Memorial Descritivo e de Cálculo

Tratamento do Esgoto Sanitário



Proprietário: MUNICÍPIO DE IPUAÇU - SC

JANEIRO / 2022

MEMORIAL DESCRITIVO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DO ESGOTO SANITÁRIO

OBRA: RESTAURANTE
LOCALIZAÇÃO: ESTRADA MUNICIPAL;
IPUAÇU / SC



TIAGO MÁRIO CICHOWICZ
Eng° Responsável

MUNICÍPIO DE IPUAÇU - SC
Proprietário

31 de janeiro de 2022

PROJETO BÁSICO DO SISTEMA DE TRATAMENTO
DE ESGOTOS SANITÁRIOS

1. Apresentação

O Projeto Básico do Sistema de Tratamento de Esgotos Sanitários de **MUNICÍPIO DE IPUAÇU - SC**, foi desenvolvido de acordo com as normativas existentes, determinações e padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 430/2011.
Para determinação das contribuições de esgotos sanitários foram utilizados os critérios técnicos estabelecidos pelas normas da ABNT.

2. Características Gerais

Proprietário: MUNICÍPIO DE IPUAÇU - SC;
Localização: ESTRADA MUNICIPAL, IPUAÇU/SC.

3. Justificativa

Para o desenvolvimento da sociedade e seu correto funcionamento a água é um fator indispensável, pois desempenha diversas funções. Sendo que após a sua utilização, esta retorna somente como veículo de poluição, principalmente matéria orgânica gerada durante as atividades profissionais ou privadas.
A adoção de um maior rigor nos padrões de descarte de águas sanitárias tem motivado a implantação de tratamentos mais eficientes que os utilizados até o momento.
Os sistemas biológicos de tratamento de resíduos devem atender alguns importantes aspectos: (1) - remoção da matéria orgânica, portanto redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) do resíduo a ser tratado; (2) - se possível, degradação de compostos químicos orgânicos de difícil degradação (recalcitrantes); (3) - fornecimento de um efluente em condições que não afete o equilíbrio do sistema receptor final (rios, lagos, etc.) (LIE; MOLIN, 1991).
Como o tratamento biológico de resíduos é feito por mecanismos biológicos, reproduzindo, de certa maneira, os processos naturais que ocorrem em um corpo de água após o lançamento de despejos. Porém esse fenômeno ocorre em condições controladas e taxas mais elevadas que nos corpos de água (VON SPERLING, 1996).

3.1. Reator Biológico Anaeróbio de manta de lodo

A aceitação e disseminação da tecnologia anaeróbia para o tratamento de esgotos domésticos, notadamente dos reatores tipo UASB, colocam o Brasil em uma posição de vanguarda em nível mundial (CAMPOS, 1999).
O modelo a ser implantado é um reator biológico anaeróbio. Um exemplo do sistema é ilustrado na Figura 01.

