

PROJETO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DOS EFLUENTES SANITÁRIOS GERADOS NA CRECHE TIPO 2 RUA SANTO AMARO DE IPITANGA NO BAIRRO QUINGOMA, EM LAURO DE FREITAS - BA

Revisão 00 – Abril 2025

ÍNDICE

1 – INTRODUÇÃO	3
2 – CONTRIBUIÇÃO DOS ESGOTOS SANITÁRIOS	3
2.1 – Estimativa da Contribuição de Esgoto Sanitário	3
3 – ARRANJOS DAS UNIDADES DE OPERAÇÃO	3
3.1 – Dimensionamento do RAFA - Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente	4
3.1.2 – Dispositivos do RAFA	5
3.1.3 – Desempenho Previsto	6
3.4 – Dimensionamento Filtro Anaeróbico de Fluxo Ascendente (FAFA)	7
3.5 – Tanque de Contato (Tanque de Desinfecção)	7
4 – INFILTRAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO	8
4.1 – Área Necessária	8
5 – FASE SÓLIDA DE TRATAMENTO	8
5.1 – Produção de Lodo	8
5.2 – Captação e Transporte dos Lodos	9
6 – RESPONSÁVEL TÉCNICO	9
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10

ANEXO I – Especificação Técnica dos Tanques

ANEXO II – Desenhos

1 – INTRODUÇÃO

Esgotos sanitários brutos ou parcialmente tratados constituem fontes de impacto ambiental e principalmente risco à saúde pública. No caso da Creche Tipo 2 Rua Santo Amaro de Ipitanga no bairro Quingoma, Lauro de Freitas - BA, não dispõe de sistema público de coleta e tratamento de esgotos sanitários, tornando-se, portanto, necessária uma solução de tratamento e controle ambiental específica para o caso, tendo em vista que o lançamento do efluente tratado será realizado em um sistema de valas de infiltração.

Foi projetado um sistema de tratamento do tipo separador absoluto. A utilização do sistema simplificará a operação diária convencional e proporcionará um menor consumo de energia em relação a outros sistemas, garantindo os padrões ambientais exigidos.

A proposta consiste na implantação de um sistema com os seguintes equipamentos: uma caixa gradeada, um RAFA (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente), Tanque de Contato e sistema de filtragem.

2 – CONTRIBUIÇÃO DOS ESGOTOS SANITÁRIOS

2.1 – Estimativa da Contribuição de Esgoto Sanitário

A contribuição de esgoto sanitário é estimada a partir do consumo de água da população, tendo sido admitida uma geração de esgotos correspondente a 80% da quantidade de água consumida.

O **Quadro 2.1** apresenta a avaliação da contribuição de efluente correspondente ao empreendimento. Para elaboração do quadro levou-se em conta diretrizes de parâmetros de saneamento da NBR 7229/93 e NBR 13969/97.

Quadro 2.1 – Estimativa da Contribuição de Esgoto Sanitário

Item	ETE
Número de Crianças Tempo Integral	95
Per Capita de Esgoto Tempo Integral (l/d)	80
Número de Pessoas (funcionários)	30
Per Capita de Esgoto por Pessoa (l/d)	100
Contribuição total (m³/d)	10,6
Contribuição orgânica por Pessoa (Kg/d)	0,025
Carga Orgânica Total (KgDBO/d)	3,2
Vazão média (m³/h)	
• Contribuição	0,45
• Concentração média de DBO (mg/l)	302

3 – ARRANJOS DAS UNIDADES DE OPERAÇÃO

O sistema receberá as contribuições de esgoto bruto por gravidade e serão constituídos uma ETE composta de:

- Caixa gradeada;

- RAFA (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente);
- FAFA (Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente);
- Tanque de Contato;
- Sumidouros.

Os biossólidos gerados na fase líquida serão removidos periodicamente por caminhões a vácuo, sendo conduzidos para disposição final em estação de tratamento da Embasa. O **Desenho DES-001_06** mostra em detalhes as unidades do sistema.

3.1 – Dimensionamento do RAFA - Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente

Após a remoção de sólidos grosseiros o efluente bruto será dirigido para tratamento secundário onde ocorrerão os processos físicos e biológicos anaeróbios em um conjunto formado por pré-câmaras e digestores anaeróbicos (RAFA + FAFA).

O pré-tratamento acontecerá nas primeiras câmaras dos tanques nas quais se acumulam os sólidos em suspensão, havendo hidrólise e metanogênese parcial. O tratamento biológico se completará nas câmaras dos seguintes digestores anaeróbios de fluxo ascendente.

