



Consórcio Intermunicipal para Gestão Ambiental das Bacias da
Região dos Lagos, do Rio São João e Zona Costeira.
CNPJ nº 03.612.270/0001-41

SISTEMA BIODIGESTOR AMPLIAÇÃO DO SISTEMA TEMPO SECO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

ARARUAMA - RJ “SOBARA_SÍTIO JAQUEIRA”

PROJETO EXECUTIVO SISTEMA BIODIGESTOR

MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO HIDRÁULICO

Maio-2021 – rev. 0

SUMÁRIO

1 - MEMORIAL JUSTIFICATIVO	
1.1 Objetivo	3
1.2 Características da localidade	3
1.3 Descrição do Biossistema	4
2 - MEMORIAL DESCRITIVO	
2.1 Fluxograma do Biossistema	5
2.2 Etapas do Tratamento	5
2.2.1 Fase Preliminar	5
2.2.2 Digestão Anaeróbica	6
2.2.3 Filtro Biológico Anaeróbico	7
2.2.4 Medidor de Vazão do Efluente Tratado	7
2.2.5 Tratamento do biogás gerado	7
2.2.6 Remoção do Lodo Anaeróbico	8
3- DESCRIÇÕES E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
3.1 Gradeamento / Caixa de Desarenadora / Caixa Concentradora de Lodo / Medidor	8
3.2 Biodigestores	9
3.3 Filtro Biológico de Leito Fixo	10
4- MEMORIAL DE CÁLCULO DO BIOCISTEMA DE TRATAMENTO	
4.1 Estimativa da vazão do Biossistema	10
4.2 Estimativa da carga orgânica total para entrada do Biossistema	12
4.3 Dimensionamento do Biodigestor	14
4.4 Dimensionamento do Filtro de Leito Fixo	16
4.5 Dimensões da Fase Preliminar	18
4.5.1 Gradeamento	18
4.5.2 Caixa Desarenadora	18
4.5.3 Tanque de Retenção de Gordura/ Concentradora de Lodo	19
5- CONTROLE E MANUTENÇÃO DO BIOCISTEMA	
5.1 Fase Preliminar	20
5.2 Biodigestor	20
5.3 Filtro Biológico	21
5.4 Tarefas Diárias do Operador	21
5.5 Plano de monitoramento e análises	22
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. MEMORIAL JUSTIFICATIVO

1.1. Objetivo

O presente documento apresenta a descrição do projeto de um Sistema Biodigestor para Tratamento de Efluente Sanitário na localidade conhecida como Sítio Jaqueira no Bairro Sobara na cidade de Araruama. A unidade de tratamento apresenta característica de um Biossistema Integrado de digestão de dejetos humanos a partir da retenção de material grosseiro e areia, posteriormente a remoção de nutriente a partir das reações anaeróbicas e filtração biológica. Apresenta controle de vazão de entrada e saída com o objetivo de garantir a eficiência no tratamento e respeitar as normas ambientais estabelecidas.

Todo apontamento realizado contempla, de forma detalhada, os cálculos de vazão e estimativa de carga orgânica, consequentemente dimensões das etapas preliminar, biodigestão e pós-tratamento. Descrevendo a metodologia necessária ao ideal monitoramento operacional, bem como o material usado na montagem de cada etapa.

1.2. Características da localidade (Descrição)

A área a ser atendida corresponde a um conjunto de residências, com estimativa de 270 pessoas, conforme dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no ano de 2020. Conforme vistorias realizadas, não existe qualquer tipo de tratamento prévio unitário (fossa séptica / sumidouro) na localidade, assim como não foi identificado qualquer resíduo de despejo industrial.

Através da informação da quantidade de moradores, medição de vazão dos despejos existentes, análises químicas e características da área sugerem-se a instalação do Biossistema de tratamento com a integração da Fase Preliminar (gradeamento médio, caixa de retenção de areia, remoção de gordura, concentrador de lodo e medidor de vazão), Fase de Digestão Anaeróbica (biodigestores), Retenção de Sólidos (biofiltro anaeróbico de fluxo ascendente). A solução proposta, conforme Além Sobrinho (1991), apresenta eficiência de 70 a 90% de remoção de DBO dos esgotos, gerando um efluente final que pode ser direcionado em corpos d'água. Portanto associa um eficaz processo biológico que degrada a matéria orgânica, remove sólidos em suspensão e outros nutrientes. Apresenta baixo custo de implantação e manutenção, além do reduzido impacto ambiental o sistema de

tratamento possibilitará maior integração comunitária.

1.3. Descrição do Biossistema

Diferente do modelo convencional de tratamento de esgoto, que se centraliza na remoção do material orgânico, o Biossistema almeja a eficiente remoção dos despejos com reduzido impacto com produção de biogás e a reciclagem de nutrientes. O princípio da tecnologia se baseia no tratamento natural sem qualquer adição de agente químico ou disposição de energia elétrica. Esta metodologia se baseia em técnicas aplicadas por séculos em algumas partes do mundo, está sendo adaptada para solucionar as limitações da atualidade, a fim de manter a qualidade das águas disponíveis em lagos, rios e córregos, assim como a sobrevivência dos solos.