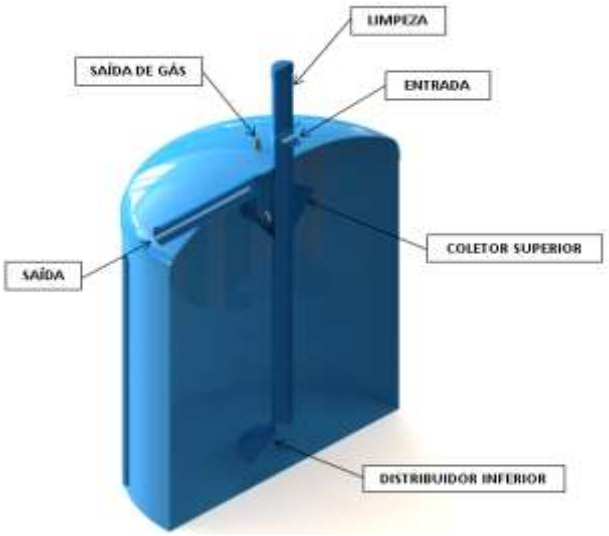

Figura 01 – Reator Biológico Anaeróbio

3.2. Filtro Biológico Anaeróbio com tubos corrugados

O Filtro Biológico Anaeróbio é uma tecnologia que tem como guia a NBR 13.969/97, que estabelece procedimentos para o dimensionamento, construção, instalação e manutenção. Alguns diferenciais são encontrados, como a substituição do meio filtrante por tubos corrugados de PEAD (polietileno de alta densidade). Com a utilização deste material, os microrganismos encontram um suporte ideal e com uma área superficial maior. Um dos grandes diferenciais é na sua manutenção, pois não necessita de retrolavagem devido ao microrganismo não conseguir manter sua fixação após a inativação de sua atividade metabólica.

A forma de funcionamento é ilustrada na Figura 02.

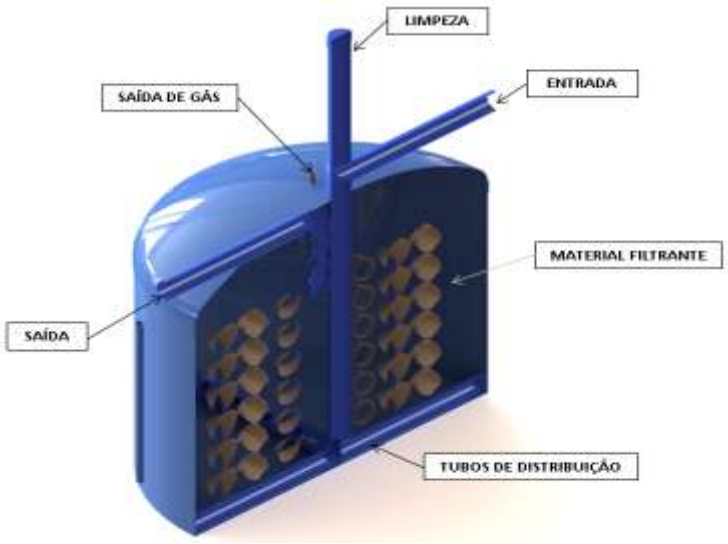

Figura 02 – Filtro Biológico Anaeróbio

A entrada do Filtro Biológico Anaeróbio é conectada com a saída do Reator Biológico Anaeróbio, e o sentido das águas sanitárias indicam que o efluente tem o fluxo ascendente, passando entre o material suporte. Como a norma NBR 13.969/97, mostra os cálculos usando-se a brita como material filtrante, o coeficiente proporcional ao volume ocupado pelo material recheio utilizado é 1,6, já com anel de dreno o coeficiente usual é 1,1, conforme o memorial de cálculo apresentado no Anexo A.

O uso com material plástico como meio suporte, deve-se ao fato de atenderem todas as propriedades físicas favoráveis ao processo biológico, com grandes vantagens em relação às pedras, principalmente no que se refere a peso unitário, área de suporte para as colônias de microrganismos, volume de vazios, bem como a fácil aquisição, fácil transporte, seleção racional da forma e tamanho (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

