

Avaliação do desempenho de um sistema de lagoas de estabilização no tratamento de esgoto doméstico, em Cuiabá/MT.

C. A. M. Destro*, E. B. N. R. Lima*, J. B. Lima*

*Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Avenida Fernando Corrêa, s/n, Coxipó, Cuiabá/MT, 78060-900.
(E-mail: eng.destro@gmail.com; elianar@cpd.ufmt.br; jblima@cpd.ufmt.br)

Resumo: O presente trabalho objetivou avaliar o desempenho do sistema de tratamento de esgotos, no bairro CPA III em Cuiabá/MT, constituído de uma lagoa facultativa e duas lagoas de maturação; para tal, foram realizadas coletas quinzenais durante o período de julho de 2006 a janeiro de 2007. Se detectou uma grande interferência de águas pluviais na rede de esgotamento sanitário, embora esta seja do tipo separador absoluto. As reduções foram de 64% para a DQO, 71% para a DBO e 58% para SST resultando num efluente com concentrações acima do recomendado pela DN 10/86 COPAM/MG. Quanto aos nutrientes, as eficiências foram 75%, 83% e 34% para NTK, N-amoniacal e Fósforo total, respectivamente. No que diz respeito às variáveis microbiológicas as remoções foram de 2,8 unidades log e 4,7 unidades log para Coliformes totais e *E. coli*, respectivamente. Faz-se necessário uma melhor manutenção do sistema a fim de melhorar a qualidade do efluente, bem como um pós-tratamento visando a remoção de nutrientes e de SST.

Palavras-chave: CPA III, eficiência, esgoto doméstico, lagoas de estabilização.

INTRODUÇÃO

Embora sejam amplamente reconhecidos os problemas provenientes do lançamento indiscriminado de águas residuárias nos corpos d'água, segundo Pereira (2003), são poucos os municípios que desenvolveram atividades integradas para a estruturação correta de sistemas de tratamento, o que explica o atual déficit de saneamento observado na maioria dos municípios brasileiros. No caso do município de Cuiabá/MT, dados do Ministério das Cidades (2007) mostram que o índice de coleta de esgoto é de 62,3%, sendo que apenas 50% do montante coletado recebe tratamento antes de ser encaminhado ao destino final. Soma-se a isto estações de tratamento com baixo desempenho operacional e/ou inoperantes.

Muitos sistemas diferentes têm sido empregados na depuração de efluentes domésticos. Os métodos de tratamento convencionais utilizados em países desenvolvidos consomem grandes quantidades de energia, além de utilizar equipamentos eletromecânicos sofisticados e caros e necessitar de técnicos especializados para a correta manutenção e operação, tornando sua utilização bastante restrita em algumas regiões (Mendonça, 2000). Nestes casos, as lagoas de estabilização constituem uma das técnicas de tratamento mais empregadas, especialmente quando o custo das áreas para implantação é baixo (Abbas *et al*, 2006). Para as condições do Brasil e da América Latina em geral, tais sistemas são uma forma de tratamento bastante adequada, uma vez que dispomos de climas favoráveis e grande extensão de áreas planas, sendo que a experiência já alcançada indica as lagoas de estabilização uma solução amplamente aceitável (Jordão & Pessôa, 2005).

Entretanto, a simplicidade conceitual das lagoas de estabilização traz como consequência a própria simplicidade dos procedimentos de operação e manutenção, o que pode ser um meio caminho para o descaso com a estação e com o processo (von Sperling, 2002). Mara (1987), ressalta que é muito comum encontrar lagoas de estabilização mal projetadas e/ou em mal estado de conservação resultando em efluentes de qualidade ruim. Ainda segundo o autor, muitas vezes a qualidade ruim

do efluente é resultado de sobrecargas do sistema, muito embora a literatura (Horan 1990; Crites & Tchobanoglous, 1998) aponte as lagoas de estabilização como sistemas bastante resistentes tanto a sobrecargas orgânicas quanto hidráulicas.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência de um sistema de lagoas de estabilização constituído de uma lagoa facultativa e duas lagoas de maturação em série, operando sob condições de clima tropical, além de comparar a qualidade do efluente do sistema com os padrões da Deliberação Normativa 10/86 COPAM/MG.

