



TRATAMENTO DE EFLUENTE DE TANQUE SÉPTICO EM FILTROS DE AREIA INTERMITENTES

Maria L. D. de Luna¹, José T. de Sousa², Vera L. A. de Lima³, José Dantas Neto⁴ & Valderi D. Leite⁵

RESUMO

Este estudo investigou o pós-tratamento de efluente de tanque séptico usando filtros intermitentes de areia para reuso na agricultura. O sistema experimental era composto por um tanque séptico (volume total de 2,9 m³), subdividido em três células com defletores longitudinais incorporadas na primeira célula e incluindo um tanque de equilíbrio integrado. Após o tanque séptico, foram construídos dois filtros de areia intermitentes que operaram em paralelo com área superficial de 1,94 m² cada. A profundidade de areia no filtro 1 foi de 1m e no filtro 2, 0,5m. Os filtros receberam o efluente do tanque de equilíbrio através de sistema de sifão por 5 minutos a cada três horas (8 ciclos por dia). A qualidade sanitária dos efluentes finais e eficiência de nitrificação dos filtros foram monitoradas durante o período de seis meses. A eficiência de remoção de ovos de helmintos foi de 100% nos dois filtros estudados, com 3 unidades log de remoção de coliformes termotolerantes no filtro 1 e 2 unidades log no filtro 2. A concentração de nitrogênio amoniacal foi reduzida de 32 mg N-NH₄⁺ L⁻¹ no efluente do tanque séptico para 6,3 e 5,7 mg N-NH₄⁺ L⁻¹ respectivamente, nos efluentes dos filtros 1 e 2, representando uma diminuição na concentração de amônia de ~ 80% para o efluente do filtro 1 e ~ 82% para o filtro 2. A concentração média de nitrato no efluente do filtro 1 foi ~ 29 mg N-NO₃⁻ L⁻¹ e ~ 35 mg N-NO₃⁻ L⁻¹ no filtro 2.

PALAVRAS-CHAVE: nitrificação, tratamento biológico, reuso agrícola, efluentes anaeróbios

TREATMENT OF SEPTIC TANK EFFLUENT IN INTERMITTENT SAND FILTERS

ABSTRACT

This study investigated the post-treatment of septic tank effluent using intermittent sand filters for reuse in agriculture. The experimental system comprised a septic tank (total volume 2.9 m³), sub-divided into three cells with longitudinal baffles incorporated into the first cell and included an integrated balancing tank. After the septic tank, were built two intermittent sand filters which operated in parallel with surface area of 1.94 m² each. The depth of the sand filters was 1 of 1m and 2 filter, 0.5m. The filters have received the balance tank effluent through siphon system for 5 minutes three hours (8 cycles per day). The sanitary quality of final effluents and nitrification efficiency of filters were monitored during the period of six months. The removal efficiency of helminth eggs was 100% for both filters, with 3 log removals of thermo-tolerant coliforms in the system with filter 1 and two log removals in the system with the shallower filter 2. Ammonium nitrogen concentrations reduced from 32 mgN-NH₄⁺ L⁻¹ in the effluent of the septic tank to 6.3 mg L⁻¹ and 5.7 mgN-NH₄⁺ L⁻¹ respectively in the effluents of filters 1 and 2. This represented a decrease in ammonia concentration of ~80% for filter 1 effluent and ~82% for filter 2. Mean nitrate concentration in the effluent of filter 1 was approximately 29 mg N-NO₃⁻ L⁻¹ and 35 mg N-NO₃⁻ L⁻¹ for filter 2.

KEY WORDS: nitrification, biological treatment, water reuse, anaerobic effluents

¹ Química Industrial (UEPB), Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente – UFPB-PRODEMA, Doutoranda em Recursos Naturais (UFCG)

² Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental DESA/CCT/UEPB

³ Professora do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

⁴ Professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

⁵ Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental DESA/CCT/UEPB

INTRODUÇÃO

A degradação dos recursos hídricos é um dos problemas mais críticos, decorrentes geralmente das atividades antrópicas, do uso exploratório das atividades industriais, provocada pela eliminação de águas residuárias, de origem doméstica e industrial, que na maioria das vezes são lançados sem nenhum tratamento e em quantidades incompatíveis à autodepuração dos corpos receptores, gerando excessiva carga de matéria orgânica e inorgânica, tornando esses recursos inadequados para seus usos múltiplos, e conseqüentemente, afetando a qualidade de vida e o meio ambiente (COSTANZI; DANIEL, 2005; NASCIMENTO e HELLER, 2005; TUNDISI, 2006).