No RAFA ocorre um processo biológico natural, a digestão anaeróbia, que leva à degradação de material orgânico através de sua conversão em metano. No reator, o processo natural é acelerado muitas vezes através de dois pré-requisitos básicos:

- (1) Mantém-se uma grande quantidade de bactérias anaeróbias no sistema;
- (2) Assegura-se um contato intensivo entre o material orgânico presente na água residuária que entra no RAFA e a massa bacteriana presente (o lodo) resultando na conversão de material orgânico solúvel em metano.

No caso de se tratar de material não biodegradável, esse acumular-se-á no fundo onde acabará sendo hidrolisado e conduzido para a câmara digestora subsequente. A fase líquida seguirá um caminho ascensional sendo descarregada nos dispositivos de saída da câmara.

Objetivando uma ocupação otimizada do espaço disponível no empreendimento, será adotado um arranjo modular de ETE - Estação de Tratamento de Efluente, com tanques pré-fabricados, a qual atenderá a demanda de geração de efluentes do mesmo.

Adotou-se para a ETE um tempo mínimo de permanência de 8 horas para a vazão média. Para o dimensionamento do RAFA foram consideradas as seguintes premissas:

- Número de RAFA = 1
- Tempo de detenção hidráulico mínimo = 8h
- Determinação do volume do RAFA: $V_{RAFA} = 10,5 \text{ m}^3/\text{d} \times 8\text{h}/24\text{h} \cong 4,0 \text{ m}^3$

A partir do dimensionamento, será adotada favor da segurança um tanque de fibra com as seguintes características:

- Unidade = 1 und
- Diâmetro = 2,00 m
- Altura = 2,0 m
- Altura Útil = 1,75 m
- Área = 3,14 m²
- Volume do tanque = 5,49 m³
- Tempo de Detenção Real = 12,2 h

3.1.2 – Dispositivos do RAFA

• Dispositivos de Entrada

O dispositivo de entrada e distribuição em cada tanque será simples, composto essencialmente de tubulações de recepção do esgoto pré-tratado com descarga até o fundo do RAFA. A finalidade do dispositivo é de distribuir o esgoto pré-tratado no fundo do digestor. As saídas dos dutos de descarga devem ser ventiladas de modo a evitar formação de bolhas de gás, e consequentes dificuldades para o escoamento do esgoto.

Na passagem da pré-câmara para a câmara do RAFA, o efluente será coletado próximo à superfície, escoando em seguida para o fundo do compartimento. Haverá também dispositivos retentores de espuma, o que evitará o entupimento dos dutos de descida (prevê-se que nos tanques se forme uma camada de espuma composta de material flutuante como lodo, gorduras e sólidos leves como cabelos, plásticos, etc.).

• Dispositivo de Exaustão do Biogás

Prevê-se que haverá desenvolvimento de digestão parcial já na primeira câmara havendo produção de biogás. Por esta razão todas as câmaras estarão conectadas a saída para o biogás através da ventilação de cada conjunto como um todo.

• Acesso

Para observar a descarga do lodo acumulado e eventualmente inspecionar os dispositivos de entrada e saída das unidades de pré-tratamento, prevê-se em cada tanque de fibra a existência de 1 abertura de acesso às câmaras protegidas por tampas executadas em fibra de vidro da maneira indicada no **Desenho DES-003_06_RAFA**.

• Estrutura de Saída do Efluente Tratado

O objetivo do dispositivo de coleta de efluente é de retirar uniformemente da última câmara, o efluente da parte superior do RAFA. Para tanto se prevê um dispositivo de descarga.

As saídas de efluente serão protegidas para evitar a descarga de sólidos flutuantes da camada de lodo que se formará e renovará na superfície. O dispositivo de descarga será localizado do lado interno ao corpo do RAFA, sendo daí conduzido ao último estágio anaeróbio (FAFA).

- **Carregamento Orgânico**

Considerando que se desenvolva um manto de lodo com uma concentração de 40kgSS/m³, e uma espessura de manto de aproximadamente 0,75m no RAFA, a taxa de alimentação máxima será $\leq 0,14$ kg de DBO/kg de bactéria/dia considerada satisfatória.

- **Dispositivo de Saída**

O dispositivo de saída do gás é simples e será constituído de um tubo de PVC de 50 mm que partindo do “vazio” das câmaras de pré-tratamento e do RAFA, ventila a mistura de gases formados até um ponto elevado a uma altura mínima de 3,0 m acima do nível operacional. Sugere-se usar o poste mais próximo como estrutura de suporte, utilizando tubos exaustores com o material usado para eletrodutos de modo a esteticamente dissimular a real função.

- **Descarga de Lodo em Excesso**

A descarga de lodo se torna necessária quando o RAFA está “cheio” de lodo, isto é, quando aparecem sólidos em suspensão no efluente. Considerando que câmaras de pré-tratamento funcionarão a contento removendo os sólidos inertes grosseiros, a produção de lodo no RAFA se deverá ao crescimento de bactérias anaeróbias.