O Biossistema apresenta as seguintes vantagens conforme a sua constituição:

- Simplificada operação, devido os processos naturais de tratamento de dejetos;
- Redução de eutrofização dos corpos receptores;
- Redução custo de operação e monitoramento;
- Reduzido impacto ambiental;
- Melhoria da saúde pública, devido à redução da proliferação de vetores e patogênicos;
- Geração de biogás (energia) conforme o abastecimento com a biomassa;
- Aumento da conscientização ambiental.

Toda a projeção do Biossistema segue referência aos parâmetros ambientais estabelecidos pelas seguintes diretrizes:

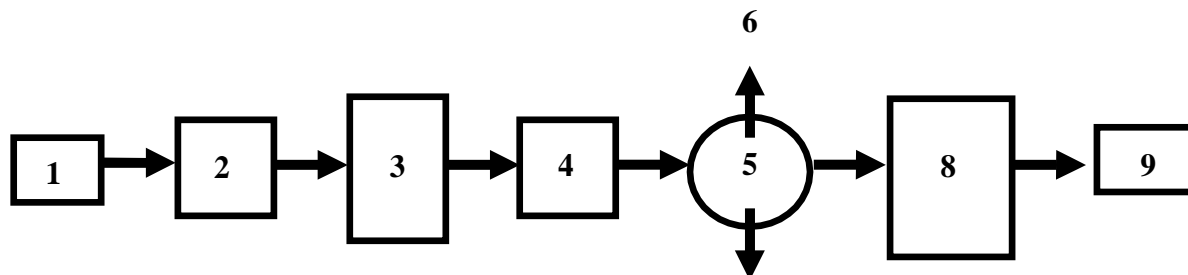
- DZ – 215. R-02 DIRETRIZ DE CONTROLE DE CARGA ORGÂNICA BIODEGRADÁVEL EM EFLUENTES LÍQUIDOS NÃO INDUSTRIAIS;
- NT – 202. R-03 CRITÉRIOS E PADRÕES PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS

A estimativa da vazão de tratamento baseia-se nos critérios das Normas Técnicas NBR 7.229/93 e NBR 13.6/97. Conforme as referências e diretrizes, o sistema pode atingir a eficiência de até 90 % na remoção matéria orgânica.

2. MEMORIAL DESCRITIVO

2.1 Fluxograma do Biossistema

Conforme a figura abaixo o Biossistema terá o seguinte fluxograma:



1. Tomada de tempo seco;
2. Gradeamento médio e caixa desarenadora;
3. Caixa concentradora de lodo e retentora de gordura;
4. Medição de vazão;
5. Etapa de digestão (biodigestores);
6. Remoção de biogás;
7. Remoção de lodo;
8. Filtro Biológico;
9. Medidor de vazão de saída.

2.2 Etapas do Tratamento

Neste tópico são apresentadas as etapas do tratamento no Biossistema:

Fase Preliminar + Digestão Anaeróbica + Filtração Anaeróbica Ascendente +
Medição de Vazão do efluente tratado.

2.2.1 Fase Preliminar

O pré - tratamento tem o objetivo a retenção dos sólidos mais grosseiros como folhas, galhos, areia, entre outros, protegendo os equipamentos e tubulações, evitando o acúmulo de material inerte nos reatores biológicos. Desta maneira, o esgoto passa, primeiramente, por um gradeamento e na sequência pela caixa de areia e tanque de retenção de gordura que atua como concentrador de lodo.

- Gradeamento

Para o Biossistema de tratamento é ideal a utilização de grades médias, já que ocorre a entrada de muito lixo e areia, oriundos das redes mistas. Todo o lixo retido nas grades deve ser removido manualmente com uso de ferramentas específicas, desta maneira, disposto em caçambas e levado ao Aterro Sanitário Licenciado mais próximo.

- Caixa Desarenadora

A quantidade de areia que entrará no Biossistema será removida através da construção de uma caixa de retenção. De forma similar ao lixo retido nas grades, a areia retida é removida e conduzida por caçambas ao Aterro Sanitário Licenciado mais próximo.

- Tanque de Retenção de Gordura / Concentrador de Lodo

Para melhor separação da gordura saturada presente no esgoto e a carga orgânica a ser digerida será instalada caixa com mecanismo para remoção e sedimentação dos respectivos materiais. A gordura saturada retida deverá ser removida com uso de sistema de caminhões vacal e encaminhada ao correto tratamento.

- Medidor de Vazão

Para monitoramento da vazão de entrada no Biossistema será instalado medidor tipo Thompson. Este medidor baseia-se em um estreitamento de canal no formato em "V" para medir o volume de esgoto com relação ao tempo. O fluido, ao passar por esse estreitamento em V, possibilita o cálculo da vazão em tempo real proporcionado pela altura e dimensionamento da canaleta.

