

II-495 – AVALIAÇÃO DE WETLAND CONSTRUÍDO DE FLUXO SUBSUPERFICIAL VERTICAL TRATANDO ESGOTO SANITÁRIO

Claudir José Morais ⁽¹⁾

Tecnólogo em Processos Ambientais (UTFPR). Profissional da Área de Gestão Ambiental e Laboratório na Indústria Metalúrgica.

Aldria Diana Belini

Engenheira Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação de Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Curitiba (PPGCTA/UTFPR).

Daiane Cristina de Freitas

Engenheira Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação de Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Curitiba (PPGCTA/UTFPR).

Karina Querne de Carvalho

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre e Doutora em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba (DACOC/UTFPR).

Fernando Hermes Passig

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba (DAQBI/UTFPR).

Endereço ⁽¹⁾: Rua Ribeirão do Pinhal, 289 – Casa D – Xaxim – Curitiba – PR – CEP: 81830 - 040 – Brasil
– Tel: +55 (41) 9947-8848 – e-mail: claudirjmorais@gmail.com

RESUMO

Os *wetlands* construídos se distinguem como tecnologias sustentáveis por apresentarem processo construtivo e operacional simples, de consumo energético mínimo, dispensando adição de produtos químicos e possibilitando sua aplicação em pequenas comunidades e áreas rurais ou distantes. Este trabalho teve seu foco na avaliação do comportamento de um sistema de tratamento de esgotos sanitários em *wetland* construído de fluxo subsuperficial vertical utilizando a macrófita *Zantedeschia aethiopica* na remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo. O processo foi comparado a um sistema similar, mas não vegetado. As eficiências médias obtidas para o sistema vegetado e não vegetado foram: turbidez de 93,2 e 96,8%; DQO de 80,0 e 90,3%; NTK de 63,9 e 76,2%; nitrogênio amoniacal de 93,5 e 88,7% e fósforo total de 96,9 e 97,0%, respectivamente. Foi verificada a atuação das plantas na remoção de nitrito e de nitrato. Em comparação ao sistema não vegetado, verificou-se a ausência dos odores típicos dos esgotos sanitários no sistema vegetado. Embora não tenham sido observadas diferenças significativas em vários parâmetros no sistema vegetado, os resultados apresentados indicam a capacidade deste sistema no tratamento dos esgotos sanitários.

PALAVRAS-CHAVE: Copo de leite, Eficiência, Tratamento.

INTRODUÇÃO

De acordo com dados da Agência Nacional de Águas, os serviços de coleta e tratamento de efluentes sanitários não acompanharam os processos de urbanização e de industrialização no Brasil. A implantação de rede coletora e tratamento pouco eficientes ou ausentes representam ponto fundamental nas questões sobre as águas no Brasil devido ao lançamento de cargas remanescentes que acarretam no aumento da carga poluidora nos trechos urbanizados dos rios (ANA, 2012).

Isto pode ser enfatizado através do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS para o ano de 2012, no qual é apontada média de 38,6% para sistemas de tratamento dos esgotos sanitários e 56,1% de atendimento com redes coletoras nas zonas urbanas (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2012).

Para Van Kaick *et al.* (2012), é imprescindível o desenvolvimento de tecnologias descentralizadas que possam atender as necessidades do tratamento para a crescente população que não tem acesso a rede coletora de esgotos sanitários.

Os tratamentos descentralizados de esgotos ganham cada vez mais importância porque oferecem opção de investimento em etapas. Há situações nas quais estes podem ser a única solução viável para pequenas cidades e povoados, sítios turísticos, estabelecimentos industriais e comerciais devido às distâncias das zonas urbanas, dentre outros (HOFFMANN *et al.*, 2013).

Suntti *et al.* (2013) argumentam que os filtros plantados com macrófitas ou *wetlands* construídos se distinguem como tecnologias sustentáveis por apresentarem processo construtivo e operacional simples, de consumo energético mínimo, dispensando adição de produtos químicos e possibilitando sua aplicação em pequenas comunidades e áreas rurais.

