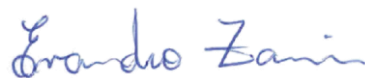


MEMORIAL DESCRITIVO DO SISTEMA DE TRATAMENTO  
DO ESGOTO SANITÁRIO

Obra: EDIFICACAO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR



---

Engenheiro responsável  
EVANDRO ZANIN

---

Proprietário  
PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRA ALTA-SC

29/05/2020

## 1 . Características Gerais e dados para projeto

Localização: RUA VITÓRIO CERZOLLI, BAIRRO VINHEDOS, QUADRA 91, SERRA ALTA/SC.

Obra: EDIFICACAO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR

Proprietário: PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRA ALTA

Engenheiro responsável: EVANDRO ZANIN\

Edificação residencial unifamiliar

Classificação do estabelecimento segundo a NBR 13969/97:

Ocupantes permanentes – Padrão médio - (130 L/pessoa.dia) com 6 pessoas.

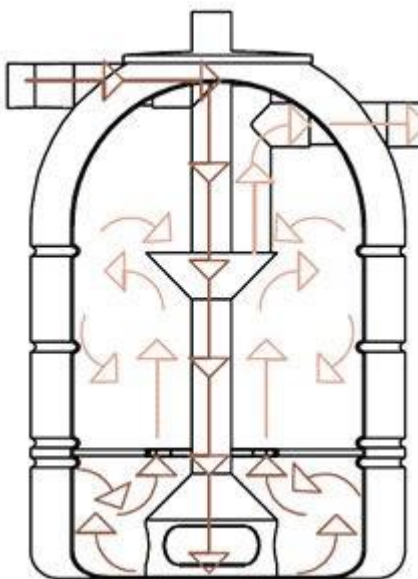
## 2. Descrição dos equipamentos de tratamento

### 2.1 Reator anaeróbico de manta de lodo(Biorreator)

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 do Biorreator é conhecido como reator anaeróbico de fluxo ascendente e manta de lodo (RAFAMALL). Um exemplo do Biorreator é ilustrado na Figura 01.

Figura 01 - Biorreator de 1000 L em PEMD.



Nota-se na Figura 01 a entrada do esgoto bruto e seu direcionamento para a parte

inferior do Biorreator. Com 2 zonas distintas e bem definidas, o caminho natural no efluente é ascendente e com um sistema de sinfonamento entra na tubulação de saída. A tubulação de saída do Biorreator deve obrigatoriamente conectar-se com a entrada do Biofiltro, caso contrário a eficiência não será a mesma.

## 2.2 Biofiltro com tubos corrugados

O Biofiltro é uma tecnologia que tem como guia a NBR 13969/97, que estabelece procedimentos para o dimensionamento, construção, instalação e manutenção. Alguns diferenciais são encontrados no Biofiltro, como a substituição do meio filtrante por tubos corrugados de polietileno de alta densidade (PEAD). Com a utilização deste material, os microrganismos encontram um suporte ideal e com uma área superficial maior. Uma dos grandes diferenciais é na sua manutenção, pois não necessita de retro lavagem devido ao microrganismo não conseguir manter sua fixação após a inativação de sua atividade metabólica.

A forma de funcionamento do Biofiltro é ilustrado na Figura 02.

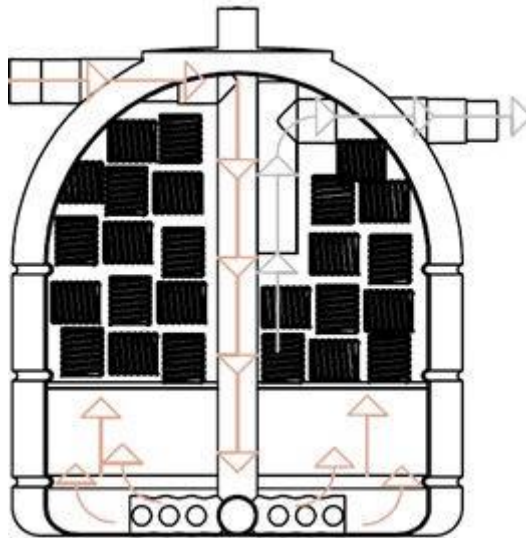


Figura 02 Biofiltro de 1000L em PEAD.

A entrada do Biofiltro é conectada com a saída do Biorreator, e o sentido das águas sanitárias indica que o efluente tem o fluxo ascendente, passando entre o material suporte.

