



**SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO  
SANITÁRIO REATOR E BIOFILTRO EM P.R.F.V. –  
RAFA/FAFA**

Depto. de Engenharia  
Contato: (55) 3744-9900  
E-mail: engenharia@bakof.com.br  
Site: www.bakof.com.br

Frederico Westphalen/RS, dezembro 2024.

## Sumário

1.	INFORMATIVO TÉCNICO .....	3
2.	REATOR E BIOFILTRO EM P.R.F.V. ....	3
2.1	REATOR EM P.R.F.V.....	4
2.1.1	Dimensionamento .....	5
2.1.2	Manutenção do sistema .....	10
2.2	BIOFILTRO ANAERÓBIO .....	11
2.2.1	Dimensionamento .....	12
2.2.2	Manutenção do sistema .....	15
2.3	CONJUNTOS REATOR E BIOFILTRO ANAERÓBIO .....	16
2.4	INFORMAÇÕES PARA INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA .....	18
	REFERÊNCIAS .....	20

## 1. INFORMATIVO TÉCNICO

A Bakof TEC atua na área de Sistemas de Tratamento de Efluentes Domésticos desde 1998, produzindo, desenvolvendo e fabricando produtos em Plásticos Reforçados em Fibra de Vidro (PRFV) e Polietileno de Média Densidade (PEMD). Além disso, a Bakof desenvolve e executa projetos na área da Engenharia Sanitária e Ambiental, como Estações de Tratamento de Efluente Sanitário e Industrial, visando à satisfação dos seus clientes, aliado a garantia da qualidade ambiental e priorizando a responsabilidade socioambiental.

Os produtos desenvolvidos em PRFV e PEMD, são unidades de tratamento leves, facilitando o transporte, instalação e manuseio; resistentes à corrosão; e totalmente estanques. São a solução ideal para o tratamento de efluentes de residências, edifícios, hotéis, indústrias, loteamentos, restaurantes, escritórios, comércios, escolas e sanitários públicos.

O Sistema de Tratamento de Efluentes Sanitários em questão é composto por um Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) e um Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente (FAFA), também conhecido como BIOFILTRO, constituídos de tanques especiais fabricados em PRFV, que irá tratar o efluente gerado através do processo de digestão anaeróbia.

## 2. REATOR E BIOFILTRO EM P.R.F.V.

Em princípio, todos os compostos orgânicos podem ser degradados pela ação biológica, tanto por vias aeróbias como anaeróbias. Esse processo se torna mais eficiente e mais econômico quando os dejetos são facilmente biodegradáveis, como é o caso do efluente sanitário (CHERNICHARO, 2007). Uma vez que o efluente sanitário gerado é majoritariamente orgânico, o tratamento pode ocorrer por digestão anaeróbia, ou seja, por um processo biológico onde os microrganismos desenvolvem suas atividades metabólicas na ausência de oxigênio, consumindo a matéria orgânica presente no meio líquido. O processo de biodegradação reduz a carga orgânica do efluente e reduz os impactos ambientais gerados pelo lançamento indevido de efluentes.

Figura 1 – Desenho ilustrativo do conjunto de tratamento de efluentes sanitários.



Fonte: Bakof Tec.

#### ➤ MATERIAIS QUE COMPÕEM OS EQUIPAMENTOS E SUAS FUNÇÕES

- **Gel Coat:** camada de gel interno Isofálico, tem a finalidade de formar a superfície impermeabilizante do Reator e Biofiltro, e ainda servir como base de estruturação para a fibra de vidro.
- **Resina + Fibra de Vidro:** tem como objetivo formar a estrutura, dando resistência e durabilidade necessária contra o rompimento e deformação quando submetida às pressões internas e externas.
- **Gel Parafinado:** possui inibidor contra raios ultravioletas e pintura de acabamento dos conjuntos.