Para Kadlec e Knight (2009), *wetlands* construídos não são capazes de tratar todos os níveis de poluentes por serem sistemas biológicos que só podem operar em determinadas faixas de concentração de certos contaminantes, então o projeto deve respeitar as exigências da biota selecionada para evitar efeitos negativos.

Ferreira *et al.* (2013) constataram pela análise de vários trabalhos que o sistema de *wetland* de fluxo subsuperficial vertical é eficiente no tratamento de esgotos domésticos na remoção de nutrientes. Porém os autores detectaram dificuldade em formar um padrão por causa das diversas formas construtivas, do emprego de diferentes espécies plantadas e dos diferentes parâmetros avaliados.

Diante dessa conjuntura, este trabalho avaliou uma unidade piloto de tratamento por zona de raízes ou *wetland* construído de fluxo subsuperficial vertical, plantada com *Zantedeschia aethiopica*, comparando-a com uma unidade não vegetada.

MATERIAIS E MÉTODOS

O aparato experimental foi instalado na área externa do Laboratório de Saneamento (Bloco I) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, câmpus Curitiba, sede Ecoville. As características do aparato experimental composto por dois recipientes plásticos são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características do aparato experimental

CARACTERÍSTICA	DIMENSÃO
Área superficial	0,22 m ²
Nº de mudas	9 unidades
Altura da camada de brita da superfície	300 mm
Altura da camada de areia	300 mm
Altura da camada de brita calcária	50 mm
Altura da camada de brita no fundo	50 mm
Granulometria da brita	# 1
Granulometria da areia	1,2 a 4,8 mm
Volume Total	200 L
Volume útil	166 L
Volume de vazios	70 L
Índice de Porosidade	0,42

A tubulação de alimentação e de coleta dos esgotos foi confeccionada em tubos de PVC com diâmetro de 25 mm. Na Figura 1 é possível observar um corte esquemático, a tubulação do aparato experimental e a estrutura do leito filtrante.

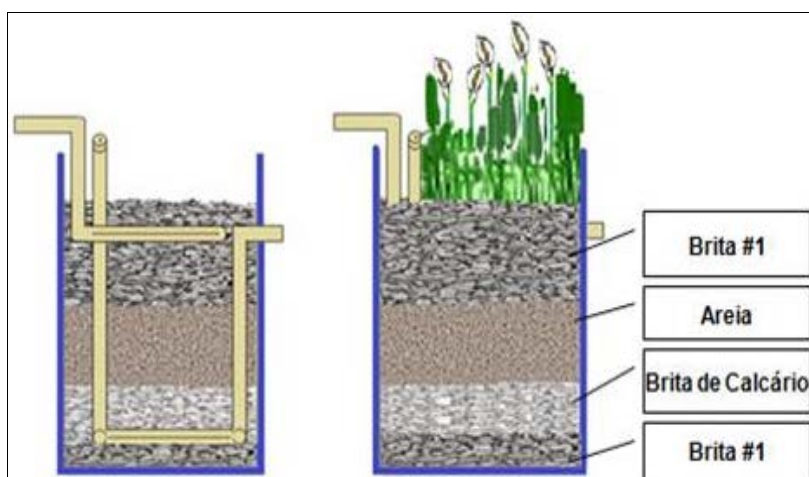


Figura 1 – Desenho Esquemático do Aparato Experimental

No sistema vegetado foram plantadas as mudas de *Zantedeschia aethiopica*. Durante o período de desenvolvimento do sistema plantado, os wetlands foram alimentados manualmente em batelada com água de um córrego local, contaminado com esgotos sanitários oriundo das residências localizadas na vizinhança próxima ao câmpus.

