



SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO UASB GII – DAFA/FAFA

Depto. de Engenharia

Contato: (55) 3744-9900

E-mail: engenharia@bakof.com.br

Site: www.bakof.com.br

Sumário

1.	INFORMATIVO TÉCNICO	3
2.	DIGESTOR E BIOFILTRO EM P.R.F.V	3
2.1	DIGESTOR ANAERÓBIO	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	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	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 de Engenharia Sanitária e Ambiental, como Estações de Tratamento de Efluente Sanitário e Industrial visando a 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.

Na fabricação dos produtos produzidos em PRFV são utilizados resina com fibra de vidro, gel coat e gel parafinado. A resina com fibra de vidro tem como objetivo formar a estrutura do equipamento, dando a resistência e a durabilidade necessárias contra o rompimento e deformação do produto, quando submetido às pressões internas e externas. O gel coat age como uma camada de gel interno isoftálico, que possui a finalidade de formar uma superfície impermeabilizante no produto e, ainda, servir como base de estruturação para a fibra de vidro. Já o gel parafinado possui a função de inibir a ação dos raios ultravioletas e dar o acabamento estético do produto.

2. DIGESTOR 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.

A Bakof possui uma linha de Tratamento de Efluente Sanitário que atende desde de residências unifamiliares até grandes empreendimentos. O sistema é composto por um digestor seguido de um biofiltro, em que ambos atuam por processos biológicos anaeróbios, conhecidos como UASB GII. Essas unidades são

fabricadas em P.R.F.V, componente altamente resistente, podendo ser implantados na superfície, enterrados ou semi-enterrados. São sistemas com elevado custo-benefício e de grande disponibilidade de volumes para tratamento.

Figura 1: Desenho ilustrativo digestores e biofiltros UASB



Fonte: Bakof Tec (2023)

2.1 DIGESTOR ANAERÓBIO

O digestor anaeróbio de fluxo ascendente (DAFA) é um tanque cilíndrico fabricado em PRFV, utilizado na decomposição primária do esgoto doméstico bruto. É considerado um reator anaeróbio simplificado, pois não possui cone defletor, separador trifásico e calhas vertedoras. No entanto, possui fluxo ascendente, tubo de limpeza, saída de gás (respiro), tubo coletor de esgoto tratado e tampa de inspeção.

Essencialmente, o processo ocorre em fluxo ascendente, em que o efluente flui através da manta de lodo formado ao fundo do reator. Essa manta de lodo é carregada de microrganismos e com elevada atividade biológica. O esgoto tratado é coletado por um tubo perfurado, localizado na parte superior, com o intuito de permitir somente a passagem da fração líquida, retendo os sólidos dentro do reator. O gás gerado no processo anaeróbio é removido pela tubulação de respiro.

A estabilização da matéria orgânica ocorre pela ação das bactérias anaeróbias, em que as mesmas utilizarão a carga orgânica do esgoto como substrato para o seu metabolismo e crescimento. A mistura do sistema é promovida pelo fluxo ascensional do esgoto e pelas bolhas de gás geradas no processo (CHERNICHARO, 2007). O efluente tratado por esse sistema segue para a unidade seguinte, nesse caso, o filtro biológico.

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 deve 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. No dimensionamento a seguir, os cálculos são apresentados considerando uma **residência de baixo padrão com 25 habitantes** (contribuição de 130 L/hab/dia – ABNT 1997)

Equação 1

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

Onde:

V: volume do reator (litros);

C: contribuição per capita de efluente (L/d) – **130 L/hab.d**;

N: número de pessoas – **25 hab.**

CHV: carga hidráulica volumétrica (adotado **1,5 L/L.d**) (CHERNICHARO, 2007).

$$V = \frac{130 \times 25}{1,5}$$

$$V \cong 2200 \text{ litros}$$

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 ≥ 10 horas (CHERNICHARO,1997).

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

Equação 2

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

Onde:

TDH: tempo de detenção hidráulica (horas);

V: volume do reator (litros);

Q: vazão efluente (L/h).

$$TDH = \frac{2200}{137,50}$$

$$TDH = 16,00 \text{ horas}$$

De acordo com os moldes de reservatório produzidos pela Bakof, o reservatório cilíndrico de **3000 litros** é indicado para atender a essa demanda. Com diâmetro de **1,50 metros**, 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 (m³);

A: área do reservatório (m²);

R: raio do reator (m).

$$h = \frac{2,20}{\pi 0,75^2}$$

$$h \cong 1,25 \text{ m}$$

A velocidade superficial pode ser calculada de acordo com a **Equação 4**. 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_{méd} é < 0,7 m/h (CHERNICHARO, 2007).