Segundo Figueiredo et al. (2012), o uso desordenado dos recursos hídricos vem sendo considerado como uma das principais preocupações da comunidade científica internacional, uma vez que, apoiada por setores sociais, cobra medidas junto a instituições governamentais para criar meios de proteger os recursos ambientais a partir de estratégias que respeitem os limites do ecossistema terrestre. No cenário global, muitos países já convivem com a problemática da escassez de água. Diante de tais problemas, o tratamento de esgotos sanitários desponta como mais uma alternativa para reuso em diversas atividades produtivas.

Segundo Van Der Hoek et al. (2002), as maiores vantagens do reuso no setor primário, consiste na possibilidade de aproveitamento dos nutrientes que ela concentra, além da redução de gastos com compra de fertilizantes químicos e por outro lado, contribuir para a mitigação dos impactos ambientais.

O pós-tratamento de efluente anaeróbico em filtros de areia em regime de fluxo intermitente permite não só a reutilização da água, como também o aproveitamento do efluente gerado para irrigação, uma vez que, apresenta simplicidade de operação, baixos custos de implantação e boa remoção de organismos patogênicos (EMMERIDE et al., 1997; EPA, 1999; SIMPSON, 2000; RODGERS et al., 2006). Os filtros de areia intermitentes são reatores aeróbios de leito fixo que proporcionam a biodegradação ou decomposição do material orgânico contido nos esgotos sanitários, permitindo contato direto entre a massa bacteriana aderida à superfície do meio filtrante e o afluente a ser tratado. Segundo Tonetti (2005), o pós-tratamento anaeróbico em filtro de areia intermitente pode ser adotado em pequenas comunidades, bairros isolados, zona rural, condomínios e pontos comerciais que margeiam as rodovias.

Os filtros de areia têm sido recomendados tanto para tratamento de esgotos domésticos, para populações desde 4.000 habitantes (AGENCE DE L'EAU, 1993) até 10.000 habitantes (ANDERSON et al., 1985), quanto para o tratamento de efluentes de agroindústrias como queijarias, vinícolas etc. (SCHMITT, 1989; MENORET, 2002). Segundo (ANDERSON et al., 1985; USEPA, 2000), essas unidades proporcionam um pós-tratamento para esgotos decantados ou efluentes de tanques sépticos (ANDERSON e OUTROS, 1985; USEPA, 2000).

As condições climáticas tropicais favorecem o metabolismo microbiano devido às altas temperaturas acelerando o processo

de decomposição da matéria orgânica (PIMENTA, 2005). O uso de filtros de areia em tratamento de esgotos sanitários é uma tecnologia antiga, porém, bastante eficaz, principalmente se aplicada após tratamento anaeróbico. No entanto, há pouca informação sobre o funcionamento desses filtros em países de climas tropicais (PEARSON et al., 2011).

Nos Estados Unidos da América, 25% das moradias e aproximadamente 40% das novas casas construídas utilizam os sistemas simplificados no tratamento de esgotos, pela sua viabilidade tecnológica. Na Europa, essa tecnologia tem sido estabelecida em inúmeros locais, especialmente na Alemanha e no Reino Unido (PROCHASKA, 2003).

A aplicação de águas servidas tratadas para irrigação de culturas e plantas está se tornando uma prática comum em todo o mundo, uma vez que possibilita a diminuição de problemas como escassez de água (LUBELLO, 2004).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o pós-tratamento de efluente anaeróbico em filtro de areia intermitente, em relação à qualidade sanitária e a nitrificação.

METODOLOGIA

O sistema experimental foi instalado na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários (EXTRABES) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), no município de Campina Grande/PB, com coordenadas geográficas de 07° 13' S e 35° 52' W e altitude de 550 m. O esgoto sanitário utilizado na pesquisa era proveniente do interceptor principal da rede coletora de esgotos da cidade de Campina Grande-PB e aduzido a um tanque séptico por meio de bombeamento.

Na Figura 1 apresenta-se o esquema do sistema experimental utilizado na pesquisa.

Na Tabela 1 são apresentados os valores da carga orgânica e o TDH, aplicados ao tanque séptico e aos filtros de areia intermitentes.