Inicialmente os sistemas iriam tratar esgoto sanitário real, porém devido a dificuldade técnica de promover o bombeamento para os sistemas vegetado e não vegetado, optou-se pelo uso de efluente sintético com alimentação em batelada. Foi utilizado efluente sintético conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição do Esgoto Sintético

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
Extrato de Carne	0,2 g/L
Amido	0,01 g/L
Farinha de Trigo	0,2 g/L
Sacarose	0,0175 g/L
NH ₄ Cl	0,0255 g/L
Óleo	0,051 mL/L
Detergente	2 gotas/L
Celulose	0,03 g/L
NaCl	0,25 g/L
MgCl ₂ .6H ₂ O	0,007 g/L
CaCl ₂ .2H ₂ O	0,0045 g/L
KH ₂ PO ₄	0,0264 g/L
NaHCO ₃	0,2 g/L

Fonte: Adaptado de Barbosa (2006)

Este efluente foi escolhido devido a possibilidade de padronização das concentrações, segurança na manipulação, facilidade de transferência para os sistemas e de preparo. A composição difere daquela utilizada por Barbosa (2006) no teor de cloreto de amônio, que foi incrementado em quatro vezes mais para tornar a solução mais próxima das condições reais de esgoto sanitário em termos de nitrogênio amoniacal.

Após a alimentação de cada sistema em batelada, foram realizadas coletas de amostras nos intervalos de 0 (efluente bruto), 4, 8, 24 e 48 h para determinação dos parâmetros físico-químicos de monitoramento dos sistemas.

As análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba, sede Ecoville. Os métodos analíticos utilizados estão indicados na Tabela 3 e foram

realizados de acordo com as metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (EATON *et al.*, 2005).

Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos

PARÂMETRO	UNIDADE	MÉTODO DE ANÁLISE
Temperatura	°C	-
pH	-	Potenciométrico
Turbidez	UNT	Nefelométrico
Demanda Química de Oxigênio	mg/L	Espectrofotométrico
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	Titulométrico
Nitrogênio Amoniacal (N-NH ₄ ⁺)	mg/L	Titulométrico
Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	Espectrofotométrico
Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	Espectrofotométrico
Fósforo Total	mg/L	Espectrofotométrico

Fonte: Adaptado de Eaton *et al.* (2005)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

• Avaliação visual do desenvolvimento inicial no sistema vegetado

Após o plantio da *Zantedeschia aethiopica* nos *wetlands* foi possível observar que algumas mudas murcharam e algumas folhas e flores morreram na 1^a semana de operação. Estas foram removidas e após a 4^a semana foi notada presença de novas flores e folhas. Após a 10^a semana foram observadas plantas com desenvolvimento adequado, é indicativo da adaptabilidade da *Z. aethiopica* ao sistema.

Na Figura 2 podem ser observadas as condições do sistema plantado durante e após a execução dos ensaios, que indicaram resistência e adaptação adequadas.



Figura 2 – Condições após os Experimentos.

A: Após a última batelada; B: Uma semana após o experimento.

Durante a execução dos três experimentos em bateladas pode-se verificar que o sistema vegetado se destaca pela inexistência de odores enquanto que no sistema não vegetado ocorre odor característico de esgotos. Esta ausência de odores também foi verificada por Santos *et al.* (2011) que avaliaram uma unidade compacta de tratamento vegetada com *Zantedeschia aethiopica*.

• Caracterização do Efluente Sintético Bruto

Um resumo dos resultados da caracterização físico-química do efluente sintético bruto é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Resumo dos resultados da caracterização físico-química do efluente bruto

Parâmetro	Unidade	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
Temperatura	°C	19,7	3,6	15,6	21,8
pH	-	7,83	0,14	7,69	7,96
Turbidez	UNT	27,6	5,9	22,5	34,1
DQO	mg/L	533,0	94,9	463,8	641,2
NTK	mg/L	45,16	-	-	-
N amoniacal	mg/L	28,93	-	-	-
Nitrito	mg/L	0,029	0,006	0,024	0,036
Nitrato	mg/L	0,320	0,106	0,200	0,390
Fósforo total	mg/L	19,70	3,25	16,40	22,90

Acredita-se que devido a alta concentração dos reagentes contidos na solução estoque tenha acarretado em reações envolvendo compostos nitrogenados, elevando-se assim a concentração do Nitrogênio Amoniacal. De modo a prevenir este problema, a solução de esgoto sintético foi preparada no momento da aplicação no aparato experimental e os resultados foram mais coerentes na execução da terceira batelada.

