

## II-060 – DESEMPENHO DE UM *WETLAND* CONSTRUÍDO VERTICAL OPERANDO SOB ALTA CARGA ORGÂNICA APLICADA

### **Camila Maria Trein**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

### **Catiane Pelissari**

Biotechnóloga Industrial pela Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Doutoranda em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

### **Heike Hoffmann**

Microbióloga pela Universidade Greifswald/ Alemanha, Doutora em Ecologia Aquática pela Universidade Rostock/Alemanha, Pós-doutorado na UFSC, Pesquisadora Visitante do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental /UFSC, bolsista CNPq, Pesquisadora Visitante do Universidad Nacional Agraria de La Molina, Lima, Peru, consultora das empresas Rotaria del Peru, Akut del Peru e Rotaria do Brasil.

### **Christoph Julius Platzer**

Engenheiro Civil pelas Universidades Técnicas de Hannover e Munique (Alemanha), Doutor em Saneamento pela Universidade Técnica de Berlim, Alemanha; consultor das empresas Rotaria del Peru, Akut del Peru e Rotaria do Brasil.

### **Pablo Heleno Sezerino<sup>(1)</sup>**

Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade Federal de Santa Catarina – Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental – Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado – Campus Universitário - Trindade – Florianópolis/SC, CEP 88040-900 – E-mail: [pablo.sezerino@ufsc.br](mailto:pablo.sezerino@ufsc.br)

## **RESUMO**

Esse trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de um *wetland* construído de fluxo vertical empregado no tratamento de esgotos. A estação de tratamento de esgoto (ETE) em estudo é composta por um decantodigestor tipo reator anaeróbio compartimentado (RAC), seguido de um *wetland* construído de fluxo vertical (WCFV). O WCFV possui uma área superficial de 189 m<sup>2</sup>, plantado com a macrófita *Cyperus papiro* nano, sendo a areia grossa o material filtrante empregado. A ETE está em operação desde o ano de 2009, sendo os resultados explorados neste trabalho referentes ao monitoramento das concentrações afluentes e efluentes do WCFV em termos de DBO, DQO, SS, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> e *E. coli.*, ao longo do ano de 2014. Com base no monitoramento da vazão de aplicação e na qualidade físico-química e biológica do afluente, destaca-se que o WCFV operou com uma taxa hidráulica média de 130 mm/d (considerando área superficial de dois quadrantes igual a 94,5 m<sup>2</sup>), recebendo um elevado carregamento médio de 13 g SS/m<sup>2</sup>.d e 87 g DQO/m<sup>2</sup>.d. A partir dessas condições operacionais, o arranjo tecnológico apresentou eficiências médias globais de remoção em termos de concentração de 71% de DQO, 88% de DBO, 40% N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e 56% de P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. O WCFV apresentou eficiência compatível com o nível de tratamento avançado dado a promoção da nitrificação e da remoção de SS, alcançando uma remoção média de 74%. O WCFV operando sob este carregamento médio de DQO e SS, apresentou em diferentes momentos empoçamentos localizados, indicando o início do fenômeno de colmatção. Contudo, por meio de ações operacionais, tais como a limpeza do lodo excedente do RAC e a alternância de uso dos quadrantes, foi possível manter o escoamento subsuperficial vertical efetivo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de esgoto doméstico, *Wetland* construído de fluxo vertical, Carregamentos orgânicos e inorgânicos.

## INTRODUÇÃO

Os *wetlands* construídos de fluxo vertical (WCFV) são considerados uma ecotecnologia, amplamente empregada no controle da poluição hídrica. As tendências de utilização dos WCFV tanto em nível de sistemas de tratamento de esgotos de forma descentralizada e/ou unifamiliares, conduzem ao dimensionamento e operação desta tecnologia baseados na remoção da matéria orgânica carbonácea, bem como na transformação do nitrogênio, a fim de preservar a qualidade dos corpos d'água e seus usos múltiplos.

Essa modalidade de *wetland* apresenta grande variabilidade de configurações vinculadas à operação desses sistemas, tais como, a forma de alimentação, as condições de saturação do maciço filtrante, ausência ou presença de recirculação, utilização de ciclos de enchimento e esvaziamento, no entanto, o dimensionamento desses sistemas estão vinculados principalmente com os carregamentos orgânicos, inorgânicos e hidráulicos aplicados.

Dado que esta ecotecnologia é considerada um sistema natural de tratamento de efluentes, tornam-se evidentes a necessidade de relações entre dimensionamento, operação, carregamentos aplicados e desempenho do tratamento, atreladas às condições climáticas locais, necessitando, portanto, de estudos regionalizados.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de um *wetland* construído de fluxo vertical com cinco anos de operação, empregado no tratamento de esgotos e submetido às condições de clima subtropical.