O sistema experimental era constituído por um tanque séptico com aproximadamente 2,9 m³ projetado com três células, incluindo chicanas na célula 1 com tanque de equilíbrio integrado funcionando como sifão. Após o tanque séptico, dois filtros de areia intermitentes, operando em paralelo com área superficial de 1,94m² cada, contendo três camadas de materiais como meio suporte. Partindo da base, 10 centímetros de brita nº 19 nos dois filtros, 100 centímetros de areia no filtro 1 e 50 centímetros no filtro 2 e 10 centímetros de brita na camada superior de ambos os filtros.

A granulometria da areia foi realizada seguindo os parâmetros estabelecidos pela ABNT/NBR 6502/95.

A operação do sistema iniciava com a alimentação do tanque séptico por meio de bombeamento do esgoto bruto. Sendo esta operação realizada regularmente oito vezes ao dia, durante cinco minutos, a cada três horas nos seguintes horários: 2:00 horas, 5:00 horas, 8:00 horas, 11:00 horas, 14:00 horas, 17:00 horas, 20:00 horas e 23:00 horas. O efluente do tanque de equilíbrio integrado ao tanque séptico era distribuído aos filtros, por meio de sifão, permanecendo aproximadamente 25 minutos no interior do filtro 1 e 15 minutos no interior do filtro 2.

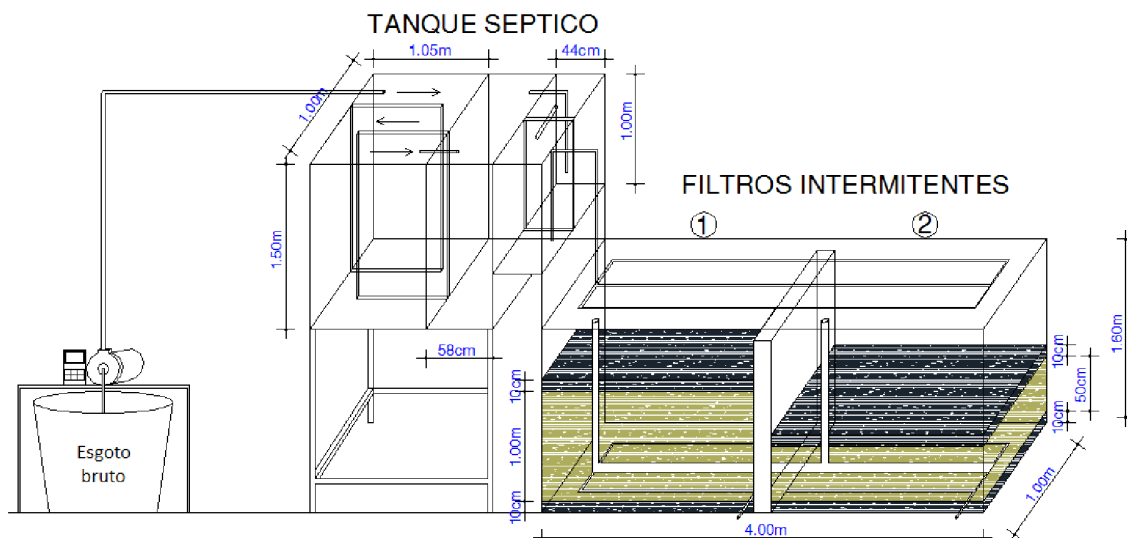


Figura 1. Esquema do sistema experimental constituído por tanque séptico e filtros de areia em regime de fluxo intermitentes

Tabela 1. Carga orgânica e TDH aplicados ao tanque séptico e aos filtros de areia intermitentes

	Unidades	Valores
Tanque Séptico		
Volume do tanque	m ³	2,9
Carga hidráulica volumétrica:	L m ⁻³ dia ⁻¹	510
Carga orgânica volumétrica de DQO:	gDQO m ⁻³ dia ⁻¹	192
Filtro 1		
Área do filtro	m ²	1,94
Carga hidráulica superficial:	L m ⁻² dia ⁻¹	423
Carga orgânica superficial de DQO:	gDQO m ⁻² dia ⁻¹	91
Filtro 2		
Área do filtro:	m ²	1,94
Carga hidráulica superficial:	L m ⁻² dia ⁻¹	339
Carga orgânica superficial de DQO:	gDQO m ⁻² dia ⁻¹	73
Tempos de Detenção Hidráulica (TDH)		
Tanque Séptico	dias	1,95
Filtro 1:	minutos	25
Filtro 2:	minutos	15

Os dois filtros contaram com um sistema de distribuição do material afluente composto por tubulação ramificada de PVC de 30 mm, perfuradas a cada 150 mm com furos de 3/16" na parte superior. Na extremidade inferior, um sistema de drenagem para coleta de amostras. Para assegurar a aeração no interior dos filtros foi adicionada uma tubulação de 100 mm.