METODOLOGIA

O sistema de lagoas de estabilização objeto do presente trabalho, localiza-se no bairro CPA III, em Cuiabá/MT, e é operado pela Companhia de Saneamento da Capital (SANECAP). O sistema é constituído por uma lagoa facultativa e duas lagoas de maturação em série, que tratam os esgotos provenientes dos bairros CPA II, CPA III e parte do CPA IV e Novo Mato Grosso, atendendo a um total de 42,3 mil habitantes. A Tabela 1 resume as principais características de cada unidade do sistema.

Tabela 1. Principais características das unidades constituíntes do sistema.

Características	Lagoa Facultativa	Lagoa de Maturação I	Lagoa de Maturação II
Área superficial (ha)	6,67	3,27	3,27
Profundidade (m)	1,25	0,90	0,90
Volume (m ³)	83.314,1	29.443,9	29.443,9
TDH ¹ (dias)	17,7	6,2	6,2
Vazão média afluente (m ³ /d)	4.713,07	4.713,07	4.713,07

¹Tempo de Detenção Hidráulica

As coletas e análises foram realizadas quinzenalmente durante o período de julho de 2006 a janeiro de 2007, totalizando 12 amostragens. Além das medidas de vazão realizadas nas coletas, obteve-se os dados de vazão afluente referente ao monitoramento diário realizado pela SANECAP; à partir destes dados se determinou a vazão média afluente ao sistema. Não obstante, se realizou um monitoramento da vazão durante 24h, em janeiro de 2007.

Foram realizadas análises físico-químicas de DBO_{5,20}, DQO total e filtrada, sólidos, NTK, N-amoniacal e fósforo total nos pontos 1, 2, 3 e 4 e análises microbiológicas de Coliformes totais e *E. coli* nos mesmos pontos, mostrados na Figura 1.

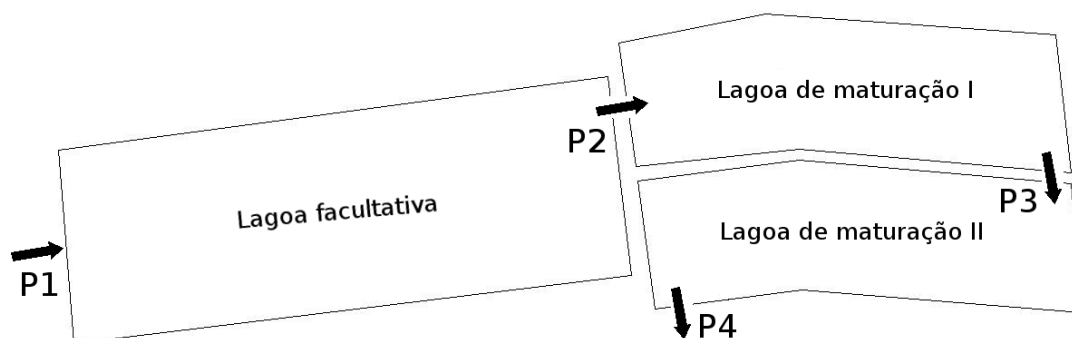


Figura 1. Esquema geral das lagoas de estabilização e pontos de coleta.

As coletas foram realizadas, no período da manhã entre as 8:30h e 10:30h aproximadamente. Nos mesmos pontos foram realizadas medidas de pH, temperatura e oxigênio dissolvido (OD). As amostras foram analisadas nos laboratórios de físico-química e de microbiologia do Departamento de Engenharia Sanitária-Ambiental (DESA) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). As análises seguiram os métodos e recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1998).

A Deliberação Normativa 10/86 COPAM/MG serviu de referência para os padrões de lançamento de efluentes uma vez que o estado de Mato Grosso não possui padrões próprios de lançamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vazão afluente

A partir do monitoramento realizado em janeiro de 2007, obteve-se a variação durante 24 horas da vazão afluente ao sistema e a vazão média do dia, que podem ser observadas na Figura 2.