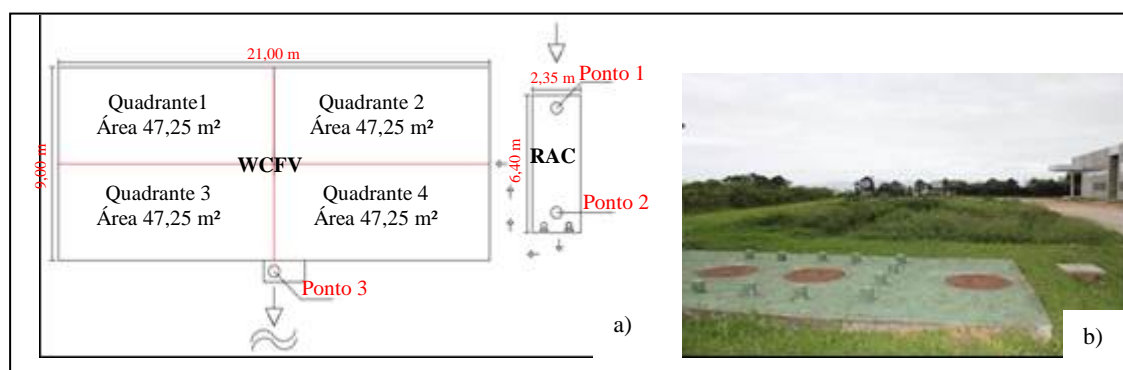
## MATERIAIS E MÉTODOS

A estação de tratamento de esgoto (ETE) avaliada está localizada na região metropolitana de Florianópolis/SC, dentro das dependências de uma empresa situada no município de Biguaçu (latitude 27°32'10" e longitude 48°38'47").

A ETE é composta por três estações elevatórias, destinadas a bombear o esgoto produzido nas instalações sanitárias da empresa, da cozinha pertencente ao refeitório e, eventualmente, efluentes contendo produtos de limpeza dos pisos.

Antes de passar pela elevatória o efluente da cozinha passava por uma caixa de gordura e seguia para o Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC), que recebia todo o restante do efluente produzido, sendo que na sequência o efluente era bombeado para um *wetland* construído de fluxo vertical (WCFV), seguindo para um tanque de cloração, sendo então lançado na rede de drenagem pluvial que desembocava no mar.

Na Figura 1 apresenta-se o fluxograma do sistema, com as dimensões operacionais obtidas para cada unidade em estudo, juntamente com os pontos que foram realizados as amostragens, conforme segue: ponto 1 (primeiro compartimento RAC), ponto 2 (último compartimento RAC ou entrada WCFV) e ponto 3 (saída do WCFV).



**Figura 1: Wetland construído de fluxo vertical pós decanto-digestor. a) Representação esquemática da ETE; b) Foto do sistema em estudo.**

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS E OPERACIONAIS DO REATOR ANAERÓBIO COMPARTIMENTADO

O RAC possui 4 compartimentos, sendo que 3 compartimentos promovem a digestão e 1 o bombeamento. O esgoto ao passar pelos compartimentos de digestão é bombeado para a superfície do *wetland*, por meio de duas bombas submersas, que são acionadas juntas ou alternadamente por um mecanismo automatizado utilizando boia de nível, ou por meio de um *timer* programado para acionar a bomba a cada 2 horas e 30 minutos, fazendo com que a mesma permanecesse ligada por 30 minutos. Esse bombeamento é realizado no último compartimento do RAC, cujas dimensões são 2,35 m de comprimento, 3,00 m de largura e 2,00 m de altura total.

Todo o sistema de recalque foi controlado por um sistema de automação e controle *on line*, utilizando o programa SCADAweb® (*Supervisory Control And Data Acquisition*) (Figura 2).



Figura 2: Controle *on line* pelo sistema SCADAweb® dos instantes de acionamento das bombas de alimentação do WCFV em ambos os sistemas.

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS E OPERACIONAIS DO WETLAND CONSTRUÍDO DE FLUXO VERTICAL

O WCFV foi construído em 2009, possui área superficial de 189 m<sup>2</sup> e a macrófita utilizada foi classificada como *Cyperus papiro nano*. Para o material filtrante, o *wetland* foi preenchido com 20 cm de brita na zona drenagem (fundo), 60 cm de areia grossa ( $d_{10} = 0,36$  mm e  $U = 5,3$ ) e 10 cm de brita na camada superior. O WCFV foi impermeabilizado com manta de Polietileno de Alta Densidade (PEAD).