Para avaliar a eficiência do sistema, foram coletadas e analisadas semanalmente durante um período de seis meses, 24 amostras do esgoto bruto e do efluente de cada um dos componentes do sistema de tratamento (tanque séptico, filtro 1 e filtro 2), totalizando 96 amostras. As análises foram realizadas para os parâmetros pH, fósforo total (P), nitrogênio total Kjeldahl (N-NTK), nitrogênio amoniacal (N-NH₄⁺), nitrato (N-NO₃⁻) e coliformes termotolerantes, seguindo os métodos preconizados por APHA (2005). Para a análise de ovos de helmintos foi utilizado o método da sedimentação, sugerida por AYRES (1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos valores médios e desvio padrão das concentrações e eficiências de remoção no esgoto bruto (EB),

efluente do tanque séptico (ETS), efluente do filtro 1 (EF1) e efluente do filtro 2 (EF2), são apresentados na Tabela 2.

Analisando os dados apresentados na Tabela 3, observa-se que a remoção de fósforo total foi de apenas 20 % para o efluente final dos filtros. A utilização do efluente gerado nesse tipo de sistema favorece sua aplicação na agricultura, minimizando os gastos com adubos industrializados, contribuindo também para mitigação dos impactos ambientais.

A concentração média de coliformes termotolerantes no esgoto bruto utilizado no experimento foi de 1,42 x 10⁷ UFC/100mL. Segundo Oliveira (2005), a faixa considerada típica para esgoto bruto predominantemente doméstico no Brasil, como também reportada pela literatura varia de 10⁶·10⁹ UFC/100mL.

Após a passagem pelos filtros de areia intermitentes, os valores médios de coliformes termotolerantes foram de 3,24 x 10⁴ e 2,09 x 10⁵ UFC/100mL, nos filtros 1 e 2, respectivamente. Os valores alcançados nos filtros não atendem à irrigação irrestrita. No entanto, o efluente do filtro 1 pode ser utilizado para agricultura de baixo nível tecnológico e mão de obra intensiva; e o efluente do filtro 2 para irrigação localizada de plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo, como

Tabela 2. Valores médios, desvio padrão e eficiência de remoção dos parâmetros fósforo total, coliformes termotolerantes e ovos de helmintos no esgoto bruto (EB), efluente do tanque séptico (ETS), efluente do filtro 1 (EF1) e efluente do filtro 2 (EF2)

Parâmetros	Unidades	Efluentes	Valor Médio	Desvio Padrão	Eficiência de Remoção (%)
Fósforo Total	mgP L ⁻¹	EB	8,8	1,32	-
	mgP L ⁻¹	ETS	7,2	1,02	18
	mgP L ⁻¹	EF1	5,7	0,60	20
	mgP L ⁻¹	EF2	5,5	1,20	20
Coliformes Termotolerantes	UFC 100mL ⁻¹	EB	1,42 x 10 ⁷	-	-
	UFC 100mL ⁻¹	ETS	2,68 x 10 ⁶	-	81,19
	UFC 100mL ⁻¹	EF1	3,24 x 10 ⁴	-	98,79
	UFC 100mL ⁻¹	EF2	2,09 x 10 ⁵	-	92,17
Ovos de Helmintos	L ⁻¹	EB	285,56	59,17	-
	L ⁻¹	ETS	117,56	20,47	59
	L ⁻¹	EF1	0	0	100
	L ⁻¹	EF2	0	0	100

também para agricultura de alto nível tecnológico e altamente mecanizada, conforme normas estabelecidas pela WHO (2006).