#### 2.1 REATOR EM P.R.F.V.

O reator é caracterizado como um tanque cilíndrico fabricado em PRFV. Composto pelos seguintes elementos: distribuidor de fluxo, cone defletor, tubo de sucção, tubo de limpeza, suspiro e tampa de inspeção. Essencialmente, o processo consiste de um fluxo ascendente de esgotos através de um leito de lodo denso e de elevada atividade (CHERNICHARO, 2007). A estabilização da matéria orgânica ocorre em todas as zonas de reação (leito e manta de lodo), sendo a mistura do sistema promovida pelo fluxo ascensional do esgoto e das bolhas de gás. Um dos princípios fundamentais do processo é a sua habilidade de desenvolver biomassa de elevada atividade. Essa biomassa pode se apresentar na forma de flocos ou grânulos (CHERNICHARO, 2007). Considerada a unidade primária do sistema de digestão anaeróbia, este reator, irá receber o efluente

bruto, que ao passar pela manta de lodo bacteriano localizada na zona inferior do equipamento (entrada) receberá ação de bactérias anaeróbias que utilizarão a carga orgânica do esgoto como substrato para o seu metabolismo e crescimento. A saída do efluente, mais líquido e clarificado, se dará pela zona superior do equipamento e deverá ser direcionado à entrada do biofiltro

### 2.1.1 Dimensionamento

No tratamento de esgotos de baixa concentração, o dimensionamento pode ser feito pelo critério de carga hidráulica volumétrica (CHV), a qual de ser  $< 3,5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ , ou não ultrapassar  $5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$  (CHERNICHARO, 2007). Nessa situação, a velocidade ascendente nos compartimentos deve ser levada em consideração. Sendo assim, adotando-se um valor de carga hidráulica volumétrica, é possível definir o volume de reator necessário para o tratamento.

Equação 1

$$V = \frac{C \times N}{CHV}$$

Onde:

V: volume do reator (litros);

C: contribuição per capita de efluente (exemplo 130 L/d);

N: número de pessoas (exemplo 12 pessoas);

CHV: carga hidráulica volumétrica (adotado 1,5 L/L.d)

$$V = \frac{130 \times 12}{1,5}$$

$$V = 1040 \text{ litros}$$

O tempo de detenção hidráulica (TDH) é o inverso da CHV e também possui valores indicados para tratamento de esgoto doméstico em reatores anaeróbios. O projeto de reatores com valores superiores de CHV, ou inferiores de TDH, pode prejudicar o funcionamento do sistema, resultando em perda excessiva de biomassa, redução da idade do lodo, redução da estabilização do lodo e redução da eficiência do sistema. O TDH necessário pode variar de acordo com a temperatura média do esgoto, para esgoto doméstico com temperaturas entre 15 a 18°C o TDH deve ser  $\geq 10$  horas (CHERNICHARO).

Pode-se verificar o atendimento ao parâmetro de TDH utilizando a Equação 2.

Equação 2

$$TDH = \frac{V}{Q}$$

Onde:

TDH: tempo de detenção hidráulica (horas);

V: volume do reator (litros);

Q: vazão efluente (L/h).

$$TDH = \frac{1040}{65}$$

$$TDH = 16 \text{ horas}$$

De acordo com os moldes de reservatório produzidos pela Bakof, o reservatório cilíndrico de 1600 litros é indicado para atender a essa demanda. Com diâmetro de 1 metro desse molde, podemos definir a altura útil necessária conforme a Equação 3.

Equação 3

$$h = \frac{V}{A} \text{ ou } \frac{V}{\pi R^2}$$

Onde:

h: altura útil do reator (m);

V: volume útil de reator ( $\text{m}^3$ );

A: área do reservatório ( $\text{m}^2$ );

R: raio do reator ( $\text{m}^3$ ).

$$h = \frac{1,040}{\pi 0,5^2}$$

$$h \cong 1,35 \text{ m}$$

Quando um reator é utilizado para o tratamento de efluentes domésticos, é necessário que a velocidade ascendente seja menor para permitir uma melhor retenção de sólidos, possibilitando um maior tempo para a captura e para a redução da quantidade por hidrólise (METCALF & EDDY, 2016). A velocidade superficial recomendada para  $Q_{\text{méd}} < 0,7 \text{ m/h}$  e pode ser calculada de acordo com a Equação 4 (CHERNICHARO, 2007).