Os parâmetros de projeto adotados pela empresa que fez o dimensionamento do WCFV estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros de projetos adotados para o dimensionamento do WCFV.

Parâmetros	Valor	Unidades
Vazão diária	18,46	m <sup>3</sup> /d
Carga orgânica aplicada	15	g DBO/m <sup>2</sup> .d

O WCFV é dividido em 4 quadrantes, com uma alimentação intermitente de esgoto afluente sobre a superfície do *wetland*, além de uma alternância da alimentação dos quadrantes. Dessa forma, aplicava-se esgoto em 2 conjuntos de quadrantes de forma cruzada durante 30 dias e os outros 2 quadrantes permaneciam em repouso nesse período.

## MONITORAMENTO DAS FRAÇÕES LÍQUIDAS AFLUENTE E EFLUENTE DO WCFV

O monitoramento da qualidade do afluente e efluente do WCFV foi realizado durante o ano de 2014 (fevereiro a dezembro) por meio de análises físico-químicas, com frequência mensal, através de coletas simples nos três pontos de amostragens, conforme destacado na Figura 1.

Os parâmetros analisados foram: potencial hidrogeniônico (pH), alcalinidade, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos em suspensão (SS), nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ), nitrogênio nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ), nitrogênio nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ), fósforo ortofosfato ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ) e *Echerichia Coli* (*E.coli*), seguindo recomendações do *Standard Methods* (APHA-AWA-WEF, 1998 e 2005), com exceção do nitrogênio amoniacal que foi realizado conforme Vogel (1998).

## RESULTADOS

A vazão média afluente do *wetland* no período de fevereiro a dezembro de 2014 foi de 12,2 m<sup>3</sup>/d, abaixo do valor inicialmente previsto em projeto, que foi de 18,46 m<sup>3</sup>/d. A taxa hidráulica aplicada no conjunto de dois quadrantes foi de 130 mm/d. Esse valor médio encontra-se dentro do recomendado na literatura para aplicações em regiões de climas quentes, que é de 200 mm/d, de acordo com Hoffmann *et al.* (2011).

Na Figura 3 apresenta-se um gráfico *box-plot* da vazão afluente e da taxa hidráulica média mensal aplicada nos 2 conjuntos de quadrantes, ou seja, em uma área superficial de 94,5 m<sup>2</sup>.

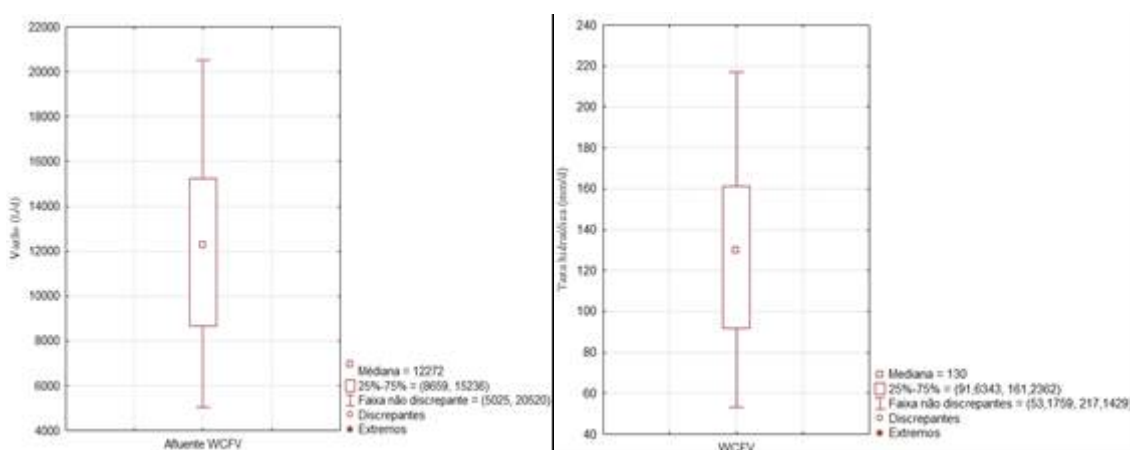


Figura 3: Gráfico tipo *box plot* da vazão afluente e da taxa hidráulica aplicada mensalmente no WCFV, considerando área de 94,5 m<sup>2</sup>.