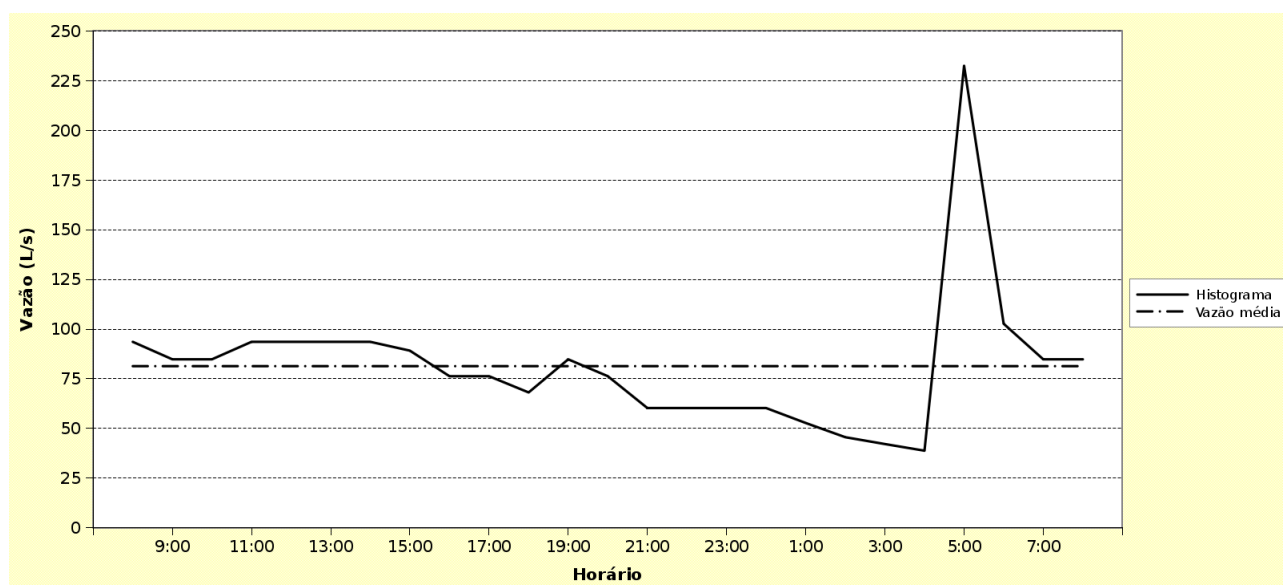


Figura 2. Hidrograma da vazão afluente ao sistema de tratamento.

Como se pode observar, o hidrograma de vazão afluente ao sistema é bastante característico, seguindo as tendências normalmente encontradas em função da utilização de água no meio urbano. Entretanto, no período entre as 4:00h e 5:00h da manhã a vazão sofreu uma elevação brusca, atingindo mais de 200 L/s. Esta elevação de vazão se deu em função de uma chuva que ocorreu neste período, o que indica uma grande contribuição de água pluviais na rede de esgotamento sanitário, muito embora o sistema seja do tipo separador absoluto. Azevedo Netto *et al* (1983) *apud* Tsutiya & Sobrinho (1999) notam que este tipo de contribuição faz com que os esgotos apresentem variados graus de diluição prejudicando o tratamento. Considerando a vazão média no dia no monitoramento, o TDH da lagoa facultativa foi reduzido para 12 dias enquanto nas lagoas de maturação o TDH foi reduzido para 4,2 dias.

Ressalta-se que Oliveira & von Sperling (2005) avaliaram 166 estações de tratamento de esgotos e verificaram que muitos sistemas operavam em condições de sobrecarga hidráulica, mas notaram que a influencia do TDH na eficiência dos sistemas era baixa, e recomendaram a avaliação individual de cada sistema uma vez que o mau desempenho é resultado de fatores diversos. No caso do sistema de tratamento objeto do presente trabalho, se observou que o tratamento preliminar

(gradeamento, caixa de areia) deixou de funcionar adequadamente devido à elevação de vazão, uma vez que o esgoto atingiu uma cota acima da grade, além de passar acima do sistema de fechamento do segundo desarenador.

Remoção de matéria orgânica e sólidos

De maneira geral, o sistema não apresentou remoções satisfatórias de matéria orgânica, não atingindo as eficiências típicas reportadas em literatura. Apenas em 4 coletas os valores de $DBO_{5,20}$ estiveram abaixo dos 60mg/L recomendado pela DN 10/86 COPAM/MG. No caso da DQO, em nenhuma coleta se obteve efluente com concentração abaixo de 90mg/L, valor recomendado pela DN 10/86 COPAM/MG.