• Monitoramento dos Sistemas

Após o início de cada batelada foi realizado o monitoramento dos sistemas com determinação dos parâmetros descritos na Tabela 3. Os resultados obtidos são discutidos nos tópicos a seguir. Nos gráficos de linha e pontos que serão apresentados, a linha tem somente função de auxiliar a compreensão gráfica.

○ Temperatura

Na Figura 3 pode-se observar a variação da temperatura durante a batelada nos sistemas vegetado e não vegetado.

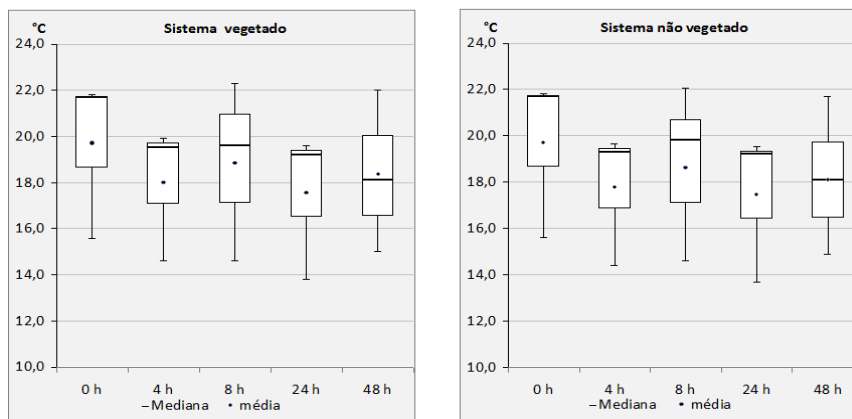


Figura 3 – Gráfico Box plot da variação da temperatura durante a batelada

É possível notar que não houve diferenças significativas entre as médias de temperatura de cada amostra, mas que há uma amplitude de aproximadamente 7 °C para os dois sistemas. As medianas de cada sistema também se apresentam com valores semelhantes.

○ potencial Hidrogeniônico (pH)

Na Figura 4 é possível notar a variação do pH das amostras nos sistemas em cada batelada. Embora os valores obtidos ao final das 48 h de cada monitoramento sejam próximos da neutralidade, pode-se verificar tendência de acidificação para os dois sistemas nas três bateladas.

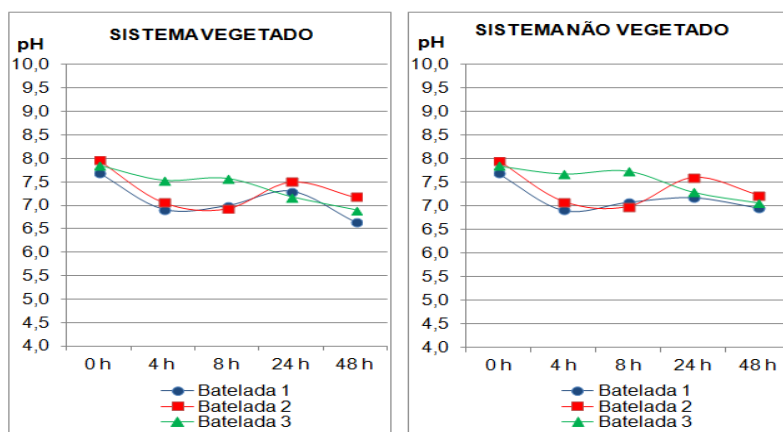


Figura 4 – Gráficos do Monitoramento do pH do Efluente.