3.3 Sistema

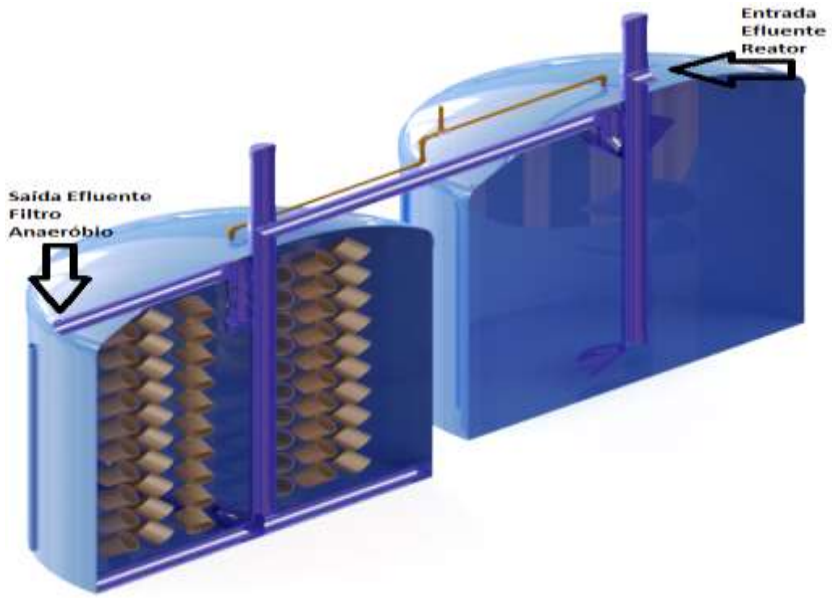

Figura 03 – Sistema Reator Biológico Anaeróbio - Filtro Biológico Anaeróbio (ilustrativo)

4. Descrição sumária da obra

- Classificação do estabelecimento de acordo com a NBR 13.969 é restaurante;
- Contribuintes: 114 pessoas;
- Contribuição de esgoto: 25 L/pessoa/dia;

O projeto de dimensionamento está baseado em:

- NBR 13.969/97;
- CAMPOS, J. R. (Coord.). *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbico e disposição controlada no solo.* Rio de Janeiro: PROSAB, 1999.
- CHERNICHARO, C. A. L. *Reatores anaeróbicos.* 2ª edição. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

5. Memorial Cálculo e Descritivo

5.1. Cálculo da contribuição volumétrica de esgoto

$$Q = Contribuintes * Contribuição\ de\ Despejos$$
$$Q = (114 * 25)$$
$$Q = 2.850\ L/dia$$

Conforme Campos (1999), é obtido uma equação para a eficiência com relação ao tempo de residência no Reator. Para conseguirmos uma remoção da DBO de até 85 %, precisamos um tempo de residência de 22 horas. Portanto foi admitido um tempo de residência de 24 horas.

5.2. Cálculo do volume do reator biológico

$$V = TDH * Vazão\ (Q)$$
$$V = 1 * 2.850$$
$$V = 2.850\ L$$

Para o cálculo da concentração de substrato é necessário verificar a classificação do gerador na NBR 13.969/97, obtendo-se na Tabela 3 a contribuição de carga orgânica e a contribuição volumétrica de esgoto.

5.3. Dimensões do reator biológico vendido comercialmente (3.000 L/D)

- Diâmetro corpo cilíndrico (DN): 2.000 mm;
- Raio maior da zona esférica (b): 1.000 mm;
- Raio menor da zona esférica (a): 447,5 mm;
- Altura útil corpo cilíndrico (H): 500 mm;
- Altura parcial útil cúpula – zona esférica (H1): 685 mm;

$$V = Volume\ Corpo\ Cilindrico + Volume\ Parcial\ da\ Cúpula$$
$$V = (\pi\ *\ R^2 *\ H) + (\frac{1}{6} * \pi * H1 * (3 * a^2 + 3 * b^2 + H1^2)$$
$$V = (\ \pi\ *\ 1{,}0^2 *\ 0{,}5) + (\frac{1}{6} * \pi * 0{,}685 * (3 * 1{,}0^2 + 3 * 0{,}4475^2 + 0{,}685^2)$$
$$V =\ 3{,}0\ m^3 = 3.000\ L$$

5.4. Cálculo do novo tempo de residência

$$TDH = \frac{Volume\ comercializado}{Contribuição\ Vol.\ de\ Esgoto}$$
$$TDH = \frac{3.000\ L}{2.850\ L/D}$$
$$TDH =\ 1{,}053\ DIAS$$

