

SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA O MUNICÍPIO DE RESTINGA SECA - RS¹

SEWAGE TREATMENT SYSTEM FOR THE CITY OF RESTINGA SECA, RS

**Fernando Ernesto Ucker², Cristian Vargas Foletto² e
Delmira Beatriz Wolff³**

RESUMO

A qualidade da água dos mananciais vem sendo afetada rapidamente nas últimas décadas devido à intensiva urbanização. Os corpos hídricos têm sido diretamente contaminados pelo descarte dos efluentes residuais, que são compostos por elevadas concentrações de matéria orgânica, organismos patogênicos e ainda nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo. No presente trabalho, apresenta-se o dimensionamento de um sistema de tratamento de esgoto proposto para o município de Restinga Seca-RS. Com base na metodologia pesquisada, foi possível identificar as etapas de tratamento a serem implantadas na estação. A estação de tratamento será constituída por tratamento preliminar, responsável por retirar o material grosseiro presente no efluente bruto, tratamento primário, o qual será composto por um decantador primário retangular, e tratamento secundário, que se dará por meio de uma lagoa de estabilização facultativa. Para municípios de baixa população e com disponibilidade de área, como Restinga Seca, o sistema proposto é interessante, principalmente por ser de fácil operação e manutenção.

Palavras-chave: aecantador primário, esgoto sanitário, lagoa de estabilização.

ABSTRACT

The water quality of the watershed has been affected rapidly in recent decades due to an intensive urbanization. Water bodies have been directly contaminated by the disposal of waste effluents, which are composed of high concentrations of

¹ Trabalho de Complementação Acadêmica - UNIFRA.

² Acadêmicos de Engenharia Ambiental - UNIFRA. E-mail: ferucker@hotmail.com; cristianfoletto@bol.com.br

³ Orientadora - UNIFRA. E-mail: delmirawolff@hotmail.com

organic matter, pathogens and even nutrients such as nitrogen and phosphorus. In this paper, it is presented the design of a wastewater treatment system proposed for the city of Restinga Seca, RS. It was possible to identify the processing steps to be implemented at the station. The treatment station is constituted by preliminary treatment, responsible for removing the coarse material present in the raw effluent, which is the primary treatment composed of a primary sedimentation rectangular. The secondary treatment is given by means of a pond with optional stabilization. For small towns like Restinga Seca, the proposed system is interesting mainly because of its easy operation and maintenance.

Keywords: *primary decanting container, sanitary sewage, stabilization pond.*

INTRODUÇÃO

A água proveniente de corpos hídricos superficiais é um bem precioso e atualmente constitui um tema de debates no mundo todo. O seu uso inadequado e a poluição de mananciais superficiais (rios e lagos) podem ocasionar a escassez de água doce em um futuro próximo. A qualidade da água vem sendo afetada rapidamente nas últimas décadas devido ao desenvolvimento caótico e desordenado da urbanização, a qual é imposta por políticas industriais e de expansão urbana incompatíveis com o desenvolvimento sustentável e, particularmente, com a proteção e manutenção da qualidade dos corpos hídricos (CONSTANZI et al., 2007). Tais corpos hídricos tem sido diretamente contaminados pelo descarte dos efluentes residuais, que são compostos por elevadas concentrações de matéria orgânica, organismos patogênicos e ainda nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo. Quando a matéria orgânica é degradada, consome muito oxigênio. Os organismos patogênicos sobrevivem e os nutrientes alimentam a flora existente que se reproduz rapidamente e em alguns casos, produzem substâncias tóxicas (VON SPERLING, 1997)

O tratamento de águas residuárias municipais tem sido focado na redução dos impactos ambientais provocados pela disposição destes efluentes em corpos hídricos. Atualmente, porém, com a escassez de água e a alteração da qualidade de mananciais, o tratamento dos efluentes pode se constituir em uma fonte de reúso indireto de água.

Neste trabalho, foi proposto o dimensionamento de um processo de tratamento do esgoto sanitário para o município de Restinga Seca-RS, visando a remoção carbonácea do esgoto e a desidratação do material sólido (lodo), o qual poderá vir a ser utilizado como um condicionador de solos.