Trabalhos realizados com recirculação do material efluente comprovam diminuição nos parâmetros microbiológicos. Remoções de coliformes fecais em torno de 2 unidades logarítmicas foram verificadas por VERMA e MANCL (2001), para cada passagem do efluente através do filtro, considerando o tamanho das partículas de areia e a profundidade do filtro. ASSAYED et al., (2010), trabalhando com sistema composto por tanque séptico seguido por um filtro de areia intermitente para tratar águas cinzas de efluente doméstico alcançou remoções de até 2 unidades logarítmicas de *E. coli* a cada recirculação.

A remoção de ovos de helmintos foi de 100% nos dois filtros estudados nesse trabalho. Este fato comprova a eficiência desse tipo de tratamento na remoção desse patógeno, bastante

comum em países de clima tropical, a exemplo do Brasil. Esses resultados foram superiores aos encontrados por Cavalcante et al., (2010), que obtiveram eficiência de remoção de 99,30% para filtro preenchido com conduíte e de 99,47% para filtro preenchido com peças plásticas, trabalhando com filtros anaeróbios como pós-tratamento.

O desvio padrão elevado de ovos de helmintos pode ser justificado devido à variação da qualidade do esgoto sanitário utilizado no trabalho durante a realização da pesquisa.

Na Figura 2 são apresentados os dados referentes às concentrações médias de nitrogênio total Kjeldahl (A), nitrogênio amoniacal (B) e nitrato (C) durante o período experimental, para o esgoto bruto e efluente do tanque séptico e filtros de areia intermitentes.

De acordo com os dados apresentados na Figura 2-A, a concentração média de nitrogênio total Kjeldahl no (EB) foi de 44 mg N-NTK.L⁻¹ e no (ETS) foi de 33 mgN-NTK.L⁻¹. No

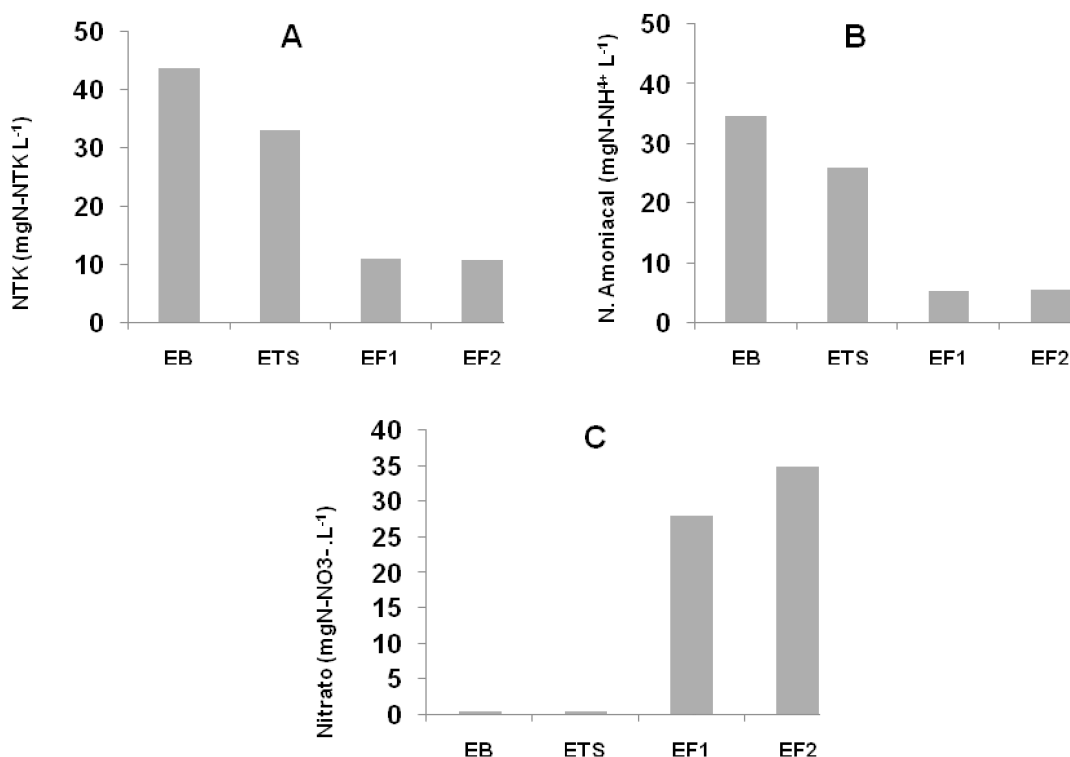


Figura 2. Concentração média de nitrogênio total Kjeldahl, nitrogênio amoniacal e nitrato no esgoto bruto (EB), efluente tanque séptico (ETS), efluente filtro 1 (EF1) e efluente filtro 2 (EF2)

(EF1) e (EF2), a concentração média foi de 11 mg N-NTK.L⁻¹, representando uma eficiência de remoção de 66% nos dois filtros estudados.