Equação 4

$$V_s = \frac{Q}{A}$$

Onde:

V<sub>s</sub>: velocidade superficial de fluxo (m/h);

Q: vazão efluente (m<sup>3</sup>/h);

A: área da seção transversal do reator (m<sup>2</sup>).

$$V_s = \frac{0,065}{\pi 0,5^2}$$

$$V_s = 0,08 \text{ m/h}$$

Área de influência do tubo de distribuição deve compreender de 2 a 3 m<sup>2</sup> da área de fundo do reator, para garantir a mistura completa do efluente. Os reatores produzidos pela Bakof possuem um distribuidor de fluxo ao fundo, o qual consiste em um chapa, no formato de meio esfera, com diversos orifícios com diâmetro de aproximadamente 3 cm, o que auxiliar na mistura do efluente por toda área do reator.

A eficiência dos reatores anaeróbios pode ser calculada de forma empírica, considerando o TDH como fator determinante. No entanto, essas equações possuem limitações, pois são elaboradas em função de condições específicas de operação dos reatores, não se enquadrando para todas as realidades, como locais com baixa temperatura ambiente.

Devido a isso, considera-se que a eficiência de reatores anaeróbios se encontra na faixa de 40 a 80% para remoção de DQO e 40 a 90% para remoção de DBO segundo Chernicharo (2007). Ainda, segundo a NBR 13969/1993 a faixa de eficiência atingida utilizando um conjunto de reator e filtro anaeróbio é de 40 a 75% para DBO e 40 a 70% para DQO, sendo os valores inferiores referentes a temperaturas abaixo de 15°C e os valores superiores para temperaturas acima de 25°C. Além disso, os valores de eficiência são influenciados pelas condições operacionais e grau de manutenção.

Considerando um cenário de baixa temperatura, adota-se uma eficiência de 40% a 45% de tratamento para o reator anaeróbio. Considerando uma concentração típica no efluente doméstico de 350 a 400 mg/L de DBO e 600 a 700 mg/L de DQO, a concentração de matéria orgânica no efluente tratado pelo reator pode ser calculada de acordo com a Equação 5.

Equação 5

$$S = S_o - \frac{E \times S_o}{100}$$

Onde:

S: concentração de DBO ou DQO no efluente tratado (mg/L);

So: concentração de DBO ou DQO no efluente bruto (mg/L);

E: eficiência de remoção (%).

$$S = 400 - \frac{40 \times 400}{100}$$

$$S = 240 \text{ mgDBO/L}$$

$$S = 700 - \frac{45 \times 700}{100}$$

$$S = 385 \text{ mgDQO/L}$$

Em reatores anaeróbios, o processo de degradação da matéria orgânica produz subprodutos, como o gás metano. O cálculo de produção volumétrica de metano pode ser feito a partir da estimativa da carga de DQO que no reator, que é convertida em gás metano. De maneira simplificada, a determinação da parcela de DQO convertida em gás metano pode ser calculada segundo a equação 6.

Equação 6

$$DQO_{CH4} = Q \times (So - S) - Y_{obs} \times Q \times So$$

Onde:

DQO<sub>CH4</sub>: carga de DQO convertida em metano (kgDQO<sub>CH4</sub>/d);

Y<sub>obs</sub>: coeficiente de produção de sólidos no sistema, em termos de DQO (0,11 a 0,23 KgDQOlodo/KgDQOapl);

S: concentração de DBO ou DQO no efluente tratado (kg/m<sup>3</sup>);

So: concentração de DBO ou DQO no efluente bruto (kg/m<sup>3</sup>);

Q: vazão de efluente (m<sup>3</sup>/d).

$$DQO_{CH4} = (1,56 \times (0,700 - 0,385)) - (0,11 \times 1,56 \times 0,700)$$

$$DQO_{CH4} = 0,37 \text{ kgDQO}_{CH4}/d$$

A conversão da massa do metano em produção volumétrica diária pode ser realizada segundo a equação 7.

Equação 7

$$Q_{CH_4} = \frac{DQO_{CH_4}}{\frac{P \times K_{DQO}}{R \times (273 + T)}}$$

Onde:

P: pressão atmosférica = 1 atm;

K = DQO correspondente a um mol de CH<sub>4</sub> (64 gDQO/mol);

R: constante de gases (0,08206 atm.L/mol.K);

T: temperatura média no reator (15°C).

$$Q_{CH_4} = \frac{0,37}{\frac{1 \times 64}{0,08206 \times (273 + 15)}}$$

$$Q_{CH_4} = 0,14 \text{ m}^3/\text{d}$$

Para estimar a produção total de biogás, a partir do teor esperado de metano, pode-se utilizar a equação 8. No tratamento de esgoto doméstico, os teores de metano no biogás são da ordem de 70 a 80% (CHERNICHARO, 2007).