METODOLOGIA

O MUNICÍPIO DE RESTINGA SECA

O Município está localizado na região central do Estado (Figura 1), distante 277 quilômetros de Porto Alegre por via rodoviária. Limita-se ao norte com os municípios de São João do Polêsine, Dona Francisca, a leste com Agudo, Paraíso do Sul e Cachoeira do sul. Ao Sul, com São Sepé e a oeste com Santa Maria e Silveira Martins.

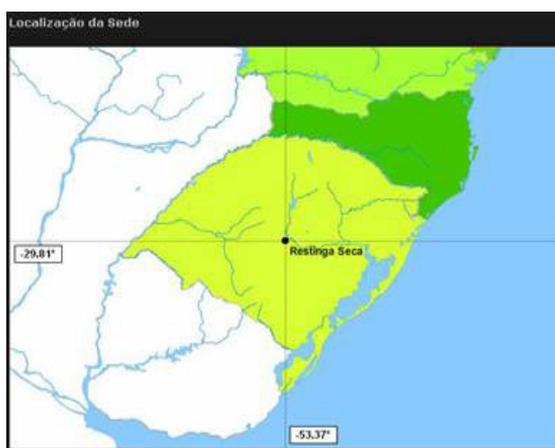


Figura 1- Localização do município de Restinga Seca, no Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: IBGE 2007.

O município de Restinga Seca localiza-se no centro do estado do Rio Grande do Sul, compreendendo uma área de 961,79 Km². A cidade representa 0,3577% da área do estado e 0,0113% do território brasileiro. Sua população, de acordo com estimativa, em 2001 era de 16.546 habitantes. A principal fonte de renda do município é a indústria moveleira e o cultivo de arroz ou soja.

ÁREA SELECIONADA PROPOSTA PARA A LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

A estação de tratamento poderá ser localizada na zona norte da cidade de Restinga Seca, próxima às margens da BR 149. O local foi selecionado por meio de mapa planialtimétrico do município, onde aproximadamente 80% do esgoto poderá ser conduzido por gravidade.

ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO

Conforme dados do IBGE (2009), a população de Restinga Seca no ano de 1991, era de 15.242 habitantes e em 2001, de 16.546 habitantes. Como o projeto prevê uma utilização deste por 20 anos, foi aplicado o método geométrico para estimar a população no ano de 2021 (Equações 1 e 2), levando em consideração que somente 50% da população total reside em área urbana.

$$Kg = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

$$Pop_{2021} = P_2 \times e^{Kg(t-t_2)} \quad (2)$$

sendo o Kg = constante de crescimento geométrico; P_2 = População no ano de 2001; P_1 = População no ano de 1991; t = Ano de 1991 e t_2 = Ano de 2001.

CÁLCULO DA VAZÃO DE CONTRIBUIÇÃO

A vazão de contribuição foi calculada com o auxílio das equações 3, 4 e 5 (VON SPERLING, 1996).

- Vazão doméstica (Q_{dom}):

$$Q_{dom} = \frac{Pop \times q \times C}{1000} \quad (3)$$

sendo o Pop = População no ano de 2021; q = Taxa de consumo *per capita* e C = Coeficiente de retorno.

- Vazão de infiltração (Q_{inf}):

$$Q_{inf} = Tx \times Extensão\ de\ Rede \quad (4)$$

sendo Tx = Taxa de infiltração;

- Vazão total a ser tratada (Q_{total}).

$$Q_{total} = Q_{dom} + Q_{inf} \quad (5)$$

Os parâmetros utilizados para o cálculo das vazões são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros adotados para cálculo da vazão e taxa de infiltração.

Parâmetro	Valor
Taxa de Consumo de água “per capita”	240 L/hab.dia
Coefficiente de Retorno	0.80 (80%)
Taxa de Infiltração	0,3 L/s.Km

DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

O sistema de tratamento de efluentes sanitários proposto prevê que este deverá ser constituído por tratamento preliminar, tratamento primário e secundário, bem como tratamento e destino final do lodo.

Tratamento preliminar

O tratamento preliminar tem por finalidade a remoção dos sólidos grosseiros e sólidos finos que são conduzidos pela rede coletora. Dessa forma, nesta etapa serão construídos sistemas de gradeamento, a fim de reter os sólidos considerados grosseiros, como garrafas plásticas e madeiras.