2.2.2 Digestão Anaeróbica

Esta etapa é caracterizada pelo Biodigestor que corresponde à etapa principal do Biossistema de Tratamento:

- Biodigestor

Posterior à remoção do material grosseiro na fase preliminar, o afluente concentrado será encaminhado ao interior do Biodigestor onde ocorre a remoção média da matéria orgânica (DBO_5) na ordem de 65 a 70%. Dentro do reator a

biomassa se desenvolve de forma dispersa onde é fermentada anaerobicamente por bactérias, sem qualquer meio suporte. Os próprios grânulos de bactérias servem de meio suporte à digestão do material orgânico. Esse grânulo é importante ao aumento da eficiência. Existe elevada concentração de biomassa no interior do Biodigestor, seu volume é reduzido em comparação a outros mecanismos de tratamento. A eficiência da digestão é aumentada devido à pressão interna ser maior do que a externa, justificado através do acúmulo de biogás na cúpula e aumento da temperatura interna. O fluxo ascendente do afluente é favorecido no interior do reator, as moléculas de metano e gás carbono são difundidas no interior do reator. A compensação hidráulica favorece este efeito.

2.2.3 Filtro Biológico Anaeróbico

O Biodigestor promove a redução da material orgânico, representado pela Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), o pós-tratamento evidenciado pela retenção de sólidos, é realizado na etapa da filtração biológica. O Filtro é caracterizado por um material suporte estacionário, no qual os sólidos biológicos são aderidos. A massa residual de microrganismos retida no meio suporte degrada o substrato residual no fluxo. Com o fluxo ascendente, o afluente é transferido para o fundo, fluindo através da camada filtrante (meio suporte estacionário), sendo posteriormente descartado pela parte superior. Apesar do Biossistema possuir como matriz o tratamento na etapa de digestão anaeróbica (Biodigestor), é fundamental a avaliação do leito de filtração do filtro biológico. Deve - se optar por material que possua porosidade e permeabilidade e hidráulica. O afluente deve passar pelo recheio do filtro de maneira a reter resíduos sólidos e reduzir a demanda de matéria orgânica. Para este projeto sugere - se como material filtrante o PET (Politereftalato de etileno).

2.2.4 Medidor da Vazão do Efluente Tratado

Para maior monitoramento da vazão de saída do efluente tratado será instalado medidor similar ao de entrada do Biossistema.

2.2.5 Tratamento do biogás gerado

A digestão anaeróbica promove a geração de resíduos de processos, dentre eles, a composição de gases definida como biogás. O biogás possui no seu arranjo

vários gases, principalmente os seguintes: gás carbônico (CO_2), gás sulfídrico (H_2S) e gás metano (CH_4), conforme a referência do livro Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, Introdução à qualidade das águas e ao tratamento e esgoto – Marcos Von Sperling – Volume1 – 3ª Edição.

O formado abobado da parte superior do Biodigestor promove o acumulo de grande parte do biogás gerado. Ao lado do reator será construída caixa de compensação hidráulica devidamente vedada com água no seu interior. O objetivo é manter a continuidade do fornecimento de biogás devido à diferença de nível de fluido entre a caixa de compensação e o reator. O alto potencial energético principalmente do gás metano (maior concentração) pode possibilitar o uso do biogás como fonte de energia em tarefas domésticas em residências próximas ou creches e escolas.

2.2.6 Remoção do Lodo Anaeróbico

Outro subproduto da digestão anaeróbica é o Lodo. No interior do Biodigestor coexistem três fases: uma fase gasosa, identificada na produção de biogás, uma fase líquida que corresponde ao afluente direcionado ao reator de forma ascendente e uma fase sólida definida pelo manto de bactérias anaeróbicas e o Lodo gerado. Esta última possui uma frequência média de retirada do excesso produzido de pelo menos uma vez por ano, conforme a orientação da literatura Biodigestores – Fertilidade e Saneamento para a Zona Rural – Paulo Barrera – 2ª edição. O processo de remoção, assim como a do biogás, é condicionado pelo formato do biodigestor e disposição de uma tubulação vertical até o interior do mesmo para sucção regular. A sucção se dará em cada um dos Biodigestores mantendo um volume de pelo menos 5 a 8 % do volume do reator. Todo o resíduo removido será conduzido à unidade (ETE Palatinato) para centrifugação e condicionamento ao Aterro Sanitário mais próximo.

3. DESCRIÇÕES E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

3.1 Gradeamento / Caixa Desarenadora / Caixa concentradora de lodo / Medidor

Cada caixa é construída em alvenaria de blocos de concreto 10*20*40, com revestimento e argamassa de cimento e areia e impermeabilizante. O gradeamento em alumínio ou aço inox e tubulação em PVC esgoto predial e deverão ser dotadas de tampas com vedação devida com objetivo de evitar odor.