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

Onde:

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

Q: vazão efluente (m³/h);

A: área da seção transversal do reator (m²).

$$V_s = \frac{0,137}{\pi 0,75^2}$$

$$V_s = 0,024 \text{ m/h}$$

Área de influência do tubo de distribuição deve compreender de 2 a 3 m² da área de fundo do reator, para garantir a mistura completa do efluente. Os reatores produzidos pela Bakof possuem uma caixa de distribuição de fluxo ao fundo do reator, a qual possui com 4 tubos de saída dispostos 90° um do outro. A disposição dos tubos permite uma melhor distribuição de fluxo do esgoto dentro do reator, evitando zonas mortas e curtos circuitos.

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 limites inferiores referentes a temperaturas abaixo de 15°C e os valores limites superiores para temperaturas acima de 25°C. Além disso, os valores de eficiência são influenciados pelas condições operacionais e grau de manutenção do sistema.

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

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

Onde:

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

S_o: concentração de DBO ou DQO no efluente bruto (adotado **400 mg/L** e **700mg/L**, respectivamente);

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 é convertida em gás metano no reator. De maneira simplificada, a determinação da parcela de DQO convertida em gás metano pode ser calculada segundo a **Equação 6**.

Equação 6

$$DQO_{CH_4} = Q \times (S_o - S) - Y_{obs} \times Q \times S_o$$

Onde:

DQO_{CH₄}: carga de DQO convertida em metano (kgDQO_{CH₄}/d);

Y_{obs}: coeficiente de produção de sólidos no sistema, em termos de DQO (0,11 a 0,23 KgDQO_{lodo}/KgDQO_{apl});

S: concentração de DBO ou DQO no efluente tratado (kg/m³);

S_o: concentração de DBO ou DQO no efluente bruto (kg/m³);

Q: vazão de efluente (m³/d).

$$DQO_{CH_4} = (3,3 \times (0,700 - 0,385)) - (0,11 \times 3,3 \times 0,700)$$

$$DQO_{CH_4} = 0,78 \text{ kgDQO}_{CH_4}/d$$

A conversão da massa do metano em produção volumétrica 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 CH₄ (64 gDQO/mol);

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

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

$$Q_{CH_4} = \frac{0,78}{\frac{1 \times 64}{0,08206 \times (273 + 15)}}$$

$$Q_{CH_4} = 0,29 \text{ m}^3/d$$

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_{biogás}: produção volumétrica de biogás (m³/d);

Q_{CH₄}: produção volumétrica de metano (m³/d);

C_{CH₄}: concentração de metano no biogás (70%);

$$Q_{biogás} = \frac{0,28}{0,7}$$

$$Q_{biogás} = 0,4 \text{ m}^3/d$$

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 UASB GII 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

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

Onde:

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

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

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

$$P_{lodo} = 0,1 \times (3,3 \times 0,400)$$

$$P_{lodo} = 0,1 \times 1,32$$

$$P_{lodo} = 0,132 \text{ kgSST/d}$$

A conversão da produção de lodo em quilogramas para volume de lodo por dia 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 (m^3/d);

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

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

γ : massa específica do lodo (1020 a 1040 kg/m^3).

$$V_{\text{lodo}} = \frac{0,132}{1020 \times 0,04}$$

$$V_{\text{lodo}} = 0,0032 \text{ m}^3/\text{d}$$

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 um leito filtrante preenchido com meio suporte de eletroduto corrugado, um tubo de limpeza, tubos coletores e uma 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, conseqüentemente, 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, onde o efluente flui do fundo do biofiltro até a superfície e é coletado por tubos perfurados na parte superior. A coleta por tubos perfurados tem o intuito de permitir somente a passagem do efluente líquido tratado. O líquido passa pelo meio suporte (corrugado), onde é formado o biofilme bacteriano e consumido o restante da carga orgânica do efluente.

A utilização de biofiltros anaeróbios no tratamento de esgoto doméstico vem 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 (CHERNICHARO, 2007).

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, na vazão de efluente e no coeficiente do meio suporte. Para o meio suporte por tubos corrugados utilizados pela Bakof, o coeficiente é de 1,1. Esse método está de acordo com o estipulado em bibliográfica (CHERNICHARO, 2007) e pela NBR13969/1997.

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 24 horas. No entanto, o filtro biológico dimensionado nesse projeto atua no pós-tratamento de reator anaeróbio e recebe menor carga orgânica. Sendo assim, adotou-se uma TDH de 15 horas de tratamento no biofiltro.