Após esta primeira etapa de tratamento, o efluente passará por uma caixa de areia, que é uma caixa retangular de dimensões tecnicamente calculadas de acordo com Tomaz (2005). Será construída em alvenaria impermeável. Essa caixa de areia tem por finalidade a remoção das partículas com diâmetro variando de 0.1 a 0.4 mm, que estão contidas no esgoto doméstico. O tempo de detenção do efluente nesta caixa será de 60 segundos, com velocidade horizontal de 0,30 m/s, e velocidade de sedimentação de 0,75 m/s para partículas de 15 mm de diâmetro.

Por fim, no tratamento preliminar, o esgoto escoará por uma calha Parshall, que é um dispositivo de medição da vazão, que possui a forma de um canal aberto com dimensões padronizadas de acordo com a vazão do esgoto doméstico. A água será conduzida de maneira forçada por uma garganta estreita, sendo que o nível da água a montante da garganta é o indicativo da vazão a ser medida.

Utilizando os dados da tabela 2, calculou-se então a altura máxima (Q_{max}) e altura mínima (Q_{min}) do medidor Parshall, juntamente com o rebaixamento (S)

na cota da malha (equações 6, 7 e 8 respectivamente):

$$Q_{max} = K \times H^n \max \quad (6)$$

$$Q_{max} = K \times H^n \min \quad (7)$$

$$\frac{Q_{máx}}{Q_{mín}} = \frac{(H_{mín} - S)}{(H_{máx} - S)} \quad (8)$$

sendo o $Q_{máx}$ = Vazão máxima; $Q_{mín}$ = Vazão mínima; S = Rebaixamento na cota da malha; K = Valor tabelado de acordo com a vazão e N = Valor tabelado de acordo com a vazão.

Tabela 2 - Dimensões padronizadas da calha Parshall (mm), segundo Azevedo Netto et al., (1998).

W (mm)	Vazões (l/s)		A	B	C	D	E	F	G	K'	N
	Mínima	Máxima									
76	0,85	53,8	466	457	178	259	381	152	308	25	57
152	1,52	110,4	621	610	294	393	457	305	610	76	114
229	2,55	251,9	880	864	380	575	610	305	457	76	114
305	3,11	455,6	1370	1340	601	845	915	610	915	76	229
457	4,25	696,2	1449	1420	762	1026	915	610	915	76	229
610	11,89	936,7	1525	1496	915	1207	915	610	915	76	229
915	17,26	1426	1677	1645	1220	1572	915	610	915	76	229
1220	36,79	1921	1830	1795	1525	1938	915	610	915	76	229
1525	62,80	2422	1983	1941	1830	2303	915	610	915	76	229
1830	74,40	2929	2135	2090	2135	2667	915	610	915	76	229
2135	115,4	3440	2288	2240	2440	3030	915	610	915	76	229
2440	130,7	3950	2440	2392	2745	3400	915	610	915	76	229

Tratamento primário

O tratamento primário dos esgotos objetiva, principalmente, remover sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes. Após o tratamento preliminar, o efluente será conduzido para um decantador para que os sólidos com suspensão de maior peso contidos nos esgotos possam sedimentar e fiquem depositados no fundo do decantador, desta forma constituindo o lodo primário.

Para o dimensionamento do decantador primário, utilizou-se o cálculo da área mínima (equação 6), descrita por Jordão e Pessoa (2005), admitindo-se uma taxa

de escoamento superficial de 50 m³/m².dia, e um tempo de detenção de 2 horas.

$$A = \frac{Q}{Tx} \quad (9)$$

Tratamento secundário

A remoção da matéria orgânica biodegradável contida nos sólidos dissolvidos, ou finamente particulados, eventualmente, de nutrientes, será obtida por meio de um processo biológico constituído por lagoa facultativa simples, não aerada. A matéria orgânica, na forma de sólidos em suspensão, ficará no fundo da lagoa, formando um lodo que será aos poucos estabilizado. O processo será baseado nos princípios da respiração e da fotossíntese, sendo que as algas existentes no esgoto, na presença de luz, produzem oxigênio que é liberado por meio da fotossíntese. Esse oxigênio dissolvido (OD) será utilizado pelas bactérias aeróbias durante o consumo da matéria orgânica em suspensão e dissolvida presente no esgoto.

