



## II-182 - AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO POR WETLAND CONSTRUÍDO COM ETAPA AERADA

**Helisson Henrique Borsato de Andrade<sup>(1)</sup>**

Tecnólogo em Gerenciamento Ambiental pela UTFPR. Mestrado em Engenharia Civil PPGEC/UTFPR. Doutorando em Sustentabilidade EACH/USP.

**Marcelo Antunes Nolasco**

Biólogo pela UFSCAR. Mestrado em Bioengenharia USP. Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Orientador credenciado nos Programas de Pós-graduação em Sustentabilidade (EACH/USP) e no Mestrado Profissional Ambiente, Saúde e Sustentabilidade (FSP/USP).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Escola de Artes, Ciências e Humanidades Universidade de São Paulo Av. Arlindo Béttio, 1000 Ermelino Matarazzo São Paulo - SP CEP: 03828-000- Brasil - Tel: +55 (11) 2648-0071- e-mail: [helisson@usp.br](mailto:helisson@usp.br)

### RESUMO

Os wetlands construídos (WC) representam uma gama de tecnologias para o tratamento de águas residuárias com utilização crescente em todo o mundo, esta modalidade de tratamento é baseada em processos naturais de ciclagem de nutrientes e degradação da matéria orgânica presente na água residuária em taxas similares as encontradas na natureza. Os WC apresentam eficiências satisfatórias na remoção de compostos como matéria orgânica, tem baixo consumo de energia e simplicidade operacional, no entanto, pode requerer significativas áreas para a construção e apresenta instabilidade na remoção de nutrientes. O sistema descentralizado de tratamento de águas residuárias adotado compõe-se por uma sequência constituída por tanque séptico, wetland construído de fluxo livre com aeração, decantador secundário e wetland construído de fluxo vertical subsuperficial. Na aplicação real está previsto uma qualidade final de efluente suficiente para sua disposição segura em corpo hídrico mais restritivo como em áreas de manancial ou recarga de aquíferos. Na etapa de laboratório, foram obtidas eficiências de até 89% de remoção de matéria orgânica em termos de COT, 87% de remoção de nitrogênio total e 55% de fósforo livre.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Wetlands* construídos intensificados, tratamento de esgoto sanitário, tratamento descentralizado, remoção de nutrientes.

### INTRODUÇÃO

Os wetlands construídos (WC) são classificados como “Sistemas Naturais de Tratamento de Águas Residuárias”, de modo que seu funcionamento estará sujeito aos fenômenos químicos, físicos e biológicos em velocidades próximas as encontradas na natureza. Tais sistemas utilizam-se dos processos supracitados para ciclagem e degradação de compostos com potencial poluente. (Kaldlec & Wallace, 2009; Sezerino, 2006; Stottmeister et al., 2003).

Um WC constitui-se de uma complexa reunião de agentes, meio líquido (água residuária), substrato (matéria orgânica e nutrientes), plantas (vasculares e algas), meio suporte (brita, solo etc.), animais invertebrados (larvas de insetos) e uma ampla gama de microrganismos (principalmente bactérias), interagindo através de diversos processos, como sedimentação, filtração, precipitação química, transformação química e biológica, adsorção e sorção de compostos, além de predação e morte natural de patógenos (Kaldlec et al., 2000).

A utilização dos sistemas naturais de tratamento de esgotos como os wetlands construídos pode se demonstrar como uma alternativa favorável do ponto de vista de operação, com menores demandas tecnológicas para sua implantação e eficiência no tratamento secundário de esgotos sanitários, favorecendo sua aplicação na realidade de um país em desenvolvimento como o Brasil (Vymazal, 2008; Wu et al., 2015).



Entretanto, os sistemas de tratamento por WC requerem maiores áreas de instalação e muitas vezes não apresentam a remoção de nutrientes esperada, seja por problemas de operação ou pelas características desfavoráveis do modelo escolhido.

Este fato tem conduzido a realização de estudos visando a melhoria do desempenho quanto a remoção de nitrogênio e fósforo, por exemplo, e também visando uma maior compactação dos aparatos, para sua aplicação em regiões onde não há muita disponibilidade de área ou possuem valor muito elevado, inviabilizando sua implantação.