3.2 Biodigestores

Serão construídos em estrutura de alvenaria maciça e concreto, utilizando a técnica da estruturação do modelo de biodigestor chinês, que atende comprovadamente aos itens de impermeabilidade, resistência mecânica e ao ataque químico.

- Estrutura do Biodigestor Chinês e Indiano

Fundo cônico em concreto armado fck de 20 mpa, paredes do domo e cúpula em alvenaria de tijolos maciços de barro, perfeitamente queimados, assentados na espessura de 10 cm com argamassa de cimento e areia no traço 1 x 2,5. As alvenarias são revestidas externamente com camada de concreto levemente armado nas espessuras de projeto. Os tijolos deverão ser adequadamente hidratados a fim de não provocar fissuras na argamassa. A execução da cúpula deverá da mesma forma respeitar as técnicas consolidadas, de maneira a não permitir fissuras e infiltrações, bem como garantir sua resistência;

- Impermeabilização

A impermeabilização é feita com várias camadas de nata de cimento e areia de pequena espessura devidamente intercalada. São dadas três demãos de nata de cimento e três demãos de massa de cimento e areia fina, na proporção 2/1. Não pode haver orifícios pequenos nas paredes internas, especialmente na cúpula, pois nestes são iniciadas infiltrações que farão escapar o biogás. Para finalizar é aplicado revestimento impermeabilizante semiflexível, a base de cimentos especiais e aditivos minerais e polímeros;

- Vedação

A tampa do biodigestor é feita em concreto armado com 7 cm de espessura. O tubo de saída do biogás é instalado no centro da tampa, quando já construída. Ela precisa ser feita em forma de cone para encaixar no gargalo que também é construído de forma cônica. A tampa deve ser assentada com uma massa de cal e argila peneirada na proporção de 1/1, com consistência firme e homogênea e colocada sob pressão. Logo em seguida, coloca-se água no espaço do restante do gargalo. Para o biodigestor indiano, sua cúpula será de aço inox devidamente vedado;

- Tubulações

Todas as tubulações são em PVC padrão esgoto, com os diâmetros de 150 mm. Devem ser perfeitamente chumbadas na estrutura de modo a não permitir vazamentos, se necessário poderão ser utilizados impermeabilizantes adequados à situação.

3.3 Filtro Biológico de Leito Fixo (FBLF)

- Estrutura

Fundo em concreto armado fck de 20 mpa com espessura indicada em projeto, paredes serão de anéis pré-moldados de concreto. As alvenarias são revestidas externamente com argamassa de cimento e areia 1 x3;

- Impermeabilização

A impermeabilização é feita com argamassa de cimento e areia no traço 1x3, com cantos arredondados e 3 demãos de impermeabilizante a base de epóxi / alcatrão;

- Tubulações:

Todas as tubulações são em PVC padrão esgoto com 150 mm de diâmetro. Poderão ser perfeitamente chumbadas na estrutura de modo a não permitir vazamentos, se necessário poderão ser utilizados impermeabilizantes adequados à situação.

4. MEMORIAL DE CÁLCULO DO BIOSISTEMA DE TRATAMENTO

Para desenvolvimento dos cálculos para dimensionamento das etapas do Biosistema de Tratamento foram realizadas as seguintes considerações:

- Medição da vazão dos despejos já existente;
- Estimativa teórica conforme a quantidade de pessoas e o abastecimento de água;
- Estimativa da carga orgânica total para entrada do Biosistema.

4.1 Vazões de despejo do bairro

Dados referentes ao Conjunto de residências:

- o 2000 (dado obtido pelo IBGE: 270 – o calculo com o aumento previsto de 33 % da população na região);
- o Quota per capita de água (L/hab.d) = 160 (dado fornecido pela Concessionária de Tratamento de Água e Esgoto – Águas de Juturnaíba).

$$Q_d \text{ méd} = (\text{Pop. QPC. R})/1000 ($$

$$\text{m}^3/\text{d}) * Q_{\text{máx}} = Q_d \text{ méd. } K_1. K_2^*$$

$$Q_{\text{mín}} = Q_d \text{ méd.}$$

K3*Onde:

Q_d méd = Vazão doméstica média de esgoto

(m³/h ou l/s); Pop = População atendida (2000 habitantes);

QPC = Quota per capita de água (100 L

/hab.d); R = coeficiente de retorno

esgoto/água (0,8); Q_{máx} = Vazão máxima

de despejo;

Q_{mín} = Vazão mínima de despejo;

K₁ = 1,2 (coeficiente do dia de maior

consumo) ** K₂ = 1,5 (coeficiente da hora de

maior consumo) ** K₃ = 0,5 (coeficiente de

menor consumo) **

* Referencia (Marcos Von Sperling - página 77 - Volume1 - Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias)

** Referencia (CETESB, 1978; Azevedo Neto e Alvarez, 1977; Alem Sobrinho e Tsuruya, 1999)

Vazões Calculadas				
	m³/d	m³/h	L/s	Vazão
Q média	48	2,00	0,556	<i>Vazão média</i>
Q máxima	73	3,03	0,843	<i>Vazão máxima</i>
Q mínima.	42	1,75	0,485	<i>Vazão mínima</i>

○ Vazão do Processo Biológico:

Para o dimensionamento do processo biológico será considerada a vazão média.