Na Tabela 2 apresenta-se a caracterização físico-química afluente e efluente do WCFV. Destaca-se que o decanto-digestor obteve baixa eficiência de remoção em termos de matéria orgânica carbonácea e sólidos suspensos, limitando-se a 16% de eficiência de remoção para DBO. De acordo com Hoffmann *et al.* (2011), a eficiência nesse tipo de reator poderá atingir até 60% na remoção da matéria orgânica, dependendo da temperatura. Essa eficiência não alcançada por parte dessa unidade está correlacionada com o aumento de sólidos nos compartimentos de digestão do RAC, visto que com 5 anos de operação o lodo excedente depositado no fundo nunca fora removido.

Teoricamente, o tempo de detenção hidráulico do esgoto no decanto digestor foi de 1 dia, considerando as dimensões de 30 m<sup>3</sup> e a vazão afluente de 12,2 m<sup>3</sup>/d. Contudo, o excesso de lodo no fundo acaba diminuindo o tempo de permanência do esgoto na unidade e juntamente com os eventos de picos de vazão afluente (frequentes na estação), resultou no carreamento de sólidos para as próximas etapas de tratamento, reduzindo a qualidade do efluente final.

As concentrações médias finais e as porcentagens de remoção do arranjo tecnológico em termos de DBO atenderam ao padrão de lançamento estadual de Santa Catarina, expresso na Lei 14.675/2009 (SANTA CATARINA, 2009), que preconiza lançamento máximo de DBO de 60 mg/L ou eficiência de remoção de 80%.



Considerando as concentrações médias afluentes ao WCFV de 671 mgDQO/L e 97 mgSS/L e uma taxa hidráulica média de 130 mm/d, a unidade *wetland* recebeu um carregamento médio de SS de 13 g/m<sup>2</sup>.d e 87 g DQO/m<sup>2</sup>.d, respectivamente. Em termos de matéria orgânica biodegradável a unidade recebeu carregamento médio de 43 g DBO/m<sup>2</sup>.d, aproximadamente três vezes maior do que o parâmetro de projeto adotado, o qual foi estabelecido um limite máximo de carregamento de 15 g DBO/m<sup>2</sup>.d.

**Tabela 2: Valores médios e desvio padrão (DP) referente à caracterização físico-química afluente e efluente do WCFV, e as respectivas eficiências de remoção.**

Parâmetros *n = 15	1º Comp. RAC	Saída RAC ou Entrada WCFV	Eficiência de remoção RAC	Efluente WCFV	Eficiência de remoção global
	Média ± DP	Média ± DP		Média ± DP	
pH	7,4 ± 0,6	7,1 ± 0,5		6,7 ± 0,5	
Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	344 ± 100	327 ± 110		219 ± 69	
DQO (mg/L)	740 ± 219	671 ± 221	9%	211 ± 173	71%
DBO (mg/L)	390 ± 190	329 ± 170	16%	48 ± 14	88%
SS (mg/L)	102 ± 48	97 ± 80	5%	26 ± 17	74%
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	123 ± 29	98 ± 29		74 ± 26	40%
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1		0,6 ± 0,5	
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,3 ± 0,3	0,1 ± 0,2		11 ± 8	
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	32 ± 9	33 ± 9		14 ± 7	56%
<i>Echerichia Coli</i> (NMP/100 mL)	1,19 x 10 <sup>8</sup>	1,66 x 10 <sup>8</sup>		1,74 x 10 <sup>7</sup>	0,94 log <sub>10</sub>

\*n: número de amostragens válidas

Comparando esses valores com a literatura, o sistema recebeu carregamentos superiores aos destacados por Hoffmann *et al.* (2011), que recomendam para regiões de climas quentes carregamento de 60 a 70 g DQO/m<sup>2</sup>.d, correspondendo cerca de 30 a 35 g DBO/m<sup>2</sup>.d. Sezerino (2006), indica valores para as condições de clima subtropical encontradas no sul do Brasil, carregamentos máximos de 41 g DQO.m<sup>2</sup>/d e 15 g SS.m<sup>2</sup>/d, para que ocorra remoção de matéria orgânica e uma efetiva nitrificação do nitrogênio amoniacal afluente.

Trabalhando com essas condições, identificou-se indícios do fenômeno de colmatação no módulo com aproximadamente 5 anos de operação (Figura 4). Os primeiros indícios de colmatação deram-se quando o efluente escoou por caminhos preferencias, desencadeando o escoamento superficial. Este fenômeno resulta em mau funcionamento hidráulico, fazendo com que o esgoto não entre em contato com a rizosfera reduzindo a qualidade de tratamento do efluente (SEZERINO, 2006).