O presente estudo contém os resultados prévios da pesquisa intitulada “Desenvolvimento e Avaliação de um Sistema Intensificado de Tratamento de Esgoto Sanitário por Wetland Construído”.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema descentralizado de tratamento de águas residuárias adotado compõe-se por uma sequência constituída por tanque séptico, *wetland* construído de fluxo livre com aeração, decantador secundário e *wetland* construído de fluxo vertical subsuperficial. Na aplicação real está previsto uma qualidade final de efluente suficiente para sua disposição segura em corpo hídrico mais restritivo como em áreas de manancial ou recarga de aquíferos.

O sistema de fluxo livre adotado neste projeto tem como referência os descritos como “*Solar Aquatic Aerated Tanks*” descrito por Peterson e Teal (1996) aplicado na adequação de esgotos domésticos de pequenas comunidades. Em sua utilização original o sistema foi construído em uma estufa agrícola, e consistia em 9 tanques aerados com TDH total de 6,5 dias cultivados com *Eichhornia crassipes* seguidos por WC de fluxo subsuperficial. Este sistema tinha como meta atender eficiências bastante elevadas, 96% para remoção de nitrogênio total e 86% para fósforo total. Nesta pesquisa a utilização da etapa de aeração será prevista com menor TDH (entre 24 e 12h) visando a redução de área de implantação e preparação para etapa posterior de tratamento.

Neste tipo de sistema pode-se empregar o cultivo de macrófitas fixas sobre leitos flutuantes como nos sistemas estudados Tanner et al, (2011) e Weragoda et al., (2012), que apesar de não possuírem sistema de aeração, apresentaram valores consideráveis de remoção de matéria orgânica e principalmente nutrientes pela incorporação das plantas pela raiz em contato com os efluentes.

O efluente oriundo dos tanques de aeração será encaminhado ao um decantador secundário sem mecanização para remoção de material suspenso, que pode ser produzido na etapa anterior. Seu dimensionamento seguirá a NBR ABNT 12.209 de 2009 com a taxa de escoamento superficial igual ou inferior a 24 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d.

Posterior a passagem pelo decantador o efluente é aplicado em um *wetland* construído de fluxo vertical afogado. O objetivo nesta etapa é remover a matéria orgânica remanescente pela via anóxica e induzir a desnitrificação através da redução do nitrato e nitrito a nitrogênio atmosférico, além de propiciar processos de adsorção de compostos no meio filtrante e incorporação nas plantas.

## FASE 1 – ESCALA DE BANCADA

O modelo em escala de bancada teve como objetivo principal a avaliação dos parâmetros operacionais em situação de maior controle. O sistema foi submetido ao tratamento de substrato sintético similar a esgoto doméstico desenvolvido por Torres (1992), que utiliza extrato de carne como fonte de matéria orgânica e solução de sais para micro e macro nutrientes.

A vazão de alimentação é determinada por uma bomba peristáltica de 8 canais (PolyCanal 5000® Provitec), com vazão máxima de 6,2 ml/min por canal.

Os módulos de WC aerados são constituídos em recipientes de polietileno com volume total de 18,3L e volume útil de 14,5L, considerando a borda livre de 5,5cm. Para remoção dos sólidos suspensos que podem se

formar nos WC aerados foram adaptados cones de Imhoff, com saída perfurada a 5 cm da borda, com volume útil de 1L.

Para cada um dos módulos WC de fluxo subsuperficial foram utilizados recipientes plásticos de 0,22 m<sup>2</sup> de superfície, totalizando 26cm de profundidade total com volume total de 57,2L, considerando a porosidade média do meio filtrante de 49% ( $\varnothing$  0,5mm) e o enchimento até 21cm (com 5cm de borda livre), obtém-se o volume útil de 23,5L. A distribuição foi acomodada na parte superior do meio filtrante, e o tubo de coleta do efluente na parte inferior teve a saída elevada, para criar um volume de líquido dentro do sistema fazendo com que o modelo hidráulico seja de escoamento vertical afogado como o descrito por KAICK *et al.* (2011).

