

## II- 445 - PARÂMETROS DETERMINANTES DE OPERAÇÃO E MONITORAMENTO DO PROCESSO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL – (ESTUDO DE CASO – ETE APAC)

**Sandra Parreiras Pereira Fonseca<sup>(1)</sup>**

Doutora em Recursos Hídricos e Ambientais e Mestre em Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal de Viçosa. MBA em Gestão de Negócios pela UNIVIÇOSA. Graduada em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia Kennedy. Coordenadora de Operação de Estações de Tratamento de Esgoto da Divisão de Tratamento de Efluentes – DVTE, da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

**Sirlei Geraldo de Azevedo**

Especialista em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Especialista em Engenharia da Qualidade (PUC Minas). Graduado em Engenharia Química pela UFMG. Engenheiro Químico e Coordenador do Laboratório de Esgoto da Divisão de Tratamento de Efluentes – DVTE, da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

**Maria Letícia de Castro**

Graduada em Farmácia e Bioquímica pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Analista de Saneamento da Divisão de Tratamento de Efluentes – DVTE, da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Gomes Barbosa, 79- Apto 200 – Centro - Viçosa - MG - CEP: 36570-000 - Brasil - Tel: (31) 3891-1044 - e-mail: [sandra.parreiras@copasa.com.br](mailto:sandra.parreiras@copasa.com.br) ou [sarsan2006@hotmail.com](mailto:sarsan2006@hotmail.com)

### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a evolução de remoção de material orgânico e de nutrientes – nitrogênio e fósforo, ao longo do dia, no processo de disposição no solo pelo método de escoamento superficial. O trabalho foi conduzido na Estação de Tratamento de Esgoto da COPASA – ETE APAC, constituída de tratamento preliminar e UASB seguido do escoamento superficial. O processo de escoamento superficial, com vazão média de  $0,5 \text{ L.s}^{-1}$  e taxa de aplicação de  $0,067 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ , é composto de duas faixas de tratamento de 27 m de largura por 37 m de comprimento, com declividade de 5%, sendo uma em operação e outra de reserva, cultivadas com a cultura nativa da região. Foram realizadas coletas do afluente e efluente na ETE, mensais nos horários de 9:00, 12:00 e 15:00 horas e submetidas as análises de DBO, DQO, SST, N-Amoniacal e P-Total. O processo de tratamento do tipo reator UASB seguido de escoamento superficial foi muito eficiente na remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos, atendendo a legislação vigente. A remoção de nutrientes atinge níveis citados na literatura (von Sperling, 2005). O processo reator UASB tende acumular a concentração de N-amoniacoal e manter constante a de P-total, não recomendando o uso desse processo sem tratamento secundário. A remoção de N-amoniacoal no escoamento superficial foi maior no período da manhã, assim sendo, recomenda-se turno de rega diário entre faixas.

**PALAVRAS-CHAVE:** operação e monitoramento, material orgânico, nutrientes, disposição no solo

### INTRODUÇÃO

A partir da década de 80, as empresas de saneamento básico do Brasil vêm implantando Estações de Tratamento de Esgoto – ETE pelo método do escoamento superficial em todo o país, como proposta de saneamento rural de baixo custo e reúso na agricultura. Por ser um processo recente, torna-se necessário pesquisar a melhor forma de operação e monitoramento desta técnica de tratamento, de maneira a subsidiar a elaboração de projetos, otimização de custos com a implantação de novas unidades e delinear novos indicadores operacionais.

A aplicação do esgoto doméstico sobre a superfície do solo como processo de tratamento possibilita a remoção dos poluentes por meio de mecanismos de ordem física (sedimentação, filtração, radiação, volatilização e desidratação), química (oxidação e reações químicas, precipitação, adsorção e troca iônica) e biológica (absorção, biodegradação e predação). Além do efeito depurador do esgoto, essa prática proporciona o suprimento de nutrientes e água para as culturas e a adição de matéria orgânica no solo (Fonseca, 2007).