As concentrações médias de nitrogênio amoniacal diminuíram de 26 mgN-NH₄⁺.L⁻¹ no (ETS) para 5 mgN-NH₄⁺.L⁻¹ no (EF1) e 6 mgN-NH₄⁺.L⁻¹ no (EF2), comprovando a eficiência no processo de nitrificação, conforme apresentado na Figura 2-B. Os resultados obtidos nos filtros obedecem à resolução (CONAMA 357, 2005) para a classe 3.

Conforme apresentado na Figura 2-C, a concentração média de nitrato foi de 28 mgNO₃⁻.L⁻¹ no filtro 1 e 35 mgNO₃⁻.L⁻¹ no filtro 2. A nitrificação apresentou um bom desempenho desde o início do experimento. Este fato deve-se a existência de bactérias nitrificantes na camada de areia utilizada no experimento, que se multiplicavam rapidamente logo nas primeiras semanas de aplicação do efluente anaeróbio (ETS).

Durante o experimento, o pH permaneceu na faixa de 7 unidades, valor recomendado para o bom desempenho do processo de nitrificação. Esses valores de pH estão dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira para o lançamento em corpos hídricos (CONAMA 430, 2011). Segundo SURAMPALLI et al., (1997) e Metcalf e Eddy (2003), valores abaixo de 7,0 e acima de 9,0 diminuem a velocidade de nitrificação. A alta concentração de nitrato impossibilita o lançamento em corpo de água, no entanto, o efluente pode ser aplicado para agricultura de alta e baixa tecnologias.

CONCLUSÕES

Os valores médios de coliformes termotolerantes no efluente dos filtros 1 e 2 foram respectivamente de 10⁴ e 10⁵ UFC/100mL, atendendo as normas estabelecidas pela World Health Organization;

Os filtros de areia intermitentes produziram efluentes isentos de ovos de helmintos atendendo as recomendações da World Health Organization para reuso irrestrito na agricultura;

Os filtros 1 e 2 operados com 8 bateladas ao dia e período de descanso de três horas, produziram efluentes com concentrações médias de nitrato de 28 mgN-NO₃⁻.L⁻¹ e 35 mgN-NO₃⁻.L⁻¹, respectivamente, garantindo, dessa forma, efluente com alta concentração de nitrogênio disponível para fertilização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENCE DE L'EAU. Epuration des eaux usées urbaines par infiltration percolation: état de l'art et étude de cas. Etude Inter-agence n°9, Office International de l'Eau, Paris, 2003.
- ANDERSON, J.; DAMANN, L.; SIEGRIST, Robert L.; OTIS, Richard J. Tec Assess of Int Sand Filter. Municipal Environmental Research Laboratory. Cincinnati, Ohio: U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1985.
- APHA/AWWA/WEF. EATON, A.D.; et al. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21^a ed. Washington: American Public Health Association. 1082 p, 2005.
- ASSAYED, A. K., DALAHMEH, S. S. AND SULEIMAN W. T. Onsite greywater treatment using a septic tank followed by an intermittent sand filter - A case study of Abu Al Farth. village in Jordan. International Journal of Chemical and Environmental Engineering, 1(1), 67-71, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995.
- AYRES, R.; MARA, D. Analysis of wastewater for use in agriculture – A laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques. Dept of Civil Engineering University of Leeds. England. Leeds. U.K. 31pp, 1996.
- BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005.
- BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Resolução CONAMA n° 430, de 13 de maio de 2011.
- CAVALCANTE, F. L., ANDRADE NETO, C. O., MELO, H. N. S. Eficiência sanitária de filtros anaeróbios avaliada em função da remoção de ovos de vermes e coliformes fecais. Revista AIDIS. 3 (1), 49-61, 2010.
- COSTANZI, R. N.; DANIEL, L. A. Tratamento dos efluentes de Fábrica de papel. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. v.7, n.3, 2002.
- EMMERIDE, R. W., TEST, R., TCHOBANOGLOUS, G., DARBY, J. Shallow intermittent sand filtration for microorganisms removal. The Small Flows Journal, 3(1), 12-22, 1997.
- EPA. Intermittent sand filters. Wastewater Technology Fact Sheet. 832-F-99-067. EPA Office of Water, Washington, 1999.
- FIGUEIREDO, A. M. F.; MELO, A. A.; AZEVEDO, C. A. V.; LIMA, V. L. A.; NETO, J. D.; PINHEIRO, I. F. S. Crescimento e produção de algodão colorido com água residuária doméstica tratada e composto orgânico. Revista Educação Agrícola Superior – ABEAS – v.27, n.1, p. 19-24, 2012.
- LUBELLO, C.; GORI, R.; INCISE, F. P.; FERRINI, F. Municipal-treated wastewater reuse for plant nurseries irrigation. Water Research, 38 2939-2947, 2004.
- MÉNORET, C. et al. Use of recycling through medium size granular filters to treat small food processing industry effluents. Water Science Technology, Vol. 45, n°12, p. 225–232, 2002.
- METCALF & EDDY. Wastewater Engineering: treatment and reuse. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 1.819 p, 2003.
- NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L. Ciência, Tecnologia e Inovação na Interface entre as áreas de Recursos hídricos e Saneamento. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. v. 10, n. 1, 2005.
- PEARSON, H. W., LUNA, M. L. D., SOUSA, J. T., LEITE, V. D. The post-treatment of septic tank effluent using single-pass intermittent sand filters. (X DAAL) X Oficina e Simpósio Latino-Americano de Digestão Anaeróbia. Ouro Preto/MG, Brasil, 23 a 27 de outubro, 2011.
- PIMENTA, M; KATO, M T; GABAZZA, S; FLORENCIO, L. Desempenho de reatores piloto tipo UASB e híbrido para o tratamento de esgoto doméstico. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande/MS, 18 a 23 de setembro, 2005.