Equação 8

$$Q_{biogás} = \frac{Q_{CH_4}}{C_{CH_4}}$$

Onde:

Q<sub>biogás</sub>: produção volumétrica de biogás (m<sup>3</sup>/d);

Q<sub>CH<sub>4</sub></sub>: produção volumétrica de metano (m<sup>3</sup>/d);

C<sub>CH<sub>4</sub></sub>: concentração de metano no biogás (70%);

$$Q_{biogás} = \frac{0,14}{0,70}$$

$$Q_{biogás} = 0,2 \text{ m}^3/\text{d}$$

## 2.1.2 Manutenção do sistema

Assim como em sistemas anaeróbios convencionais de tratamento de esgoto, tanques sépticos, filtros biológicos percoladores, reatores UASB, entre outros, o conjunto Tucunaré precisa de manutenções quanto ao descarte de lodo em excesso. O tubo de entrada central do reator e do filtro possui um Tê em PVC – 100 mm para acesso do caminhão limpa fossa e sucção do lodo concentrado no fundo da unidade.

Visando a periodicidade da remoção de lodo desses sistemas de tratamento, é importante ter conhecimento do tempo necessário para limpeza do produto. Cabe ressaltar, que a geração de lodo é estimada teoricamente por cálculos matemáticos e baseado em condições pré-determinadas. A produção de lodo no reator pode ser calculada considerando a carga de matéria orgânica e o coeficiente de sólidos no sistema, assim como apresentado na Equação 9.

Equação 9

$$P_{lodo} = Y \times C_{DQO}$$

Onde:

$P_{lodo}$ : produção de lodo no sistema (kgSST/d);

$Y$ : coeficiente de sólidos no sistema (0,1 a 0,2 kgSST/kgDQO aplicada);

$C_{DQO}$ : carga de DQO aplicada no sistema (kgDQO/d);

$$P_{lodo} = 0,1 \times (1,56 \times 400)$$

$$P_{lodo} = 0,1 \times 0,654$$

$$P_{lodo} = 0,0624 \text{ kgSST/d}$$

A conversão da produção de lodo em quilogramas para volume de lodo é realizada segundo a Equação 10.

Equação 10

$$V_{lodo} = \frac{P_{lodo}}{\gamma \times C_{lodo}}$$

Onde:

$V_{lodo}$ : volume de lodo diário produzido ( $\text{m}^3/\text{d}$ );

$P_{lodo}$ : produção de lodo no sistema (kgSST/d);

$C_{lodo}$ : concentração do lodo (3 a 4%);

$\gamma$ : massa específica do lodo (1020 a 1040  $\text{kg/m}^3$ ).

$$V_{lodo} = \frac{0,0624}{1020 \times 0,04}$$

$$V_{lodo} = 0,0015 \text{ m}^3/\text{d}$$

No entanto, sabe-se que a geração de lodo depende das condições reais de operação do reator, como vazão de alimentação, carga orgânica aplicada, hábitos do usuário, tempo e condições de uso do reator, além de condições climáticas, principalmente a temperatura ambiente.

Baseado em experiências reais, recomenda-se a limpeza do reator entre 6 meses a 1 ano. No entanto, a startup do reator pode levar até 180 dias, sendo assim, no primeiro ano de uso o volume de lodo excedente gerado pode ser menor e demandar um tempo mais longo para limpeza.

## 2.2 BIOFILTRO ANAERÓBIO

O biofiltro, ou filtro biológico de fluxo ascendente (FAFA), é fabricado em um tanque cilíndrico de PRFV e possui distribuidor de fluxo, meio suporte de eletroduto corrugado, tubo de limpeza, calhas coletores e tampa de inspeção.

Os biofiltros são caracterizados pela presença de um material de empacotamento estacionário, no qual os microrganismos podem se aderir a sua superfície, ou ficar retidos nos seus interstícios. A aderência desses microrganismos aumenta a quantidade de biomassa dentro do biofiltro e, consequentemente, a eficiência da degradação da matéria orgânica presente no efluente (CHERNICHARO, 2007).