Calculando-se a eficiência na remoção de DQO efetivamente removida (Equação 1), ou seja, desconsiderando-se a DQO produzida no sistema em função da proliferação de algas, apenas em 4 coletas a concentração de DQO teria ultrapassado o limite de 90mg/L, e a eficiência de remoção de DQO seria da ordem de 90%, evidenciando que uma possível remoção de algas (SST) do efluente poderá melhorar consideravelmente sua qualidade.

$$DQO (\%) = \frac{(DQO_{total\ afl} - DQO_{filtrada\ efl})}{DQO_{total\ afl}} \quad \text{(Equação 1)}$$

A Figura 3, apresenta o comportamento das variáveis, DQO e DQO filtrada, $DBO_{5,20}$, e dos sólidos em suspensão totais (SST) durante o período de monitoramento. As eficiências médias de remoção para estas variáveis são apresentadas na Tabela 2.

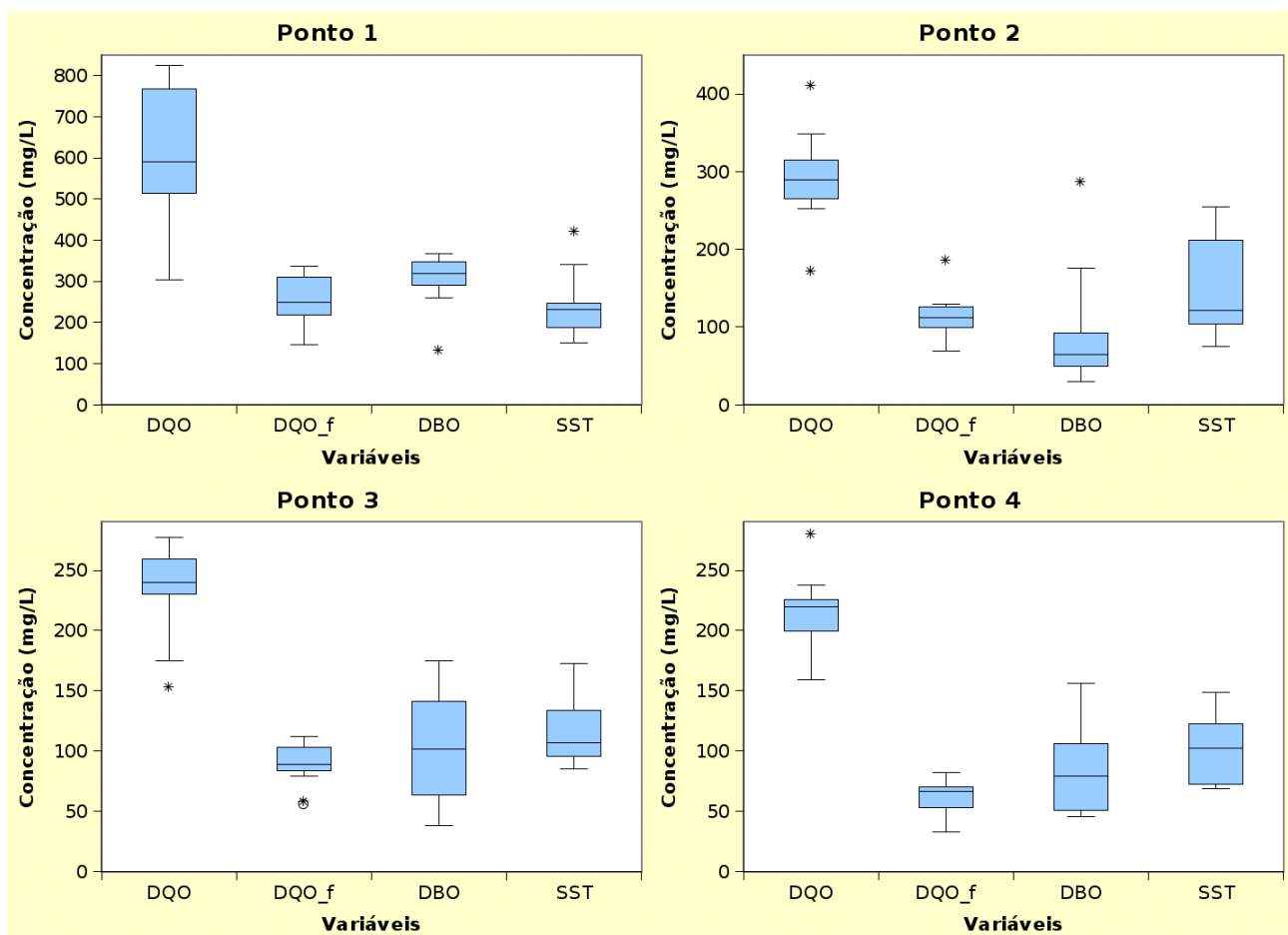


Figura 3. Comportamento das variáveis DQO, DQO_f, $DBO_{5,20}$ e SST, nos pontos de amostragem.