○ Vazão da Fase Preliminar

Na etapa Preliminar será considerada a vazão máxima calculada.

O cálculo e dimensionamento da etapa de digestão Anaeróbica (Biodigestor) será considerada a vazão média e para etapa Preliminar será atribuída a vazão máxima. Conforme os valores de vazões máxima e média na entrada e saída de cada etapa, para todos os dimensionamentos deste projeto serão utilizadas tubulações de PVC esgoto com 150 mm de diâmetro.

4.2 Estimativa da carga orgânica para entrada do Biossistema

A literatura Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, Introdução à Qualidade das águas e ao tratamento e esgoto – Marcos Von Sperling – Volume1 – 3ª Edição indica que a estimativa da carga orgânica (representada pela Demanda Química de Oxigênio – DQO) do esgoto doméstico de um conjunto de popular de residências possui valor próximo a 600 mg/L. Para garantir a eficiência no tratamento do esgoto, todo o dimensionamento das etapas vai ser conduzido pelos valores estabelecidos pela literatura . Segue a tabela com os parâmetros de referencia.

Parâmetro	Contribuição per capta (g/hab.d)		Concentração		
	Faixa	Típico	Unidade	Faixa	Típico
Sólidos totais	120-220	180		700-1350	1100
Em suspensão	35-70	60	mg/L	200-450	350
Fixos	7,0-14	10	mg/L	40-100	80
Voláteis	25-60	50	mg/L	165-300	320
Dissolvidos	85-150	120	mg/L	500-900	700
Fixos	50-90	70	mg/L	300-550	400
Voláteis	35-60	50	mg/L	200-350	300
Sedimentáveis	-	-	mg/L	44105	15
DBO ₅	40-60	50	mg/L	250-400	300
DQO	80-120	100	mg/L	450-800	600
DBO última	60-90	75	mg/L	350-600	450
Nitrogênio total	6,0-10,0	8,0	mg/L	35-60	45
Nitrogênio orgânico	2,5-4,0	3,5	mg/L	15-25	20
Amônia	3,5-6,0	4,5	mg NH ₃ -N/L	20-35	25
Nitrito	0*	0*	mg NO ₂ ⁻ -N/L	0*	0*
Nitrato	0,0-0,2	0*	mg NO ₃ ⁻ -N/L	0-1	0*
Fósforo	0,7-2,5	1,0	mgP/L	4,0-15	7,0
Fósforo orgânico	0,2-1,0	0,3	mgP/L	1,0-6,0	3,5
Fósforo inorgânico	0,5-1,5	0,7	mgP/L	3,0-9,0	5,0
pH	-	-	-	6,7-8,0	7,0
Alcalinidade	20-40	30	mg.CaCO ₃ /L	100-250	200
Metais pesados	0*	0*	mg/L	traços	traços
Compostos orgânicos tóxicos	0*	0*	mg/L	traços	traços

* Valores muito baixos. FONTE: Von Sperling (2005), Arceiva (1981), Pessoa & Jordão (1995), Qasim (1985), Metcalf & Eddy (1991), Cavalcanti et al (2001).

Conforme a configuração e a ação de cada etapa de tratamento é possível se obter a seguinte estimativa de eficiência do tratamento que atende o padrão secundário de tratamento:

Eficiência por etapa (%)		
Parâmetro	Biodigestor	Filtro Biológico
SS	90	25
DBO5	75	43
DQO	47	52

4.3 Dimensionamento do Biodigestor

Serão considerados os seguintes princípios para dimensionamento dos Biodigestores:

- o O dimensionamento é feito pelo critério de carga hidráulica, e não pela carga orgânica ou produção de energia;
- o Para valores de carga hidráulica ou tempo de detenção hidráulica deve-se considerar a perda de biomassa, idade do lodo e eficiência. Portanto segue a seguinte relação com a temperatura:

Temperatura (°C)	Tempo de detenção hidráulica (h)	
	Média diária	Mínimo (4 a 6 h)
16 - 19	> 10 - 14	7 a 9
20 - 26	> 6 - 9	4 a 6
>26	> 6	4

Referência: Carlos Ernando da Silva – Tratamento de Resíduos e Impactos Ambientais – UFSM/CT/HDS.

Volume do reator: $V = Q \cdot T_{dh} \text{ m}^3$

Onde:

Q = Vazão do Biossistema

T_{dh} = Tempo de detenção hidráulica

Tendo como referência a temperatura igual ou superior a 26 °C, temos:

$T_{dh} (h) = 8$

$Q_{\text{méd}} (\text{m}^3/\text{h}) = 2,00$

Resultado do cálculo do Volume do Biodigestor:

$V = 16 \text{ m}^3$

Neste dimensionamento será considerada a velocidade ascendente nos compartimentos de digestão (velocidades excessivas resultam na perda de biomassa do sistema reduzindo a estabilidade do processo).

