrogênio nitrato			TRI	TRI
10	Fósforo total			TRI	TRI
11	Coliformes totais			TRI	TRI
12	Coliformes termotolerantes	M	M	TRI	TRI

D: Frequência diária (leituras ao longo do dia)

S: Frequência semanal

M: Frequência mensal

TRI: Frequência Trimestral

4.3 PARÂMETROS E DIRETRIZES PARA AS ANÁLISES

Neste capítulo são descritos a importância dos parâmetros de acompanhamento e monitoramento propostos para a avaliação da ETE, bem como algumas considerações sobre as técnicas analíticas para realização das análises.

Apresentamos neste capítulo a importância dos parâmetros selecionados e algumas considerações nos procedimentos analíticos a serem observadas para o caso da realização das análises em estações de tratamento de esgoto. O procedimento definitivo para a realização das análises deve ser definido em conformidade aos equipamentos a serem adquiridos para o laboratório.

Procedimentos detalhados, bem como especificação de materiais e equipamentos a serem utilizados, encontram-se nas seguintes referências bibliográficas, que foram utilizadas na edição deste capítulo:

- Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitário e Industrial (2004). Laboratório de Saneamento “Prof. Lucas Nogueira Garcez”. Departamento de Engenharia Hídrica e Sanitária. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- MORITA, D.M. & PIVELI, R.P. Caracterização de Águas Residuárias. Apostila. Departamento de Engenharia Hídrica e Sanitária. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

As análises a serem realizadas em laboratório externo devem ter procedimentos de coleta e preservação das amostras, bem como procedimentos laboratoriais, que atendam aos critérios de acreditação estipulados pelo INMETRO.

4.3.1 Primeiros socorros

Os riscos mais comuns de acidentes em laboratórios químicos são: cortes, queimaduras, derramamento de produtos químicos e intoxicação com substâncias nocivas. Os primeiros socorros devem ser ministrados o mais próximo possível do momento do acidente, sendo que, dependendo da gravidade, o acidentado deverá ser encaminhado ao hospital mais próximo, imediatamente.

Abaixo, procedimentos básicos a serem ministrados em caso de acidentes:

- Por ingestão de substância química: não provocar vômito quando tratar-se de ingestão de ácidos ou bases; deve-se no primeiro caso (ingestão de ácidos) ministrar leite de magnésia e água para beber, e no segundo caso (ingestão de bases) ministrar cerca de 30 ml de vinagre diluídos em 250 ml de água, seguido de suco de laranja ou limão.
- Por inalação de vapores corrosivos: remover a pessoa do local, dispondo-a num ambiente ventilado
- Por queimaduras: no caso de queimaduras com ácidos, deve-se lavar com água em abundância e, em seguida, com Bicarbonato de sódio a 5%; em se tratando de

queimaduras com bases, deve-se lavar com água em abundância e, em seguida, com vinagre. Quando a região afetada forem os olhos, deve-se utilizar o lavador de olhos para proceder à lavagem.

- Por cortes: deve-se lavar com água e sabão o local da lesão e, em seguida, ministrar solução à base de iodo.

4.3.2 Vazão

A medição da vazão será do tipo conduto livre por meio de Calha Parshall. Serão medidas as vazões afluentes e efluentes à ETE. A vazão afluente será medida na saída da Caixa de Areia e a vazão efluente será medida previamente ao lançamento, antes do emissário de esgoto tratado. A medição da vazão por meio de calha Parshall é baseada na medida da altura da lâmina líquida medida na calha Parshall, a qual correlaciona-se com a vazão por meio da seguinte equação:

$$H = \sqrt[1,58]{\frac{Q}{0,381}}$$

Onde:

H: Lâmina d'água em m medida a 2/3 do trecho anterior à seção convergente;

Q: Vazão em m³/s

Tabela 5. Lâmina d'água a 2/3 versus vazão para calha Parshall com garganta de 9 pol.

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
cm	l/s	cm	l/s	cm	l/s	cm	l/s	cm	l/s
		11	11,6	21	32,4	31	59,9	41	93,1
		12	13,4	22	34,8	32	63,0	42	96,8
		13	15,2	23	37,4	33	66,1	43	100,4
		14	17,1	24	40,0	34	69,3	44	104,1
5	3,4	15	19,0	25	42,6	35	72,5	45	107,9
6	4,5	16	21,1	26	45,4	36	75,8	46	111,7
7	5,7	17	23,2	27	48,1	37	79,2	47	115,6
8	7,0	18	25,4	28	51,0	38	82,6	48	119,5
9	8,5	19	27,6	29	53,9	39	86,1	49	123,4
10	10,0	20	30,0	30	56,9	40	89,6	50	127,4

4.3.3 Potencial hidrogeniônico – pH

O pH representa a atividade do íon hidrogênio na água, de forma logaritmizada, resultante inicialmente da dissociação da própria molécula da água e posteriormente acrescida pelo hidrogênio proveniente de outras fontes como efluentes industriais (ácido sulfúrico,

clorídrico, nítrico, etc), dissociação de ácidos orgânicos como o ácido acético, que resulta da “fase ácida” da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, bem como outras substâncias que venham a apresentar reação ácida com o solvente (água).

Nos ecossistemas formados nos tratamentos biológicos de esgotos o pH é também uma condição que influi decisivamente no processo. Normalmente, a condição de pH que corresponde à formação de um ecossistema mais diversificado e a um tratamento mais estável é a de neutralidade, tanto em meios aeróbios como nos anaeróbios. Nos reatores anaeróbios, a acidificação do meio é acusada pelo decréscimo do seu pH, indicando situação de desequilíbrio. A produção de ácidos orgânicos voláteis pelas bactérias acidificadoras e a não utilização destes últimos pelas metano arqueas é uma situação de desequilíbrio que pode ser devido a diversas causas. O decréscimo no valor do pH, que a princípio funciona como indicador do desequilíbrio, passa a atuar como causa, se não for corrigido a tempo. Nos reatores aeróbios, a nitrificação do esgoto (ou oxidação da amônia a nitrato, conforme será visto adiante), que é um efeito desejável, leva a um consumo de alcalinidade do meio e à queda de pH, exigindo, em certas circunstâncias, a alcalinização artificial.

Para a determinação de pH são disponíveis os seguintes métodos:

- a) método eletrométrico (eletrodo de pH ou pH-metro)
- b) método comparativo utilizando-se o papel indicador universal de pH
- c) “kits” utilizados em piscinas (indicadores colorimétricos em solução líquida)

O método eletrométrico é mais recomendável para as aplicações em laboratório e para o controle dos sistemas de uma maneira geral. Para algumas condições de campo em que não é exigida grande precisão, o papel indicador de pH pode ser utilizado para estimativas preliminares.

O pH-metro consiste em um potenciômetro, um eletrodo de vidro, um eletrodo de referência e um dispositivo de compensação de temperatura. Quando os eletrodos são imersos na solução, um circuito é formado através do potenciômetro. O eletrodo de referência consiste em uma semi-célula que gera um potencial de eletrodo constante. Geralmente são utilizados eletrodos de prata/cloreto de prata e, em menor escala, cloreto de mercúrio (chamado calomelano).

O eletrodo indicador é constituído por um bulbo de vidro especial (borossilicato de sódio) contendo uma concentração fixa de HCl ou uma solução tampão com pH conhecido em contato com um eletrodo de referência interno. Quando se imerge o eletrodo na solução, a superfície externa do bulbo se hidrata, promovendo-se assim a troca de íons sódio com íons H^+ da solução, de modo a formar uma camada superficial de íons hidrogênio. Este fato se associa à repulsão de ânions, como sítios de silicatos negativamente carregados, por exemplo, produzindo um potencial na interface da solução (vidro), que é função da atividade dos íons H^+ na solução.

Os pH-metros devem ser calibrados com “soluções tampão”, antes da sua utilização, apresentando uma variação de 55 a 59 mV/unidade de pH, em ambas as faixas de

calibração. O bulbo do eletrodo deve ser sempre bem conservado, mantido imerso em solução de cloreto de potássio. A imersão em água destilada provoca diluição da solução interna, não sendo procedimento recomendado. Existem pH-metros portáteis, que podem ser utilizados em campo, alimentados por baterias. Além dos pH-metros de laboratório, existem os industriais, cujas sondas podem ser imersas diretamente nos tanques de tratamento, emitindo informações contínuas em tempo real.



Foto 1: pH – metro de bancada

Os indicadores de pH são substâncias químicas que apresentam mudanças bruscas de coloração em função da variação do pH do meio. Existem compostos químicos capazes de cobrir toda faixa de variação de pH, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 6. Soluções indicadoras de pH.

INDICADOR	FAIXA DE pH	COR EM MEIO ÁCIDO	COR EM MEIO BÁSICO
Alaranjado de Metila	3,1 - 4,6	Vermelho	Laranja
Verde de Bromocresol	3,8 - 5,4	Amarelo	Azul
Vermelho de Metila	4,4 - 6,2	Vermelho	Amarelo
Tornassol	4,5 - 8,3	Vermelho	Azul
Azul de Bromotimol	6,0 - 7,6	Amarelo	Azul
Vermelho Cresol	7,2 - 8,8	Amarelo	Vermelho
Vermelho Fenol	6,8 - 8,4	Amarelo	Vermelho
Azul de Timol	8,0 - 9,6	Amarelo	Azul
Fenolftaleína	8,2 - 9,8	Incolor	Vermelho
Timolftaleína	9,3 - 10,5	Incolor	Azul
Amarelo Alizarina	10,1 - 11,1	Amarelo	Lilás

4.3.4 Demanda bioquímica de Oxigênio - DBO_{5,20}

A DBO é o parâmetro fundamental para o controle da poluição das águas por matéria orgânica. Nas águas naturais, a DBO representa a demanda potencial de oxigênio dissolvido que poderá ocorrer devido à estabilização dos compostos orgânicos biodegradáveis, o que poderá trazer os níveis de oxigênio nas águas abaixo dos exigidos pelos peixes, levando-os à morte.

No campo do tratamento de esgotos, a DBO é um parâmetro importante no controle das eficiências das estações, tanto de processos de tratamento aeróbios quanto dos anaeróbios.

Basicamente, a análise de DBO consiste em medidas da concentração de oxigênio dissolvido nas amostras, diluídas ou não, antes e após um período de incubação de 5 dias a $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Durante este período, ocorrerá redução no teor de oxigênio dissolvido da água, consumido para satisfazer as reações bioquímicas de decomposição de compostos orgânicos biodegradáveis. Quanto maior for a concentração de matéria orgânica biodegradável, maior será o consumo de oxigênio durante os 5 dias de incubação e, portanto, maior será o valor da DBO.

No caso da análise de DBO em esgoto deve-se proceder a diluições da amostra. Normalmente, são empregadas cinco diluições diferentes, para que ocorra em pelo menos uma delas, um consumo de oxigênio superior a 2 mg/l e um OD final maior do que 1 mg/l, condições essenciais para se obter resultados com boa precisão. Outra condição a ser respeitada é a consideração somente dos frascos onde a média dos resultados de redução de oxigênio dissolvido tenha ocorrido na faixa de 40 a 70%.

A água de diluição deve ser previamente preparada, aerando-se água destilada e adicionando-se soluções contendo nutrientes e tampão para que o único fator limitante no teste seja, de fato, a concentração de matéria orgânica presente na amostra. A qualidade desta água de diluição deve ser avaliada na realização de cada análise, através da depleção de oxigênio dissolvido durante os cinco dias de incubação. Esta depleção deve ser inferior a 0,2 mg/l. O lote de análises realizadas com água de diluição que não obedeça a este limite deve ser rejeitado. Young (1981) apresenta a seguinte metodologia para que a condição limite de consumo de oxigênio da água de diluição seja satisfeita:

- Inocular a água de diluição com semente, em quantidade adequada tal que a depleção de oxigênio dissolvido seja aproximadamente 0,1 mg/l em 5 dias;
- Introduzir o inibidor de nitrificação;
- Verificar o oxigênio dissolvido;
- Estocar a água de diluição em temperatura ambiente ou a 20°C , por um longo período de tempo até que seja satisfeita sua DBO. Esta estocagem deve ser feita no escuro.

Para o estabelecimento das diluições deve-se recorrer às experiências anteriores com a análise de DBO feitas com a amostra em questão, ou utilizar-se os resultados da DQO (que é maior que a DBO), como referência. Os demais aspectos relativos às determinações do

oxigênio dissolvido presente nas diversas diluições da amostra são idênticos ao caso anteriormente descrito. A DBO é calculada através da média dos resultados que atenderam as exigências com relação ao mínimo consumo de oxigênio e valor de OD final.

Tabela 7. Exemplo de planilha de cálculo de DBO

Nº Frasco		Diluição	Vol. frasco (ml)	Vol. amostra (ml)	O.D. (mg/L)	Redução (%)	DBO (mg/L)
1	B	I	300	--	7,6	--	
		F	300	--	7,6		
2	1 ^a	I	300	2	7,6	13	Resultado rejeitado
		F	300	2	6,6		
3	2 ^a	I	300	4	7,6	29	Resultado rejeitado
		F	300	4	5,4		
4	3 ^a	I	300	6	7,5	43	160
		F	300	6	4,3		
5	4 ^a	I	300	8	7,4	59	165
		F	300	8	3,0		
6	5 ^a	I	300	10	7,4	72	Resultado rejeitado
		F	300	10	2,1		

Observações:

1. B = branco, I = inicial e F = final

$$\% \text{ Redução} = \frac{OD_i - OD_F}{OD_i} \times 100$$

$$DBO = (OD_i - OD_F) \times \frac{V_{FRASCO}}{V_{AMOSTRA}}$$

$$DBO_{MÉDIA} = \frac{160 + 165}{2} \cong 163 \text{ mg/L}$$

Inibidores de nitrificação:

Existem diversas técnicas para inibição da nitrificação em análises de DBO. Recomendamos uma consulta específica em função do equipamento a ser adquirido para a análise da DBO. Na ausência de especificações do fabricante, poderá ser feito o controle de nitrificantes através da adição de cloreto de amônio.