Em um sistema de tratamento de efluente, o biofiltro deve ser utilizado como pós-tratamento de fossas sépticas ou reatores, recebendo um efluente com menor carga orgânica e sólida e impedindo o entupimento precoce do biofiltro. A unidade possui fluxo ascendente, e o efluente flui do fundo do biofiltro até a superfície e é coletado pelas calhas de coleta. O líquido passa pelo meio suporte (corrugado), formando o biofilme bacteriano e consumindo o restante da carga orgânica do efluente.

A utilização de filtros anaeróbios no tratamento de esgoto doméstico tem sido aplicada como polimentos de efluentes de reatores anaeróbios com sucesso. Operando nessas condições, os filtros anaeróbios apresentaram bom desempenho com TDH de 4 a 10 horas.

## 2.2.1 Dimensionamento

Tratando-se de um esgoto de baixa concentração como o esgoto doméstico, o cálculo de volume do filtro biológico pode ser baseado no tempo de detenção hidráulica necessário, vazão de efluente e coeficiente do meio suporte. Para o tubo corrugado utilizado como meio suporte pela Bakof, o coeficiente é de 1,1.

De acordo com a NBR 13969/1997, o TDH utilizado em filtros biológicos varia em função da vazão diária e temperatura do esgoto. Em um cenário de baixa temperatura, considerando a temperatura do esgoto entre 10 a 25 °C, o máximo de TDH indicado em norma é 22 horas. No entanto, o filtro biológico dimensionado nesse projeto é pós-tratamento de reator anaeróbio e recebe menor carga orgânica. Sendo assim, estipulou-se uma TDH de 15 horas de tratamento no filtro. Esse método está de acordo com o estipulado pela bibliografia (CHERNICHARO, 2007) e pela NBR 13969/1997.

Equação 11

$$V = 1,1 \times Q \times TDH$$

Onde:

Q: vazão de efluente (L/d);

TDH: tempo de detenção hidráulica (dias);

V: volume do filtro biológico.

$$V = 1,1 \times 1560 \times 0,62$$

$$V = 1,072 \text{ litros}$$

O reservatório cilíndrico de 1600 litros também pode ser utilizado para atender a essa demanda. Utilizando a mesma altura útil, o filtro biológico terá um volume útil de 1060 litros.

A velocidade superficial do filtro pode ser calculada de acordo com a Equação 12, em que durante a partida do sistema, a velocidade não deve exceder 0,4 m/h e durante o período de maturação, não deve exceder 1 m/h, evitando a perda excessiva de sólidos e desprendimento do biofilme (CHERNICHARO, 2007).

Equação 12

$$V_s = \frac{Q}{A}$$

Onde:

$V_s$ : velocidade superficial de fluxo (m/h);

Q: vazão efluente ( $\text{m}^3/\text{h}$ );

A: área da seção transversal do reator ( $\text{m}^2$ ).

$$V_s = \frac{0,065}{\pi 0,5^2}$$

$$V_s = 0,08 \text{ m/h}$$

Pesquisas relacionadas a filtros biológicos indicaram boas qualidades do efluente final com filtros operando com carga orgânica volumétrica de 0,15 a 0,50 kgDBO/m<sup>3</sup>.d no reator e 0,25 a 0,75 kgDBO/m<sup>3</sup>.d no meio suporte. A partir da Equação 13 se pode verificar a carga orgânica que será aplicada no filtro, considerando a concentração média de 240 mg/L de DBO no efluente tratado pelo reator anaeróbio e encaminhada para o filtro anaeróbio.

Equação 13

$$Cv = \frac{Q \times So}{V}$$

Onde:

Cv: carga orgânica volumétrica (kgDBO/m<sup>3</sup>.d);

Q: vazão média de efluente no filtro (m<sup>3</sup>/d);

So: concentração de DBO no efluente encaminhado ao filtro (kg/m<sup>3</sup>);

V: volume total do filtro (m<sup>3</sup>).

$$Cv = \frac{1,56 \times 0,240}{1,06}$$

$$Cv = 0,35 \text{ kgDBO/m}^3 \cdot \text{d}$$

Assim como nos reatores anaeróbios, nos filtros a área de influência do tubo de distribuição deve contemplar 2 a 4 m<sup>2</sup> de área de fundo do filtro, para garantir a mistura completa no reator. Os filtros produzidos pela Bakof também possuem um distribuidor de fluxo ao fundo, nas mesmas configurações descritas anteriormente, auxiliando na mistura do efluente por toda área do filtro.