Com relação aos SST, as concentrações no efluente são consideravelmente altas, da ordem de 100mg/L. Embora ocorra uma redução na lagoa facultativa, nas lagoas de maturação a concentração permanece praticamente inalterada. Kellner & Pires (1998) e Middlebrooks (1995) citam o crescimento algal associado às lagoas como responsável pelas altas concentrações de sólidos suspensos e, conseqüentemente, pelo aumento da concentração de matéria orgânica biodegradável, que irá, segundo Gschlößl *et al.* (1998), exercer uma demanda de oxigênio no corpo receptor devido à degradação microbiológica.

Tabela2. Eficiência média de remoção de cada unidade e eficiência global de remoção.

Variável	Lagoa Facultativa	Lagoa de Maturação I	Lagoa de Maturação II	Eficiência Global de remoção
DQO	51,63%	20,45%	7,45%	64,38%
DBO	69,14%	-10,8%	16,6%	71,48%
SST	38,04%	23,11%	11,71%	57,94%

Remoção de nutrientes, coliformes totais e *E. coli*

As concentrações médias de nutrientes (NTK, N-amônia e Fósforo Total), coliformes totais (C.T) e *E. coli* são apresentadas na Tabela 3. As concentrações de NTK e N-amônia no esgoto bruto estão acima das faixas típicas para esgoto doméstico citadas por von Sperling (2005), porém há uma boa eficiência de remoção de ambas as variáveis, 75,4% e 83,7% respectivamente. O pH nas lagoas raramente esteve abaixo de 7, com valor mínimo de 6,86 (no P2) e um máximo de 9,52 (no P4), sendo este fator responsável, provavelmente, pela boa remoção de N-amônia no sistema. Porém, ressalta-se que em função da alta concentração de entrada, em nenhuma coleta o valor mínimo de lançamento recomendado na DN 10/86 COPAM/MG (5mg/L) foi atingido, sendo, em média, lançado o dobro do valor máximo permitido.

Tabela3. Concentração média das variáveis NTK, N-amônia, P_{total}, C.T e *E. coli*.

Ponto de Amostragem	NTK (mg/L)	N-amônia (mg/L)	P _{total} (mg/L)	C.T (NMP/100ml)	<i>E. coli</i> (NMP/100ml)
P1	79,4	62,2	6,9	1,59×10 ⁸	1,74×10 ⁷
P2	47,1	30,9	4,4	4,16×10 ⁶	2,94×10 ⁵
P3	28,3	16,7	4,6	1,66×10 ⁶	1,29×10 ⁴
P4	19,5	10,1	4,5	2,51×10 ⁵	3,66×10 ²

Quanto à remoção de fósforo, esta é mais significativa na lagoa facultativa onde apresenta uma eficiência de 35,65%. Esta remoção está, provavelmente, relacionada a sedimentação da matéria orgânica carbonácea e conseqüentemente do fósforo particulado (P – particulado). A remoção de fósforo devido a precipitação de fosfatos nas lagoas de maturação não ocorreu, o que era esperado tendo em vista que o pH raramente foi maior que 9, apenas nos dias nos dias 13 de setembro de 2006 e 18 de dezembro de 2006.

A remoção de Coliformes Totais (C. T) pelo sistema foi igual a 2,8 unidades log (99,842%), o que está abaixo do limite inferior para a eficiência referida na literatura (3 a 6 unidades log); a remoção de *E. coli* foi consideravelmente maior, atingindo 4,7 unidades log (99,998%). As maiores eficiências de remoção foram conseguidas na lagoa facultativa. Como se pode observar na Tabela 3, a concentração média de C. T no efluente do sistema é bastante elevada.