Estão sendo testadas duas espécies de plantas, *Cyperus* spp. e *Eichhornia crassipes*, juntamente com um sistema de controle (não plantado). No wetland de fluxo vertical subsuperficial serão cultivadas plantas da espécie *Canna x generalis*.

As espécies de plantas selecionadas tiveram como critérios principais de escolha um crescimento vegetativo vigoroso sob as condições climáticas locais, tolerância a água residuária relatada e apresentar potencial paisagístico (Yi *et al.*, 2014; Zhang, Liu, Pan, Guan, & Liu, 2014).

O monitoramento do aparato em escala de bancada teve duas, cada uma com aproximadamente com cerca de 4 meses de operação, considerando o tempo necessário para estabilização da atividade biológica em cada fase.

Estas fases foram diferenciadas pelas vazões de aplicação, incorrendo em alteração nas taxas e cargas dos sistemas. O objetivo destas alterações é definir com segurança o limite de aplicação sem que haja perda significativa de eficiência na remoção dos parâmetros de interesse. As vazões e outros parâmetros hidráulicos estão apresentados na Tabela 1, abaixo.

**Tabela 1 - Vazões e tempo de detenção hidráulica em cada aparato nas diferentes etapas de monitoramento.**

Operação	Vazão (L/h)	WC aerado		WC vertical subsuperficial	
		TDH (horas)	Taxa (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia)	TDH (horas)	Taxa (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia)
Etapa I	0,15	96	0,06	155	0,02
Etapa II	0,30	48	0,11	77	0,03

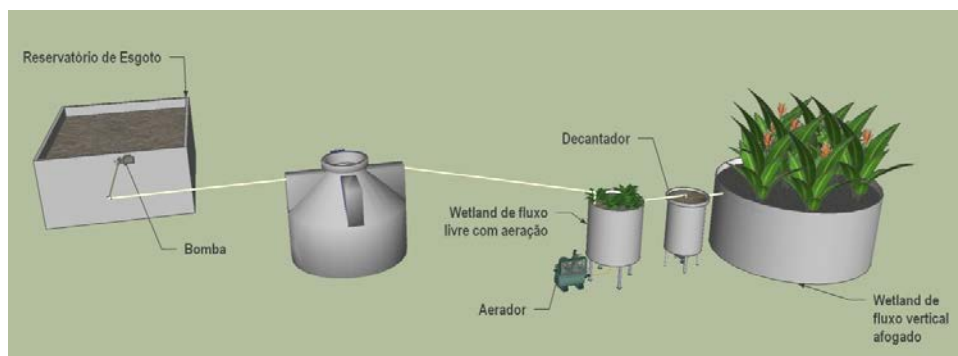
Para o monitoramento do funcionamento do sistema estão sendo realizadas amostragens para análise de pH, Temperatura, Oxigênio Dissolvido, Nitrogênio Total Kjeldahl, Nitrogênio amoniacal, Nitrito (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), Nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Fósforo Livre e Carbono Orgânico Total – COT, todos os ensaios realizados como base o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2005).

## FASE II – SISTEMA EM ESCALA REAL

O sistema em escala piloto teve como principal objetivo a validação dos dados obtidos em escala de bancada e a verificação dos desempenhos frente ao esgoto real e as condições reais de operação. Para tanto foi estipulada uma vazão de referência de 1,0m<sup>3</sup>/dia a ser atendida pelo piloto instalado.

O esgoto sanitário utilizado na pesquisa é proveniente de uma pequena estação de tratamento instalada dentro CTH-Poli (Centro de Tecnologia Hidráulica e Recursos Hídricos da Escola Politécnica) atendendo a parcela do esgotamento da moradia estudantil da Cidade Universitária da Universidade de São Paulo.

Para construção da unidade de tratamento foi utilizado fibra de vidro, com tanques expostos para evitar a mobilização de solo devido a escavações e facilitar o controle e mesmo instalação de pontos de monitoramento (Figura 1).