A matéria orgânica se adere ao filme biológico, onde ocorre a degradação aeróbica pelos organismos aeróbios e, à medida que estes crescem, a espessura da camada biológica aumenta. O oxigênio é consumido antes de atingir as camadas mais internas, que passam a se comportar anaerobicamente (Arceivala, 1981; Pessoa e Jordão, 1982, Von Sperling, 1996 e Brix, 1987, citado por FONSECA 2008).

A remoção de nitrogênio depende de fatores como a espessura do filme biológico, textura, estrutura e conteúdo orgânico do solo, tempo de detenção, frequência de aplicação, tipo e quantidade da cobertura vegetal (Wightman et al., 1983).

O nitrogênio orgânico coloidal e suspenso é removido por sedimentação e filtração; posteriormente, a maior parte do N-amoniaco é removido, inicialmente, por troca iônica na superfície do solo; o N-amoniaco é nitrificado durante a fase de secagem do solo e de aplicação do esgoto, quando o solo apresentar condições aeróbicas. Parte do nitrato formado durante a fase de secagem pode ser desnitrificada, se existirem condições anaeróbicas em parcelas do solo. O nitrato remanescente parte acompanha o efluente e parte é absorvida pela cultura (Fonseca, 2007). O fato de a desnitrificação exigir maior quantidade de carbono como fonte de energia exalta a melhor eficiência do processo com o tratamento de esgoto bruto, em que existe maior proporção de carbono para nitrogênio (Paganini, 1997).

O fósforo pode ocorrer na natureza como fósforo inorgânico e orgânico, ligado à matéria orgânica e no protoplasma celular, como fosfatos inorgânicos complexos (polifosfatos), a exemplo dos utilizados em detergentes, e como ortofosfato inorgânico solúvel, que é o produto final do ciclo do fósforo, sendo a forma disponível para o metabolismo microbiano. Pode ser altamente adsorvido pela maioria dos solos. Sua concentração tende a ser alta nas primeiras camadas do perfil do solo e pequena nas profundidades maiores (Miranda et al., 2002).

A remoção do fósforo no sistema de escoamento superficial dá-se por meio da adsorção no solo e da absorção pelas plantas e pela população microbiana. O fósforo ocorre, principalmente, na forma de ortofosfato e é adsorvido por minerais argilosos e na matriz de certos solos orgânicos, o que o torna resistente à lixiviação (Wightman et al., 1983 e Metcalf e Eddy, 1985).

É sabido que, os nutrientes fósforo e nitrogênio são os principais causadores de impactos em águas superficiais, podendo ocasionar a eutrofização do meio; neste contexto o presente trabalho tem como objetivo avaliar a evolução de remoção de material orgânico e de nutrientes – nitrogênio e fósforo, ao longo do dia, no processo de disposição no solo pelo método de escoamento superficial, visando melhorias operacionais e de monitoramento da ETE – APAC que atende a Associação de Proteção e Assistência ao Condenado – Santa Luzia.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Estação de Tratamento de Esgoto – ETE APAC, constituída de tratamento preliminar (gradeamento, caixa de areia e medidor tipo calha Parshall); tratamento primário do tipo reator anaeróbio - UASB; e tratamento secundário pelo método do escoamento superficial – overland flow (OF), duas faixas de tratamento. A ETE – APAC é localizada no município de Santa Luzia, MG, latitude 19°46'11" sul e uma longitude 43°51'05" oeste, altitude de 751 metros (Figura 1). O esgoto do efluente do UASB, que foi aplicado nas faixas de tratamento, é proveniente da Associação de Proteção e Assistência ao Condenado, localizado na cidade de Santa Luzia.

O processo de tratamento por escoamento superficial é composto de duas faixas de tratamento de 27 m de largura por 37 m de comprimento, com declividade de 5%, sendo uma em operação e outra de reserva, cultivadas com a cultura nativa da região. O efluente do reator UASB é distribuído nas faixas de tratamento

por intermédio de tubulação em PVC de diâmetro 100 mm perfuradas, aplicando a vazão média de  $0,5 \text{ L.s}^{-1}$ , e taxa de aplicação de  $0,067 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ , durante o período de 24 horas diariamente.