A carga hidráulica volumétrica (CHV) é a quantidade de volume de esgoto aplicada diariamente no reator, por unidade de volume do reator.

Critério / Parâmetro	Faixa de valores (função da vazão)		
	Q médio	Q máxima	Q pico
Carga hidráulica volumétrica ($\text{m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$).	< 4	< 6	< 7
Tempo de detenção hidráulica(h)	6,0 - 9,0	0,9 - 11,0	> 3,5 - 4
Velocidade ascendente do fluxo (m/h)	0,5 - 0,7	0,9 - 11	< 1,5

Referência: Carlos Ernando da Silva – Tratamento de Resíduos e Impactos Ambientais – UFSM/CT/HDS.

Carga Hidráulica Volumétrica: $\text{CHV} = Q/V (\text{m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d})$

d) Onde:

Q = Vazão do Biossistema

(m^3/d) V = Volume do

Biodigestor (m^3)

Resultado do cálculo da Carga Hidráulica do

Biossistema: $\text{CHV} = 3,00 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$

Conforme a tabela apresentada, o valor calculado está conforme os critérios de < 4 onde o tempo de detenção hidráulica (Tdh) possui valor de 8 h. Portanto a velocidade de ascensão do reator deve obedecer ao intervalo de 0,5 a 0,7 m/h de fluxo:

Velocidade: $v = Q / A \quad (\text{m/h})$

Onde:

Q = Vazão do Biossistema

(m^3/h) A = Área circular do

reator (m^2)

O Biodigestor terá sua dimensão no formato cilíndrico, para cálculo da área circular considerando a velocidade ascendente do fluxo no valor de 0,6 m/h:

Área circular do Biodigestor = 12,00 m².

O Biossistema terá um arranjo de **três** biodigestores em série, portanto para cada reator será considerado **33,3%** do valor da área. Portanto cada biodigestor vai seguir o seguinte dimensionamento:

Volume = 16 m³

Diâmetro = 3,0 m

Profundidade = 2,6m

Vazão = 2,00 m³/h

Caixa de compensação hidráulica

Cada reator anaeróbico terá uma caixa de compensação hidráulica construída conforme o nível de saída do afluente.

4.4 Dimensionamento do Filtro de Leito Fixo

Conforme Norma da ABNT NBR nº 13969/1997- Projeto Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - foi projetado o mecanismo de filtro biológico anaeróbico como pós tratamento do biodigestor.

$Tdh = Vf/Q$

fOnde:

Tdh - tempo de detenção

hidráulica (h) Vf - volume do filtro

(m³)

Qf - vazão de entrada no filtro (m³/h)

Considerando o tempo de detenção de 12 horas, conforme a Tabela de período de detenção (Tdh) dos despejos, por faixa de contribuição diária e a vazão calculada

(3,43 m³/h):

Contribuição Diária (litros)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
até 1500	1	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14

NBR nº. 13969/1997

$$V_f = 14 \text{ (h)} \times 1,51 \text{ (m}^3\text{/h)} = 21,14 \text{ m}^3.$$

A NBR nº 13969/1997, preconiza para dimensionamento de filtro indica a seguinte relação para cálculo da seção horizontal (Af):

$$A_f = V_f / 1,80$$

$$A_f = 21,14 / 1,80 = 11,74 \text{ m}^2$$

A taxa de aplicação superficial deve ser menor ou igual a 10 m³/m².d. Então:
TAS = 160 (m³/d)/51,85 (m²) = 3,084 m³/m².d (atende a especificação de menor ou igual a 10 m³/m².d)

A altura do leito filtrante deve ser limitada a 1,2 m, já altura do fundo falso deve ser limitada a 0,6m, incluindo a espessura da laje.

Dimensões do Filtro de Leito Fixo tipo

retangular Tempo de detenção = 14 h

$$\text{Volume} = 11,74 \text{ m}^3$$

Atura do leito Fixo: 1,2

Profundidade = 1,8 m

4.5 Dimensões da Fase Preliminar

Como já apresentado a vazão a ser considerada é de $2,26 \text{ m}^3/\text{h}$ (vazão máxima)

4.5.1 Gradeamento:

Conforme a orientação do livro do Professor Jordão Pacheco (Tratamento de Esgoto Doméstico

- 5a edição - página 155), a variação de medidas para grades finas está entre 0,3 a 10 mm. As medidas do Gradeamento devem promover a máxima retenção de material grosseiro, portanto a grade do Biossistema terá as seguintes dimensões:

Distancia da grade	0,5 cm
Altura	60 cm
Largura	100cm
Comprimento	200 cm

4.5.2 Caixa Desarenadora

Em referencia a Norma NBR 12209/92 – projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário que preconiza os seguintes quesitos:

- o O desarenador deve ser projetado para remoção mínima de 95% em massa das partículas com diâmetro igual ou superior a 0,2 mm (densidade de 2,65);
- o A vazão de dimensionamento do desarenador deve ser a vazão máxima afluente à ETE (neste caso $2,26 \text{ m}^3/\text{h}$);
- o Devem ser previstas pelo menos duas unidades instaladas, sendo neste caso uma delas reserva, a qual pode ser unidade não mecanizada;
- o O desarenador deve ter limpeza mecanizada quando a vazão de dimensionamento é igual ou superior a 250 L/s (não é o caso);
- o No caso de desarenador por gravidade, a taxa de escoamento superficial deve estar compreendida entre 600 a $1.300 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$;
- o A seção transversal deve ser tal que a velocidade de escoamento para a vazão media seja igual a 0,3 m/s, não sendo superior a 0,4 m/s para a vazão máxima;
- o No fundo a ao longo do canal, deve ser previsto espaço para a acumulação do material sedimentado, com seção transversa mínima de 0,2 m de profundidade

- por 0,2 m de largura manual, a largura mínima deve ser de 0,3 m;
- o O tempo de detenção hidráulica para vazão máxima deve ser igual ou superior a 120 s.

Segue cálculo das dimensões:

Área:

$$\text{Área} = Q_{\text{máx}} / T_{\text{es}} = 288/600 = 0,48 \text{ m}^2 \text{ (valor mínimo da área)}$$

Valores de dimensão sugeridos a cada Caixa Desarenadora (2 unidades)

Altura	80 cm
Largura	100 cm
Comprimento	400 cm

4.5.3 Tanque de Retenção de Gordura / Concentrador de Lodo

Conforme o distanciamento da entrada e a saída do afluente no tanque, a gordura saturada ficará retida na parte superior do volume líquido da caixa. O lodo será removido a partir da tubulação instalada na parte inferior da caixa com ângulo de 45°.

Segue o dimensionamento:

Largura	250 cm
Comprimento	250 cm
Profundidade	220 cm

5. CONTROLE E MANUTENÇÕES DO BIOSISTEMA

Com objetivo de manter o eficiente tratamento no Biosistema é feita a relação de procedimentos para manutenção em cada etapa.

Atenção: Todos dos procedimentos devem ser executados fazendo uso de EPI's (Luva de borracha cano longo, botina de borracha e óculos de segurança).

5.1 Fase Preliminar (Gradeamento Manual, Caixa Desarenadora e Tanque de retenção

de gordura)

Com o decorrer do funcionamento da estação ocorre o acúmulo de sólidos grosseiros e areia nas grades e caixa desarenadora. O bom desempenho da limpeza e remoção dos dejetos garante melhor funcionamento das demais etapas da unidade de tratamento.

O efluente será recebido no gradeamento, onde ficarão retidos os sólidos grosseiros contidos no efluente. Inspeccionar rotineiramente a grade e limpá-la sempre que apresente uma obstrução. Esta operação deverá ser feita com auxílio de um rastelo manual, raspando-se o material acumulado. Todo o lixo sólido deverá ser retirado e colocado num recipiente que deverá ficar bem seco e possa ser acondicionado e descartado como lixo .

Toda a gordura retida deve ser removida através do caminhão limpa fossa e encaminhado ao destino específico de tratamento.

5.2 Biodigestor

○ Gargalo do Biodigestor

É neste gargalo que está instalada a saída do gás. Ele deve ficar sempre com água na superfície entre a saída do gás e tampa externa (verificar constantemente). Isto se faz necessário para manter a umidade da cúpula e evitar efeitos de dilatação e possíveis rachaduras. Também serve para verificação de vazamento de biogás pela tampa. Se isto acontecer, vão ser observadas bolhas saindo pelo local do vazamento. Neste caso o vazamento deve ser reparado com o mesmo material, argila peneirada e cal na proporção 1/1. Se houver necessidade, a tampa do biogás poderá ser removida. Inicia-se a retirada do material de vedação pelo lugar onde estiver ocorrendo o vazamento. Quando ele estiver todo removido, desloca-se a tampa e põe-se do lado. Depois do extenso período aberto podem-se fazer os reparos, limpeza e voltar a vedar com a mesma argamassa, aplicada com fatura nas duas faces da tampa e gargalo, pressionado firmemente a tampa contra as paredes do gargalo.

○ Biossólido (Lodo)

Quanto mais tempo o biodigestor fica sem manutenção para retirada de biossólido melhor é funcionamento na produção do metano. Mas há um ponto que se não for feita à manutenção o próprio biodigestor começará a lançar biossólido para fora na caixa de compensação e a partir daí o tratamento passa a ser comprometido. Deve-

se programar a retirada de lodo a cada um ano. A retirada do lodo poderá ser feita através da própria caixa de compensação por sucção ou preferencialmente pelo tubo de 100 mm instalado para esse fim na tampa inferior, mantendo sempre no mínimo 50 cm de lodo no fundo do Biodigestor. O lodo deve ser coletado por caminhões limpa fossa devidamente credenciados pelo órgão competente, que se responsabilizam pelo destino. Toda operação deve ser gerenciada via Manifesto de Resíduos.