**Figura 4: Empoçamento do esgoto na superfície do WCFV.**

Apesar de o sistema possuir um material filtrante com características adequadas para o seu preenchimento ( $d_{10}$ : 0,3 mm e U: 5,3) (HOFFMANN *et al.*, 2011), é comum esse processo ocorrer em WCFV. Para Platzer *et al.* (2007) a colmatção é decorrente da alta carga orgânica aplicada em uma determinada área, expressa pela concentração em matéria orgânica e em sólidos em suspensão. Desta forma, destaca-se que a elevada carga afluyente foi um dos principais indutores desse fenômeno.

Além do alto carregamento orgânico, o regime operacional contribuiu para agravar a situação. De acordo com o sistema de telemetria, as bombas funcionavam em média 7 vezes por dia, com momentos de até 18 bombeamentos por dia, com registros de acionamentos em um intervalo de repouso menor que 2 horas e 30 minutos conforme programação do *timer*. Platzer (1999) recomenda como critério de dimensionamento de 2 a 3 alimentações por dia. Menores números de alimentação correspondem a um maior tempo de repouso do filtro, favorecendo a renovação do oxigênio dentro do maciço filtrante. Além disso, a alimentação em menor número diminui a possibilidade de acúmulo de efluente retido na superfície (KAYSER e KUNST, 2005).

Na Figura 5 apresentam-se as concentrações de DQO nos três pontos amostrados, juntamente com a eficiência média da unidade WCFV. Pode-se observar uma remoção constante na eficiência de remoção de DQO ao longo do período avaliado. Destaca-se que mesmo recebendo alto carregamento orgânico o *wetland* obteve média de 68% de eficiência de remoção expressa em termos de matéria orgânica carbonácea.

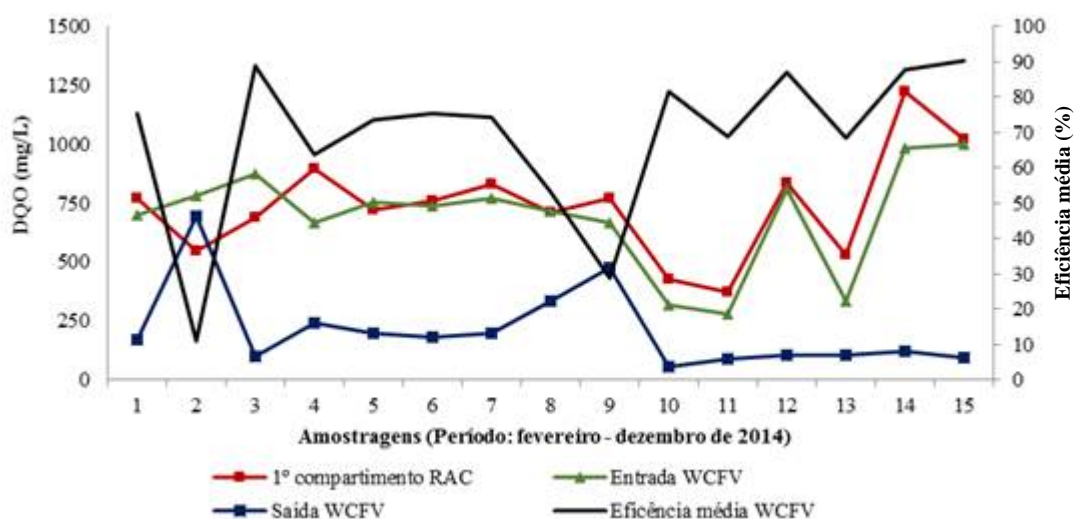


Figura 5: Concentrações de DQO afluyente e efluente do WCFV ao longo do período de estudo.

Da mesma forma para SS, a unidade apresentou eficiência média de remoção em termos de concentração de 73%. Na Figura 6 apresenta-se o comportamento evolutivo das concentrações de SS no primeiro compartimento do RAC, na entrada e saída do WCFV.