Como a norma NBR 13969/97, 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 conduíte elétrico (tubos corrugados em PEAD) 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. Memorial de Cálculo

Segundo a NBR 13969/97, obtemos a quantidade de efluente gerada por uma pessoa em um dia, através deste obtemos a vazão de esgoto sanitário chegando no sistema de tratamento.

-Cálculo da contribuição volumétrica de esgoto

$$Q = \sum(n \times CV)$$

Onde:

Q = Vazão diária (L/d).

n = Número de ocupantes (p).

CV = Contribuição volumétrica diária por pessoa (L/d).

$$Q = 6 \times 130$$

$$780 \text{ L/d}$$

Conforme Campos (1999) é obtido uma equação para a eficiência com relação ao tempo de residência no Biorreator. Para conseguirmos uma remoção da DBO de até 85%, precisamos um tempo de residência superior a 22 horas. Portanto foi admitido um tempo de residência inicial de 24 horas e posteriormente recalculado de acordo com o volume do reator comercializado.

#### 3.1 Dimensionamento do Biorreator

-Cálculo do volume do Biorreator

Onde:

V = Volume do reator (L).

$$V = \tau \times Q$$

Para fins comerciais esse Biorreator vai ser aproximado para um volume de 1000 litros, uma vez que serão utilizado(s) 1 conjunto(s) (Biorreator / Biofiltro) totalizando 2000 litros, podendo-se visualizar as dimensões na Figura 04.

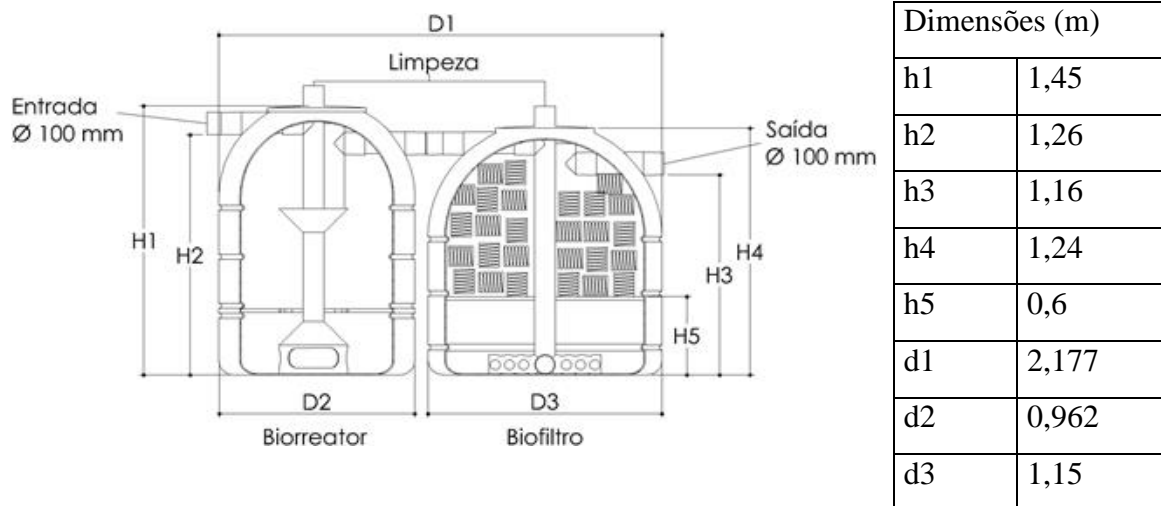


Figura 04 - Dimensões do equipamento.

-Calculando o novo tempo de residência

$$\tau_1 = V / Q$$

Onde:

$\tau_1$  = Novo tempo de residência (d).

V = Volume total do(s) reator(es) comercial(ais) (L).

Q = Vazão diária (L/d).

$$\tau_1 = 1000 / 780$$

$$\tau_1 = 1,28 \text{ d}$$

Para o cálculo da concentração de substrato é necessário verificar a classificação do gerador na NBR 13969/97, obtendo-se na Tabela 3 a contribuição de carga orgânica e a contribuição volumétrica de esgoto.

-Cálculo da concentração de substrato

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 equação:

$$S_f = \Sigma S_i * Q_i / \Sigma Q_i$$

Onde:

$S_f$  = Concentração do parâmetro na mistura (g/L).

$S_i$  = (CO/CV) concentrações iniciais de cada contribuição (g/L).

$Q_i$  = Vazões iniciais de cada contribuição (L/d).