Figura 1 – Vista da ETE APAC – Tratamento preliminar, UASB seguido de OF.

Para avaliação da eficiência da ETE e atendimento à legislação foram realizadas coletas de amostras simples, mensais nos horários de 9:00, 12:00 e 15:00 horas e submetidas as análises de DBO, DQO, SST, Nitrogênio amoniacal e fósforo total afluente da estação (esgoto bruto) e efluente (da disposição no solo), no período de julho/2009 a julho/2010. As análises foram realizadas conforme recomendações do Standard Methods...– APHA (2005).

As faixas cultivadas com a vegetação nativa, não sofreram nenhum tipo de corte da cultura durante a coleta de dados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1, estão representados os valores médios dos parâmetros de monitoramento da ETE APAC, no período de julho/2009 jan/2010, referente as coletas das 9, 12 e 15 horas no afluente do Sistema (UASB + OF), no efluente do reator UASB e no efluente do escoamento superficial.

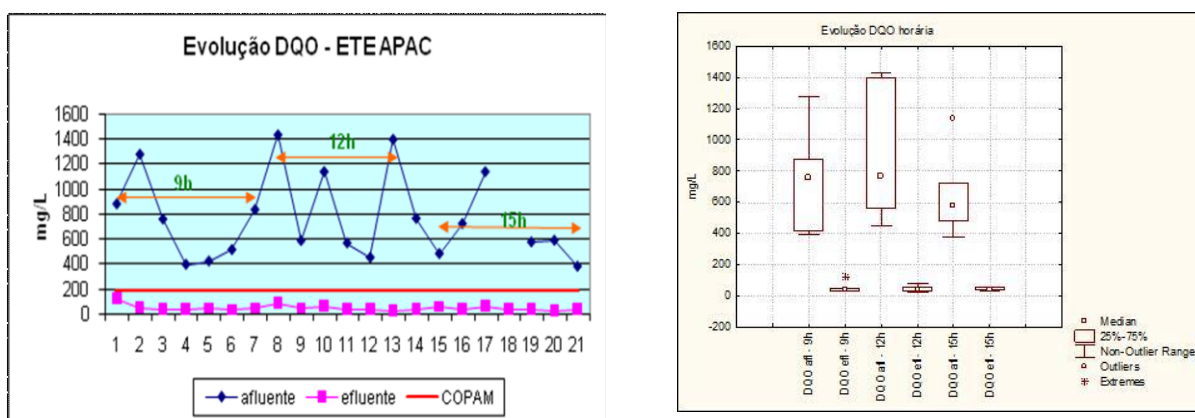
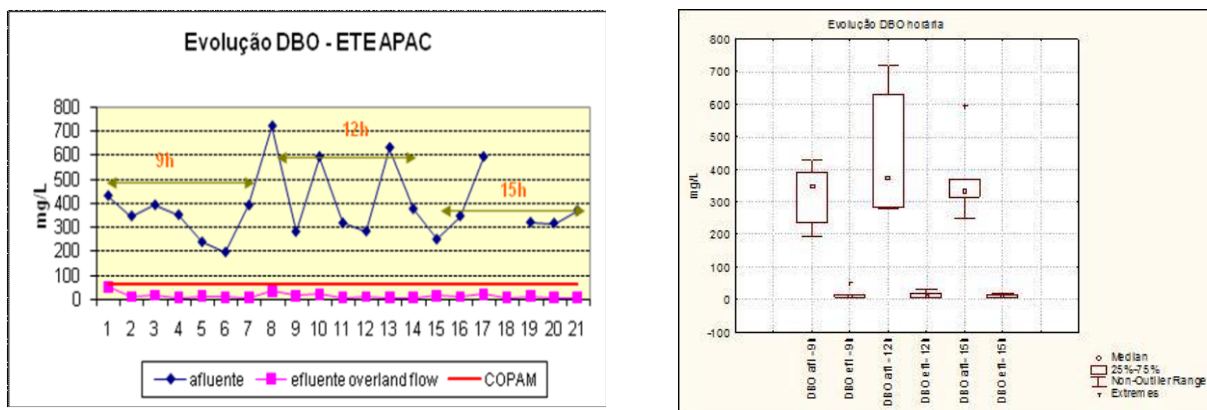
Quadro 1 – Valores médios dos parâmetros de monitoramento da ETE APAC