**Figura 1: Layout esquemático do sistema de tratamento piloto.**

O controle de vazão será dado por uma bomba (Netzsch/Nemo®) helicoidal de deslocamento positivo com vazão nominal de  $70 \text{ L.h}^{-1}$ , controlado por um inversor de frequência, instalada a montante do tanque séptico.

O sistema segue o mesmo processo de tratamento proposto (Tanque Séptico, *Wetland* Aerado, Decantador e *Wetland* Subsuperficial Vertical Afogado), sendo que o esgoto afluente é pré-tratado por gradeamento e caixa de areia.

O tanque séptico a jusante possui volume útil de  $3,25\text{m}^3$  e é utilizado em dois experimentos paralelos, tendo vazão de demanda total igual  $1,6\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$ .

**Tabela 2 – Dimensões dos sistemas implantados em escala real.**

Módulo	Diâmetro (m)	Área Útil ( $\text{m}^2$ )	Altura Útil (m)	Volume Útil ( $\text{m}^3$ )	TDH** (Horas)
WC Subsuperficial	2,5	4,90	1	2,12*	46,6
Decantador	0,56	0,24	1,15	0,28	6,2
WC Aerado	0,8	0,50	1,3	0,65	14,3

\*Volume teórico considerando a porosidade medida do meio filtrante.

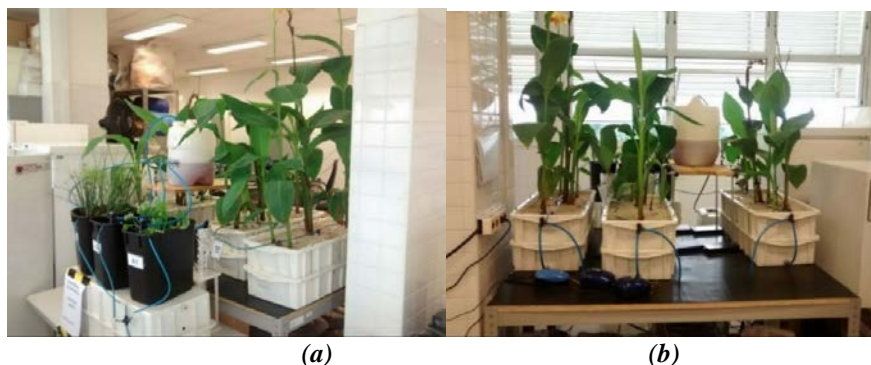
\*\*TDH=Tempo de Detenção Hidráulico teórico

O meio filtrante do WC subsuperficial é composto por camadas de areia e brita, sendo do fundo para o topo um perfil de 20cm de brita #1, 40cm de areia grossa e outros 40cm de brita #1. Para aeração está sendo utilizada uma bomba eletromagnético de 100w pressão igual à  $0,032\text{Mpa}$  e vazão de saída de  $110\text{L}.\text{min}^{-1}$ .

## RESULTADOS

### FASE 1 – ESCALA DE BANCADA

Foi dado início a operação do sistema em escala laboratorial (Figura 2) no dia 13/10/2014 com o plantio das macrófitas aquáticas e introdução do efluente sintético para enchimento de todo o aparato. Com o intuito de auxiliar a atividade biológica, foi misturado ao substrato sintético uma fração de 1/3 de esgoto sanitário do campus universitário da EACH/USP a operação foi encerrada no dia 18/12/2015.



**Figura 2 : Vistas do sistema de bancada montado no laboratório de saneamento com 25 dias de operação: a) vista frontal com detalhe nos WC aerados plantados e controle, seguidos pelos WC de fluxo subsuperficial; b) Vista da saída dos WC de fluxo subsuperficial.**

No tocante as condições operacionais no interior do sistema são apresentadas os valores de pH, Temperatura e Oxigênio Dissolvido (OD) na Tabela 3 abaixo, suas características podem variar dependendo aplicação de aeração (nos WC iniciais) ou refrigeração (no reservatório).