Na Resolução no. 430/2011 do CONAMA (BRASIL, 2011) está estabelecido que quaisquer que sejam as fontes, os efluentes só podem ser lançados se os valores de pH estiverem entre 5 e 9 de modo que nestas condições, o efluente atenderia ao estabelecido para este parâmetro.

o turbidez

Os resultados do monitoramento da turbidez nos sistemas são mostrados na Figura 5.

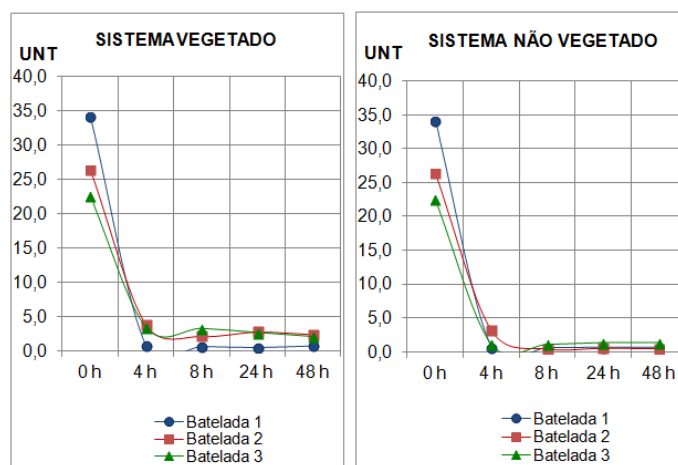


Figura 5 – Gráficos do Monitoramento da Turbidez do Efluente.

Em ambos os sistemas, houve redução da turbidez nas primeiras 4 horas de tratamento e após este período houve tendência a estabilização com valores mínimos. A eficiência média da remoção foi de 93,2% no sistema vegetado e de 96,8% no sistema não vegetado.

Na Figura 6 pode-se visualizar através do gráfico *Box plot* a posição deslocada da mediana e da média dos resultados obtidos para os sistemas vegetado e não vegetado, indicando a assimetria desses valores. A distância entre o ponto médio em relação à mediana é um indicativo da dispersão dos dados.

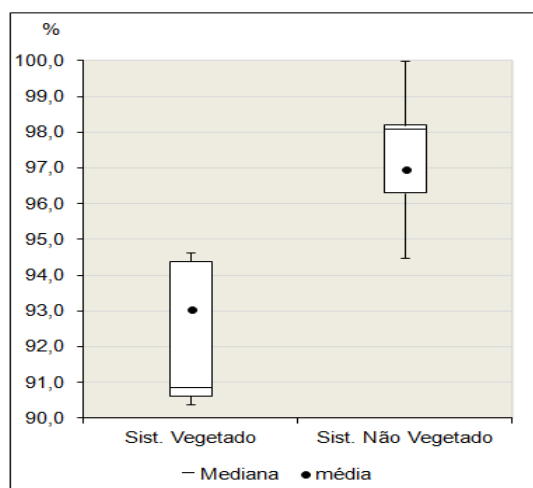


Figura 6 –Gráfico Box plot da eficiência na remoção da Turbidez

o DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

O monitoramento do parâmetro DQO nos sistemas vegetado e não vegetado nas três bateladas realizadas pode ser observado na Figura 7.