3.1.3 – Desempenho Previsto

Levando-se em consideração as dimensões e arranjos favoráveis do sistema de tratamento, que inclui uma câmara de pré-tratamento, espera-se uma boa eficiência de remoção de material orgânico e de sólidos em suspensão.

Avaliações efetuadas em escala real para RAFA, registradas por Chernicharoet al, mostraram que a E_{DBO} eficiência de remoção de DBO pode ser calculada pela seguinte equação:

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

Onde:

0,70 = constante empírica

0,50 = constante empírica

E_{DBO} = remoção de DBO

T_p = tempo de permanência no reator = 12,2 h

De acordo com este modelo, com o tempo de permanência mínima de 12,2 h no RAFA, a remoção de DBO estaria em torno de 79,95%.

Porém, a favor da segurança, será considerada uma remoção de 70%, com uma DBO de saída do RAFA.

ETE Saída do BIORREATOR = 305mg/l x 0,3 = 91,5 mg/l

3.4 – Dimensionamento Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente (FAFA)

A aplicação racional dos filtros biológicos anaeróbios teve maior divulgação com as experiências realizadas em Stanford, Califórnia por Perry L. McCarthy e posteriormente por V. Raman na Índia. As Unidades de filtros biológicos anaeróbios preconizados para tratamento de efluentes líquidos vindo de reatores anaeróbicos como DAFA ou Fossas Sépticas são tanques cheios de pedras ou recheios de PVC ou material similar que promova a aderência do filme biológico (bactérias) onde o esgoto passa pelo mesmo promovendo o contato e as reações bioquímicas de degradação do material orgânico.

Como o FAFA receberá o efluente de um RAFA, foram adotadas as seguintes premissas para o dimensionamento:

- Número de Filtro = 1
- Tempo de Detenção Hidráulico Mínimo = 8 horas (mesmo adotado no RAFA)
- Determinação do Volume mínimo do Filtro: $V_{FAFA100} = 10,5 \text{ m}^3 \times 8\text{h}/24\text{h} \cong 4,0 \text{ m}^3$

O **Desenho DES-004_06_FAFA** mostra em detalhes como será projetado o FAFA.

- Valores Adotados para FAFA
 - Unidade = 1 und
 - Diâmetro = 2,0 m
 - Altura = 2,0 m
 - Altura Útil = 1,75 m
 - Área = 3,14 m²
 - Volume do tanque = 5,49 m³
 - Tempo de Detenção Real = 12,2 h
- Eficiência do Sistema = DBO = $100 \times (1 - 0,87 \times TDH^{-0,50}) = 75,09\%$
- DBO do Efluente Tratado = $91,5 \text{ mg/l} \times 0,25 = 23 \text{ mg/L}$
- Eficiência Global do Sistema $\cong 92,4\%$

3.5 – Tanque de Contato (Tanque de Desinfecção)

A função do tanque de contato é garantir um tempo suficiente de permanência do efluente tratado em contato com o cloro, a fim de possibilitar adequada desinfecção de 80% a 90% do efluente tratado deve ficar retido no tanque de contato por um determinado intervalo de tempo. O tempo de contato é o parâmetro fundamental para verificar se o volume do tanque atende a condição, sendo normalmente adotado valores entre 15 e 45 minutos. Para verificação será adotado um tempo de contato médio de $60/2 = 30$ minutos, sendo o volume mínimo do tanque de contato, calculado da seguinte forma:

V = volume do tanque de contato (m³)

Q = vazão afluente ao tanque de contato (m³/h)

t = tempo de contato (min)

$$V \text{ mínimo} = Q \times t = 0,44 \text{ m}^3/\text{h} \times \frac{30}{60} \text{ h} = 0,3 \text{ m}^3 \cong 300 \text{ litros}$$

Será adotada uma caixa cloradora com $\varnothing = 0,80\text{m}$ e altura = 1,00m. Totalizando 500 L. O **Desenho DES-005_06**, mostra em detalhes a caixa cloradora.

4 – INFILTRAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO

O tratamento dos esgotos sanitários terá como efeito importante a remoção de material coloidal, facilitando a percolação/infiltração.

4.1 – Área Necessária

A área disponível para infiltração conta com a presença de solo silte argiloso com areia com Taxa de Aplicação Diária para infiltração de **$0,075 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d} = 75 \text{ L}/\text{m}^2.\text{d}$** , valor determinado através da realização de ensaios e sondagem no local.