O Cloreto de amônio em concentração acima de 0,1 M inibe o crescimento de nitrossomonas em pH igual a 7,0, o que não ocorre em pH igual a 8,2. Portanto, neste

método, é necessário adicionar uma solução tampão. Concentrações acima de 0,15 M não interferem na DBO carbonácea (Siddiqui et al. (1967) apud Young (1973)).

4.3.5 Demanda química de oxigênio - DQO

A demanda química de oxigênio consiste em uma técnica utilizada para a avaliação do potencial de matéria redutora de uma amostra, através de um processo de oxidação química, em que se emprega o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$). Neste processo, o carbono orgânico é convertido em gás carbônico e água.

A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais. A DQO é muito útil quando utilizada juntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos. Sabe-se que o poder de oxidação do dicromato de potássio é maior do que a que resulta mediante a ação de microrganismos. Desta forma os resultados da DQO de uma amostra são superiores aos de DBO. Como na DBO mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO, significa que mais facilmente biodegradável será o efluente. É comum aplicar-se processos de tratamento biológicos para efluentes com relações DQO:DBO de 3:1, por exemplo. Mas, valores muito elevados desta relação indicam grande possibilidade de insucesso, uma vez que a fração biodegradável torna-se pequena e provavelmente, o tratamento biológico será prejudicado pelo efeito tóxico sobre os microrganismos exercido pela fração não biodegradável.

Recomendamos a técnica de análise de DQO em ampolas, cujo princípio básico é a oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio. A determinação final da concentração de excesso de dicromato não utilizado é feita por meio de colorimetria.

Utiliza-se menor quantidade de amostra, o que pode ser considerado uma desvantagem em termos de precisão, uma vez que normalmente não se consegue total homogeneidade das amostras de efluentes.

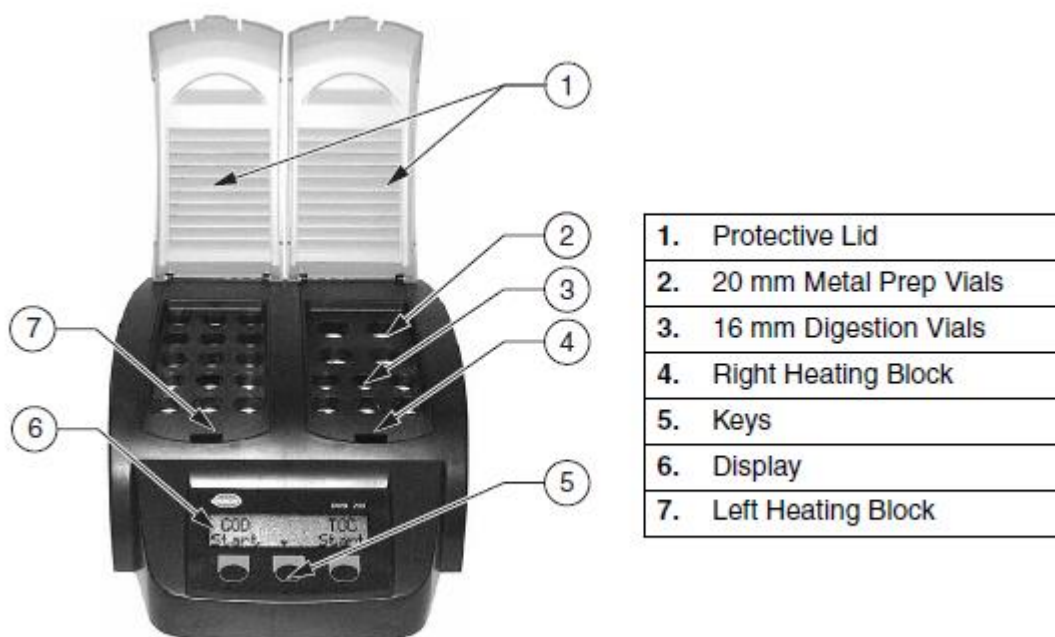


Figura 6: Digestor utilizado na DQO em ampolas.

Basicamente a reação ocorre em meio fortemente ácido, adicionando-se à amostra, ácido sulfúrico concentrado e dicromato de potássio, submetendo a mistura a temperaturas elevadas que favorecem a oxidação.

A principal dificuldade da análise está no estabelecimento de diluições corretas das amostras. Se a amostra for pouco diluída, poderá ocorrer consumo total de dicromato. Se a amostra for muito concentrada, também não serão obtidos bons resultados.

A reação pode ser catalisada por meio da adição de sulfato de prata para esta finalidade, dissolvido previamente no ácido sulfúrico. Outra interferência a ser considerada no teste é a oxidação de cloretos pelo dicromato de potássio. Para corrigir esta interferência, adiciona-se sulfato mercúrico, mas a análise não é válida para amostras contendo concentrações muito elevadas de cloretos, como por exemplo, a água do mar.

Paralelamente à oxidação e titulação das diluições da amostra, realiza-se a prova em branco, executando-se o mesmo procedimento com água destilada.

4.3.6 Sólidos suspensos totais

Corresponde a porção dos sólidos totais que fica retida em uma membrana com diâmetro do poro de 1,2 μm . Também denominado resíduo não filtrável (RNF).

Nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, as determinações das concentrações das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos).

Nas estações de tratamento de esgoto, a fração de sólidos suspensos totais é o principal parâmetro para avaliação da eficiência dos sistemas de separação de sólidos, tais como decantadores e centrífuga de desaguamento de lodo. O dimensionamento dos decantadores normalmente leva em consideração tanto a carga de sólidos como a carga hidráulica. A carga de sólidos é calculada da seguinte forma:

$$C_{\text{SÓLIDOS}} = [\text{SST}] \times Q_{\text{MED}}$$

Onde:

$C_{\text{SÓLIDOS}}$: Carga de sólidos em kg/d

$[\text{SST}]$: Concentração de sólidos suspensos totais, em kg SST/ m^3

Q_{MED} : Vazão média diária em m^3/d

Nos processos biológicos a concentração de SST pode ser utilizada para quantificar a biomassa presente nos reatores, tanto aeróbios como anaeróbios. A relação SST/SSV fornece um indicativo do grau de mineralização e da atividade do lodo.

Junto ao parâmetro Materiais Sedimentáveis, a concentração de SST pode ser utilizada para calcular o Índice Volumétrico do Lodo (IVL), que constitui indicador muito utilizado para avaliação da qualidade e quantidade da biomassa em reatores de lodos ativados.

4.3.7 Sólidos suspensos voláteis

Corresponde a porção dos sólidos em suspensão que se perde após a ignição ou calcinação da amostra a 550°C, em forno mufla. Também denominado resíduo volátil.

No esgoto afluyente a concentração de sólidos voláteis está associada à presença de compostos orgânicos na água, embora este parâmetro não forneça nenhuma informação sobre a natureza específica dos diferentes compostos orgânicos eventualmente presentes que, inclusive, podem volatilizar em temperaturas diferentes, sendo a de 550°C, de referência para a realização da análise.

Em processos biológicos aeróbios, como os sistemas de lodos ativados e processos anaeróbios, os sólidos em suspensão voláteis são utilizados para se estimar a concentração de microrganismos decompositores da matéria orgânica. Isto porque as células vivas são, em última análise, compostos orgânicos e estão presentes em grandes quantidades relativamente às células inativas nos tanques de aeração. Embora não expressem exatamente a fração ativa da biomassa presente, têm sido utilizados de forma a atender as necessidades práticas do controle de rotina.

4.3.8 Materiais sedimentáveis

Corresponde a porção dos sólidos em suspensão que sedimenta sob a ação da gravidade durante um período de uma hora, a partir de um litro de amostra em repouso em Cone Imhoff.

No esgoto afluyente:

Corresponde a parâmetro de avaliação da quantidade de matéria orgânica. De acordo com a lei, este valor está limitado a 20 ml/l. Valores excessivos necessitam ter sua causa investigada.

No tanque de aeração:

É utilizado como parâmetro de avaliação da quantidade e qualidade do lodo aeróbio. Junto aos resultados de SST deste lodo, pode ser definido o índice volumétrico do lodo.

No esgoto tratado:

Os materiais sedimentáveis correspondem a parâmetro de controle previsto em Lei, sendo que seu valor deve ser inferior a 1 ml/l.

a) Materiais:

- Cone Imhoff.
- Suporte para Cone Imhoff.

b) Procedimento:

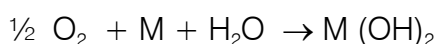
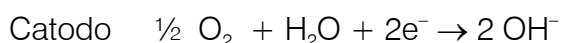
O cone Imhoff numerado deverá ter as suas paredes internas lavadas com água de torneira e em seguida deverá receber 1,0 litro da amostra homogeneizada, que permanecerá em repouso por 60 minutos. Após 45 minutos, o cone deverá sofrer suave rotação de 360°. Esta operação visa o desprendimento dos sólidos aderidos à parede do cone e não pode ser vigorosa para que não ocorra a resuspensão dos sólidos sedimentados. Aos 60 minutos, a leitura final deverá ser executada (posição da interface lodo/líquido sobrenadante), anotando-se o resultado em ml/l.

4.3.9 Oxigênio dissolvido

Para a determinação da concentração de oxigênio dissolvido em águas são disponíveis o método eletrométrico e o método químico. No método eletrométrico, empregam-se aparelhos chamados de oxímetros ou medidores de OD, em que a sonda do eletrodo possui uma membrana que adsorve seletivamente o oxigênio, tendo por base o seu raio de difusão molecular. Estes aparelhos precisam ser calibrados antes do uso, empregando-se solução de sulfito de sódio para a calibração do OD zero e água aerada e refrigerada para a calibração do valor de saturação. Apesar da simplicidade, uma vez que basta calibrar o aparelho e executar a medição direta, ocorrem frequentemente problemas de descalibração ou de perfuração ou desativação da membrana, o que leva a resultados não confiáveis, especialmente em situações de campo.

Recomendamos tomar cuidado em seu uso, devendo-se frequentemente comparar-se os resultados com os obtidos pelo método químico.

Nestes aparelhos, dois eletrodos metálicos são mergulhados em um eletrólito contido em uma membrana seletiva. A membrana impede a passagem de água e de sólidos dissolvidos, sendo que o oxigênio e outros gases se difundem através dela. Sob a ação de uma diferença de potencial entre os eletrodos e na presença de oxigênio no eletrólito, ocorre a seguinte reação:



A intensidade da corrente elétrica gerada é proporcional à concentração de oxigênio dissolvido dentro da membrana que, por sua vez, é proporcional ao OD da amostra onde o sensor encontra-se mergulhado.

Há a necessidade de correção dos resultados em função da temperatura, que influencia na permeabilidade da membrana.

Outro fator que pode influenciar a leitura é o esgotamento do oxigênio da amostra na camada imediatamente em contato com a sonda. Alguns sensores vêm equipados com um pequeno vibrador que faz circular a amostra junto à membrana.



Foto 2: Aparelho para medição de oxigênio dissolvido pelo método eletrométrico.

4.3.10 Óleos e graxas

Óleos e graxas provocam obstrução em redes coletoras de esgotos e inibição nos processos biológicos de tratamento. Por estes motivos, a legislação estipula o limites para materiais solúveis em n-hexano nos lançamentos de efluentes na rede pública de coleta de esgotos no valor de 50 mg/L. Isto faz com que indústrias necessitem de pré-tratamento para a remoção desse constituinte dos despejos, antes da descarga na rede pública.

Quando a concentração de óleos e graxas é reduzido, não se verifica inibição nos processos biológicos de tratamento; ao contrário, degradam-se parcialmente, reduzindo sua concentração.

Para a determinação de óleos e graxas utiliza-se o procedimento de *materiais solúveis em n-hexano*, que de acordo com o procedimento analítico empregado, consiste no conjunto de substâncias que consegue ser extraído da amostra em determinado solvente e que não se volatiliza durante a evaporação do mesmo. Essas substâncias compreendem ácidos graxos, gorduras animais, sabões, graxas, ceras, óleos minerais, etc.

Recomendamos que a análise deste parâmetro seja feita em laboratório terceirizado, dada a sua complexidade e importância.

4.3.11 Nitrogênio total (NKT)

Importância do Nitrogênio no campo do esgoto:

Geralmente, os esgotos sanitários constituem a principal fonte, lançando nas águas, nitrogênio orgânico, proveniente das proteínas e nitrogênio amoniacal, originário da hidrólise da uréia. Alguns despejos industriais também constituem fontes de nitrogênio orgânico e amoniacal, tais como àqueles provenientes de algumas indústrias químicas e farmacêuticas, matadouros e curtumes.