Parâmetros	Afluente do Sistema	Efluente do UASB	Efluente do OF	Sistema	UASB	OF
	----- Concentrações ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) -----			----- Eficiência (%) -----		
DBO	$385 \pm 61,50$	$59 \pm 1,01$	$13 \pm 1,54$	97	85	78
DQO	$758 \pm 95,53$	$211 \pm 14,56$	$45 \pm 2,70$	94	72	84
SST	$312 \pm 92,17$	$73 \pm 7,37$	$37 \pm 5,11$	85	77	49
N-amoniacal	$20,1 \pm 3,53$	$34,5 \pm 0,79$	$15,2 \pm 4,95$	56	(75)	57
P-total	$4,1 \pm 0,55$	$4,7 \pm 0,73$	$2,63 \pm 0,18$	38	0	40

Os valores médios diários da concentração de DBO do afluente e efluente do sistema da ETE (UASB+OF) foram de  $385 \pm 61,50 \text{ mg.L}^{-1}$  e de  $13 \pm 1,54 \text{ mg.L}^{-1}$  (Quadro 1), respectivamente, correspondente a eficiência média de remoção de DBO de 97%. Já as concentrações de DQO foram de  $758 \pm 95,53 \text{ mg.L}^{-1}$  e  $45 \pm 2,70 \text{ mg.L}^{-1}$  (Quadro 1), correspondente ao afluente e efluente da ETE, respectivamente, reduzindo a 94 % a qualidade do efluente gerado. Observa-se que o processo UASB foi de  $211 \pm 14,56 \text{ mg.L}^{-1}$ , acima da concentração de  $180 \text{ mg.L}^{-1}$ , recomendado pela deliberação normativa do COPAM No.001/2008.

Nas Figuras 2 e 3 pode-se observar pelos gráficos de série temporal que no período das 12 h temos picos de DBO e DQO provavelmente ocasionado pela limpeza das cozinhas da Associação de Proteção e Assistência ao

Condenado e conseqüentemente maiores cargas orgânicas podendo ser confirmado pelos gráficos Box e Whiskers que através dos percentis de 25 e 75% extratificados pelos horários analisados, além da maior dispersão dos valores máximos e mínimos observados. Apesar disso as concentrações do efluente mantêm-se constantes com valores abaixo de 60 mg.L<sup>-1</sup> para DBO e de 180 mg.L<sup>-1</sup> para DQO atendendo a deliberação normativa do COPAM No.001/2008



Os valores médios diários da concentração de Sólidos Suspensos Totais do aflúente e do efluente da ETE (UASB+OF) foram de 312 ± 92,17 mg.L<sup>-1</sup> e de 37 ± 5,11 mg.L<sup>-1</sup> (Quadro 1), respectivamente, correspondente a eficiência média de remoção de SST de 85 %. Observa-se que o reator UASB, a concentração foi de 73 ± 7,37 mg.L<sup>-1</sup>.

Observa-se na Figuras 4, que a concentração de sólidos suspensos totais do aflúente tende a reduzir ao longo do dia, enquanto a concentração do efluente manteve-se praticamente constante, com valores abaixo de 100 mg.L<sup>-1</sup>, atendendo a deliberação normativa do COPAM No.001/2008.

Os valores médios diários da concentração de N-amoniaco do aflúente e do efluente da ETE (UASB+OF) foram de 20,1 ± 3,53 mg.L<sup>-1</sup> e de 15,2 ± 4,95 mg.L<sup>-1</sup> (Quadro 1), respectivamente, correspondente a eficiência média de remoção de N-amoniaco de 56 %.

Observa-se no Quadro 1, o acúmulo de 20,1 ± 3,53 para 34,5 ± 0,79 mg.L<sup>-1</sup> na concentração de N-amoniaco no efluente do processo UASB, não sendo recomendado a implantação desse processo sem tratamento secundário.