A eficiência dos filtros anaeróbios, descrita em bibliografia, também é calculada de forma empírica, considerando o TDH como fator determinante, e não representando as condições reais de operação dessas unidades. Segundo Chernicharo (2007), pesquisas utilizando filtros anaeróbios como unidades únicas de tratamento, recebendo efluente bruto, indicaram eficiências médias de 68 e 79% para DBO e DQO, respectivamente. Já como unidades de pós-tratamento de reatores anaeróbios, as eficiências do conjunto foram de 75 a 85% para DBO, desde que operadas em temperaturas médias do esgoto no mês mais frio de 20°C, o que não é a realidade de todos os locais.

Devido a isso, segue-se a orientação da NBR 13969/1993 e se considera a faixa de eficiência do conjunto como de 40 a 75% para DBO e 40 a 70% para DQO, sendo os valores limites inferiores referentes a temperaturas abaixo de 15°C e dependente das condições operacionais e de manutenção.

Considerando um cenário de baixa temperatura, adota-se uma eficiência de 60% a 65% de tratamento para o conjunto reator e filtro anaeróbios, resultando em um efluente final com concentração de matéria orgânica calculada de acordo com a Equação 14.

Equação 14

$$S = S_o - \frac{E \times S_o}{100}$$

Onde:

S: concentração de DBO ou DQO no efluente tratado final (mg/L);

S<sub>o</sub>: concentração de DBO ou DQO no efluente bruto (mg/L);

E: eficiência de remoção (%).

$$S = 400 - \frac{60 \times 400}{100}$$

$$S = 160 \text{ mgDBO/L}$$

$$S = 700 - \frac{65 \times 700}{100}$$

$$S = 245 \text{ mgDQO/L}$$

O dimensionamento dos sistemas, para cada caso (obra) específico, é de responsabilidade do **Engenheiro Responsável** pela obra civil ou pelo projeto do sistema de tratamento de efluentes utilizado, devendo ser observadas as equações de dimensionamento e as informações acima descritas, além dos dados de referência contidos nas normas em vigência.

## 2.2.2 Manutenção do sistema

A entrada excessiva de sólidos no compartimento preenchido com meio suporte poderá resultar em colmatação da camada filtrante. A adoção de uma frequência adequada de descarte de lodo é fundamental para minimizar os problemas de entupimento do filtro e garantir a qualidade do efluente final. No caso de efluentes menos concentrados, a produção de lodo em excesso é muito baixa e geralmente gera poucos problemas relacionados a manutenção do lodo (CHERNICHARO, 2007).

Alguns autores recomendam que o descarte de lodo não seja realizado a menos que a manta de lodo penetre no meio suporte, ou se a concentração de sólidos aumentar significativamente (CHERNICHARO, 2007).

Ou seja, a manutenção de filtros biológicos operando no tratamento doméstico, não necessitam de manutenção intensiva e podem ter um período entre as limpezas maior que a dos reatores anaeróbios. O excesso de limpeza pode prejudicar a eficiência do reator, removendo a parcela de biomassa ativa necessária e responsável pela degradação da matéria orgânica do efluente. Também, a negligencia quanto a limpeza pode causar entupimento da camada suporte, aumentando a pressão no sistema e causando o desprendimento do biofilme, o que resulta em um efluente de má qualidade.

Apesar disso e para conhecimento, pode-se calcular o volume teórico de lodo gerado em filtros biológicos utilizando a Equação 15 de acordo com a bibliografia.

Equação 15

$$P_{lodo} = Y \times (L_o - L_e)$$

Onde:

$P_{lodo}$ : produção de lodo no filtro (kgSST/d);

Y: coeficiente de sólidos no filtro (0,8 a 1,0 kgSST/kgDBOrem);

$L_o$ : carga de DBO afluente ao filtro (kgDBO/d);

$L_e$ : carga de DBO no efluente tratado pelo filtro (kgDBO/d).

$$P_{lodo} = 0,8 \times (0,37 - 0,25)$$

$$P_{lodo} = 0,096 \text{ kgSST/d}$$

A conversão da produção de lodo em quilogramas para volume de lodo diário é realizada segundo a Equação 16.