Os compostos de nitrogênio constituem-se em nutrientes para os microrganismos dos processos biológicos. São tidos como macronutrientes pois, depois do carbono, o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pelas células. Quando descarregados nas águas naturais, juntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio, tornando-o mais fértil e possibilitam o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas. Quando as descargas de nutrientes são muito grandes, ocorre o florescimento muito intenso de gêneros que predominam em cada situação em particular, processo que é chamado de eutrofização. Estas grandes concentrações de algas podem trazer prejuízo aos usos dessas águas, prejudicando seriamente o abastecimento público ou causando poluição por morte e decomposição. O controle da eutrofização, através da redução do aporte de nitrogênio, é comprometido pela multiplicidade de fontes, algumas muito difíceis de serem controladas como a fixação do nitrogênio atmosférico, por parte de alguns gêneros de algas. Por isso, deve-se investir preferencialmente no controle das fontes de fósforo.

Nos reatores biológicos das estações de tratamento de esgotos, o carbono, o nitrogênio e o fósforo, têm que estar em proporções adequadas para possibilitar o crescimento celular sem limitações nutricionais. Costuma-se exigir uma relação DBO:N:P mínima de 100:5:1 em processos aeróbios e uma relação DQO:N:P de pelo menos 350:7:1 em reatores anaeróbios. No tratamento de esgotos sanitários, estes nutrientes encontram-se em excesso, não havendo necessidade de adicioná-los artificialmente; ao contrário, o problema está em removê-los.

Nitrogênio orgânico mais o amoniacal é chamado de Nitrogênio Kjeldhal Total (NKT). É este o parâmetro utilizado na correlação com a DBO ou DQO, na previsão das necessidades de nutrientes em reatores biológicos de tratamento de esgotos.

A análise do nitrogênio amoniacal poderá ser feita em laboratório próprio, sendo que para isto recomendamos o uso de kits para análises.

4.3.12 Nitrogênio amoniacal

A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L. Além disso, a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente, a chamada DBO de segundo estágio.

4.3.13 Nitrogênio nitrato

Os nitratos são tóxicos, causando uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças (o nitrato reduz-se a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, tornando o sangue azul). Por isso, o nitrato é padrão de potabilidade, sendo 10 mgN-NO³/l o valor máximo permitido pela Portaria 36 do Ministério da Saúde.

4.3.14 Fósforo total

O fósforo aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte (15,5% de P₂O₅), além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais, por conta da aplicação de fertilizante no solo. No Brasil, os esgotos sanitários apresentam concentrações de fósforo normalmente na faixa de 6 a 10 mg-P/L.

Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macronutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Neste contexto, torna-se um parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar por processo biológico. Em processos aeróbios, como informado anteriormente, exige-se uma relação DBO₅:N:P mínima de 100:5:1, enquanto que em processos anaeróbios tem-se exigido a relação DQO:N:P mínima de 350:7:1 (ou 500:5:1, segundo alguns autores).

Ainda por ser nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais, por outro lado, conduz a processos de eutrofização das águas naturais.

Tabela 8. Níveis tróficos de lagos e reservatórios.

Nível	P _{total} (mg/L)	Clorofila (µg/L)
Oligotrófico	< 0,010	< 2,5
Mesotrófico	0,010-0,035	2,5-8,0
Eutrófico	0,035-0,100	8,0-25,0
Hipereutrófico	> 0,100	> 25

Quando se atinge nível hipereutrófico, além do crescimento desordenado e explosivo de algas, aparecem plantas aquáticas superiores (macrófitas), prejudicando os usos múltiplos que se possam fazer daquela água, além de se constituir em habitat adequado aos planorbídeos (caramujo hospedeiro intermediário do verme causador da esquistossomose).

4.3.15 Coliformes termotolerantes

Coliformes termotolerantes são definidas segundo à Resolução CONAMA 357/2005 como “bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase⁶³. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44^o- 45^oC, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal”.

No campo do tratamento de esgoto, será utilizado como indicador da eficiência de processos de desinfecção.

4.4 PLANO DE INSPEÇÃO E OPERAÇÃO

4.4.1 Equipamento de Proteção Individual

É de fundamental importância que o operador das ETE's, tenha à disposição os equipamentos de proteção individual, composta por:

- Luva de borracha cano longo;
- Bota de borracha;
- Luva de pano (raspa);
- Álcool iodado (proporção de 1/50 ml);
- Máscara descartável;
- Roupa de borracha;
- Óculos de proteção.

4.4.2 Peneira rotativa

Regime de funcionamento:

A peneira rotativa deve operar em regime contínuo de 24 horas/dia. Os resíduos retidos pela peneira rotativa devem possuir os seguintes aspectos:

- Ausência de aglomerados de matéria orgânica;
- Resíduo “lavado” com aspecto úmido;
- Ausência de água livre.

O sistema de limpeza da peneira por meio de bicos aspersores no interior e exterior do tambor rotativo deve possuir os seguintes aspectos:

Frequência de acionamento: 1 vez a cada 2 horas;

Pressão: mínima de 3 kgf/cm²

A peneira não deve ser operada para vazões superiores à sua capacidade nominal. Não é recomendado o by-pass da peneira rotativa durante a sua parada, salvo por períodos inferiores a 2 horas.

A peneira rotativa possui funcionamento por meio do sistema “contra shear”, que se baseia na distribuição do fluxo de esgoto de forma uniforme, no interior do tambor rotativo, em sentido contrário à sua rotação, o que submete os resíduos ao atrito constante com uma tela metálica com abertura de 1 mm.

O excesso de água livre nos resíduos sólidos retidos pela peneira rotativa e acondicionado nas caçambas é indicativo de mau funcionamento desta unidade. Esta água não é desejável por prejudicar as operações de transferência e transporte destes resíduos para sua disposição final. Além disso, agrava o problema de exalação de odores nesta área.

Colmatação da tela:

Poderá ser formada uma camada de biofilme sob a superfície da tela da peneira rotativa com potencial para prejudicar sua capacidade hidráulica, além de aumentar a quantidade de resíduos retidos e quantidade de água retida nestes resíduos. A colmatação deve ser controlada por meio da limpeza adequada das peneiras. A qualidade da limpeza depende da frequência de acionamento do sistema de limpeza embutido na peneira e da pressão de água disponível para limpeza, que deve ser no mínimo de 3 kgf/cm².

4.4.3 Caixa de areia

Regime de funcionamento:

A caixa de areia deve operar no regime 1 em funcionamento + 1 em stand-by, o que é feito através do isolamento das vazões por meio da abertura e fechamento das comportas.

Velocidade Horizontal:

A velocidade horizontal deve situar-se entre 0,2 a 0,4 m/s.

Velocidades abaixo de 0,2 m/s: Causam a deposição não desejada de matéria orgânica putrescível na caixa de areia, bem como formação de banco de lodo de baixa densidade. Isto compromete a operação de limpeza da caixa de areia e causa exalação de odores.

Velocidade entre 0,2 a 0,4 m/s: Corresponde a faixa adequada de operação da caixa de areia, para a qual ela foi dimensionada. O banco de areia formado nestas condições possui elevada fração de materiais sólidos inertes, sendo de fácil remoção.

Velocidade acima de 0,4 m/s: Causa o arraste de materiais sólidos e abrasivos para outras unidades da ETE, podendo prejudicar o funcionamento dos equipamentos eletromecânicos.

Presença de bancos de areia:

Para a unidade em operação devem ser realizadas medidas das alturas dos bancos de areia ao longo do comprimento do canal desarenador. A frequência de limpeza desta unidade poderá ser realizada a cada duas semanas ou quando a altura do banco de areia ultrapasse 20 cm, em qualquer seção do canal.

4.4.4 Calha Parshall inicial e final

A Calha Parshall inicial deve ter suas paredes livres de incrustações que venham a prejudicar a leitura da vazão / altura da lâmina líquida.

4.4.5 Estação elevatória – poço de sucção

Os seguintes aspectos devem ser inspecionados no poço de sucção da estação elevatória:

- I. Presença de materiais sólidos flutuantes;
- II. Presença de banco de areia sedimentado;
- III. Estado das bóias de acionamento dos conjuntos motor-bomba;

IV. Exalação de odores.

4.4.6 Estação elevatória – Cjtos motor bomba

Realizar manutenção preventiva conforme recomendações do fabricante. Verificações a serem realizadas:

- I. Aperto das Correias;
- II. Ruídos e vibração;
- III. Lubrificação de todos os elementos;
- IV. Chegar o funcionamento da válvula de alívio de ar;
- V. Checar o binômio vazão x pressão:
 - a. Vazão: 160 m³/h
 - b. Pressão: 18 mca

Observações:

- A pressão deve ser medida no manômetro localizado na saída da conexão de pressão da bomba, antes da válvula de retenção;
- A vazão do conjunto motor-bomba poderá ser aferida na Calha Parshall final.

4.4.7 Reator integrado anaeróbio - aeróbio

O processo biológico anaeróbio da primeira etapa do tratamento é conduzido no compartimento do reator anaeróbio, onde a degradação da matéria orgânica ocorre, simplificada, segundo a equação a seguir:



O processo biológico aeróbio é conduzido no compartimento, onde é feito o fornecimento de oxigênio ao meio líquido que, junto ao lodo aeróbio, promovem a degradação da carga orgânica remanescente. Este processo é representado de forma simplificada segundo a equação a seguir:





Foto 3: Pontos de descarte de lodo do reator.



Foto 4: Amostradores do lodo: pontos 1 a 5 da esquerda para a direita correspondem ao lodo anaeróbio; o amostrador da direita corresponde ao lodo aeróbio.

4.4.7.1 Processo anaeróbio

A rota biológica da utilização da matéria orgânica por microrganismos anaeróbios possui diversas fases, sendo conduzidas por diferentes colônias, que compartilham o mesmo nicho ecológico.

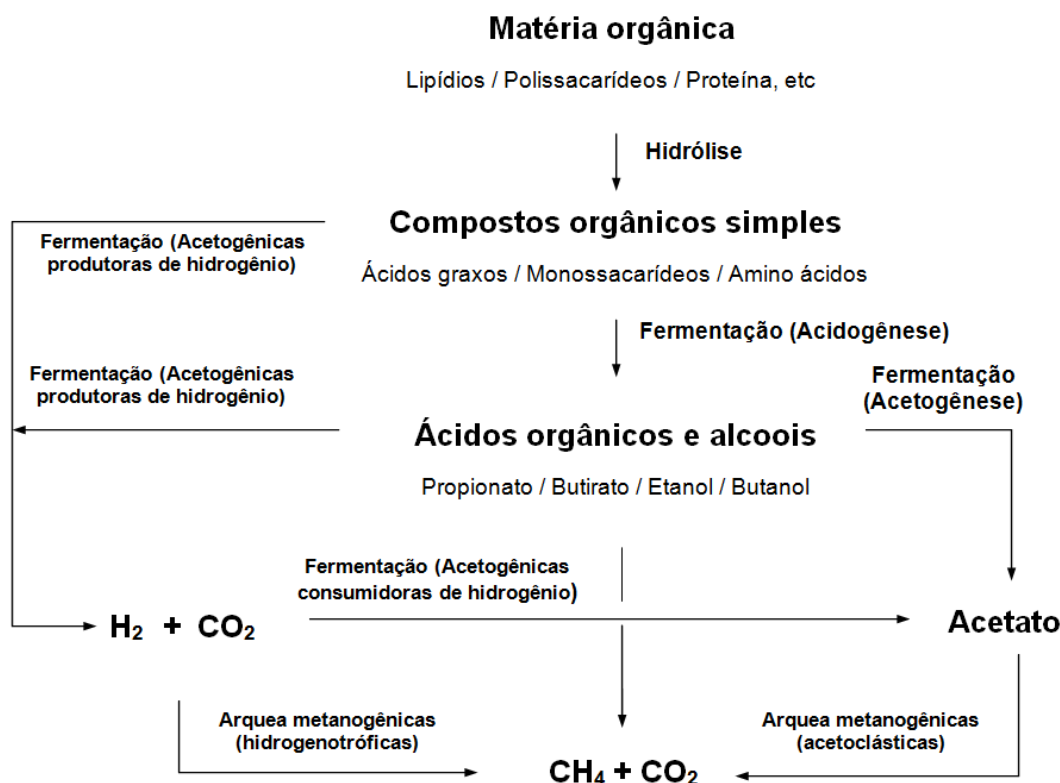


Figura 7: Diagrama da digestão anaeróbia de compostos orgânicos. Adaptado de METCALF&EDDY, 2003 e BITTON, 2005).

Com base na rota biológica da degradação de matéria orgânica, em termos de eficiência, um processo anaeróbio deve ser avaliado considerando os seguintes parâmetros:

- Medição das concentrações de DBO e/ou DQO na entrada e na saída do reator;
- Medição dos subprodutos do processo anaeróbio, correspondentes ao biogás e lodo excedente.

A medição somente da DBO e/ou DQO, apesar de constituir uma medida direta da eficiência do reator, não são suficientes para avaliar a eficiência de um processo de digestão anaeróbia, uma vez que podem estar prevalecendo fenômenos de sedimentação da matéria orgânica, com baixa taxa de conversão a biogás, que no médio prazo irão comprometer a operação da planta de tratamento.

Com base neste conceito, apresentamos uma metodologia para acompanhamento da eficiência do processo anaeróbio com base no perfil de sólidos do lodo anaeróbio. Tal metodologia consiste em fazer um acompanhamento contínuo do perfil de sólidos, medindo o crescimento da massa de lodo anaeróbio no interior do reator.

Para avaliação da capacidade de conversão de matéria orgânica a biogás, recomendamos complementar esta metodologia com ensaios de respiração anaeróbia.

4.4.7.1.1 Perfil de sólidos

O perfil de sólidos corresponde ao parâmetro mais importante da operação do processo anaeróbio.