Em termos de concentração de DBO para este caso:

$$S_{DBO} = \Sigma (CO/CV * Q) / \Sigma Q$$

$$S_{DBO} = 45 / 130$$

$$S_{DBO} = 0,346 \text{ g DBO/L}$$

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 gDQO/gDBO.

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

Onde:

$S_{DBO}$  = Concentração de DBO (gDBO/L).

$S_{DQO}$  = Concentração de DQO (gDQO/L).

$$S_{DQO} = 0,692 \text{ g DQO/L}$$

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

-Cálculo da carga orgânica diária

$$COD = S_{DBO} * Q$$

Onde:

COD = Carga orgânica diária (g DBO/d).

$S_{DBO}$  = Concentração de DBO (g DBO/L).

Q = Vazão diária (L/d).

$$COD = 0,346 \text{ g DBO/L} * 780 \text{ L/d}$$

$$COD = 269,88 \text{ g DBO/d}$$

Define-se a carga orgânica volumétrica como a quantidade (massa) de matéria orgânica aplicada diariamente ao reator por unidade de volume. Encontra-se em efluentes industriais cargas orgânicas extremamente elevadas (da ordem 45 kg DQO/m<sup>3</sup>.d) aplicadas com sucesso em instalações piloto, porém tratando-se de esgoto doméstico a carga orgânica volumétrica atinge até 3,5 kg DQO/m<sup>3</sup>.d (CAMPOS, 1999).

Para o cálculo da carga orgânica volumétrica, segundo Chernicharo (2007) temos a seguinte expressão.

- Cálculo da carga orgânica volumétrica

$$COV = (Q \times S_{DQO}) / V$$

Onde:

COV = Carga orgânica volumétrica (kg DQO/m<sup>3</sup>.d).

Q = Vazão diária (L/d).

$S_{DQO}$  = Concentração de DQO (g DQO/L).

V = Volume total do(s) biorreator(es) (L/d).

$$COV = (780 \times 0,692) / 1000$$

$$COV = 0,5398 \text{ g DQO/L.d}$$

$$COV = 0,5398 \text{ kg DQO/m}^3\text{.d}$$

A carga hidráulica volumétrica caracteriza-se pelo volume de esgotos aplicados diariamente ao Biorreator, por unidade de volume do mesmo. É encontrado na bibliografia estudos experimentais demonstrando que a carga hidráulica volumétrica não deve ultrapassar o valor de 5,0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.d (CHERNICHARO, 2007).

- Cálculo da carga hidráulica volumétrica

$$CHV = Q / V$$

Onde:

CHV = Carga hidráulica volumétrica ( $\text{m}^3/\text{m}^3.\text{d}$ ).

Q = Vazão diária (L/d).

V = Volume total do(s) Biorreator(es) (L).

$$\text{CHV} = 780 / 1000$$

$$\text{CHV} = 0,78 \text{ L/L.d}$$

$$\text{CHV} = 0,78 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$$

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.

- Cálculo da velocidade superficial de fluxo

$$v = Q/A$$

Onde:

v = Velocidade (m/h).

Q = Vazão diária (L/d).

A = Área transversal média do Biorreator ( $\text{m}^2$ ).

Definindo a área transversal como:

$$A = V/h$$

Onde:

A = Área transversal média do Biorreator ( $\text{m}^2$ ).

V = Volume do Biorreator (m/h).

h = Altura do Biorreator (m).

Substituindo na equação da velocidade,

$$v = Q * h / V$$

Como já foi definido o tempo de residência, temos:

$$\tau_1 = V / Q$$

Substituindo na equação da velocidade, obtemos:



$$v = h / (\tau_1 * 24)$$

$$v = 1,16 / (1,28 * 24)$$

$$v = 0,04 \text{ m/h}$$

- Cálculo da formação de lodo

Como no Biorreator 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  $Y = 0,10 \text{ kg SST/kg DQO}$  (Campos, 1999). E a carga de DQO aplicada no sistema é em  $\text{kg DQO/d}$ , ou seja, multiplicamos a concentração de substrato em termos de DQO e a contribuição diária de esgoto.

$$\text{COD}_{\text{DQO}} = S_{\text{DQO}} * Q$$

Onde:

$\text{COD}_{\text{DQO}}$  = Carga DQO diária ( $\text{kg DQO/d}$ ).

$S_{\text{DQO}}$  = Concentração de DQO ( $\text{g/L}$ ).