A lagoa facultativa foi dimensionada de acordo com as equações 10, 11, 12 e 13 (VON SPERLING, 1996):

Utilizando a vazão inicial de projeto, e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de entrada para esgoto sanitário citada por Von Sperling, 1996, calculou-se a carga orgânica afluyente de DBO (C) (Equação 10):

$$C = DBO_{entrada} \times Vazão \quad (10)$$

Para o cálculo da área da lagoa de estabilização (A), foi utilizado a equação 11, com o uso da carga afluyente de DBO calculada, e adotou-se a taxa de aplicação, de acordo com Von Sperling, 1996.

$$A = \frac{C}{Taxa\ de\ Aplicação} \quad (11)$$

Após determinada a área da lagoa, foi adotada a altura (h) da lagoa, e calculado o volume total (V), por meio da equação 12:

$$V = A \times Altura\ (h) \quad (12)$$

Com o resultado do volume total (Equação 12), e utilizando a vazão de projeto, calculou-se o tempo de detenção (Td) do efluente na lagoa de estabilização, de acordo com a equação 13:

$$Td = \frac{V}{Vazão} \quad (13)$$

Tratamento e destinação do lodo gerado

O lodo, resíduo gerado após o tratamento do efluente, poderá ser reaproveitado ou descartado, de acordo com as suas características, que serão determinadas com a realização de análises físico químicas e biológicas. Para a utilização desse lodo na agricultura, devem-se analisar os parâmetros necessários preconizados na Resolução nº 375 de 2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

Na lagoa de estabilização, o lodo leva um tempo muito grande para ser retirado, podendo variar de 10 a 20 anos, dependendo do tipo de efluente. Assim, será realizada a desidratação do lodo por meio de leitos de secagem.

Para o dimensionamento do leito de secagem, utilizou-se as equações 14, 15, 16 e 17, de acordo com Jordão e Pessoa (2005):

- Cálculo do volume de lodo afluyente (V):

$$V = \frac{M}{10C} \quad (14)$$

- Volume gerado por ciclo (Vc):

$$V_C = V \times Cop \quad (15)$$

- Área de secagem (A):

$$A = \frac{V_c}{h} \quad (16)$$

- Taxa de aplicação resultante (Tx):

$$T_X = \frac{M \times Cop}{A} \quad (17)$$

sendo o M = Massa de lodo final; C = Produção de lodo; V = Volume de lodo afluyente; Cop = Quantidade de dias de ciclo de operação; Vc = Volume gerado por ciclo e h = Altura de carregamento

RESULTADOS

Utilizando a metodologia descrita por Jordão e Pessoa (2005), para a definição do dimensionamento ideal de uma estação de tratamento foram definidos os principais itens do projeto, bem como suas dimensões.

POPULAÇÃO ESTIMADA E VAZÃO DO PROJETO

As vazões de projeto foram definidas a partir da estimativa da população contribuinte à rede coletora. A população total estimada para o ano de 2021, de acordo com o método geométrico, será de 19.498 habitantes, sendo a população urbana de 9.748 habitantes.

Na tabela 3, são apresentados a população de projeto (urbana) estimada para 2021 e as vazões de projeto calculadas, utilizadas para o planejamento do sistema de tratamento de esgotos.

Tabela 3 - População e vazões estimadas.

Parâmetro	Valor
População estimada para 2021	9748 habitantes
Vazão doméstica	1.871,6 m ³ /dia
Vazão de infiltração	1.166,4 m ³ /dia
Vazão total	3.024,0 m ³ /dia

TRATAMENTO PRELIMINAR

Gradeamento Grosso

Serão utilizadas grades de barras formadas de ferro e aço, dispostas paralelamente, inclinadas com um ângulo de 45°, de modo a permitir o fluxo normal dos esgotos. Essas grades terão por finalidade a remoção dos sólidos grosseiros maiores que 40 mm que possam estar contidos no esgoto doméstico. A grade contará ainda com uma espessura entre barras de 9,5 x 50,0 mm, uma altura de 0,70m, e largura total do sistema de gradeamento grosso de 0,20m.