PLANILHA PARA ACOMPANHAMENTO DO PERFIL DE SÓLIDOS								
			Pontos de monitoramento					
Responsável	Data		P1	P2	P3	P4	P5	Média
Laboratório da ETE		SSV						
		SST						
		SSV/SST						
			MASSA DE LODO					SOMA
Laboratório da ETE		SSV	[SSV]x0,15	[SSV]x0,10	[SSV]x0,10	[SSV]x0,10	[SSV]x0,10	
		SST	[SST]x0,15	[SST]x0,10	[SST]x0,10	[SST]x0,10	[SST]x0,10	

Faixa de valores recomendados:

Sólidos Suspensos Voláteis – SSV: 15.000 a 25.000 mg/l

Sólidos Suspensos Totais – SST: 20.000 a 30.000 mg/l

Relação SSV/SST: 0,75 a 0,85

O descarte do lodo poderá ser realizado quando o valor médio de SST atingir 40.000 mg/l. o procedimento de cálculo da quantidade de lodo a ser descartada é apresentada no item a seguir.

Valores de SSV/SST abaixo de 0,60 indicam mineralização do lodo, que pode ocorrer devido às seguintes hipóteses:

- Elevado tempo de retenção do lodo anaeróbio;
- Entrada de materiais inertes no reator por falta de limpeza da caixa de areia;
- Falta de carga orgânica.

Observação:

A coleta de amostras para a análise de sólidos deve ser realizada com o reator em operação, de forma a obter uma amostra mais uniforme.

4.4.7.1.2 Cálculo do volume de lodo excedente anaeróbio para descarte

Quando os dados do monitoramento indicarem perfil de sólidos com concentração média superior a 4% de sólidos, deve ser feito o descarte do lodo anaeróbio excedente, cujo volume é calculado da seguinte forma:

PLANILHA DE CÁLCULO DO VOLUME DE LODO ANAERÓBIO EXCEDENTE				
DATA:				
Pontos de monitoramento de sólidos no reator anaeróbio	Concentração medida de SST (mg/l)	Concentração desejada de SST (mg/l)	Volume da seção m ³	Massa parcial de descarte Kg SST
	A	B	C	$\Delta x = (A-B) \div 1000 \times C$
P1		20000	150	
P2		20000	100	
P3		20000	100	
P4		20000	100	
P5		15000	100	
Massa de lodo excedente em base seca:			$X = \text{Soma } \Delta x$	
Volume estimado de lodo a 2% de sólidos			$V_{\text{lodo}} = X \div 20$	
Consumo de polieletrólito (em base seca)			$C = X \div 20$	
Número de horas em operação do sistema de desagüe			$H = V_{\text{lodo}} \div 3$	
Volume de lodo desaguado a 20% de sólidos			$V = X \div 200$	

Nota: Considera-se que o lodo ao ser descartado terá concentração da ordem de 2% de sólidos.

Apresentamos a seguir um exemplo de cálculo de volume de lodo a ser descartado por módulo de reator.

Para o exemplo a seguir:

Volume de lodo a desaguar: 95 m³

Número de horas de operação: 32 horas

Consumo de polieletrólito: 7,6 kg

PLANILHA DE CÁLCULO DO VOLUME DE LODO ANAERÓBIO EXCEDENTE				
DATA:				
Pontos de monitoramento de sólidos no reator anaeróbio	Concentração de SST (mg/l)	Concentração desejada de SST (mg/l)	Volume da seção m ³	Massa parcial de descarte

				Kg SST
	A	B	C	$\Delta X = (A-B) \div 1000 \times C$
P1	28000	20000	150	1200
P2	25000	20000	100	500
P3	22000	20000	100	200
P4	20000	20000	100	0,0
P5	12000	15000	100	--
Massa de lodo excedente em base seca:			$X = \text{Soma } \Delta X$	1900 kg SST
Volume estimado de lodo a 2% de sólidos			$V_{\text{lodo}} = X \div 20$	95 m ³
Consumo de polieletrólito (em base seca)			$C = X \times 4 \text{ kg}/1000 \text{ kg SST}$	7,6 kg
Número de horas em operação do sistema de desague			$H = V_{\text{lodo}} \div 3$	32 horas
Volume de lodo desaguado a 20% de sólidos			$V = X \div 200$	9,5 m ³

Observações:

O volume de lodo de descarte é meramente estimativo. Este volume foi calculado considerando o reator em operação, situação em que a manta de lodo estaria expandida, podendo garantir maior uniformidade em sua concentração. Na prática, pode se fazer o controle da quantidade do lodo excedente em função da massa de lodo desaguada.

4.4.7.1.3 Coeficiente de produção de lodo anaeróbio

Dividindo-se a carga orgânica afluente em determinado período, pela massa de lodo produzida no mesmo período, obtém-se o parâmetro denominado “coeficiente de produção de lodo”.

$$Y = \frac{Q \cdot [DBO] \cdot E\%}{\Delta X} \cdot \frac{1}{1000}$$

Onde:

Y: Coeficiente de produção de lodo, em kg DBO/kgSSV.d

Q: vazão totalizada para o período em m³.

[DBO]: Concentração de DBO, em mg/l;

E%: Eficiência do processo anaeróbio, estimada em 75%;

ΔX : Crescimento do lodo anaeróbio observado no mesmo período, em kg SST.

O valor de Y reportado na literatura, para o caso de esgoto sanitário, corresponde à:

Y: 0,15 a 0,25 kg SST/kg DBO removida

4.4.7.2 Processo aeróbio

4.4.7.2.1 Concentração de oxigênio dissolvido

O valor da concentração de oxigênio dissolvido deve estar no intervalo entre 1,5 a 2,5 mg/l. Valores superiores a 4,0 mg/l poderão ocorrer nas seguintes hipóteses:

- I. Falta de carga orgânica (carga de DBO) proveniente do processo aeróbio;
- II. Falta de microrganismos heterotróficos no lodo, isto é, a biomassa ativa no lodo aeróbio.

Tanto a ausência de carga orgânica como de lodo do processo, poderão provocar um excesso na concentração de oxigênio dissolvido no tanque de aeração, pelo fato deste não ser consumido no processo de oxidação da matéria orgânica.

Por outro lado, valores muito baixos de oxigênio dissolvido, abaixo de 1 mg/l, podem ser decorrentes dos seguintes aspectos:

- I. Sobrecarga orgânica;
- II. Excesso de lodo no tanque de aeração;
- III. Problemas no sistema de aeração:
 - Perda de pressão dos sopradores de ar;
 - Vazamentos de ar;
 - Perda da eficiência dos difusores de ar, por produção de bolhas de elevadas dimensões.

Observação:

- Ao se reduzir a vazão de ar para o processo deve se tomar o cuidado de manter a agitação necessária para manter a biomassa em suspensão;
- A concentração de oxigênio dissolvido pode variar ao longo do dia, em função da carga orgânica afluente. No período da manhã poderão ser medidos altos valores de OD e no período da tarde, baixos valores.

4.4.7.2.2 Concentração de biomassa

A concentração de sólidos suspensos totais corresponde ao principal parâmetro por meio do qual é feito o controle da idade do lodo (ou tempo de retenção celular).

No controle operacional de sistemas de tratamento de esgotos por processo de lodos ativados, os sólidos em suspensão voláteis são utilizados para se estimar a concentração de microrganismos decompositores da matéria orgânica. Isto porque as células vivas são, em última análise, compostos orgânicos e estão presentes em grandes quantidades relativamente às células inativas nos tanques de aeração. Embora não expressem exatamente a fração ativa da biomassa presente, têm sido utilizados de forma a atender as necessidades práticas do controle de rotina.

Conforme especificação utilizada no dimensionamento do reator, para manter idade do lodo entre 15 a 25 dias, a concentração de sólidos deve ser mantida na seguinte faixa:

Concentração de X:	2500 a 4000 mg SST/l
Concentração de Xv:	2000 a 3000 mg SSV/l

4.4.7.2.3 Cálculo do volume de lodo excedente aeróbio para descarte

Recomendamos a operação de descarte do lodo aeróbio quando a concentração de SST ultrapassar 5.000 mg/l.

PLANILHA DE CONTROLE DO DESCARTE DE LODO AERÓBIO						
Data do descarte	Concentração medida de SST (mg/l)	Concentração desejada de SST (mg/l)	Volume do tanque de aeração m ³	Massa parcial de descarte Kg SST	Volume de lodo a 0,4% de sólidos	Volume de lodo a 20% de sólidos
	A	B	V	$X = (A-B) \times V \div 1000$	$V_{\text{lodo}} = X \div 4$	$V_{\text{lodo}} = X \div 200$
	5000	3000	800	1600 kg SST	400 m ³	8,0 m ³

Observação:

1 Este cálculo é feito para a alternativa em que o lodo aeróbio é descartado diretamente para a centrífuga de lodo. Recomenda-se interromper a operação quando for totalizado o volume de lodo descartado requerido, ou quando a concentração de sólidos em suspensão estiver adequada.

2 No caso do retorno do lodo aeróbio para o processo anaeróbio, o volume diário de descarte deverá ser superior a 14 m³/reator por dia e inferior a 30 m³/dia, para evitar o retorno do lodo para o tanque de aeração.

4.4.7.2.4 Relação alimento / microrganismo:

Relação entre a massa de matéria orgânica expressa em termos de DBO_5 , fornecida por dia ao processo biológico, e a massa de SSV contida no reator biológico (unidade d^{-1}).

$$\frac{A}{M} = \frac{Q.[DBO]}{V.[X_v]}$$

Onde:

A/M: Relação alimento / Microrganismo em kg $DBO/kgSSV.d$

Q: vazão média em m^3/h .

[DBO]: Concentração de DBO após o tratamento anaeróbio, estimado em 25% do valor da DBO afluente, em mg/l ;

V: Volume do tanque de aeração em m^3 ;

X_v : Concentração de biomassa ativa no tanque de aeração, sendo numericamente igual a concentração de sólidos suspensos voláteis, em $mg SSV/l$.

O reator de lodos ativados pode ser operado dentro dos seguintes valores:

Sistemas de alta taxa: 0,70 a 1,10 $kg DBO_5$ aplicado/ $kg SSVTA.d$

Sistemas de taxa convencional: 0,20 a 0,70 $kg DBO_5$ aplicado/ $kg SSVTA.d$

Sistemas de aeração prolongada: 0,15 $kg DBO_5$ aplicado/ $kg SSVTA.d$

Para o equipamento em questão, o regime de funcionamento será de taxa convencional ou de aeração prolongada. Quando o objetivo for a nitrificação do esgoto tratado, o regime de operação deverá ser o de aeração prolongada.

4.4.7.2.5 Coeficiente de produção de lodo aeróbio

Dividindo-se a carga orgânica afluente em determinado período, pela massa de lodo produzida no mesmo período, obtém-se o parâmetro denominado “coeficiente de produção de lodo”.

$$Y = \frac{Q.[DBO].E\%}{\Delta X} \cdot \frac{1}{1000}$$

Onde:

Y: Coeficiente de produção de lodo, em $kg DBO/kgSSV.d$

Q: vazão totalizada para o período em m^3 .

[DBO]: Concentração de DBO após o tratamento anaeróbio, estimado em 25% do valor da DBO afluente, em mg/l;

E%: Eficiência do processo anaeróbio, estimada em 75%;

ΔX : Crescimento do lodo anaeróbio observado no mesmo período, em kg SST.

O valor de Y reportado na literatura, para o caso de esgoto sanitário, corresponde à:

Y: 0,55 a 0,85 kg SST/kg DBO removida

4.4.7.2.6 Índice volumétrico do lodo

Um parâmetro empregado para avaliar a capacidade de clarificação dos lodos ativados é o índice volumétrico de lodo (IVL), que é definido como o volume em mililitros ocupado por um grama de sólidos em suspensão (peso seco), deixando-se um litro da mistura líquido-sólido, coletada à saída do tanque de aeração, sedimentar em um cilindro graduado por um tempo de 30 minutos (Além Sobrinho, 1981):

$$\text{IVL (ml / g)} = \frac{\text{ml / l de lodo do tanque de aeração sedimentado após 30 minutos} \cdot 1000 \text{ mg / g}}{\text{mg / l de sólidos em suspensão voláteis do tanque de aeração}}$$

Os lodos que possuem boas características de sedimentabilidade apresentam valores de IVL baixos.

Índice volumétrico do lodo – IVL: ≤ 100 ml/g SST (lodo com boa sedimentabilidade)

Entretanto, sob o ponto de vista prático, o IVL fornece uma indicação grosseira da possibilidade de melhor ou pior capacidade de separação dos sólidos do líquido, razão pela qual, tem sido empregado no controle operacional por mais de 50 anos.

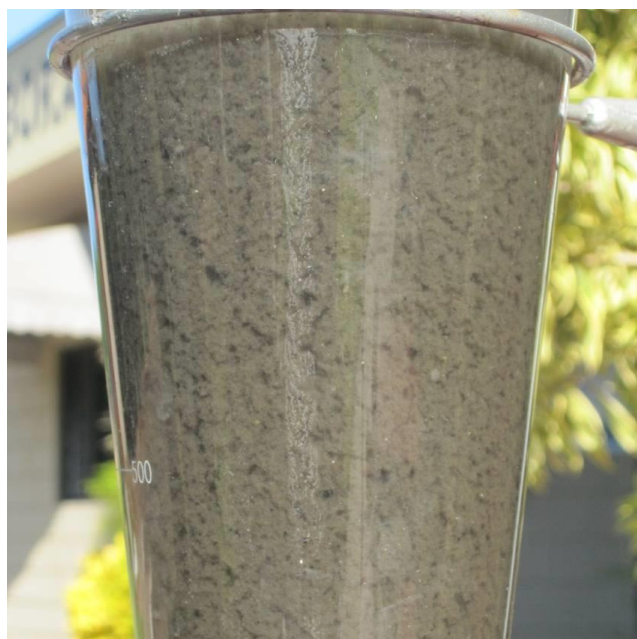


Foto 5: Aspecto do lodo aeróbio com boas condições de atividade metabólica e sedimentabilidade.