Avaliação dos Sumidouros

Para o cálculo de avaliação do sumidouro será usado a vazão média do **Quadro 2.1**. Para a vazão média de 10.500 l/d, será requerida uma área mínima de infiltração de:

$$\text{Área ETE: } \frac{10.500 \text{ l/d}}{75 \text{ l/d.m}^2} = 140 \text{ m}^2$$

Considerando o arranjo do sistema de infiltração com sumidouros com diâmetro de 3,0m e profundidade de 3,5m, apresenta-se uma avaliação dessas unidades:

- Nº unidade = 4 unidades
- Formato = cilíndrica
- Diâmetro = 3,0 m
- Profundidade = 3,2 m
- Área total de Infiltração =
$$4 \frac{\pi D^2}{4} + \pi D.h = 4 \frac{[3,14 (3,0)^2]}{4} + 3,14 \cdot 3 \cdot 3,2 = 148,83 \text{ m}^2$$

O **Desenho DES-006_06**, mostra em detalhes o sumidouro.

5 – FASE SÓLIDA DE TRATAMENTO

A fase sólida de tratamento corresponde ao desaguamento e destinação final do lodo retirado do RAFA e FAFA.

5.1 – Produção de Lodo

A produção de lodo pode ser estimada considerando-se as contribuições do RAFA e do FAFA.

Considerando que o pré-tratamento funcionará a contento removendo os sólidos inertes grosseiros, e que no esgoto ainda terá sólidos em suspensão e sólidos sedimentares por segurança a produção de lodo no RAFA se deverá ao crescimento de bactérias anaeróbias, admitindo-se uma taxa de produção de 0,30 kg de lodo por kg/DBO processada (F). A produção de lodo biológico gerado no FAFA é calculada em função da carga orgânica processada na fase líquida do tratamento que se deve ao crescimento de bactérias aeróbias, admitindo-se uma taxa de produção de 0,25 kg de lodo por Kg DBO removida. A seguir será mostrada a produção do lodo da ETE, considerando a concentração no lodo de saída do RAFA e FAFA.

ETE

Produção de lodo = carga orgânica (KgDBO/d) x F(KgSST/KgDBO) x E%(eficiência) x 30d

Produção de lodo no RAFA = $3,2 \times 0,3 \times 0,7 \times 30 = 20,16$ Kg/mês

Produção de lodo no FAFA = $0,96 \times 0,25 \times 0,26 \times 30 = 1,9$ Kg/mês

Adotando uma concentração média de lodo de 40Kg/m³, o volume de lodo por mês será de:

Volume de lodo no RAFA = $20,16 \text{ Kg/mês} \div 40 \text{ Kg/m}^3 = 0,5 \text{ m}^3 = 500$ litros de lodo

Volume de lodo no FAFA = $1,9 \text{ Kg/mês} \div 40 \text{ Kg/m}^3 = 0,05 \text{ m}^3 = 50$ litros de lodo

5.2 – Captação e Transporte dos Lodos

Na ETE os lodos gerados no RAFA e no FAFA serão coletados através de caminhões “limpa fossa” e terão como destinação final a ETE da EMBASA.

6 – RESPONSÁVEL TÉCNICO

Lindauberto R. Coura - Bacharel em Química Industrial pela UFPB e Engenheiro Civil/ pela UCSAL Universidade Católica do Salvador, Mestrado em Eng.^a Civil na área de concentração em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB)/CETREL, Pós-graduação em Engenharia Geotécnico pela Prominas, Pós-graduação em Engenharia Ambiental pela Prominas e Engenharia de Segurança do trabalho pela Universidade Estácio de Sá.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Braile, P.M; Cavalcanti, J.E.W. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais.**

Cooper, P. F.; Shutes, R. B. E. 1996. **Reed Beds & Constructed Wetlands for Wastewater Treatment.** Seven Trent Water.
Degremont. **Water Treatment Handbook.**

Jordão, Eduardo Pacheco; Pessoa, ConstantinoArruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos.**

Wayland, Robert H.; Oppelt, E. Timothy. 2002. **Onsite Wasterwater Treatment Systems Manual.** United States Environmental Protection Agency.

Oppelt, E. Timothy. 2000. **Construct Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters.** United States Environmental Protection Agency.

Grobicki, Ania. 1997. **Desing Manual for Anaerobic Treatment of Industrial Effluent.** WRc, Swindon.

Haandel, Adrianus C. Van.; Lettinga, Gatze.1994. **Tratamento Anaeróbico de Esgotos. Um Manual para Regiões de Clima Quente.**

Sittig, Marshall. **Pollutant Removal Handbook.**

Sousa, José Tavares; Leite, Valderi Duarte. 2003. **Tratamento e Utilização de Esgotos Domésticos na Agricultura.** 2º Edição. Eduepe.

ANEXO I

Especificação Técnica dos Tanques

ANEXO II

Desenhos