**Tabela 3 – Condições ambientais das etapas de tratamento**

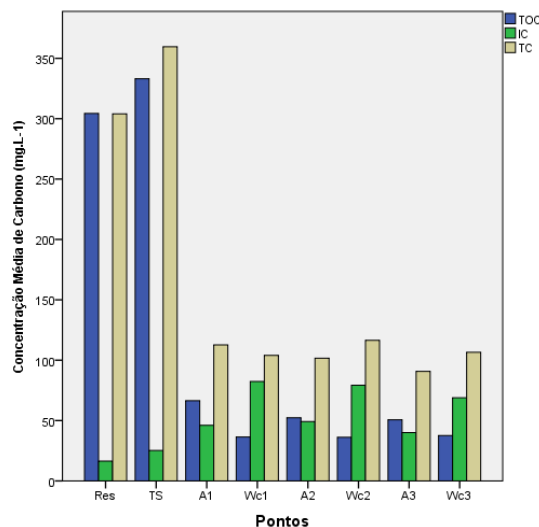
	pH		Temperatura °C		OD mg/L	
	Média	DP*	Média	DP	Média	DP
<b>Res</b>	6,3	0,3	14,6	7,5	0,3	0,3
<b>TS</b>	6,5	0,1	23,5	1,5	0,3	0,2
<b>A1</b>	7,5	0,6	23,1	1,6	1,5	1,2
<b>WC1</b>	7,2	0,1	22,1	1,5	0,6	0,2
<b>A2</b>	7,6	0,4	22,8	1,6	1,4	1,1
<b>WC2</b>	7,2	0,1	22,3	2,0	0,7	0,3
<b>A3</b>	7,5	0,3	23,3	1,5	1,3	1,5
<b>WC3</b>	7,2	0,1	22,5	2,1	0,7	0,2

DP = Desvio Padrão; Pontos de coleta: Res = Reservatório; TS = Tanque Séptico; A1= WC aerado cultivado com *e. crassipes*; A2 = WC aerado controle (não-plantado); A3 = WC aerado cultivado com *Cyperus* spp.; WC (1, 2 e 3) = WC de fluxo subsuperficial referente a cada linha de tratamento.

Os valores de pH apresentaram baixa variação entre os sistemas, permanecendo dentro da neutralidade e não afetando drasticamente a atividade microbiana. Valores de pH entre 7,00 e 7,99, considerados como estando dentro da faixa de neutralidade, propicia crescimento microbiano de bactérias generalistas adaptadas a estes valores, como as nitrificantes, por exemplo, com exceção das acidófilas, que têm como pH ótimo valores entre 2 e 3,5, e fungos que desenvolvem-se preferencialmente em pH < 5 (He, Tao, Wang, & Shayya, 2012).

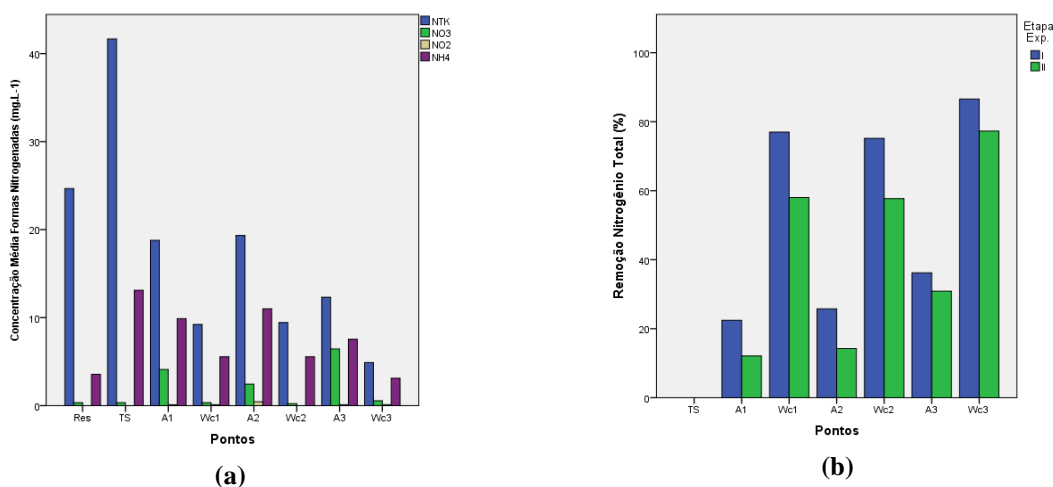
O oxigênio dissolvido nos sistemas aerados foi mantido entre 1,5mg/L e 1,2mg/L. Esta pesquisa busca a manutenção de baixa aeração para verificar o mínimo de utilização de energia no sistema, e nas etapas não aeradas as concentrações ficaram próximas a 0mg/L com o intuito de induzir a desnitrificação e a degradação anaeróbia no sistema.