Equação 16

$$V_{lodo} = \frac{P_{lodo}}{\gamma \times C_{lodo}}$$

Onde:

$V_{lodo}$ : volume de lodo diário produzido no filtro ( $m^3/d$ );

$P_{lodo}$ : produção de lodo no sistema ( $kgSST/d$ );

$C_{lodo}$ : concentração do lodo (0,8 a 1,5%);

$\gamma$ : massa específica do lodo (1000 a 1040  $kg/m^3$ ).

$$V_{lodo} = \frac{0,096}{1020 \times 0,01}$$

$$V_{lodo} = 0,0094 \ m^3/d$$

## 2.3 CONJUNTOS REATOR E BIOFILTRO ANAERÓBIO

São 7 volumes distintos que contemplam tanto o reator, quanto o filtro, e atendem a uma quantidade variada de pessoas conforme Quadro 1. Os volumes disponíveis dos conjuntos de reator e filtro biológicos, conhecidos como Conjunto Tucunaré RAFA/FAFA, dimensionados e produzidos pela Bakof, são descritos no Quadro 2.

Quadro 1: Pessoas atendidas por volume de reator e biofiltro RAFA/FAFA

TUCUNARÉ	Pessoas atendidas <sup>1</sup>			Pessoas atendidas <sup>1</sup>		
	Reator			Biofiltro		
	baixo	médio	alto	baixo	médio	alto
400	5	4	3	7	5	4
600	6	4	3	9	7	5
1600	15	12	9	23	17	14
4000	41	31	25	59	45	37
8000	54	67	87	126	97	79
16000	170	130	107	249	191	155
32000	344	264	215	500	385	313

<sup>1</sup>NBR 13969/1997

Padrão baixo: 100 L/d; Padrão médio: 130 L/d; Padrão alto: 160 L/d

Quadro 2: Dados dos conjuntos Tucunarés RAFA/FAFA

TUCUNARÉ	Altura útil (m)	Diâmetro (m)	CHV <sup>2</sup>	COV <sup>3</sup>	Vs <sup>4</sup>
			Reator	Filtro	Conjunto
400	0,96	0,68	1,5	0,35	0,06
600	1,16	0,68	1,5	0,35	0,07
1600	1,35	1	1,5	0,35	0,08
4000	1,55	1,5	1,5	0,35	0,10
8000	1,85	2	1,5	0,35	0,12
16000	2,33	2,5	1,5	0,35	0,15
32000	3,25	3	1,5	0,35	0,20

<sup>2</sup>Carga Hidráulica Volumétrica adotada (L/L.d)  
<sup>3</sup>Carga Orgânica Volumétrica (kgDBO/m<sup>3</sup>.d)  
<sup>4</sup>Velocidade Superficial (m/h)

Segundo a bibliografia e as normas técnicas brasileiras, os sistemas de tratamento podem ser classificados quanto a sua eficiência ou atividade desenvolvida. Por exemplo, quanto a atividade desenvolvida, podemos dividir os sistemas em:

- a) **Preliminar:** remoção de sólidos grosseiros, partículas de solo e areia e remoção de óleos e gorduras vegetais, animais e minerais. Nesse caso são utilizados sistemas de gradeamento, desarenador, caixas de gordura e caixas separadora de água e óleo;
- b) **Primário:** remoção de sólidos suspensos e sedimentáveis, como decantadores e fossas sépticas;
- c) **Secundário:** remoção biológica de matéria orgânica (DBO e DQO), utilizando sistemas biológicos como lodos ativados, filtros biológicos, reatores UASB, entre outros;
- d) **Terciário:** remoção de microrganismos patógenos, nutrientes e poluentes persistentes. Nesse caso se utiliza, cloradores, desinfecção UV, entre outros sistemas mais eficientes.

Além da atividade desenvolvida, os tratamentos podem ser classificados de acordo com a sua eficiência, sendo o **preliminar** capaz de remover a fração inorgânica poluente; o **primário** responsável pela decomposição anaeróbia biológica da matéria orgânica (DBO e DQO); o **secundário** pela decomposição aeróbia biológica de matéria orgânica (DBO e DQO) e o **terciário:** pela remoção de microrganismos patógenos, nutrientes, poluentes persistentes.