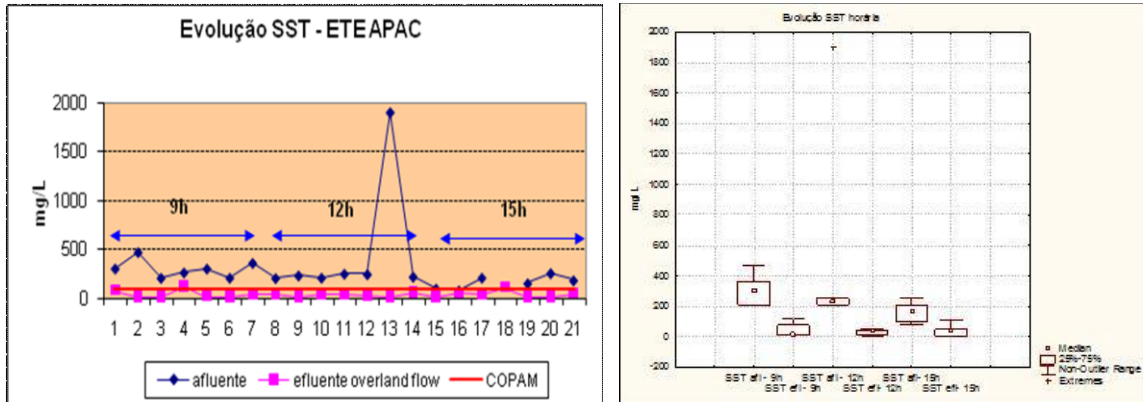


Figura 4 – Remoção de SST ao longo do dia.

Observa-se na Figura 5, que no período da manhã a remoção de nitrogênio é menor que o da tarde. Ao longo do dia a concentração de N-amoniaco do efluente do UASB tende a diminuir, devido a desnitrificação e já do efluente do escoamento superficial a reduzir devido a nitrificação durante a fase de secagem do solo e de aplicação do esgoto.

Segundo recomendações de Metcalf e Eddy (2003) o valor médio diário mínimo é de 30 mg.L<sup>-1</sup> para que o efluente seja lançado em corpos de água, sem contribuir para o crescimento de algas e, conseqüentemente, propiciar a eutrofização do corpo receptor.

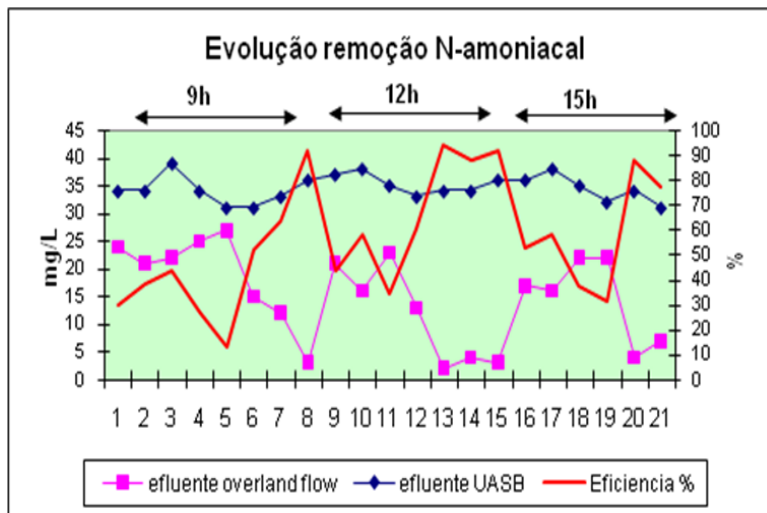


Figura 5 – Evolução da remoção de N-amoniaco.

A concentração média de fósforo no efluente do UASB é de 4,1 ± 0,55 mg.L<sup>-1</sup> e da faixa de tratamento de 2,63 ± 0,18 mg.L<sup>-1</sup> sendo reduzida em 38 % (Quadro 1). Observou-se que o processo UASB não removeu o nutriente fósforo, não sendo recomendado a implantação desse processo sem tratamento secundário.