- Biogás

O biogás é removido por uma tubulação instalada diretamente na tampa de pressão da abóboda e conduzida para o local onde será utilizada em um fogão a biogás ou em iluminação com lamparina a gás. A manutenção mais corrente é a remoção da água que se forma na tubulação do biogás, (raro em pequenos volumes) utilizando um compressor ou simplesmente abrindo a tubulação na cota mais baixa. Filtros para remoção do ácido sulfídrico poderão ser instalados, utilizando-se pedaços de ferro envelhecido (enferrujado) dentro de um equipamento por onde o biogás tenha que passar. De tempo em tempo há necessidade de troca do material que perderá toda a ferrugem. Basta que este mesmo material fique exposto ao ar para ser oxidado novamente para ser outra vez usado no filtro, porém não aconselhamos esse procedimento, pois o cheiro característico do gás sulfídrico é o indicativo que o gás está aberto ou existe algum vazamento.

5.3 Filtro Biológico

A manutenção no filtro só é necessária quando ocorrer algum tipo de entupimento, sendo suficiente se injetar água pressurizada no meio filtrante. Em caso de formação de excesso de lodo, proceder da mesma forma que o biodigestor.

5.4 Tarefas Diárias do Operador

Para uma boa manutenção da ETE o operador, diariamente, deverá atentar-se para os seguintes fatos:

- Verificar a vazão da estação;
- Limpeza do gradeamento, caixa desarenadora e tanque de gordura saturada;
- Lavagem das caixas distribuidoras;
- Verificar a altura da manta de lodo pelas tomadas de coleta de lodo nas

câmaras de compensação do reator;

- Observar a existência de vazamentos do biogás;
- Verificar se o sistema de coleta e queima do gás não está obstruído;
- Manter sempre que sempre que possível à queima do gás.
- Executar os procedimentos de manutenção caso haja a necessidade;
- Ficar atento a qualquer alteração na cor e/ou odor no tratamento do efluente;
- Sempre manter o local limpo;

5.5 Plano de monitoramento e análises

A definição dos usos propostos para o corpo de água, o conhecimento dos riscos à saúde da população, os danos aos ecossistemas, à toxicidade das substâncias químicas e as medidas de vazão somam algumas das informações básicas necessárias para se definirem a metodologia de coleta, a escolha dos pontos de amostragem e a seleção de parâmetros. Sem isso, qualquer programa para avaliar a qualidade ambiental pode gerar dados distorcidos sobre a realidade, favorecendo decisões errôneas. O objetivo da amostragem e das análises não é a obtenção de informações sobre alíquotas, mas, sim, a caracterização espacial e temporal do corpo d'água amostrado. O período de amostragem depende do regime de variação da vazão, da disponibilidade de recursos econômicos e dos propósitos do programa de amostragem. Segue o procedimento e indicação das principais análises químicas conforme as diretrizes ambientais (DZ 215. R-02 e NT 202. R-03):

- Vazão do afluente e efluente (medição em m³/h)
- Sólidos Totais (análise em mg/L)
- Sólidos Sedimentáveis (análise em mg/L)
- DQO (análise em mgO₂/L)
- DBO5 (análise em mgO₂/L)
- NTK (análise em mg/L)
- N-NH4 (análise em mg/L)
- P total (análise em mg/L)
- P-PO4 (análise em mg/L)
- Alcalinidade
- pH
- Coliformes Fecais (NMP/100 ml)

- Coliformes Totais (NMP/100 ml)

A rotina de coleta será realizada paralelamente ao processo monitoramento de análises. As coletas para análises serão realizadas pelo menos duas vezes a cada mês, conforme demanda e desempenho de eficiência.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- VON SPERLING M. - **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**, Introdução à qualidade das águas e ao tratamento e esgoto– Volume1 – 3ª edição;
- PACHECO JORDÃO E.; Arruda Pessoa C. - **Tratamento de Esgotos Domésticos** – 5ª edição;
- MILTON TOMOYUKI TSUTIYA; Pedro Além Sobrinho - **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário** – 3ª edição;
- ERNANDO DA SILVA C. - **Tratamento de Resíduos e Impactos Ambientais**- UFSM/CT/HDS;
- PAULO BARRERA - Biodigestores – **Fertilidade e Saneamento para a Zona Rural** - 2ª edição;
- ABNT – Normas Técnicas;
- CHERNICHARO, C. A. L.; **Reatores anaeróbios**. Princípios do Tratamento de Águas Residuárias. Vol.5, DESA, UFMG, 1997.
- LUCAS JÚNIOR J.; **Construção e Operação de Biodigestores** - CPT Unesp