4.4.7.3 Operações de limpeza

Os principais elementos do reator são dotados de dispositivo especial de limpeza baseado no princípio de "limpeza por turbulência de ar forçada", que pode ser aplicada periodicamente de modo a remover incrustações e materiais sólidos acumulados sobre a superfície, sem a interrupção da operação. Estes dispositivos estão localizados nos seguintes pontos:

Separador do estágio anaeróbio:

Os ejetores de ar estão localizados na zona de sedimentação / passagem e tem por objetivo expulsar os materiais sólidos acumulados, que são expelidos para o tanque de aeração, onde serão digeridos e incorporados ao lodo excedente aeróbio.

Decantador lamelar:

Os ejetores estão localizados de forma a controlar a incrustação das placas do decantador.

Lavador de gases:

O ejetor de ar está localizado no interior do scrubber e tem por objetivo expulsar a espuma que possa se acumular neste dispositivo, a qual é expelida para o tanque de aeração. Durante esta operação o flare deverá permanecer desligado.

Tabela 9. Programação das atividades de limpeza do reator.

	Quantidade de válvulas	Frequência	Duração
Módulo trifásico	4	Mensal	2 minutos
Scrubber	1	Semanal	2 minutos
Decantador Lamelar	4	1 x por semana	1 minuto

Durante a limpeza do decantador secundário, a válvula de saída do efluente tratado deve permanecer fechada.

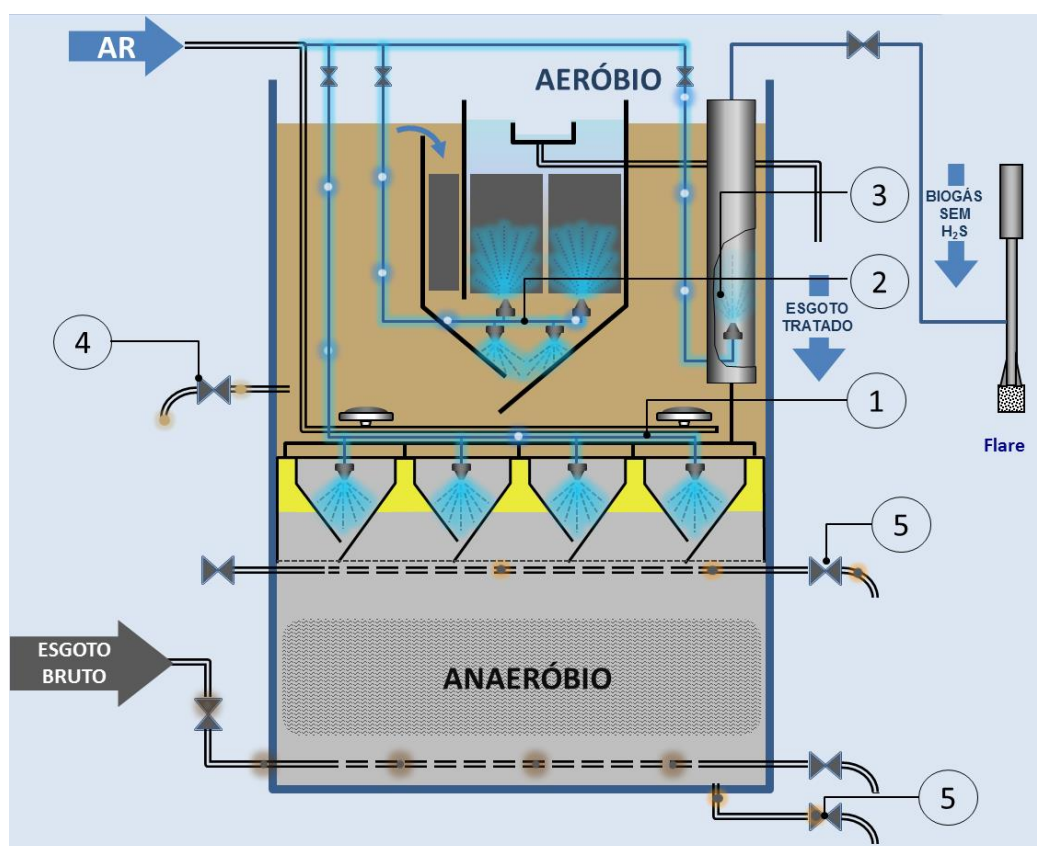


Figura 8: Concepção do reator Integrado Anaeróbico / Aeróbico: Limpeza dos módulos (1), Limpeza do decantador lamelar (2), Limpeza do lavador de gases (3), Descarte / recirculação do lodo aeróbico (4) Descarte da espuma do interior da câmara de biogás (5) e Descarte do lodo Anaeróbico (6).

4.4.8 Sopradores de ar

Realizar manutenção preventiva conforme recomendações do fabricante. Verificações a serem realizadas:

- I. Aperto das Correias;
- II. Ruídos e vibração;

- III. Lubrificação de todos os elementos;
- IV. Chegar o funcionamento da válvula de alívio de ar;
- V. Checar o binômio vazão x pressão:
 - a. Vazão: 800 m³/h
 - b. Pressão: 5 mca

Observações:

- A pressão deve ser medida no manômetro localizado na saída da conexão de pressão do soprador, antes da válvula de retenção;
- A vazão do soprador poderá ser aferida por meio de medidores de vazão.

4.4.9 Dosadores de hipoclorito de sódio

A rotina básica de inspeção desta unidade consiste em verificar a vazão fornecida por esta bomba dosadora, que corresponde a 10 l/h ou 166 ml/minuto. Além disso, devem ser observadas as recomendações do fabricante, em relação à manutenção preventiva e corretiva.

4.5 PROCEDIMENTO DE PARTIDA DO REATOR

Este procedimento destina-se à fase de partida do reator integrado anaeróbico seguido por aeróbico. Esta fase inicial da operação da ETE, denominada start up ou posta em marcha, deve ser realizada pelo fornecedor dos equipamentos, para que sejam asseguradas as condições de garantia de desempenho dos equipamentos, o que pode ser feito somente quando os mesmos são colocados em carga.

Neste período é colocado em prática um plano especial de operação, que deve ser acompanhado em detalhes, até que a ETE alcance a eficiência proposta para o tratamento de esgoto e seja estabelecido um regime de operação contínuo.

Este procedimento pode ser precedido (ou não) pela inoculação dos reatores, que consiste na introdução de lodo biológico proveniente de estações de tratamento de esgoto que tenham processos anaeróbios e aeróbios, cujo objetivo é acelerar o desenvolvimento da biomassa que realiza o processo de tratamento biológico de remoção da matéria orgânica.

Paralelamente, deve ser fornecido o treinamento ao corpo técnico que se encarregará da operação da ETE. Este treinamento se dará durante a posta em marcha da unidade durante 15 dias calendários. Inclui também o fornecimento de Manuais de Operação e Manutenção dos equipamentos e da Planta de Tratamento de Esgoto.

Instrumentação requerida:

Deverão ser realizadas também todas as análises previstas no Plano de acompanhamento da operação da ETE, em frequência semanal. Os parâmetros previstos para serem acompanhados em frequência diária, deverão ser realizados pelo menos 4 vezes ao dia, sendo imprescindível o uso da seguinte relação de instrumentação mínima para a posta em marcha, correspondente a seguinte:

- 01 Leitor de oxigênio dissolvido;
- 01 Leitor de pH;
- 03 Cones de IMHOFF para análise de materiais sedimentáveis.

Regime de Alimentação Escalonada:

Na fase de partida do reator, recomenda-se operar o reator de acordo com o seguinte regime de vazão:

Início:	50% da vazão
Após 15 dias do início:	Aumentar para 75% da vazão
Após 30 dias do início:	Aumentar para 100% da vazão

O objetivo deste regime de alimentação é proporcionar a aclimação do lodo anaeróbio e aeróbio e evitar sobrecargas orgânicas.

Fornecimento de ar:

Recomendamos fornecer ar em menor quantidade neste período, o que pode ser feito por meio do ajuste no inversor de frequência do soprador. O objetivo é reduzir a respiração endógena do lodo aeróbio e deslocar o regime de operação do reator para Lodos Ativados Convencional, buscando proporcionar condições para maximizar o crescimento do lodo.

- I. Deve-se tomar o cuidado para evitar concentrações de oxigênio dissolvido abaixo de 1,5 mg/l e acima de 2,5 mg/l.
- II. Deve-se fornecer ar em quantidade que seja suficiente para manter o lodo aeróbio em suspensão. Caso a quantidade de ar seja insuficiente para esta finalidade, o lodo desenvolvido tende a sedimentar, prejudicando completamente o desempenho do processo de lodos ativados.

Perfil de sólidos e descarte do lodo:

O perfil de sólidos deverá ser constantemente monitorado. Durante os 6 meses iniciais da operação do reator, o foco deverá ser o acúmulo de lodo, tanto aeróbio como anaeróbio. Havendo 100% da vazão de esgoto afluente, o descarte do lodo aeróbio poderá iniciar-se decorridos 30 dias do início da operação, a ser confirmado no acompanhamento do perfil de sólidos do tanque de aeração. Já o descarte do lodo anaeróbio, decorridos 45 dias do início da operação.

Os volumes MÉDIOS de descarte de lodo para cada reator apresentados a seguir foram calculados para a situação de plena carga do reator:

Volume de descarte / recirculação de lodo aeróbio: 6,5 m³/d a partir do 30º dia

Volume de descarte de lodo anaeróbio: 4,9 m³/d a partir do 45º dia

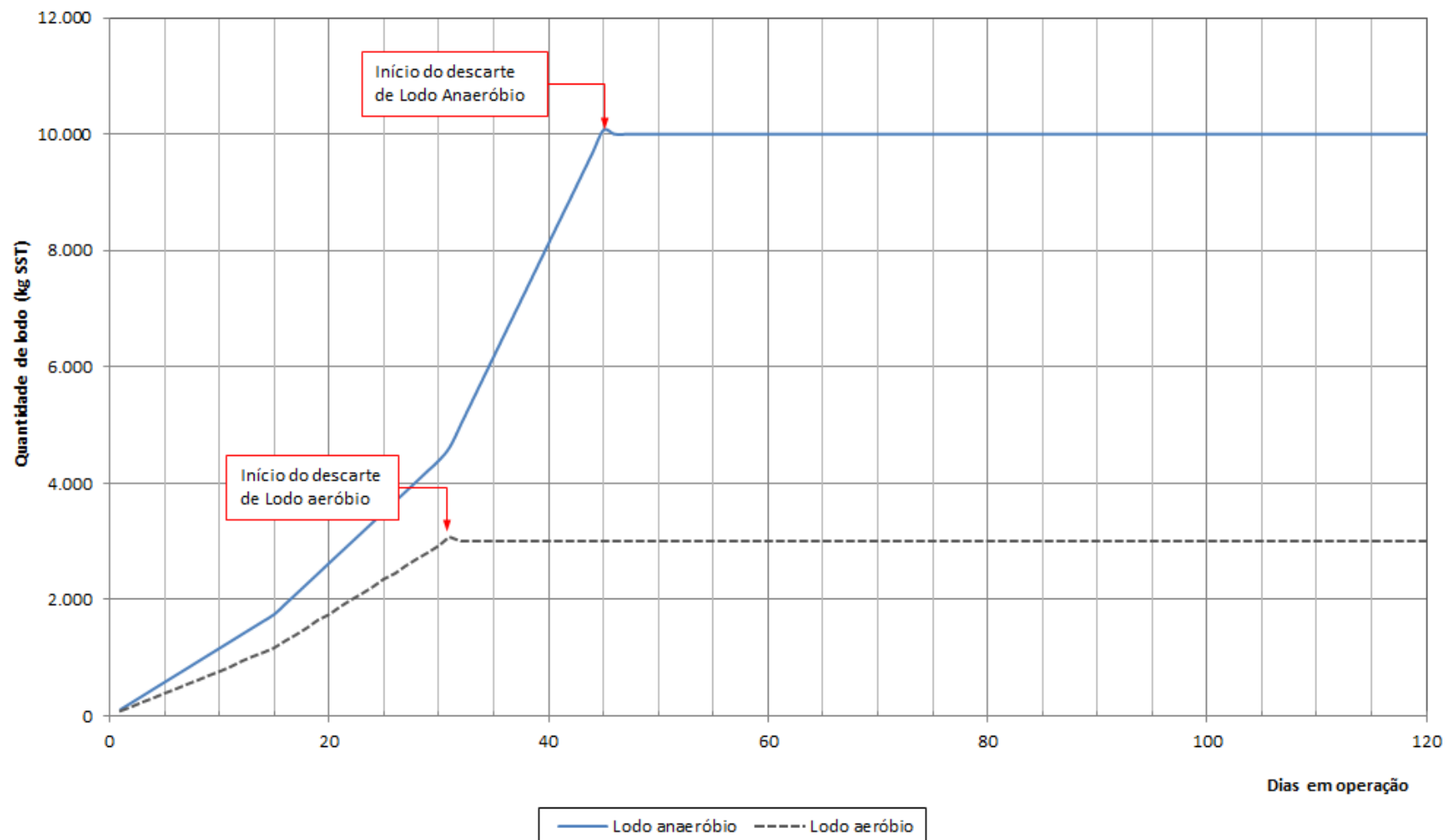


Figura 9: Modelo de gráfico de acompanhamento do crescimento e descarte de lodo anaeróbio – aeróbio, na partida do reator.