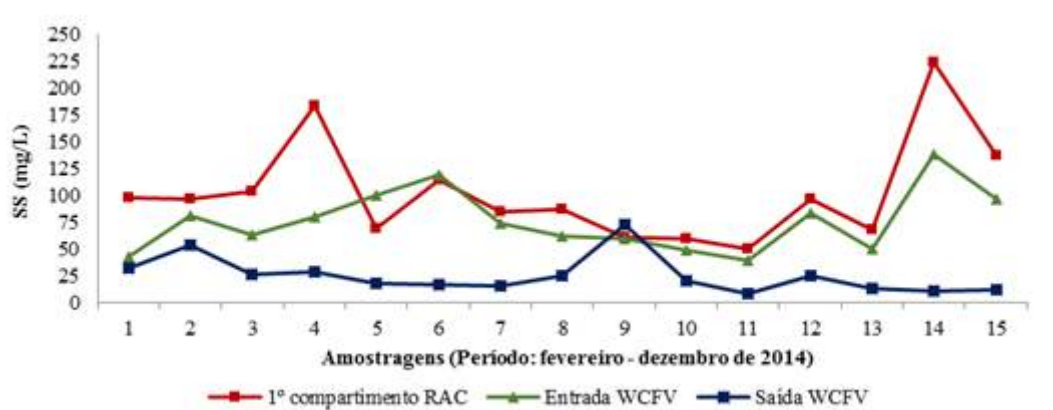
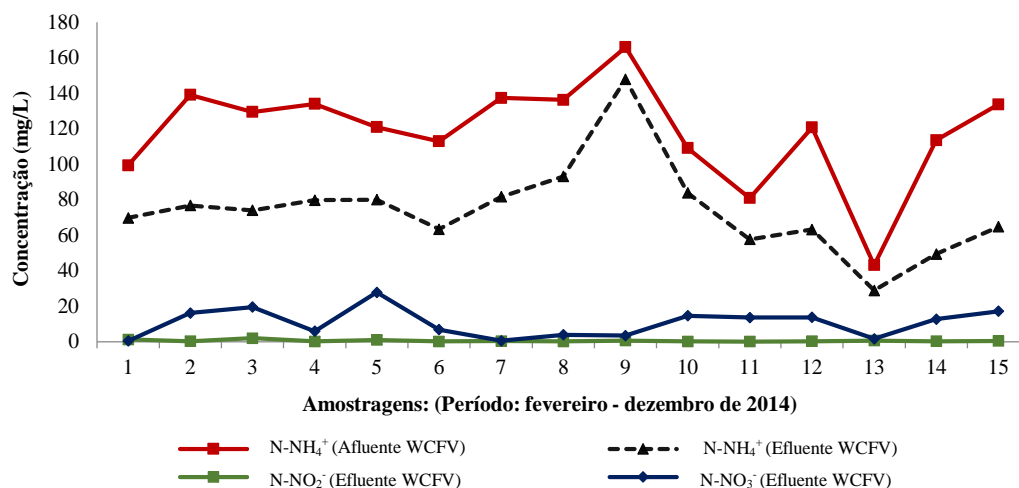


Figura 6: Gráfico evolutivo de sólidos suspensos durante o período de monitoramento.

Foi identificado aumento na concentração de sólidos na saída da unidade de filtração superiores as concentrações de entrada, sendo também observada a liberação da biomassa que despreendeu-se do material filtrante, o que está correlacionada com os eventos de picos de vazão afluente. Apesar das variações afluentes do WCFV ao longo de 11 meses de monitoramento, pode-se observar que o *wetland* apresentou uma remoção constante desse poluente, atingindo o objetivo de qualidade para nível de tratamento avançado.

Em termos de nutrientes, o alto carregamento orgânico aplicado no *wetland* interferiu diretamente na oxidação da amônia. A Figura 7 apresenta-se a série temporal de  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_2^-$  e  $\text{N-NO}_3^-$  caracterizada no sistema.



**Figura 7: Concentrações de nitrogênio amoniacal do afluente e efluente do WCFV e concentrações de nitrogênio nitrito e nitrato do efluente do WCFV ao longo do período de estudo.**

A concentração média afluente do *wetland* de 98 mg/L e efluente de 74 mg/L de  $\text{N-NH}_4^+$ , representaram 24% de remoção pela unidade. Quanto à nitrificação, pode-se observar que o processo ocorreu, devido ao aumento da concentração de  $\text{N-NO}_3^-$  no efluente do *wetland*, porém, em concentrações baixas durante todo o período de monitoramento.

Destaca-se que as altas concentrações de amônia afluente foram correlacionadas com as particularidades da empresa, isto porque as amostras eram coletadas logo após a higienização da cozinha e uso dos vestiários pelos funcionários da empresa na troca de turno.

A concentração de *E. coli* no último compartimento do RAC ficou em média de  $1,66 \times 10^8$  NMP/100 mL e após passar pelo WCFV, a concentração ficou em média  $1,74 \times 10^7$  NMP/100 mL, removendo apenas 0,98  $\log_{10}$ . Na Figura 8 apresenta-se o comportamento evolutivo de *E.coli*, com um número de 9 amostragens válidas para todo o período monitorado (fevereiro – dezembro de 2014).