5.5. Cálculo da concentração de substrato

Para este caso, segundo Jordão e Pessôa (2005), quando existem duas ou mais contribuições, ocorre uma nova concentração dos parâmetros, a que se pode chamar de concentração de mistura inicial e pode ser calculada pela aplicação de uma média ponderada, conforme cálculos abaixo:

$$S_{DBO} = \frac{Contr.Carga\ Orgânica}{Contr.Vol.Esgoto}$$

$$S_{DBO} = \frac{25}{25} = 1{,}00\ g\ DBO/L$$

Transformando a concentração de substrato em termos de DQO, baseou-se em Von Sperling (1996), que estabelece para esgotos domésticos brutos, a relação DQO/DBO média é aproximadamente 2.

$$S_{DQO} = S_{DBO} * 2$$

$$S_{DQO} = 1{,}00 * 2 = 2{,}00\ g\ DQO/L$$

Para que possamos calcular a carga orgânica e a DQO que chega no Reator diariamente, é obtido pela seguinte expressão:

5.6. Cálculo da carga orgânica diária

$$Carga\ Org.Diária = S_{DBO} * Contr.Vol.Esgoto$$

$$Carga\ Org.Diária = 1{,}00\ g\ DBO/L * 2.850\ L/dia$$

$$Carga\ Org.Diária = 2.850{,}00\ g\ DBO/dia$$

A carga orgânica volumétrica é definida como a quantidade (massa) de matéria orgânica aplicada diariamente ao reator por unidade de volume (CAMPOS, 1999).
Para o cálculo da carga orgânica volumétrica, segundo Chernicharo (2007), temos a seguinte expressão.

5.7. Cálculo da carga orgânica volumétrica

$$COV = \frac{Contr.Esgoto * Concent.Substrato}{Volume\ Reator}$$

$$COV = \frac{2.850 * 2{,}00}{3.000}$$

$$COV = 1{,}90\ g\ DQO/L * Dia$$

$$COV = 1{,}90\ Kg\ DQO/m^3 * Dia$$

5.8. Cálculo da carga hidráulica volumétrica

$$CHV = \frac{Contr.Vol.Esgoto}{Volume\ Reator}$$

$$CHV = \frac{2.850\ L/Dia}{3.000L}$$

$$CHV = 0{,}950\ L/L * Dia$$

$$CHV = 0{,}950\ m^3/m^3 * Dia$$

O cálculo da velocidade ascendente do fluxo é obtido a partir da razão entre a altura e o tempo de detenção hidráulico. As velocidades ascendentes médias são admitidas até 0,7 m/h para esgotos sanitários, sendo tolerados picos temporários de até 2 m/h e 1,1 m/h para vazões máximas.

5.9. Cálculo da velocidade superficial de fluxo

$$Vel. = \frac{Contribuição\ Vol.de\ Esgoto}{Área\ Trans.média\ do\ Reator}$$

Definindo a área transversal como:

$$Área\ Trans.média = \frac{Volume\ do\ Reator}{Altura}$$

Substituindo na equação da velocidade:

$$Vel. = \frac{Contribuição\ Vol.de\ Esgoto}{Volume\ do\ Reator/_{Altura}}$$

Como já foi definido o tempo de residência, temos:

$$TDH = \frac{Volume\ Reator}{Contribuição\ Vol.de\ Esgoto}$$

Substituindo na equação da velocidade, obtemos:

$$Vel. = \frac{Altura\ do\ Reator}{TDH * 24}$$

$$Vel. = \frac{1{,}185}{1{,}053 * 24} = 0{,}0469\ m/h$$

5.10. Cálculo da formação de lodo

Como o Reator é composto pela grande maioria de microrganismos anaeróbios, uma das rotas de conversão da matéria orgânica é o crescimento bacteriano, porém conforme Campos (1999), essa taxa de crescimento é baixa, resultando assim em uma baixa produção de sólidos biológicos que vem a constituir-se no lodo a ser descartado periodicamente. Essa baixa produção de lodo é uma das principais vantagens

dos processos anaeróbios em relação aos aeróbios.