$Q$  = Vazão diária ( $\text{L/d}$ ).

$$\text{COD}_{\text{DQO}} = 0,692 * 780$$

$$\text{COD}_{\text{DQO}} = 0,54 \text{ kg DQO/d}$$

$$P_{\text{SST}} = Y * \text{COD}_{\text{DQO}}$$

Onde:

$P_{\text{SST}}$  = Produção de sólidos no sistema ( $\text{kg SST/kg DQO}$ ).

$Y$  = coeficiente de produção de sólidos ( $\text{kg SST/kg DQO}$ ).

$\text{COD}_{\text{DQO}}$  = Carga DQO diária ( $\text{kg DQO/d}$ ).

$$P_{\text{SST}} = 0,1 * 0,54$$

$$P_{\text{SST}} = 0,05 \text{ kg SST/d}$$

A concentração de lodo varia de 3 a 5% (CHERNICHARO, 2007). Em nosso

dimensionamento utilizamos o valor máximo de 5%.

Cálculo da vazão de lodo gerado por dia

$$Q_{\text{lodo}} = P_{\text{SST}} / (\rho \times \%c)$$

Onde:

$Q_{\text{lodo}}$  = Vazão de lodo diária (L/d).

$P_{\text{SST}}$  = Produção de sólidos no sistema (kg SST/kg DQO).

$$Q_{\text{lodo}} = 0,05 / (1,030 \times 0,05)$$

$$Q_{\text{lodo}} = 0,97 \text{ L/d}$$

É assumido que o volume disponível para a decantação do lodo é metade do volume do Biorreator.

$$V_{\text{acúmulo}} = V / 2$$

Onde:

$V_{\text{acúmulo}}$  = volume de acúmulo (L)

$V$  = Volume do Biorreator (L)

$$V_{\text{acúmulo}} = 1000 / 2$$

$$V_{\text{acúmulo}} = 500 \text{ L}$$

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

$$T_{\text{Limpeza}} = V_{\text{acúmulo}} / Q_{\text{lodo}}$$

Onde:

$T_{\text{Limpeza}}$  = Tempo de limpeza do biorreator (meses).

$Q_{\text{lodo}}$  = Vazão de lodo diária (L/d).

$$T_{\text{Limpeza}} = 500 / (0,97 * 30)$$

$$T_{\text{Limpeza}} = 17 \text{ meses}$$

OBS: O sistema de descarte de lodo é essencial para um bom rendimento no tratamento, pois se destina à retirada periódica do excedente de biomassa acumulada, além de retirar material inerte que possa vir acumular-se no fundo do Biorreator. A metodologia para a manutenção é descrita posteriormente no item 9.

#### 4.1 Dimensionamento do Biofiltro

-Cálculo do volume necessário do Biofiltro

Conforme descrito anteriormente, o tempo de residência é obtido de acordo com a NBR 13969/97, a única diferença que é feita da norma é o coeficiente de multiplicação, utilizando 1,1 (Anexo A), pois o material filtrante é tubos corrugados no lugar da brita.

$$V = 1,1 \times n \times CV \times \tau$$

Onde:

V = Volume do Biofiltro.

1,1 = Coeficiente de volume ocupado pelo recheio.

n = Número de ocupantes (p).

CV = Contribuição volumétrica diária por pessoa (L/d).

$\tau$  = Tempo de residência (d)

$$V = 1,1 \times (6 \times 130) \times 1,17$$

$$V = 1003,86 \text{ L}$$

Para fins comerciais esse biofiltro vai ser aproximado para um volume de 1000 L, uma vez que serão utilizado(s) 1 conjunto(s) (Biorreator / Biofiltro) totalizando 2000 L.

Não é realizado cálculos da necessidade de limpeza, pois a produção de sólidos é muito baixa, e é desnecessário realizar a retro lavagem. Através disso, é aconselhado o descarte de lodo do Biofiltro quando é feita a limpeza do Biorreator.

## 5. Eficiência do sistema

### 1.1 Sistema biorreator e biofiltro

O sistema, possui uma eficiência média entre 70% a 85% em termos de DBO, podendo chegar a níveis de eficiência de até 93%.