ANEXO I – MEMORIAL DE CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DO PROCESSO

I ESTAÇÃO ELEVATÓRIA INICIAL

Modalidade: convencional de poço seco
 Nº de cjts. Motor-bomba: 2 + 1 R
 Vazão unitária: 250 m³/h
 Poço de sucção: 4,0 x 3,4 x 1,2 m (comp. x largura x alt. útil)

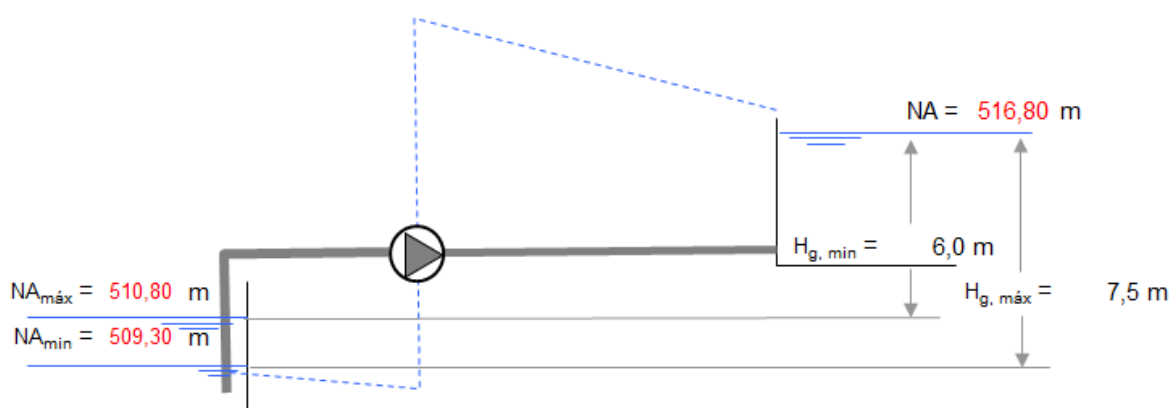


Figura 10: Perfil hidráulico do dimensionamento da estação elevatória de alimentação do reator.

Cálculo da perda de carga:

A perda de carga no conjunto elevatório foi calculada com base na expressão de HAZEN-WILLIAMS e método dos comprimentos equivalentes.

Tabela 2. Acessórios do sistema de recalque.

	Ampliação gradual	Curva 90°	Curva 45°	Junção 45°	Entrada normal	Válvula borboleta	Válvula de retenção
Sucção	1	1			1		
Barrilete 150 mm	1						
Barrilete 200 mm				1		1	1
Tubulação recalque		4					

Tabela 3. Planilha de cálculo da perda de carga.

			Sucção	Barrilete	Recalque	Recalque
Diâmetro da tubulação de sucção:	ϕ	mm	200	150	200	350
Coefficiente de Rugosidade de HAZEN-WILLIAMS:	C		120	120	120	120
Comprimento da tubulação:	L	m	5,00	0,40	2,00	24
Comprimentos equivalentes dos acessórios:	$L_{eq} =$	m	3,40	1,80	28,00	42
Comprimento total:	$L_T = L + L_{eq} =$	m	8,40	2,20	30,00	66,00
Perda de carga unitária:	$j = 10,65 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$	m/m	0,0281	0,1140	0,0281	0,0066
Perda de carga nos trechos:	$\Delta H = L_T \times j$	m	0,24	0,25	0,84	0,44
Velocidade de escoamento:	$v = Q / A_{seção}$	m/s	2,23	3,96	2,23	1,46

A perda de carga total corresponde a:

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{SUCÇÃO} + \Delta H_{BARRILETE} + \Delta H_{RECALQUE}$$

$$\Delta H_{TOTAL} = 0,24 + 0,25 + 0,84 + 0,44$$

$$\Delta H_{TOTAL} = 1,77 \text{ m}$$

Desnível geométrico:

$$\Delta H_G = NA_{MAXIMO} + NA_{MÍNIMO}$$

$$\Delta H_G = 516,8 - 509,30$$

$$\Delta H_G = 7,5 \text{ m}$$

Altura manométrica total:

$$H_{MANOMETRICA} = \Delta H_{TOTAL} + \Delta H_G$$

$$H_{MANOMETRICA} = 1,77 + 7,5$$

$$H_{MANOMETRICA} = 9,27 \text{ m}$$

Potência estimada:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{MANOMETRICA}}{\eta \cdot \phi}$$

$$P = \frac{10.0,070.9,27}{56\%.0,8}$$

$$P = 14,48 \text{ kwh} \approx 20,0 \text{ cv}$$

$$P_{\text{MOTOR}} = 20 \text{ cv}$$

Verificação do NPSH:

Desnível geométrico na sucção (do eixo do motor ao nível mínimo):

$$H_{G,SUCÇÃO} = 513,5 - 509,3 = 4,2 \text{ m}$$

Pressão atmosférica a 515 m de altitude e 26°C:

$$P_a/\gamma = 9,764 \text{ t/m}^2$$

Pressão de vapor da água a 515 m de altitude e 26°C:

$$P_v/\gamma = 0,333 \text{ t/m}^2$$

Pressão de sucção positiva disponível:

$$NPSH_d = \frac{P_a - P_v}{\gamma} - H_G - \Delta H_{G,SUCÇÃO}$$

$$NPSH_d = 9,764 - 0,333 - 4,20 - 0,24$$

$$NPSH_d = 4,99 \text{ m} > 2,15 \text{ m (NPSH requerido pela bomba)}$$

II DESARENAÇÃO

Dimensões da caixa de areia: _____ 1,1 x 8,0 m (largura x comprimento)

Controle de nível à montante: _____ Calha Parshall W=9"

Carga hidráulica afluyente: _____ 320 m³/h

Determinação dos níveis de operação na calha Parshall:

Nível máximo:

$$H_{MAX} = \sqrt[1,58]{\frac{Q_{MAX}}{0,381}}$$

$$H_{MAX} = \sqrt[1,58]{\frac{0,09}{0,381}}$$

$$H_{MAX} = 0,40 \text{ m}$$

Nível máximo:

$$H_{MIN} = \sqrt[1,58]{\frac{Q_{MIN}}{0,381}}$$

$$H_{MIN} = \sqrt[1,58]{\frac{0,045}{0,381}}$$

$$H_{MAX} = 0,26 \text{ m}$$

Cálculo do rebaixo z:

$$Z = \frac{Q_{MIN} \cdot H_{MAX} - Q_{MAX} \cdot H_{MIN}}{Q_{MIN} - Q_{MAX}}$$

$$Z = \frac{0,045 \cdot 0,40 - 0,09 \cdot 0,26}{0,045 - 0,09}$$

$$Z = 0,12 \text{ m}$$

Adotado rebaixo z de 10 cm.

Lâmina líquida:

$$Y_{MAX} = H_{MAX} - \text{rebaixo } z$$

$$Y_{MAX} = 0,40 - 0,15 \text{ m}$$

$$Y_{MAX} = 0,25 \text{ m}$$

Velocidade horizontal:

$$V_{HORIZONTAL} = \frac{Q_{MAX}}{B \cdot Y_{MAX}}$$

$$V_{HORIZONTAL} = \frac{0,09}{1,1 \times 0,25}$$

$$V_H = 0,33 \text{ m/s}$$

Taxa de aplicação superficial:

$$L_s = \frac{Q_{MAX}}{B \times L}$$

$$L_s = \frac{24 \times 480}{1,1 \times 8,0}$$

$L_s = 1309 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ com um canal em operação

III ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ALIMENTAÇÃO DO REATOR

Modalidade: convencional de poço seco
 Nº de cjts. Motor-bomba: 2 + 1 R
 Vazão unitária: 160 m³/h
 Poço de sucção: 4,0 x 3,4 x 1,2 m (comp. x largura x alt. útil)

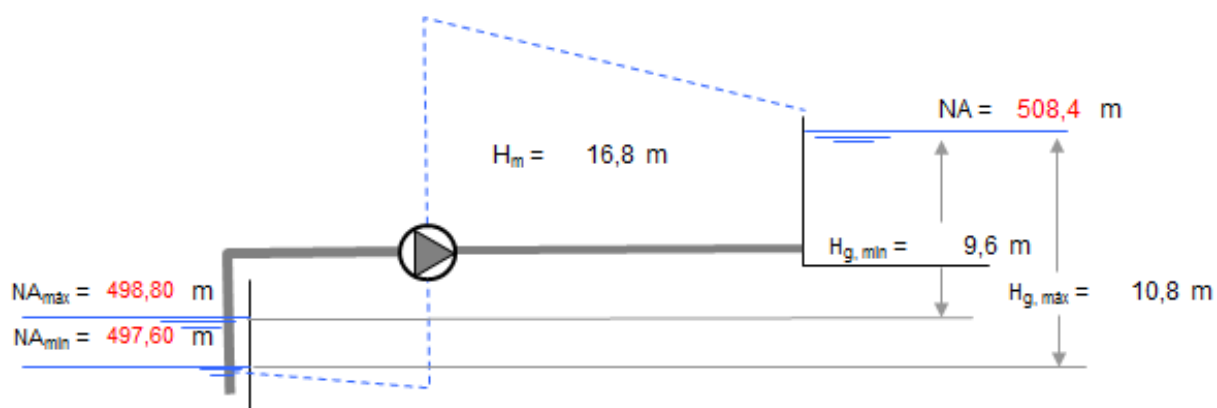


Figura 11: Perfil hidráulico do dimensionamento da estação elevatória de alimentação do reator.

Cálculo da perda de carga:

A perda de carga no conjunto elevatório foi calculada com base na expressão de HAZEN-WILLIAMS e método dos comprimentos equivalentes.

Tabela 4. Acessórios do sistema de recalque.

	Ampliação	Curva 90°	Curva 45°	Junção	Entrada	Válvula	Válvula de
--	-----------	-----------	-----------	--------	---------	---------	------------

	gradual			45°	normal	borboleta	retenção
Sucção	1	1			1		
Barrilete	1						
Tubulação recalque		5		1		1	1

Tabela 5. Planilha de cálculo da perda de carga.

			Sucção	Barrilete	Recalque
Diâmetro da tubulação de sucção:	ϕ	mm	200	150	200
Coefficiente de Rugosidade de HAZEN-WILLIAMS:	C		120	120	120
Comprimento da tubulação:	L	m	5,0	1,6	16,0
Comprimentos equivalentes dos acessórios:	$L_{eq} =$	m	11,80	18,0	51,6
Comprimento total:	$L_T = L + L_{eq} =$	m	16,80	19,6	67,6
Perda de carga unitária:	$j = 10,65 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$	m/m	0,0124	0,0503	0,0124
Perda de carga nos trechos:	$\Delta H = L_T \times j$	m	0,21	0,99	0,84
Velocidade de escoamento:	$v = Q / A_{seção}$	m/s	1,43	2,83	1,43

A perda de carga total corresponde a:

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{SUCÇÃO} + \Delta H_{BARRILETE} + \Delta H_{RECALQUE}$$

$$\Delta H_{TOTAL} = 0,21 + 0,99 + 0,84$$

$$\Delta H_{TOTAL} = 2,04 \text{ m}$$

Desnível geométrico:

$$\Delta H_G = NA_{MAXIMO} - NA_{MÍNIMO}$$

$$\Delta H_G = 508,4 - 497,60$$

$$\Delta H_G = 10,8 \text{ m}$$

Altura manométrica total:

$$H_{MANOMETRICA} = \Delta H_{TOTAL} + \Delta H_G + \Delta H_{OPERAÇÃO DO REATOR}$$

$$H_{MANOMETRICA} = 2,04 + 10,8 + 4,0$$

$$H_{MANOMETRICA} = 16,84 \text{ m}$$

Potência estimada:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{MANOMETRICA}}{\phi}$$

$$P = \frac{10.0,045.16,84}{54\%}$$

$$P = 14,03 \text{ kwh} \approx 20,0 \text{ cv}$$

$$P_{MOTOR} = 20 \text{ cv}$$

Verificação do NPSH:

Desnível geométrico na sucção (do eixo do motor ao nível mínimo):

$$H_{G,SUCÇÃO} = 501 - 497,6 = 3,4 \text{ m}$$

Pressão atmosférica a 500 m de altitude e 26°C:

$$P_a/\gamma = 9,78 \text{ t/m}^2$$

Pressão de vapor da água a 500 m de altitude e 26°C:

$$P_v/\gamma = 0,296 \text{ t/m}^2$$

Pressão de sucção positiva disponível:

$$NPSH_d = \frac{P_a - P_v}{\gamma} - H_G - \Delta H_{G,SUCÇÃO}$$

$$NPSH_d = 9,78 - 0,296 - 3,40 - 0,21$$

$$NPSH_d = 5,87 \text{ m} > 2,15 \text{ m (NPSH requerido pela bomba)}$$

IV TRATAMENTO SECUNDÁRIO

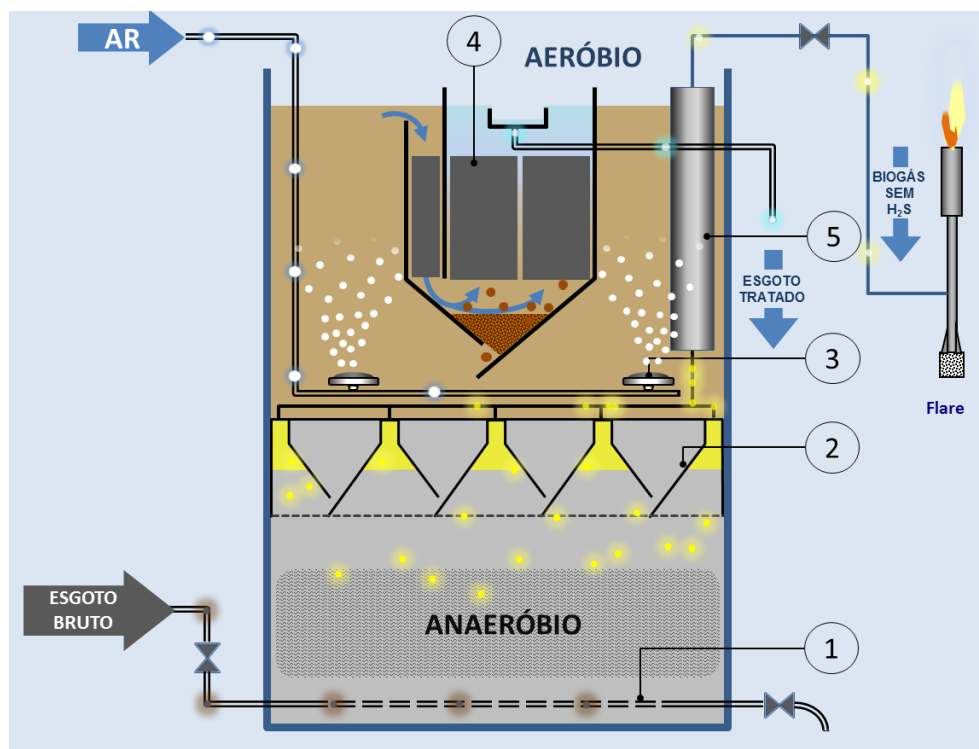


Figura 12: Concepção do reator Integrado Anaeróbico / Aeróbico: Sistema de distribuição (1), barreira de separação do estágio anaeróbico e separador de sólidos/líquido/biogás (2), tanque de aeração com difusores de bolha fina (3), decantador secundário lamelar de alta taxa (4) e sistema de remoção de gás sulfídrico (5).

REATOR ANAERÓBIO:

(1) Volume do reator anaeróbico:

$$V = 7,5 \times 26,5 \times 4,0 = 795 \text{ m}^3/\text{reator}$$

(2) Tempo de detenção hidráulica do reator anaeróbico:

$$T_{d, \text{MEDIA}} = V / Q_{\text{med}}$$

$$T_{d, \text{MEDIA}} = 795 / 3840$$

$$T_{d, \text{MEDIA}} = 0,207 \text{ d} = 5,0 \text{ horas}$$

(3) Carga orgânica removida:

Eficiência esperada: 75%

Remoção de carga de DBO:

$$C_{\text{REMOVIDA}} = CO \times E$$

$$C_{\text{REMOVIDA}} = 1080 \times 75\%$$

$$C_{\text{REMOVIDA}} = 810 \text{ kg DBO}_{5,20}/\text{dia por reator}$$

Remoção de carga de DQO:

$$C_{\text{REMOVIDA}} = CO \times E$$

$$C_{\text{REMOVIDA}} = 1890 \times 75\%$$

$$C_{\text{REMOVIDA}} = 1418 \text{ kg DQO}/\text{dia.reator}$$

$$C_{\text{REMOVIDA}} = 2835 \text{ kg DQO}/\text{dia NO TOTAL}$$

(4) Produção de biogás:

Coefficiente de conversão de DQO: 0,15 m³ de biogás/kg DQO removida

$$V = 0,15 \times \text{DQO}_{\text{REMOVIDA}}$$

$$V = 0,15 \times 2835$$

$$V = 425 \text{ m}^3/\text{d.reator} = 17,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

(5) Produção de lodo excedente:

Coefficiente de produção de lodo: 0,2 kg ST/kg DBO removida

*Inclui a fração de sólidos em suspensão afluentes retidos no processo anaeróbio.

$$P_{X,\text{ANAERÓBIO}} = C_{\text{DBO}} \times E\% \times Y_{\text{ANAERÓBIO}}$$

$$P_{X,\text{ANAERÓBIO}} = 1080 \times 0,75 \times 0,2$$

$$P_{X,\text{ANAERÓBIO}} = 162 \text{ Kg SST}/\text{d por reator (8,1 m}^3/\text{d a 2\% de sólidos)}$$

$$P_{X,\text{ANAERÓBIO}} = 324 \text{ Kg SST}/\text{d no total (16,2 m}^3/\text{d a 2\% de sólidos)}$$

TANQUE DE AERAÇÃO

(1) Volume útil do estágio aeróbio:

$$V_{\text{UTIL}} = C \times L \times H_{\text{UTIL}}$$

$$V_{\text{UTIL}} = 7,5 \times 26,5 \times 4,2 = 835 \text{ m}^3/\text{reator}$$

(2) Tempo de detenção hidráulica:

$$T_{DH} = V_{UTIL} / Q_{MED}$$

$$T_{DH} = 835 / 3840$$

$$T_{DH} = 0,2175 \text{ d} = 5,2 \text{ h}$$

(3) Carga orgânica remanescente do reator anaeróbio:

$$C_{DBO,REMANESCENTE} = C_{DBO, INICIAL} - C_{DBO, REMOVIDA}$$

$$C_{DBO,REMANESCENTE} = 1080 - 810$$

$$C_{DBO,REMANESCENTE} = 270 \text{ kg DBO/d por reator}$$

$$C_{DBO,REMANESCENTE} = 540 \text{ kg DBO/d no total}$$

(4) Cálculo da relação Alimento / Microrganismos:

$$\frac{A}{M} = \frac{C_{DBO}}{X_v \cdot V}$$

$$\frac{A}{M} = \frac{270}{2,7.835}$$

$$\frac{A}{M} = 0,120 \text{ kg DBO / kg SSV}$$

(5) Cálculo da taxa de carregamento orgânico:

$$L_v = CO / V_{UTIL}$$

$$L_v = 270 / 835$$

$$L_v = 0,323 \text{ kg DBO}_{5,20}/\text{m}^3.\text{dia}$$

(6) Cálculo do tempo de retenção de sólidos (SRT):

$$SRT = \frac{V \times X}{\Delta X}$$

$$SRT = \frac{835 \times 3,375}{129,6}$$

$$SRT = 22 \text{ dias}$$

Onde X corresponde a massa total de lodo, em termos de SST, no tanque de aeração e ΔX corresponde à massa de lodo descartada do sistema por duas vias principais, sendo uma através do efluente tratado (concentração de sólidos da ordem de $0,02 \text{ kg/m}^3$) e outra através da operação de descarte de lodo excedente, por meio do qual se controla a idade do lodo.

O tempo de retenção de sólidos deve ser suficiente para que ocorra o crescimento das bactérias autotróficas que realizarão a nitrificação simultânea no tanque de aeração.

Taxa de crescimento celular de autotróficas para esgotos brutos a 18°C :

$$\mu_m = 0,26 \text{ d}^{-1}$$

Tempo de retenção celular mínimo para desenvolvimento de autotróficas:

$$SRT = \frac{1}{\mu_m - k_d}$$

$$SRT = \frac{1}{0,26 - 0,07}$$

$$SRT = 5,3 \text{ dias} < SRT \text{ do sistema} = 22 \text{ dias (Ok)}$$

(7) Necessidade de oxigênio:

Dimensionamos a demanda de oxigênio considerando o fornecimento de $2,5 \text{ kg O}_2/\text{kg DBO}$ aplicada.

$$\text{Nec. O}_2 = 270 \times 2,5 = 675 \text{ kg O}_2/\text{dia (por reator)}$$

(8) Cálculo da taxa de transferência de oxigênio:

Modalidade do sistema de aeração:

Ar difuso – Bolhas finas

Taxa de transferência para C.N.T.P.:

$$n_o = 30\%$$

Relação de transferência de O_2 do esgoto para a água limpa:

$$\alpha = 0,70$$

Relação entre o OD de saturação do esgoto para a água limpa:

$$\beta = 0,90$$

Concentração de saturação do O_2 :

$$C_{w,alt} = 7,9 \text{ mg/L}$$

(corrigido em função da temperatura no tanque de aeração (**25°C**) e altitude (**500 m**)

Concentração de O_2 a ser mantido no tanque de aeração: $C_L = 1,5 \text{ mg/L}$

Fator de correção para as condições de campo:

$$\lambda = \left[\frac{\beta \cdot C_{\text{walt}} - C_L}{9,17} \right] \cdot 1,024^{T-20} \alpha =$$

$$\lambda = \left[\frac{0,90 \cdot 7,9 - 1,5}{9,17} \right] \cdot 1,024^{25-20} 0,70 =$$

$$\lambda = 0,482$$

Taxa de transferência para condições de campo:

$$n = n_o \times \lambda$$

$$n = 30\% \times 0,482$$

$$n = 14,5\%$$

(9) Cálculo do volume de ar para o processo:

$$V_{AR} = \frac{Nec.O_2}{n \times \%O_2 \times \rho_{ar}}$$

$$V_{AR} = \frac{675}{14,5\% \times 23\% \times 1,18}$$

$$V_{AR} = 17.152 \text{ m}^3/\text{dia} \text{ (714 m}^3/\text{hora)}$$

*Densidade do ar: $1,18 \text{ kg/m}^3$

(10) Potência estimada para o soprador:

$$P = \frac{w \cdot R \cdot T}{8,41 \cdot e} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$P = \frac{0,234 \cdot 8,314 \cdot 303}{8,41 \cdot 0,56} \left[\left(\frac{15,0}{10,0} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$P = 15,21 \text{ KWH}$$

P_w = Potência requerida pelo soprador, kw

w = Fluxo da massa de ar (0,234 kg ar/s)

R = constante do gás, 8,314 kJ/k mol.°K

T_0 = Temperatura de admissão do ar no soprador = 303 °K (30 °C)

P_0 = Pressão absoluta de admissão do ar = 10 mca

P = Pressão absoluta de saída do ar do soprador, atm

H_T = Altura de água sobre o difusor + ΔH_{AR} = 5,0 mca

$P = (H_T + 10) = 15,0$ mca

e = eficiência do conjunto (motor = 0,7; soprador = 0,8) = 0,56

Serão adotados 2 + 1 R sopradores com capacidade de 800 m³/h e potência de 25 cv.

(7) Estimativa da DBO efluente:

$$S_e = S_o \times (1 - E_{ANAERÓBIO}) \times (1 - E_{AERÓBIO}) + S_{particulado}$$

$$S_e = 281 \times (1 - 0,75) \times (1 - 0,8) + 10$$

$$S_e = 24 \text{ mg/l}$$

DECANTADOR LAMELAR DE ALTA TAXA:

(1) Área útil por decantador:

$$A = 11,7 \times 2,6$$

$$A = 30,4 \text{ m}^2 \text{ por decantador}$$

$$A = 60,8 \text{ m}^2 \text{ por tanque de aeração}$$

(2) Carga de sólidos proveniente do tanque de aeração:

$$C_{SÓLIDOS} = Q_{MED} \times X$$

$$C_{SÓLIDOS} = 3.840 \text{ (m}^3\text{/d)} \times 3,375 \text{ kg SST/m}^3$$

$$C_{SÓLIDOS} = 12.960 \text{ kg SST/d}$$

(3) Verificação da taxa de aplicação de sólidos por decantador:

$$L_S = C_{\text{SÓLIDOS}} / A_{\text{DEC}}$$

$$L_S = 12.290 \text{ (kg SST/d)} / 60,8 \text{ m}^2$$

$$L_S = 202 \text{ kg SST/ m}^2.\text{d}$$

(4) Verificação da taxa de aplicação hidráulica por decantador:

$$L_H = Q_{\text{MED}} / A_{\text{DEC}}$$

$$L_H = 3.840 \text{ (m}^3\text{/d)} / 60,8 \text{ m}^2$$

$$L_H = 63 \text{ m}^3 / \text{m}^2.\text{d}$$

IV CLORAÇÃO

A prática tem demonstrado que efluentes de tratamento em nível secundário têm coliformes eficientemente removidos para dosagem média de 4 mg/L conjugado com tempo de detenção entre 20 e 30 minutos.

Volume do tanque de contato:

$$V = 6,6 \times 14,45 \times 1,8 = 172 \text{ m}^3$$

Tempo de detenção hidráulica (mínimo):

$$T_d = V / Q = 172 / 7680 \approx 0,0224 \text{ d} = 32 \text{ minutos (vazão média de fim de plano)}$$

Consumo de solução de hipoclorito de sódio a 12%:

$$C_{\text{cloro}} = \frac{[\text{cloro}] \cdot Q_M}{\gamma_{\text{solução}} \cdot \%_{\text{cloro}}}$$

$$C_{\text{cloro}} = \frac{[4 \text{ g / m}^3] \cdot 7680 \text{ m}^3 / \text{d}}{1,2 \text{ kg / l} \cdot 10\%} \times \frac{1}{1000} \text{ l}$$

$$C_{\text{cloro}} = 256 \text{ l/d} = 10,7 \text{ l/h}$$

V DESAGUAMENTO DO LODO

1 Lodo excedente do tratamento secundário:

A massa de lodo é descartada somente a partir do dreno de fundo do reator anaeróbio, sendo que o lodo aeróbio é recirculado ao início do processo. No tanque de aeração o lodo é descartado por duas vias principais, sendo uma através do efluente tratado (concentração efluente de sólidos da ordem de 0,03 kg SST/m³) e outra através da operação de descarte de lodo excedente, o qual será encaminhado ao processo anaeróbio para adensamento e estabilização adicional.