- PROCHASKA, C. A.; ZOUBOULIS, A. I. Performance of intermittently operated sand filters: a comparable study, treating wastewater of different origins. *Water, Air, and Soil Pollution*, 147 367-388, 2003.
- RODGERS, M., HEALY, M. G., PRENDERGAST, J. Novel hybrid filter for the treatment of septic tank effluent. *Journal of Environmental Engineering*, 132 (7) 764-768, 2006.
- SCHMITT, A. Modélisation de l'épuration par infiltration. 297 p. These (Doctorat). Université de Montpellier II.. 1989.
- SIMPSON, J. Report on Aratula advanced wastewater treatment technologies project-intermittent sand filter. Boonah SC-Report on Aratula AWTT Project, 2000.
- SURAMPALLI R. Y.; TYAGI R. D.; SCHEIBLE O. K.; HEIDMAN J. A. Nitrification, denitrification and phosphorus removal in sequential bath reactor. *Bioresearch Technology*, 61 (2), 151-157, 1997.
- TONETTI, A. L., CORAUCCI FILHO. B; STEFANUTTI. R; FIGUEIREDO, R. F.; SÃO PEDRO, C. C. O. Remoção de matéria orgânica, coliformes totais e nitrificação no tratamento de esgotos domésticos por filtros de areia. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 10 (3), 209-218, 2005.
- TUNDISI, J. G., TUNDISI, T. M., ABE, D. S.; ROCHA, O.; STARLING, F. Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. In: *Águas doces no Brasil. Escrituras. 3ª edição. São Paulo. p. 203-237, 2006.*
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). *Wastewater Technology Fact Sheet: Trickling Filter Nitrification. Office of Wastewater Management and Office of Water, Washington, DC, 72p. 2000.*
- VAN DER HOEK, W.; Hassan, U. M.; Ensink, J. H. J.; Fenestra, S.; Raschid-Sally, L.; Munir, S.; Aslam, R.; Alim, n.; Hussain, R.; Matsuno, Y. Urban wastewater: a valuable resource for agriculture. A case study from Horoonabad, Pakistan. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, 2002. 29p. (Research Report, 63).
- VERMA, A. K. MANCL. Empirical Models for Effectiveness of Single Pass Sand Filters for Wastewater Treatment. Proc. of the 9th National Symposium on Individual and Small Community Sewage Systems ASAE. St. Joseph, MI, 2001.
- WHO - World Health Organization Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater *Wastewater use in agriculture. Geneva 2, 213, 2006.*