Observa-se na Figura 6 que a concentração de fósforo tende a ser constante no UASB e reduzir ao longo da faixa de tratamento, tal fato se deve a adsorção no solo.



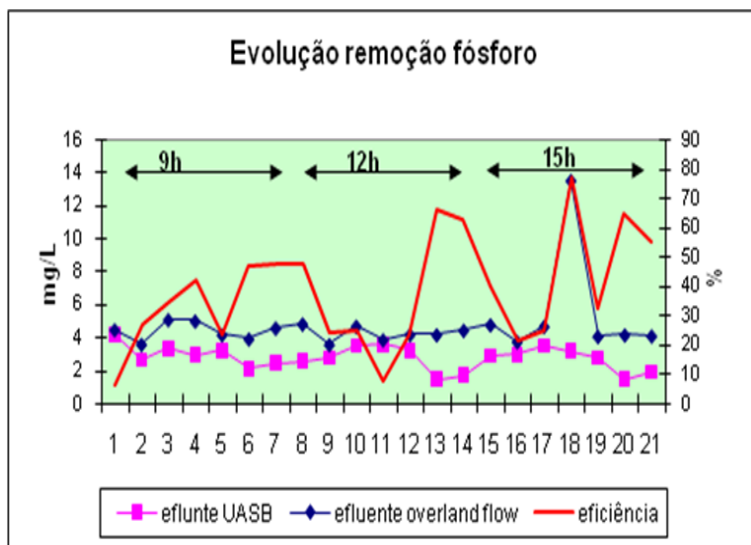


Figura 6 – Evolução da remoção de Fósforo Total.

## CONCLUSÕES

O processo de tratamento do tipo reator UASB seguido de escoamento superficial – OF foi muito eficiente na remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos, atendendo a legislação vigente. A remoção de nutrientes atinge níveis citados na literatura (von Sperling, 2005). No entanto, foi observado que o processo reator UASB tende acumular a concentração de N-amoniaco e manter constante a de P-total, não recomendando o uso desse processo sem tratamento secundário.

A remoção de nitrogênio nas faixas de tratamento é maior no período da tarde, assim sendo, recomenda-se que todo o processo por escoamento superficial tenha pelo menos duas faixas para operar com turno de rega diário; a aplicação do esgoto ora em uma faixa pela manhã e no período da tarde em outra faixa.

As variáveis DBO, DQO, N-amoniaco e P-total, são parâmetros determinantes para tomada de decisão operacional dos processos UASB e, ou por escoamento superficial.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a equipe operacional da Coordenação Vespasiano e do Laboratório da Divisão de Tratamento de Efluentes – DVTE da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA pelo apoio e acompanhamento do presente estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21º. ed. Washington. D.C.: APHA s.n.p, 2005. 1600p.
2. MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Conjunta** – COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Minas Gerais. Conselho Estadual de Política Ambiental. 2008.
3. FONSECA, S. P. P. (2007). Avaliação de uma estação de tratamento e esgoto doméstico por escoamento superficial. DS Tese, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa.
4. FONSECA, S. P. P.; SOARES. A. A.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, M. A. Efficacy evaluation sewage treatment system by overland flow, implanted after septic tank. Book. 8th International Symposium on Sanitary and Environmental Engineering. SIDISA, Florença, Itália. Jun/2008. ID 180

5. METCALF E EDDY, Inc. Wastewater engineering: treatment and reuse. 4. ed. New York: McGraw-Hill, Inc., 2003. p.1819.
6. MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N.; BLANCO, F. F.; SILVA, E. F. F. Determinação de parâmetros de transporte de nitrato e potássio no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2002, Salvador. Anais... Salvador, 2002. CD ROM.
7. PAGANINI, W. S. Disposição de esgotos no solo (escoamento superficial). São Paulo: Fundo Editorial AESABESP, 1997. 232 p.
8. WIGHTMAN, D.; GEORGE, D. B.; ZIRSCHCY, J. H.; FILIP, D. S. High-rate overland flow. Water Res., Great Britain, v. 17, n. 11, p.1679-1690, 1983.
9. Von SPERLING, M.. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: 3 ed, p. 339, 2005.