O coeficiente de produção de sólidos no sistema foi assumido Y = 0,10 kg SST/kg DQO (CAMPOS, 1999). E a carga de DQO aplicada no sistema é em Kg DQO/dia, ou seja, multiplicamos a concentração de substrato em termos de DQO e a contribuição diária de esgoto.

$$Carga\ DQO = S_{DQO} * Q$$
$$Carga\ DQO = 0{,}00200 * 2.850$$
$$Carga\ DQO = 5{,}7\ kg\ DQO/dia$$

A produção de sólidos no sistema apresenta-se a seguir:

$$Prod._{SST} = Y * (Carga\ DQO)$$
$$Prod._{SST} = 0{,}1 * 5{,}7$$
$$Prod._{SST} = 0{,}57\ kg\ SST/dia$$

A concentração de lodo varia de 3 a 5% (Chernicharo, 2007), em nosso dimensionamento utilizamos o valor de 5%. Cálculo do volume de lodo gerado por dia:

$$Vol.de\ Lodo = \frac{Produção\ Sólidos}{Densidade\ Biológica * Porc.Carga\ Biológica}$$
$$Vol.de\ Lodo = \frac{0{,}57}{1030 * 0{,}05} = 11{,}07\ L/dia$$

Assumido que o volume disponível para a decantação do lodo é metade do volume do Reator.

$$Vol.de\ Ácumulo = \frac{Vol.Reator}{2}$$
$$Vol.de\ Ácumulo = \frac{3.000}{2} = 1.500\ L$$

Com os dados do volume disponível para o acumulo de lodo no sistema e o volume de lodo gerado por dia, resulta no tempo necessário para efetuar a limpeza do Reator.

$$Tempo\ de\ Limpeza\ Reator = \frac{Vol.de\ Ácumulo}{Vol.de\ Lodo\ gerado\ por\ dia}$$
$$Tempo\ de\ Limpeza\ Reator = \frac{1.500\ L}{11{,}07\ L/dia} = 4{,}5\ meses$$

Sistema de descarte do lodo

O sistema de descarte de lodo é essencial para um bom rendimento no tratamento, pois destina-se à retirada periódica do excedente de biomassa acumulada, além de retirar material inerte que possa a vir acumular-se no fundo do Reator. A metodologia para a manutenção é descrita posteriormente.

5.11. Cálculo do volume necessário do filtro anaeróbio

Conforme descrito anteriormente, o tempo de residência é obtido de acordo com a NBR 13.969/97, a única diferença que é feita da norma é o coeficiente de multiplicação, utilizando 1,1 (Anexo A), pois o material filtrante é tubos para dreno corrugados no lugar da brita.

$$Volume\ Filtro = Coef.* N° de\ contribuintes * Contribuição\ despejos * TDH$$
$$Volume\ Filtro = 1{,}1 * (114 * 25) * 1{,}08$$
$$Volume\ Filtro = 3.385{,}80\ L$$

Não é realizado cálculos da necessidade de limpeza, pois a produção de sólidos é baixa e desnecessária, não sendo necessário a retrolavagem, mas é aconselhado o descarte de lodo do Filtro quando é feita a limpeza do Reator.

5.12. Dimensões do filtro anaeróbio vendido comercialmente

- Diâmetro corpo cilíndrico (DN): 2.000 mm;
- Raio maior da zona esférica (b): 1.000 mm;
- Raio menor da zona esférica (a): 447,5 mm;
- Altura útil corpo cilíndrico (H): 660 mm;
- Altura parcial útil cúpula – zona esférica (H1): 685 mm;

$$V = Volume\ Corpo\ Cilindrico + Volume\ Parcial\ da\ Cúpula$$
$$V = (\pi\ *\ R^2 *\ H) + (\frac{1}{6} * \pi * H1 * (3 * a^2 + 3 * b^2 + H1^2)$$
$$V = (\ \pi\ *\ 1{,}0^2 *\ 0{,}66) + (\frac{1}{6} * \pi * 0{,}685 * (3 * 1{,}0^2 + 3 * 0{,}4475^2 + 0{,}685^2)$$
$$V =\ 3{,}533\ m^3 = 3.533\ L$$