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.

$$V = 1,1 \times 3300 \times 0,62$$

$$V = 2250,6 \text{ litros}$$

O reservatório cilíndrico de 3000 litros também pode ser utilizado para atender a essa demanda. Utilizando a mesma altura útil, o filtro biológico terá um volume útil de 2209 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 (m^3/h);

A : área da seção transversal do reator (m^2).

$$V_s = \frac{0,137}{\pi 0,75^2}$$

$$V_s = 0,024 \text{ m/h}$$

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/ $m^3.d$ no reator e 0,25 a 0,75 kgDBO/ $m^3.d$ 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

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

Onde:

Cv : carga orgânica volumétrica (kgDBO/ $m^3.d$);

Q : vazão média de efluente no filtro (m^3/d);

S_o : concentração de DBO no efluente encaminhado ao filtro (kg/ m^3);

V : volume total do filtro (m^3).

$$Cv = \frac{3,3 \times 0,240}{2,20}$$

$$Cv = 0,36 \text{ kgDBO}/m^3.d$$

Assim como nos reatores anaeróbios, nos filtros a área de influência do tubo de distribuição deve contemplar 2 a 4 m^2 de área de fundo do filtro, para garantir a mistura completa no reator. Os filtros produzidos pela Bakof também possuem uma caixa de distribuição de fluxo ao fundo do reator, a qual possui com 4 tubos de saída dispostos 90° um do outro, permitindo uma melhor distribuição do fluxo de esgoto.

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

E: eficiência de remoção (%).

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

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

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

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

2.2.2 Manutenção do sistema

A entrada excessiva de sólidos no compartimento preenchido com meio suporte poderá resultar em colmatação da camada filtrante. Desse modo, 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 negligência 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, de acordo com a bibliografia e utilizando a Equação 15, pode-se calcular o volume teórico de lodo gerado em filtros biológicos.

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).

$$P_{lodo} = 0,8 \times (0,79 - 0,53)$$

$$P_{lodo} = 0,208 \text{ kgSST/d}$$

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

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

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%);

γ : massa específica do lodo (1000 a $1040 \text{ kg}/\text{m}^3$).

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

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

2.3 CONJUNTOS DE DIGESTOR E BIOFILTRO DISPONÍVEIS

Os volumes disponíveis dos conjuntos de digestor e filtro biológicos, conhecidos como UASB GII DAFA/FAFA, dimensionados e produzidos pela Bakof, são descritos no Quadro 1. São 8 volumes distintos que contemplam tanto o digestor, quanto o filtro, e atendem a uma quantidade variada de pessoas conforme Quadro 2.

Quadro 1: Volumes disponíveis dos UASB GII DAFA/FAFA

UASB GII	Altura útil (m)	Diâmetro (m)	CHV ²	COV ³	Vs ⁴
			Reator	Filtro	Conjunto
3000	1,32	1,46	1,5	0,35	0,08
5000	1,33	1,9	1,5	0,35	0,08
7500	1,72	2,09	1,5	0,35	0,11
10000	2,32	2,09	1,5	0,35	0,14
12000	1,93	2,5	1,5	0,35	0,12
15000	2,47	2,53	1,5	0,35	0,15
20000	3,14	2,53	1,5	0,35	0,20
25000	3,77	2,49	1,5	0,35	0,24

²Carga Hidráulica Volumétrica adotada (L/L.d)
³Carga Orgânica Volumétrica (kgDBO/m³.d)
⁴Velocidade Superficial (m/h)

Quadro 2: Pessoas atendidas por digestor e biofiltro DAFA/FAFA

UASB GII	Pessoas atendidas ¹			Pessoas atendidas ¹		
	Digestor			Biofiltro		
	baixo	médio	alto	baixo	médio	alto
3000	33	25	20	48	37	30
5000	35	43	56	82	63	50
7500	88	68	55	128	98	80
10000	119	91	74	173	133	108
12000	142	109	88	206	158	129
15000	186	143	116	270	208	169
20000	236	182	147	344	264	215
25000	275	210	172	400	307	250

¹NBR 13969/1997
Padrão baixo: 100 L/d; Padrão médio: 130 L/d; Padrão alto: 160 L/d

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E INDICAÇÃO DE USO

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 patogênicos, 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 patogênicos, 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 UASB GII DAFA/FAFA, são indicamos para o tratamento de esgoto sanitário produzido em residências, comércios, indústrias e demais localidades onde nossos sistemas atendam a vazão de efluente gerada. A destinação indicada para o efluente tratado pelos DAFA/FAFA são os sumidouros, as valas de infiltração ou outras formas de destinação final em solo, ou conforme orienta o órgão ambiental responsável de cada local.

2.5 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, movediços 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. 2ª 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.