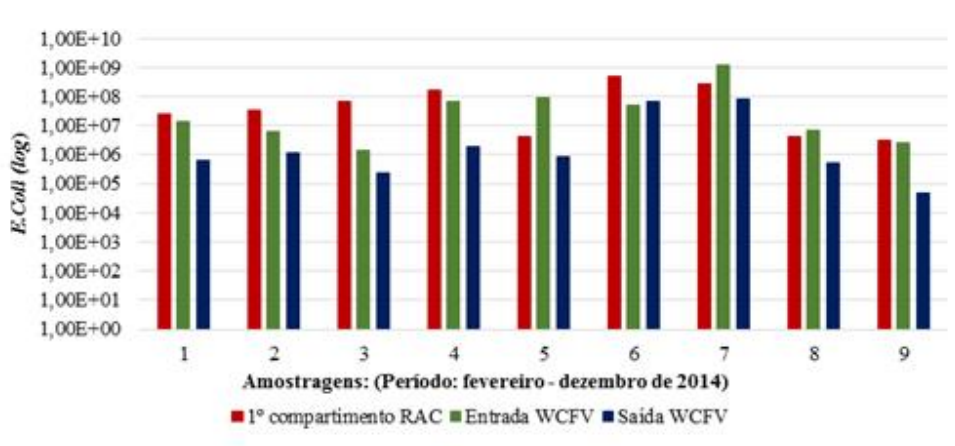


Figura 8: Comportamento evolutivo de *E. coli* durante o período de monitoramento.

Antes de ser lançado na rede de drenagem pluvial, o esgoto ao sair da unidade *wetland* passa pela etapa de desinfecção que é realizada por gotejamento com hipoclorito de sódio (NaClO). A dosadora trabalha quando a bomba que está dentro do último compartimento do RAC liga. Essa dosagem é feita apor meio de sucção no reservatório de NaClO, sendo injetado diretamente para o tanque de contato por uma válvula de injeção (Figura 9).

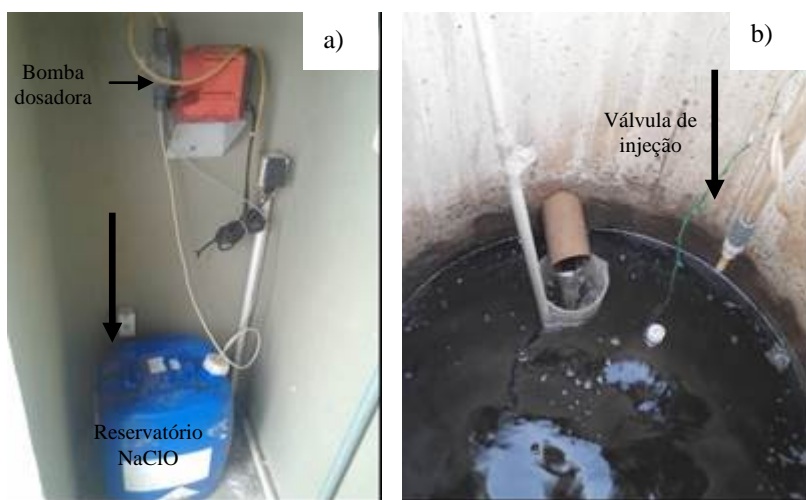


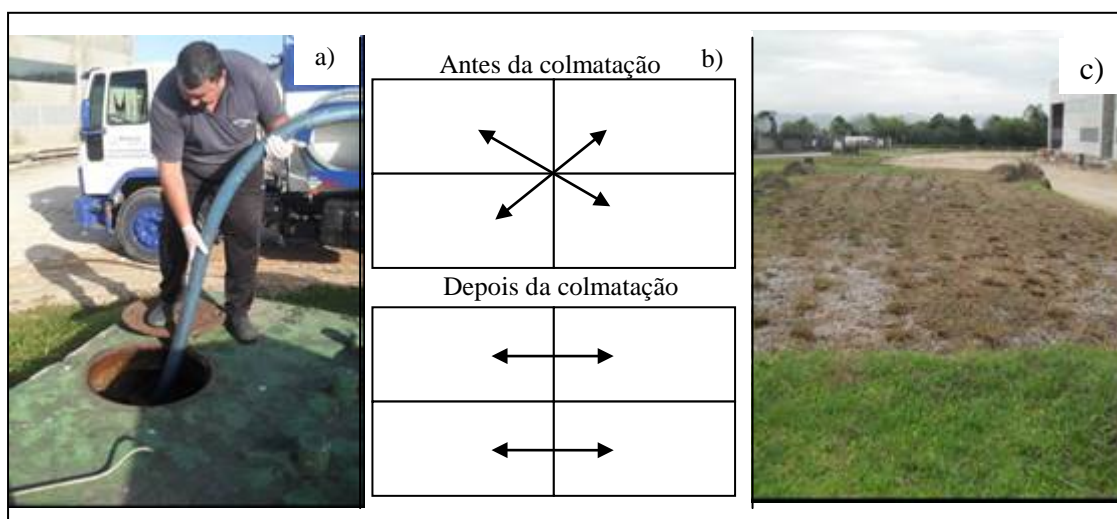
Figura 9: Etapa de desinfecção. a) Reservatório e dosadora de hipoclorito de sódio; b) Gotejamento no efluente final.