A concentração média de matéria orgânica em termos de COT aplicada no aparato é igual a 327 mg/L(Figura 3).



**Figura 3: Gráfico das concentrações médias das formas carbono orgânico total. TOC=Carbono orgânico total; IC = Carbono inorgânico; TC = Carbono total**

Para as formas nitrogenadas verifica-se a amonificação no tanque séptico e posteriormente oxidação a nitrito e nitrato na etapa aerada, a eficiências de remoção de nitrogênio em um WC podem ser atribuídas também a incorporação das plantas, onde o sistema estudado apresentou uma remoção máxima de 87% de remoção de nitrogênio total (Figura 4).



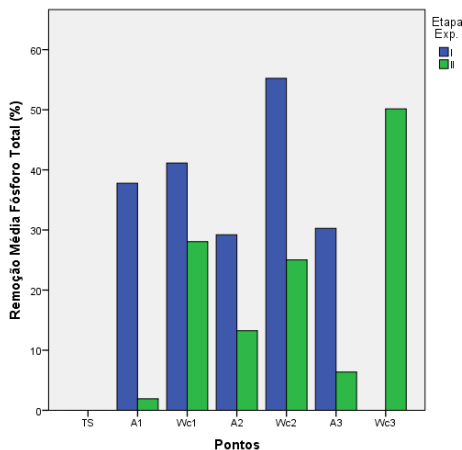
**Figura 4: (a) Gráfico das concentrações nitrogênio total Kjeldahl, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato; (b) Remoção média de nitrogênio total (NTK+NO3+NO2) na primeira e segunda etapa de operação.**

No tocante a remoção de nitrogênio dos sistemas de WC aerados artificialmente os resultados têm indicado um desempenho bastante favorável, com ressalvas aos sistemas de único módulo aerado de maneira contínua, que limita a remoção de nitrogênio total pela ausência de fase anóxica. Os sistemas com aeração intermitente apresentaram em alguns estudos cerca de 90% na remoção de nitrogênio amoniacal e 80% na remoção de nitrogênio total (Fan et al., 2013), chegando até valores acima de 90% de remoção NTK, conforme demonstrado por Hu et al., (2012).

Os sistemas estudados apresentaram remoção máxima de fósforo livre na ordem de 55% no ponto Wc2 na Etapa I, acima dos valores obtidos por Piedade (2010) estudando a dinâmica de fósforo em leitos cultivados



com plantas do gênero *Typha* sem aeração, no tratamento de esgoto doméstico, na qual obteve valores médios de remoção de fósforo de até 41,9%.



**Figura 5: Gráfico das remoções de fosforo total nas etapas operacionais I e II.**

Os fenômenos envolvidos na remoção de fósforo de águas residuárias em sistemas de WC são incorporação nas plantas e microrganismos, adsorção no meio filtrante e precipitação química. As formas mais facilmente disponíveis ao metabolismo biológico são os ortofosfatos ( $PO_4^{3-}$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $H_3PO_4$ ), já os polifosfatos necessitam de uma quebra antes de sua assimilação (Kadlec et al., 2000; Vymazal, 2008).

## FASE II – SISTEMA EM ESCALA REAL

Os dados apresentados nesta sessão são referentes ao início da fase de adaptação do sistema em escala real. Na primeira semana de janeiro de 2016 foi finalizada a construção e atualmente o sistema encontra-se montado e operando, com a primeira coleta realizada no dia 02/02/2016 (Figura 9).