6. Eficiência do Sistema

6.1. Sistema Reator e Filtro VT ENGENHARIA AMBIENTAL

O sistema da VT Engenharia Ambiental, consegue uma eficiência de até 92%.
De acordo com Chernicharo (2007), as equações abaixo possibilitam estimar as eficiências de reatores UASB tratando de esgotos domésticos, em função do tempo de detenção hidráulica, para os parâmetros de DBO e DQO.

- Eficiência DQO

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0{,}68 * T^{-0{,}35})$$
$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0{,}68 * 25{,}26^{-0{,}35})$$
$$E_{DQO} = 78{,}04\ \%$$

- Eficiência DBO

$$E_{DBO} = 100 * (1 - 0{,}70 * T^{-0{,}50})$$
$$E_{DBO} = 100 * (1 - 0{,}70 * 25{,}26^{-0{,}50})$$
$$E_{DBO} = 86{,}07\ \%$$

As concentrações de DQO e de DBO no efluente final do Reator VT Engenharia são encontradas pela equação:

S: é a concentração (mg/L);

S_0: é a concentração inicial (mg/L);

E: é a eficiência;

$$S = S_0 - \frac{(E * S_0)}{100}$$

- DQO

$$S_{DQO} = 2.000 - \frac{(78{,}04 * 2.000)}{100} = 439{,}21\ mg/L$$

- DBO

$$S_{DBO} = 1.000 - \frac{(86{,}07 * 1.000)}{100} = 139{,}27\ mg/L$$

Para uma eficiência de 70% de remoção de DQO e 60% de DBO no Filtro VT Engenharia, conforme NBR 13.969/97 teremos um efluente final:

- DQO

$$S_{DQO} = 439{,}21 - \frac{(70 * 439{,}21)}{100} = 131{,}76\ mg/L$$

- DBO

$$S_{DBO} = 139{,}27 - \frac{(60 * 139{,}27)}{100} = 55{,}71\ mg/L$$

6.2. Concentração de SST no efluente final

De acordo com Chernicharo (2007), uma estimativa da concentração de sólidos suspensos totais em Reator pode ser calculada de acordo com a equação abaixo:

$$C_{SST} = 102 * T^{-0{,}24}$$
$$C_{SST} = 102 * 25{,}26^{-0{,}24}$$
$$C_{SST} = 46{,}99\ mg/L$$

Para uma eficiência de 60% de remoção no Filtro conforme NBR 13.969/97, tem-se um efluente final:

$$C_{SST} = 46{,}99 - \frac{(60 * 46{,}99)}{100} = 18{,}80\ mg/L$$

7. Programa de monitoramento do sistema de Tratamento

O Programa de monitoramento ambiental do Sistema de Tratamento de Esgotos compreenderá a execução de análises físico-químicas e bacteriológicas de efluentes líquidos e controle de disposição final de resíduos sólidos.

Os cálculos realizados anteriormente são teóricos, podendo os valores da eficiência do sistema divergirem do real. Para o monitoramento dos parâmetros do sistema, estes deverão ser inferiores aos estipulados pela Resolução CONAMA 430/11, Seção III, como pode ser visto na Tabela 1, logo abaixo.

Quando o efluente for para a rede pluvial, este deverá atender a Tabela 5 da NBR 13.969/1997, caso contrário os valores de referência são conforme o CONAMA 430/2011.

TABELA 1- Valores para lançamento de efluentes sanitários.