Através de estudos realizados pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), obteve-se curvas de eficiência representadas pelas Equações abaixo. Essas Equações possibilitam estimar as eficiências de reatores do tipo UASB tratando esgotos domésticos, em função do tempo de detenção hidráulica, para parâmetros DQO e DBO, respectivamente.

$$\begin{aligned} (DQO) &= 100 \cdot (1 - 0,68 \cdot \theta_h^{-0,35}) \\ (DBO_5) &= 100 \cdot (1 - 0,70 \cdot \theta_h^{-0,50}) \end{aligned}$$

Para tempo de detenção de 1,28 horas temos eficiência de:

$$DQO = 79,5 \%$$

$$DBO = 87,38 \%$$

As concentrações de DQO e de DBO no efluente final do Biorreator são encontradas pela equação:

$$S = S_0 - (E \times S_0)/100$$

Onde:

S é a concentração (mg/L);

S<sub>0</sub> é a concentração inicial (mg/L);

E é a eficiência;

$$S_{DQO} = 692 - (79,5 \times 692) / 100 = 141,832 \text{ mg/L}$$

$$S_{DBO} = 346 - (87,38 \times 346) / 100 = 43,6632 \text{ mg/L}$$

Para uma eficiência de 40% de remoção de DBO e 40% de DQO no Biofiltro conforme NBR 13969/97 teremos no efluente final:

$$S_{DQO} = 141,832 - (40 \times 141,832) / 100 = 85,0992 \text{ mg/L}$$

$$S_{DBO} = 43,6632 - (40 \times 43,6632)/100 = 26,1979 \text{ mg/L}$$

## 1.2 Concentração de SST no efluente final

Segundo Chernicaro (2007) uma estimativa da concentração de sólidos suspensos totais em um Biorreator pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$C_{SST} = 102 \times t^{-0,24}$$

Onde:

$C_{SST}$  = concentração de sólidos suspensos totais no efluente (mg/L);

t é o tempo de detenção hidráulica (h);

$$C_{SST} = 102 \times 30,72^{-0,24} = 44,82 \text{ mg/L}$$

Para uma eficiência de 60% de remoção de SST no Biofiltro conforme NBR 13969/97 teremos no efluente final:

$$C_{SST} = 44,82 - (60 \times 44,82) / 100 = 17,9272 \text{ mg/L}$$

## 6. Operação dos equipamentos

### 6.1 Procedimento de manutenção do Biorreator e Biofiltro

Quando atingir o tempo necessário para a limpeza do Biorreator e do Biofiltro, 17 meses, deve-se efetuar a retirada de parte do lodo acumulado ao decorrer do tempo. O procedimento é descrito abaixo:

- Retirar a tampa de inspeção;
- Abrir os canos com as marcações M e L;
- O bucal M, deixar livre para a entrada de ar;
- No bucal L, conectar a mangueira do caminhão que irá succionar o lodo decantado no biorreator, o mesmo vale para o Biofiltro;
- Efetuar a sucção;
- Colocar novamente os tampões nos canos M e L do Biorreator e Biofiltro;
- Fechar a tampa de inspeção;
- Pode-se retomar o tratamento de efluente com o sistema FIBRATEC. Pois o mesmo tem um volume máximo de descarte, mantendo uma quantidade de lodo mínima para a funcionalidade do sistema.

## 7. 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 de Biorreator e Biofiltro tem níveis de purificação de até 93%.

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

## 8. Lodo anaeróbio

O lodo retirado do sistema a cada 17 meses, deverá ser removido por caminhão fossa licenciado com disposição final adequada conforme legislação.

## 9. Efluente final

A disposição final do efluente tratado será: **SUMIDOURO CONFORME PROJETO ESPECÍFICO**

## 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. de L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. v. 5. Reatores anaeróbios. 2. ed. Minas Gerais: DESA, UFMG. 2007.

GONÇALVES, R. F. (coordenador) . Desinfecção de efluentes sanitários. Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB. 2003.

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

NBR – 7229/93. Projeto, Construção e Execução de Sistemas de Tanques Sépticos. Rio de Janeiro: ABNT. Setembro de 1993.

NBR – 13969/97. Tanques Sépticos - Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos - Projeto, Construção e Operação. Rio de Janeiro: ABNT. Setembro de 1997.

NBR – 12209/11. Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABNT. Dezembro de 2011.

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. Dissertação de mestrado, Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa. 2007.

CONAMA. RESOLUÇÃO 430/11. Condições e padrões de lançamento de efluentes. Março de 2011.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. v. 2. Princípios básicos do tratamento de esgotos. 1. ed. Minas Gerais: DESA, UFMG. 1996.

VON SPERLING M., Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. v. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Minas Gerais: DESA, UFMG. 2005.