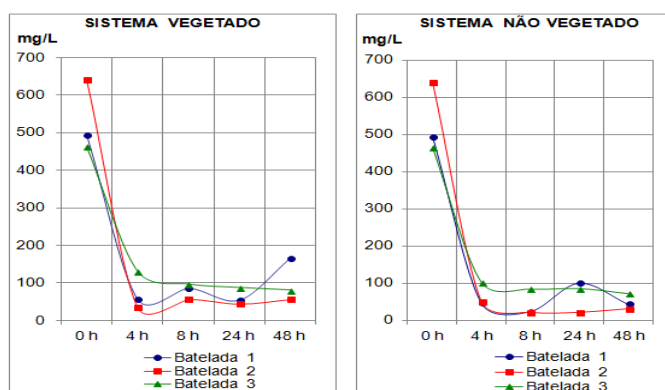


Figura 7 – Gráfico do monitoramento da DQO nos sistemas

A maior redução da DQO ocorreu nas primeiras quatro horas de tratamento e após este período é possível observar tendência à estabilização em valores inferiores a 100 mg/L, exceto para a 1ª batelada no sistema vegetado que teve maior variação e ao final de 48 h apresentou valor maior do que nas outras bateladas.

Foi verificada eficiência média de remoção de 90,3% no sistema não vegetado e 80% no sistema vegetado. Santos *et al.* (2011) obtiveram 87% de redução em uma unidade compacta utilizando copo-de-leite; Pelissari *et al.* (2013) notaram 68% de remoção em um sistema de fluxo vertical plantado com *Typha domingensis Pers.*; Lana *et al.* (2013) obtiveram 72% para o sistema vegetado e 80% para sistema não vegetado em sistemas de *wetlands* construídos de fluxo vertical de controle.

No gráfico *box plot* de eficiência na remoção da DQO da Figura 8 pode-se verificar a maior eficiência do sistema não vegetado em comparação ao vegetado. A linha mediana mostra para o sistema vegetado uma assimetria maior em relação ao não vegetado. A amplitude observada no sistema vegetado foi maior que para o sistema não vegetado.

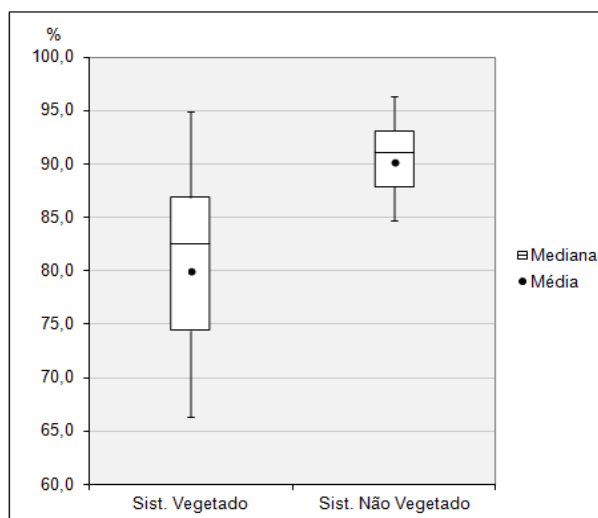


Figura 8 – Gráfico Box plot da eficiência na redução da DQO

Com DQO média no efluente tratado de 101,4 mg/L para o sistema vegetado e de 48,8 mg/L para o sistema não vegetado é possível verificar o atendimento ao padrão de 225 mg/L estabelecido na Resolução SEMA nº 021/09 (PARANÁ, 2009).

o Série nitrogenada

Na Figura 9 podem ser observados os resultados do monitoramento do Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e Nitrato nos sistemas vegetado e não vegetado.

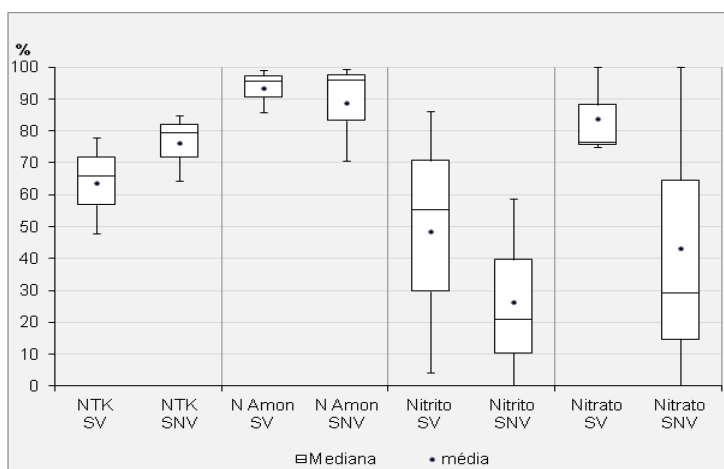


Figura 9 – Gráfico Box plot da Série Nitrogenada

Nota: SV= Sistema Vegetado; SNV= Sistema não Vegetado.