### OBSERVAÇÕES ESPECÍFICAS VINCULADAS COM A OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Durante o período de monitoramento, compreendido entre fevereiro a dezembro de 2014, alguns procedimentos foram realizados na estação de modo a assegurar o bom funcionamento das unidades, tais como:

- A limpeza do decanto-digestor com retirada do lodo de fundo em todos os compartimentos do RAC, procedimento este que nunca fora realizado desde sua implantação (Figura 10 a);
- Alternância de alimentação dos quadrantes, procedimento este que já vinha sendo adotado, contudo, a alternância se dava de forma cruzada e percebeu-se que devido ao fenômeno de colmatção o esgoto acabava percolando para as áreas em repouso impedindo assim a sua secagem, desta forma mudou-se a alternância da alimentação para 2 quadrantes em paralelo (Figura 10 b);
- Destaca-se que as macrófitas (*Cyperus papiros nano*) presentes no sistema *wetland* necessitavam de manejo (poda). A poda das macrófitas foi realizada no mês de abril (Figura 10 c).





**Figura 10: Procedimentos de operação e manutenção.**

a) Limpeza do decanto-digestor; b) Troca da alternância dos quadrantes; c) Poda das macrófitas.

Na Figura 11 está apresentada a evolução da adaptação das macrófitas durante o período de estudo.



**Figura 11: Fotos do acompanhamento do WCFV durante o período de estudo (fevereiro a dezembro de 2014).**

## CONCLUSÕES

Com base em um período de 11 meses de monitoramento de um *wetland* construído de fluxo vertical pós decanto-digestor, o qual vem sendo empregado no tratamento de esgoto doméstico por um período 5 anos, infere-se que:

- trabalhando com carregamento médio de 13 gSS/m<sup>2</sup>.d e 87 g DQO/m<sup>2</sup>.d, identificou-se indícios de colmatação no *wetland*;
- apesar do WCFV ter operado com um alto carregamento orgânico, o mesmo apresentou eficiências médias de remoção de 73% para SS e de 68% para DQO;
- a nitrificação foi evidente nesse módulo, contudo, o início do fenômeno de colmatação do maciço filtrante no *wetland* teve influência negativa na manutenção de formação do nitrogênio nitrato;
- a colmatação é inevitável, contudo reversível através de ações na operação da estação, como a limpeza do decanto-digestor;
- considerando o parâmetro *E. coli* há a necessidade da etapa de desinfecção após passar pelos WCFV, tal como é procedido na operação diárias do mesmo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq e à FUNASA pelo financiamento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WEF, 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21<sup>st</sup> ed. APHA, Washington.
2. APHA, AWWA, WEF, 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20<sup>st</sup> ed. APHA, Washington.
3. HOFFMANN, H., PLATZER, C., WINKER, M., MUENCH, E., VON MUNCH. Technology review of constructed wetlands Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment. Eschborn: Giz, p. 36. 2011.
4. KAYSER, K.; KUNST, S. Processes in vertical-flow reed beds: nitrification, oxygen transfer and soil clogging. Water Science and Technology, v. 51, (9), p. 177-184, 2005.
5. PLATZER, C. Design recommendation for subsurface flow constructed wetlands for nitrification and denitrification. Water Science and Technology, v. 40, nº 3, p. 257-263, 1999.
6. PLATZER, C., SENFT, C., HOFFMANN, H., CARDIA, W., COSTA, R. H. R. Dimensionamento de wetland de fluxo vertical com nitrificação - Adaptação de modelo europeu para as condições climáticas do Brasil. In: 24<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental, Belo Horizonte. Anais. ABES, p. 7. 2007.
7. SANTA CATARINA. Nº 14.675/2009. Legislação sobre Recursos Hídricos. Governo do Estado de Santa Catarina / Editora Universitária UNISUL. Tubarão, SC. 96 p., 1998.
8. SEZERINO, P. H. Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (constructed wetlands) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima subtropical. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. p. 171. 2006.
9. VOGEL, A. Química analítica qualitativa. 5<sup>o</sup>ed. São Paulo - SP: Editora Mestre Jou, pg. 665. 1981.