Segundo a classificação por atividade desempenhada, a aquisição do conjunto reator e biofiltro fornecerá ao consumidor um sistema primário e secundário de tratamento de esgoto. No entanto, a Bakof Tec. indica que os sistemas de tratamento de esgoto possuam unidades de tratamento primário, secundário e terciário, para aumentar a qualidade final do efluente tratado.

No que diz respeito a preservação e garantia da qualidade dos reatores e biofiltros, indica-se fortemente o uso das unidades preliminares de gradeamento e caixa de gordura antes desse sistema, afim de evitar o entupimento dos tanques e tubulações, ou a inatividade biológica, devido a entrada de compostos indesejados.

A Bakof Tec. conta com toda linha de produtos para um sistema mais completo, incluindo caixas de gradeamento, caixas de gordura, cloradores, entre outros produtos especiais para aumentar a eficiência do tratamento do esgoto sanitário.

Os conjuntos Tucunaré RAFA/FAFA, são indicados para o tratamento de esgoto sanitário produzido em residências, comércios, industrias e demais localidades onde nossos sistemas atenda a vazão de efluente gerada. A destinação indicada para o efluente tratado pelos Tucunarés são os sumidouros, as valas de infiltração, ou outras formas de destinação final em solo, conforme orienta o órgão ambiental responsável de cada local.

## 2.4 INFORMAÇÕES PARA INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA

- Os equipamentos podem ser instalados enterrados, semienterrados ou na superfície;
- Caso seja enterrado, escavar o local de instalação e nivelar a base da vala. A vala deve ter, pelo menos 20 cm a mais de diâmetro do que o diâmetro dos equipamentos;
- Constituir uma sapata nivelada em concreto armado, de acordo com o peso total dos equipamentos cheios, que servirá como base para o sistema;
- Realizar as conexões utilizando-se anéis de vedação;
- Encher o reator e o filtro com água;
- Caso o filtro não seja adquirido já com elemento filtrante (anéis corrugados), preencher o mesmo com o referido elemento filtrante, que pode ser brita nº 4 ou conduíte (anéis corrugados) até o limite superior de 20 cm abaixo da saída do mesmo;
- Deixar o sistema em repouso por 24 h para assegurar que a estanqueidade do mesmo foi preservada durante a movimentação, instalação e conexões;
- Utilizar terra peneirada (livre de pedras ou objetos pontiagudos), areia ou pó de brita e efetuar a compactação a cada 25 cm. O aterramento pode ainda ser efetuado em concreto;
- Preservar fácil acesso à tampa de inspeção para a manutenção e limpeza periódica (12 meses);
- Em terrenos arenosos, molvediços ou de lençol freático superficial, além da sapata, realizar a ancoragem do sistema, através de seus anéis de içamento;
- Caso o sistema seja instalado em local de intensa circulação ou circulação de veículos, deve ser construída uma laje de sustentação que não seja apoiada nos equipamentos;
- Para limpeza do reator e biofiltro, introduzir a mangueira do caminhão limpa fossa até o fundo. Quando atingir o fundo, retornar a mesma **15 centímetros** para fora do tanque e então ligar a sucção do caminhão. O primeiro objetivo é não remover todo lodo, mantendo uma quantidade de biomassa

(microrganismos) dentro do reator/biofiltro, o que é importante para a eficiência do tratamento. O segundo objetivo é proteger o tanque de uma possível implosão, devido ao vácuo que pode ser formado.

- A instalação sempre deve ser projetada e conduzida pelo responsável técnico (Engenheiro Civil) pela instalação ou obra.
- Em caso de dúvidas relacionadas ao produto e instalação, contatar o Departamento Técnico da empresa Bakof.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7229 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro/RJ, 1993.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13.969 - Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro/RJ, 1997.

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores Anaeróbicos. Editora UFMG. Volume 5. 2<sup>a</sup> Edição. Belo Horizonte/MG, 2007.

METCALF, L.; EDDY, H. P. Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos. Tradução de Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. 5. ed, Nova Iorque: McGraw-Hill; Porto Alegre: AMGH. 2016