População de projeto:	40.000 habitantes
Carga orgânica afluente:	2.160 kg DBO _{5,20} /dia 3.600 kg DQO/dia
Carga hidráulica afluente:	7.680 m ³ /dia (90 l/s) - média
Grau de tratamento:	secundário (remoção de DBO de 90%)

2 Produção de lodo excedente - ANAERÓBIO:

Coeficiente de produção de lodo: 0,2 kg ST/kg DBO removida

*Inclui a fração de sólidos em suspensão afluentes retidos no processo anaeróbio.

$$P_{X,ANAERÓBIO} = C_{DBO} \times E\% \times Y_{ANAERÓBIO}$$

$$P_{X,ANAERÓBIO} = 1080 \times 0,75 \times 0,2$$

$$P_{X,ANAERÓBIO} = 162 \text{ Kg SST/d por reator (8,1 m}^3\text{/d a 2\% de sólidos)}$$

$$P_{X,ANAERÓBIO} = 324 \text{ Kg SST/d no total (16,2 m}^3\text{/d a 2\% de sólidos)}$$

3 Produção de lodo excedente aeróbio:

A massa de lodo é descartada do tanque de aeração por duas vias principais, sendo uma através do efluente tratado (concentração efluente de sólidos da ordem de 0,02 kg SST/m³) e outra através da operação de descarte de lodo excedente.

(1) Cálculo da massa total de lodo excedente aeróbio:

Coeficiente de rendimento celular = 0,60 kg SST/kg DBO removida

Eficiência na remoção da DBO = 80%

$$P_{X,AERÓBIO} = C_{DBO} \times E\% \times Y_{AERÓBIO}$$

$$P_{X,AERÓBIO} = 540 \times 0,80 \times 0,60 = 259,2 \text{ Kg SST/d no total}$$

$$P_{X,AERÓBIO} = 129,6 \text{ Kg SST/d por reator}$$

(2) Cálculo da massa de lodo que sai junto ao efluente tratado:

$$\Delta X_e = Q_{MED} \times X_e$$

$$\Delta X_e = 7.680 \text{ (m}^3\text{/d)} \times 0,02 \text{ (kg SST/m}^3\text{)}$$

$$\Delta X_e = 147,6 \text{ kg SST/d no total}$$

(3) Cálculo da massa de lodo descartado a partir do decantador secundário:

$$\Delta X = P_{X,AERÓBIO} = \Delta X_e + \Delta X_{LODO}$$

$$259,2 = 147,6 + \Delta X_{LODO}$$

$$\Delta X_{LODO} = 111,6 \text{ kg SST/d}$$

(4) Volume de lodo excedente descartado a partir do tanque de aeração:

Considerando teor de sólidos de 4 kg SST/m³, o volume de lodo a ser descartado a partir do tanque de aeração corresponde a:

$$Q_{LODO,AEROBIO} = \Delta X_{LODO} / 4 \text{ kg SST/m}^3$$

$$Q_{LODO,AEROBIO} = 111,6 \text{ (kg SST/d)} / 4 \text{ kg SST/m}^3$$

$$Q_{LODO,AEROBIO} = 28 \text{ m}^3 / \text{d NO TOTAL}$$

$$Q_{LODO,AEROBIO} = 14 \text{ m}^3 / \text{d POR REATOR}$$

4 Destruição da fração volátil no reator anaeróbio:

O lodo aeróbio poderá ser descartado para retorno no início do reator, onde passará por estabilização adicional na seção anaeróbia. A fração volátil de lodo, correspondente a aproximadamente 70%, passará por estabilização adicional onde se prevê eficiência mínima de 50% na destruição dos sólidos voláteis.

$$P_{Xv, DESTRUÍDOS} = \Delta X_{LODO} \times F_{VOLÁTIL}\% \times F_{DESTRUÍDO}\%$$

$$P_{Xv, DESTRUÍDOS} = 111,6 \times 75\% \times 50\%$$

$$P_{X_v, \text{DESTRUÍDOS}} = 41,9 \text{ kg SSV/d}$$

5 Massa total de lodo excedente a ser descartada a partir da seção anaeróbia:

A massa total de lodo excedente a ser descartada a partir da seção anaeróbia corresponde a:

$$M_{\text{LODO}} = P_{X, \text{ANAERÓBIO}} + P_{X, \text{AERÓBIO}} - \Delta X_e - P_{X_v, \text{DESTRUÍDOS}}$$

$$M_{\text{LODO}} = 324 + 259,2 - 147,6 - 41,9$$

$$M_{\text{LODO}} = 393,7 \text{ Kg SST/dia}$$

Para concentração do lodo no valor de 20 Kg SST/m³ estima-se o volume de lodo excedente em 19,7 m³ lodo/dia. Este lodo, ao passar por processo de desaguamento mecanizado, terá seu teor de sólidos aumentado para 20%. Assim, será encaminhada ao aterro sanitário uma quantidade média em torno de 2 t/d.

6 Balanço de massa para o desaguamento mecanizado de lodo em decanter centrífugo:

O sistema de desaguamento de lodo possui capacidade para 3 m³/h. Desta forma, é possível fazer a operação de desaguamento do lodo no regime de 8 h/dia durante 18 dias por mês, havendo intervalos adequados para a realização de procedimentos de limpeza e manutenção dos equipamentos.

Coeficientes e parâmetros:

Recuperação de sólidos no desaguamento (%): $\Delta X_{\text{RECUP}} = 90\%$

Teor de sólidos no clarificado (%): $\Delta X_{\text{RET}} = 10\%$

Teor de sólidos na torta de lodo (%): $S_{\text{TORTA}} = 20\%$

Dosagem de polímero em base seca: $\Delta X_{\text{POLIMERO}} = 8 \text{ kg polímero/1000 kg SST}$

Será adotado decanter centrífugo com capacidade para 3 m³/h de lodo a 2% de sólidos, em média.

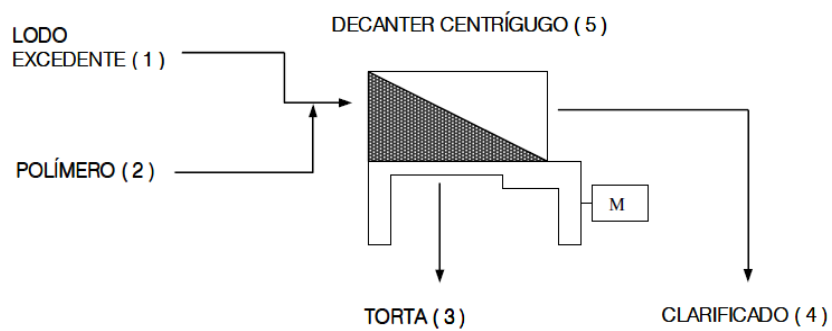
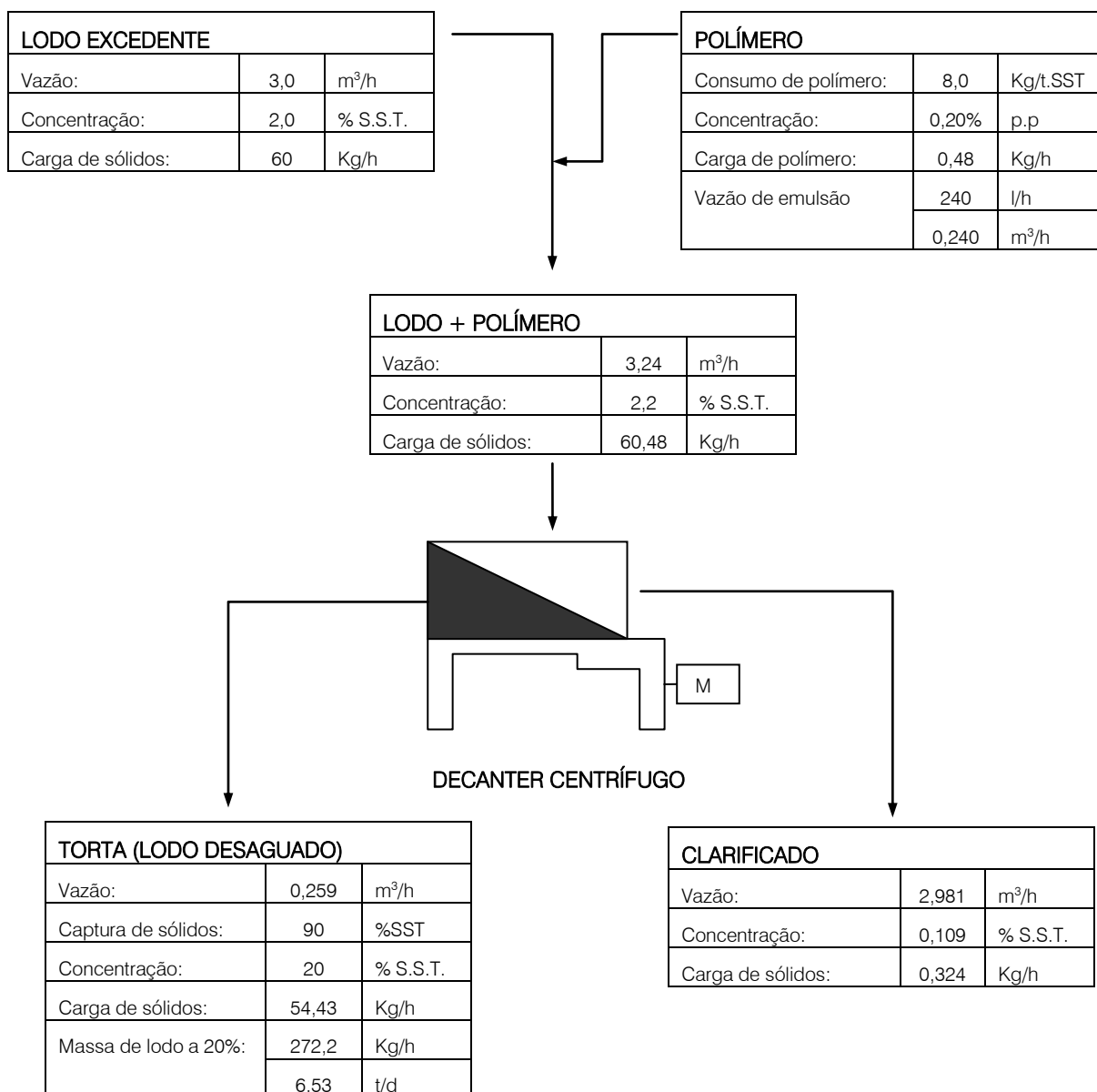


Figura 13: Esquema para cálculo do balanço de massa no desaguamento de lodo.

OBSERVAÇÃO: A OPERAÇÃO DE DESAGUAMENTO DE LODO OCORRE EM BATELADA, COM DURAÇÃO PREVIAMENTE CALCULADA COM BASE NOS DADOS DE MONITORAMENTO DO PERFIL DE SÓLIDOS.



ANEXO II – DESENHOS

CÓDIGO DO DESENHO	TÍTULO DO DESENHO	PADRÃO	VERSÃO	DATA ELABORAÇÃO
HID-01	IMPLANTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO	A0	INICIAL	15/12/2014
HID-02	LAYOUT GERAL	A1	INICIAL	15/12/2014
HID-03	LAYOUT DA 2ª ETAPA	A2	INICIAL	15/12/2014
HID-04	FLUXOGRAMA P&ID	A1	INICIAL	15/12/2014
HID-05	PERFIL HIDRÁULICO	A1	INICIAL	15/12/2014
HID-06	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA INICIAL	A2	INICIAL	15/12/2014
HID-07	SUPORTE DA PENEIRA ROTATIVA	A2	INICIAL	15/12/2014
HID-08	CAIXA DE AREIA	A1	INICIAL	15/12/2014
HID-09	TANQUE DE CONTATO	A1	INICIAL	15/12/2014
HID-10	BACIA DE CONTENÇÃO	A2	INICIAL	15/12/2014
HID-11	TANQUE DO REATOR	A0	INICIAL	15/12/2014
HID-12	PRÉDIO DE DESAGUAMENTO DO LODO	A1	INICIAL	15/12/2014
HID-13	CASA DOS SOPRADORES	A1	INICIAL	15/12/2014
HID-14	PRÉDIO DE APOIO	A1	INICIAL	15/12/2014
HID-15	ESCADA HIDRÁULICA	A1	INICIAL	15/12/2014
HID-16	PLANTA DE ESGOTAMENTO	A1	INICIAL	15/12/2014
HID-17	DETALHE DO POÇO DE VISTIA	A1	INICIAL	15/12/2014
HID-18	DETALHE DE ESCORAMENTO	A2	INICIAL	15/12/2014
HID-19	DETALHE DE FECHAMENTO DA ÁREA	A2	INICIAL	15/12/2014



Responsável Técnico:	Tiago de Mattos Seydell CREA 5061115692 SP Engenheiro Civil - Consultor Técnico
Responsável Legal:	Sérgio Jorge Patrício
Cargo:	Diretor Presidente
RG:	4.607.095-3
CPF:	196.771.978-00
Tel/Cel:	(19) 3481-8111