Gradeamento fino

Este tipo de gradeamento exercerá a mesma função do gradeamento grosso, porém, por ter um menor espaçamento entre as barras, reterá somente resíduos maiores do que 12 mm que possam estar contidos no esgoto doméstico. A inclinação destas grades será de 60°, com espessura entre barras de 6,4 x 33,1 mm. As grades terão altura máxima de 0,70m, e largura mínima de 0,20m.

Caixa de areia

O comprimento da caixa de areia projetada será de 14,60 metros, com largura de 9,69 metros, calculada com tempo de detenção do efluente de 60 segundos, com velocidade horizontal de 0,30 m/s, e velocidade de sedimentação de 0,75 m/s para partículas de 15 mm de diâmetro.

Calha Parshall

Na tabela 2, foram obtidos os valores de K e N, de 0,176 e 1,547 respectivamente. Utilizando as equações 6 e 7 foi calculado o valor de $H_{máx} = 0,513$ e $H_{mín} = 0,224$ m. Após, calculou-se o valor do rebaixamento S na cota da malha, que se deu em 0,112m².

TRATAMENTO PRIMÁRIO

Para o tratamento primário será construído um decantador primário retangular, o qual permitirá que os sólidos em suspensão, que apresentam densidade maior do que o líquido circundante sedimente gradualmente no fundo. Os sólidos sedimentados ao fundo da unidade serão continuamente raspados e direcionados ao poço de acúmulo de lodo.

Para uma taxa de escoamento superficial de 50 m³/m². dia, vazão média de 3024 m³/dia e admitindo-se ainda um tempo de detenção de 2 horas, foi obtido com o uso da equação 9, uma área de 60,5 m², com uma profundidade de 4,20 metros, com largura útil e comprimento útil de 5,5 e 11 metros respectivamente.

TRATAMENTO SECUNDÁRIO

Para o tratamento secundário, será utilizada uma lagoa de estabilização, a qual é considerada uma opção de tratamento biológico eficiente, especialmente indicada para tratar esgoto sanitário de pequenas comunidades, em função da área requerida.

As condições climáticas brasileiras são muito favoráveis para este tipo de tratamento, particularmente nas áreas onde o custo do terreno é relativamente barato.

Utilizando a vazão de projeto de aproximadamente 35 L/s, DBO total de entrada de 171,5 mg/L, a taxa de aplicação estimada em 160 Kg de DBO₅/ha. dia e adotando uma altura padrão de 2 metros, com o uso das equações 10, 11, 12 e 13, foi determinado o valor de carga afluyente de DBO (C) igual a 518,6 Kg/dia. A área da lagoa ficará em torno de 32400 m², com um volume total de 64800m³, e ainda com um tempo de detenção de aproximadamente 22 dias.

PROJETO PAISAGÍSTICO

Nos limites desta área será construída uma cerca com a utilização de materiais (madeiras, arames, pregos), além de recursos humanos. Junto a cerca será implantado um cortinamento vegetal com a utilização de 4 espécies nativas, dando preferência as que possuem folhas perenes para não prejudicar a operação do sistema. No restante da área ao redor da lagoa será plantado gramado, a fim de criar um ambiente mais agradável para os funcionários e visitantes da lagoa.

IMPERMEABILIZAÇÃO E TALUDES

A área de operação da lagoa será toda coberta por um material resistente e impermeável (manta geotêxtil), a fim de evitar a contaminação do solo e do lençol freático. Será implantado um dispositivo de concreto às margens do corpo receptor do efluente tratado e também será construída uma proteção de concreto na região de marola da lagoa facultativa, com o objetivo de proteger os taludes da erosão.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO

Propõe-se um programa de monitoramento que prevê pontos de amostragem da água tratada em 4 pontos da lagoa, assim como do efluente tratado lançado no corpo receptor. As amostras serão coletadas a cada 7 dias, analisadas e comparadas entre si, a fim de mitigar possíveis quedas de eficiência ao longo da lagoa.