**Figura 6: Vista do sistema de tratamento em escala real, data: 19/01/2016.**

Na Tabela 4 são descritos os resultados médios dos dois primeiros meses de análise, através de amostragem pontual e coletas semanais.

**Tabela 4 – Dados da primeira coleta no sistema em escala real.**

Ponto	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	Temp. (C)	pH	Turbidez NTU	Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup> )	DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	P-Total (mg.L <sup>-1</sup> )	P-livre (mg.L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	NTK (mg.L <sup>-1</sup> )
Bruto	0,42	2,4	7,5	365	15,8	840,7	19,4	8,35	0,07	0,05	98	259,7
TS	0,42	26,5	7,0	465	14,4	1068,8	13,1	4,2	0,07	0,08	108	148,1
A	3,02	25,4	7,6	93	7,1	184,4	10,9	5,6	0,11	17,4	66	105,1
Dec	0,72	25	7,9	44,3	10,3	134,1	10,7	5,6	0,07	1,79	67	92,8
WC	0,83	24,1	7,7	31,8	15,9	62,7	8,2	4,6	0,06	0,01	63	77,2

Bruto= Esgoto coletado no tanque de equalização; TS= Ponto de coleta no tanque séptico; A= Wetland Aerado; Dec= Decantador; WC= Wetland construído subsuperficial.

## CONCLUSÕES

Os dados apresentados demonstram o potencial de aplicação da aeração nos sistemas de WC, elevando consideravelmente a remoção de matéria orgânica e principalmente de nitrogênio total, quando analisado a etapa I deste estudo. Pelissari et al., (2014) em estudo realizado no sul do Brasil comparando as formas nitrogenadas em um WC subsuperficial vertical e em um horizontal aplicados ao tratamento águas residuárias sem etapa de aeração, observou uma remoção média de nitrogênio total na ordem de 59% com taxas na ordem de 1,5 gNTK/m<sup>2</sup>.dia no sistema de fluxo horizontal e 3,1 gNTK/m<sup>2</sup>.dia no sistema de fluxo vertical. Este resultado é relativamente baixo, se comparado ao obtido na pesquisa até o momento média de 70±12% com taxas de 1,7 gNTK/m<sup>2</sup>.dia.

A baixa remoção de fósforo pode estar relacionada a concentração de matéria orgânica. Estudos utilizando areia grossa para avaliar a remoção de fósforos em água residuária sintética em WC intensificado, Li; Wu e Dong (2015), verificaram aumento de 13% para 88% na remoção P-PO<sub>4</sub>, aumentando as concentrações de COT de 30mg/L para 1147mg/L. Estes estudos também indicam que em meios filtrantes com baixa reatividade, como utilizados na pesquisa, a forma mais representativa de remoção de fósforo seria a incorporação biológica no biofilme e nas plantas.

No que toca o sistema implantado na etapa II e sua análise qualquer afirmação no período avaliado seria muito precoce, visto que o mesmo ainda está em estabilização tanto das condições de operação quanto aclimação e desenvolvimento das plantas e comunidade biológica envolvida, todavia o mesmo já apresenta uma significativa remoção de DQO e NTK.

Outros fatores ainda devem ser considerados como a quantidade de energia aplicada para aeração, considerando custos adicionais e maior complexidade de instalação e operação. Também se deve considerar o desempenho do sistema nas próximas fases de operação verificando possíveis instabilidades além da produção de lodo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fan, J., Zhang, B., Zhang, J., Ngo, H. H., Guo, W., Liu, F., ... Wu, H. (2013). Intermittent aeration strategy to enhance organics and nitrogen removal in subsurface flow constructed wetlands. *Bioresource Technology*, 141, 117–122. <http://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.03.077>
2. He, Y., Tao, W., Wang, Z., & Shayya, W. (2012). Effects of pH and seasonal temperature variation on simultaneous partial nitrification and anammox in free-water surface wetlands. *Journal of Environmental Management*, 110, 103–109. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.06.009>
3. Hu, Y., Zhao, Y., Zhao, X., & Kumar, J. L. G. (2012). High rate nitrogen removal in an alum sludge-based intermittent aeration constructed wetland. *Environmental Science and Technology*, 46, 4583–4590. <http://doi.org/10.1021/es204105h>
4. Kadlec, R. H., Knight, R. L., Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P., & Haberl, R. (2000). Constructed wetlands for pollution control, 156.
5. Kaick, T. S. Van, Holz, L., Sena, A. De, & Brasil, N. (2011). RELAÇÃO À CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS APÓS UMA, (1), 1–6.