PARÂMETRO	CONAMA 430/11	Tab. 5 NBR 13.969/97	Expectativa VT
DBO5,20 (mg/L)	< a 120mg/L ou remoção mínima de 60%	Inferior a 60	Inferior a 60 mg/L ou remoção superior a 80%
DQO (mg/L)	-	Inferior a 150	Inferior a 150 mg/L ou remoção superior a 80%
pH	Entre 5 e 9	Entre 6,0 e 9,0	Entre 6,0 e 9,0
Temperatura	Interior a 40 °C	Interior a 40 °C	Interior a 40 °C
Óleos e graxas (mg/L)	Até 100 mg/L	Inferiores a 50	Inferiores a 50
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	-	Superior a 1,0	Superior a 1,0
Sólidos sedimentáveis (mg/L)	Até 1,0 mg/L	Inferior a 0,5	Inferior a 0,5
Sólidos não Filtráveis (mg/L)		Inferior a 50	Inferior a 50
Coliformes Fecais NMP/110mL		<1000	<1000
Cloro residual livre (mg/L)		Superior a 0,5	Superior a 0,5

Fonte: CONAMA 430/2011 – NBR 13.969/1997.

8. Procedimento de manutenção do Reator Anaeróbio e Filtro Anaeróbio

Quando atingir o tempo necessário para a limpeza do Reator e o Filtro, conforme demonstrado no memorial de cálculo do projeto, deve-se efetuar a retirada de parte do lodo acumulado ao decorrer do tempo. O procedimento é:

- Abrir o cap de 100 mm de ambos (tubulação de limpeza);
- Conectar a mangueira do caminhão que irá succionar o lodo decantado no Reator, o mesmo vale para o Filtro;
- Efetuar a sucção;
- Colocar novamente os cap;
- Pode-se retomar o tratamento de efluente com o sistema. Pois o mesmo tem um volume máximo de descarte, mantendo uma quantidade de lodo mínima para a funcionalidade do sistema.

9. Destinação dos produtos finais

A NBR 13.969/97, estabelece alternativas para a disposição final do efluente, de acordo com as

características encontradas na região. O efluente obtido no final do tratamento feito pelo sistema, tem níveis de purificação de até 92%.

O lançamento dos efluentes finais pode acontecer em corpos d'água apropriados (rios classe II), rede pública ou mesmo sumidouro.

Como definir como será a disposição final:

Caso exista um corpo d'água próximo: é necessário verificar a possibilidade desse corpo d'água receber o efluente, baseado na sua vazão e classificação. Obs: represas e lagos não podem ser receptoras de efluentes.

Caso não exista um corpo d'água: necessário fazer um sumidouro ou vala de infiltração. Como terceira opção, existe a possibilidade de reuso do efluente após processo de desinfecção e aeração (natural ou mecanizada).

Os sumidouros são poços profundos de tijolos, sem argamassa, onde os tijolos são colocados no sistema de junta amarração. Podem ser executados com anéis de concreto.

Por exigência legal, o fundo do sumidouro deve estar a 1,50 m de distância do lençol freático. Para casos onde o lençol freático é alto (cidades litorâneas, por exemplo), as valas de infiltração horizontal são a solução. Elas devem ser de aproximadamente 60 cm de largura x 60 cm de profundidade e seu comprimento será variável de acordo com a vazão necessária.

10. Referência Bibliográficas

CAMPOS, J. R. (coordenador). *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*. Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB, 1999.

CHERNICHARO, C. A. L. *Reatores anaeróbicos.* 2ª edição. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. *Tratamento de esgotos domésticos.* 4ª edição. Rio de Janeiro, 2005.

NBR – 13.969, *Tanques Sépticos - Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos - Projeto, Construção e Operação*. ABNT, setembro de 1997.

RESENDE, F. A. L. *Desempenho de reatores anaeróbios de leito fixo no tratamento de águas residuárias da lavagem e descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro.* 2007. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

VON SPERLING, M. 1996. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.* v. 2 Princípios básicos do tratamento de esgotos. 3ª edição, DESA-UFMG. Minas Gerais.

VON SPERLING, M. 1996. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.* 2ª edição, DESA - UFMG. Minas Gerais.