TRATAMENTO DO LODO GERADO

Para qualquer reaproveitamento do lodo, deve-se, anteriormente, analisar e caracterizar estes resíduos, tendo em vista a quantidade de resíduos não biodegradáveis, ou contaminantes que não possam ser adsorvidos em algum tratamento,

ou degradados por micro-organismos. Na lagoa de estabilização, o lodo leva um tempo muito grande para ser retirado, podendo variar de 10 a 20 anos, dependendo do tipo de efluente e, geralmente, a lagoa que necessita da remoção do lodo, o efluente é desviado e a própria lagoa se torna um leito de secagem, formando a 'torta de lodo', que irá ser retirada e encaminhada corretamente.

Serão construídos 2 leitos de secagem, cada um com 770,83 m², tendo suas dimensões com 55m X 14m x 0,5m. Sendo dos 0,5 metros de altura, sobrando 0,2 m de borda livre, pois a altura do nível do leito será em 0,3 metros. Será construído um distribuidor do afluente, de forma que o lodo fique igualmente distribuído ao longo do leito de secagem, sendo de paredes de alvenaria e tubos de aço galvanizado para distribuição do lodo. As análises do lodo serão realizadas de acordo com os parâmetros descritos na Resolução n.º 375 de 2006 do CONAMA, que dispõe os critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus derivados. Se verificada a conformidade do lodo para este uso, o material será doado para os agricultores que deverão retirá-lo junto à Estação de Tratamento.

Na figura 2 apresenta-se um fluxograma do sistema de tratamento proposto:

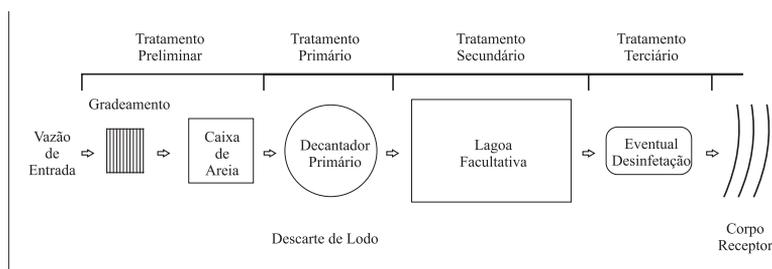


Figura 2 – Fluxograma do sistema de tratamento de esgoto proposto para o município de Restinga Seca-RS.

CONCLUSÃO

Para municípios de pequeno porte com baixa densidade demográfica, a implantação de uma estação de tratamento simples como esta apresentada, torna-se viável frente a eficiência no tratamento de efluentes este tipo de sistema pode vir a obter, mesmo com baixo requerimento de área. O sistema, desenvolvido constituído por decantador primário, seguido de uma lagoa de estabilização poderá ser muito interessante para cidades como Restinga Seca – RS, devido a facilidade de operação e manutenção e menor exigência na utilização de mão-de-obra especializada. O lodo biológico gerado possivelmente poderá ser utilizado como condicionador de solo, já que o município possui inúmeras áreas agrícolas. Porém,

haverá a necessidade de estudos quanto a composição final do lodo gerado na estação de tratamento de esgotos, para verificar o seu possível uso na agricultura.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETO, J. M. et al. **Manual de hidráulica**. 8ª Ed. – Ed Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 1998.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº 375 de 29 de agosto de 2006** – Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgotos gerados em estação de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em : <<http://www.mma.gov.br/port/conama>> Acesso em: 12 jun. 2010.

CONSTANZI, R. N. et al. **Tratamento de efluente doméstico de lodos ativados por membranas de ultrafiltração**. 2007. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR04323_COSTANZI.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#populacao>. Acesso em: 15 jun. 2009.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4ª ed.- ABES, Rio de Janeiro, 2005.

TOMAZ, P. Caixa de retenção de óleos e sedimentos. 2005. Disponível em: <<http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/NormaAguaDeChuva/NormaDownloads/Capitulo07-Captaaodeoleosegraxas.pdf>> Acesso em: 08 jun. 2009.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. v. 1 Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais , Ed. DESA-UFGM, 2. ed.; p. 243, 1996.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento Biológico de Águas Residuárias**. v. 2 – Princípios básico do Tratamento de Esgoto. Ed. DESA-UFGM. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.