6. Kaldlec, H. R., & Wallace, D. S. (2009). *TREATMENT WETLANDS* (2nd ed.). Florence: CRC Press.
7. Li, C., Wu, S., & Dong, R. (2015). Dynamics of organic matter , nitrogen and phosphorus removal and their interactions in a tidal operated constructed wetland. *Journal of Environmental Management*, 151, 310–316. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.011>
8. Pelissari, C., Sezerino, P. H., Decezaro, S. T., Wolff, D. B., Bento, A. P., Junior, O. D. C., & Philippi, L. S. (2014). Nitrogen transformation in horizontal and vertical flow constructed wetlands applied for dairy cattle wastewater treatment in southern Brazil. *Ecological Engineering*, 73, 307–310. <http://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.09.085>
9. Piedade, A. R. (2010). *Dinâmica da Remoção de Fósforo em Leitões Cultivados com Typha sp.* Unicamp.
10. Sezerino, P. H. (2006). *Potencialidade dos Filtros Plantados Com Macrófitas (Constructed Wetlands) no Pós-Tratamento de Lagoas de Estabilização sob Condições De Clima SubTropical*. Universidade Federal de Santa Catarina.
11. Stottmeister, U., Wießner, a., Kusch, P., Kappelmeyer, U., Kästner, M., Bederski, O., ... Moormann, H. (2003). Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. *Biotechnology Advances*, 22(1-2), 93–117. <http://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2003.08.010>
12. Tanner, C. C., Sukias, J., Park, J., Yates, C., & Headley, T. (2011). Floating treatment wetlands: a new tool for nutrient management in lakes and waterways. *24th Annual FLRC Workshop, 8-10 February 2011*, (Figure 1), 1–12. Retrieved from [http://www.massey.ac.nz/~flrc/workshops/11/Manuscripts/Tanner\\_2011.pdf](http://www.massey.ac.nz/~flrc/workshops/11/Manuscripts/Tanner_2011.pdf)
13. Torres, P. (1992). *Desempenho de um reator de manta de lodo (UASB) de bancada no tratamento de substrato sintético simulando esgotos sanitários*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
14. Vymazal, J. (2008). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment : A Review, 965–980.
15. Wastewater, S. M. for the E. of W. and. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition*. Retrieved from <http://books.google.com.pe/books?id=2BcoYAAACAAJ>
16. Weragoda, S. K., Jinadasa, K. B. S. N., Zhang, D. Q., Gersberg, R. M., Tan, S. K., Tanaka, N., & Jern, N. W. (2012). Tropical Application of Floating Treatment Wetlands. *Wetlands*, 32(5), 955–961. <http://doi.org/10.1007/s13157-012-0333-5>
17. Wu, H., Zhang, J., Hao, H., Guo, W., Hu, Z., Liang, S., & Fan, J. (2015). Bioresource Technology A review on the sustainability of constructed wetlands for wastewater treatment : Design and operation. *Bioresource Technology*, 175, 594–601. <http://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.10.068>
18. Yi, N., Gao, Y., Long, X., Zhang, Z., Guo, J., Shao, H., ... Anammox, A. (2014). Eichhornia crassipes Cleans Wetlands by Enhancing the Nitrogen Removal and Modulating Denitrifying Bacteria Community, 42(5), 664–673. <http://doi.org/10.1002/clen.201300211>
19. Zhang, C., Liu, W., Pan, X., Guan, M., & Liu, S. (2014). Comparison of effects of plant and bio film bacterial community parameters on removal performances of pollutants in floating island systems. *Ecological Engineering*, 73, 58–63. <http://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.09.023>