CONCLUSÕES

Os resultados indicam que o sistema estudado no presente trabalho não atingiu de maneira eficaz aos objetivos do tratamento. É provável que a grande influencia de águas pluviais na rede de esgotamento sanitário prejudique o sistema, principalmente nos meses mais críticos em que a intensidade de chuvas na região é maior (outubro a março). Além dos possíveis problemas inerentes à diminuição do TDH, o carreamento de sólidos inertes para a lagoa facultativa pode causar assoreamentos e o surgimento de bancos de areia dentro da lagoa, prejudicando o seu funcionamento. O fato do sistema não estar operando de maneira satisfatória é bastante significativo uma vez que a região é bastante propícia à implantação de tais sistemas (clima tropical), evidenciando o fato reconhecido de que embora os sistemas de lagoas de estabilização sejam relativamente simples, devem ser operados corretamente e sofrer manutenção constante.

Os dados indicaram que o não atendimento aos padrões de lançamento no que diz respeito às variáveis DQO, DBO_{5,20} e SST, evidenciam um problema inerente aos sistemas de lagoas de estabilização que é a grande proliferação algal, fazendo com que a concentração de SST no efluente do sistema atinja valores superiores a 100mg/L. Um pós-tratamento do efluente do sistema, objetivando a remoção de SST, além de nutrientes, poderia minimizar os impactos negativos no corpo receptor.

Tendo em vista os resultados apresentados no presente trabalho, a SANECAP iniciou uma série de reformas no sistema, dentre elas: o tratamento preliminar foi melhorado, a lagoa facultativa foi desassoreada e os taludes, tanto da lagoa facultativa quanto das lagoas de maturação, foram reformados. O sistema de entrada das lagoas de maturação foi reformado visando uma melhor distribuição do efluente nas lagoas. Além disso, uma pequena parte do efluente das lagoas de maturação passará por um pós-tratamento visando a remoção de algas e o efluente será utilizado para fertirrigação. Em parceria com a UFMT e com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) será implantado na área das lagoas um sistema de *Wetlands*, em escala piloto, visando a remoção de algas e nutrientes; também está previsto a implantação de canteiros fertirrigados para o desenvolvimento de pesquisas no âmbito do reúso de efluentes.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, H.; NASR, R.; SEIF, H.; Study of waste stabilization pond geometry for the wastewater treatment efficiency. (2006). *Ecological Engineering*, (28), 25-34.
- CRITES, R.; & TCHOBANOGLOUS, G.; *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. (1998). McGraw-Hill. p.1084.
- GSCHLÖBL, T., STEINMANN, C., SCHLEYPEN, P., MELZER, A. Constructed wetlands for effluent polishing of lagoons. (1998). *Water Resources*, **32** (9), 2639-2645.
- HORAN, N. J.; *Biological wastewater treatment systems: theory and operation*. (1990) Wiley & Sons, Chichester. 310p.
- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A.; *Tratamento de Esgotos Domésticos*. (2005). 4a. ed.; Rio de Janeiro. 932p.
- KELLNER, E.; PIRES, E. C.; *Lagoas de Estabilização: projeto e operação*. (1998). Rio de Janeiro: ABES. 244p.
- MARA, D. D.; Waste stabilization ponds: Problems and controversies. (1987). *Water Quality International*. (1), 20-22.
- MENDONÇA, S. R.; *Sistemas de Lagunas de Estabilización: Cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de regadío*. (2000). McGraw-Hill, Bogotá. p.370.
- MIDDLEBROOKS, E. J. Upgrading pond effluents: an overview. (1995). *Water Science and Technology*, **31**(12), 353-368.

- MINISTÉRIO DAS CIDADES; *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2006*. (2007). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento SNIS. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor de Saneamento. 166p.
- OLIVEIRA, S. M. A. C.; von SPERLING, M.; Avaliação de 166 ETES em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 2: influência de fatores de projeto e operação. (2005). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Oct./Dec., vol.10, no.4, 358-368.
- PEREIRA, J. A. R.; Saneamento em Áreas Urbanas. (2003). In: Pereira, J. A. R.; *Saneamento Ambiental em Áreas Urbanas: Esgotamento Sanitário na Região Metropolitana de Belém*. UFPA/NUMA, EDUFPA, Belém, 23-36.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998). 20th ed, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA.
- TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A.; *Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário*. (1999). 1a ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 548p.
- von SPERLING, M.; *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. (2005). 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 452p.
- von SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lagoas de Estabilização*. (2002). 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 196p.