A quantidade do NTK foi consumida já nas primeiras horas de tratamento e os resultados ao final de 48 horas foram semelhantes, exceto para a primeira batelada. A eficiência de remoção foi de 63,9% para o sistema vegetado e 76,2% para sistema não vegetado. Santos *et al.* (2011) verificaram eficiência de 38% em um sistema vegetado com copos-de-leite. Pelissari *et al.* (2013) obtiveram 71% em um sistema de fluxo vertical plantado com *Typha domingensis* Pers. Lana *et al.* (2013) notaram 55 e 56% para um sistema vegetado e 46% e 47% para um sistema não vegetado de fluxo vertical.

A linha mediana mostra uma assimetria maior para o sistema não vegetado em relação ao vegetado. A amplitude dos dados do sistema não vegetado foi um pouco menor que a do sistema vegetado.

Os sistemas foram adequados ao atendimento do NTK de 20,0 mg/L na Resolução n. 430/2011 do Conama (BRASIL, 2011).

Verificou-se o decaimento da concentração do Nitrogênio amoniacal nas primeiras quatro horas do início de cada batelada em ambos os sistemas, e após 48 horas do ensaio variações discretas com tendência a redução. Na média, a eficiência de remoção do nitrogênio amoniacal foi de 93,5% para o sistema vegetado e 88,7% para o sistema não vegetado. Os resultados deste trabalho foram maiores do que os apontados por Santos *et al.* (2011) de 46%, Pelissari *et al.* (2013) de 80% e Lana *et al.* (2013) de 56% e 59% para a unidade vegetada e de 49% e 52% para a unidade não vegetada.

Existe assimetria dos dados em ambos os sistemas, porém maior no sistema não vegetado que também apresenta dados com maior dispersão.

Neste trabalho a eficiência média de remoção do nitrito foi de 48,5% para o sistema vegetado e 19,1% para o sistema não vegetado. Os valores baixos de eficiência neste parâmetro aliados ao desempenho verificado para Nitrogênio amoniacal e NTK apontam para uma boa capacidade de nitrificação, porém baixa capacidade de oxidação do nitrito a nitrato no processo em estudo.

Pode ser verificado que o sistema vegetado teve em média melhor desempenho no tratamento do Nitrito do que se pode deduzir que houve a atuação dos copos-de-leite. A assimetria indicada pela linha mediana em ambos os sistemas foi pequena.

É possível que o tempo de detenção hidráulica do efluente nos sistemas tenha sido insuficiente para uma remoção mais efetiva deste parâmetro e embora o limite mínimo da eficiência no sistema não vegetado tenha sido zero o que ocorreu foi a formação de mais nitrito devido a nitrificação, então também é possível que em relação ao Nitrito existente inicialmente, os sistemas tenham sido mais eficientes.

A eficiência média de remoção do Nitrato foi de 83,9% para o sistema vegetado e 18,1% para o sistema não vegetado. A linha mediana indica assimetria em ambos os sistemas sendo que no sistema não vegetado houve maior dispersão dos dados.

Comparando-se os resultados da série nitrogenada, pode-se verificar que a eficiência do tratamento melhora na presença da *Zantedeschia aethiopica* exceto no parâmetro NTK. As formas nitrogenadas amoniacal, nitrito e nitrato são mais solúveis e disponíveis ao sistema radicular que o Nitrogênio orgânico são, portanto melhor assimilados pelos copos-de-leite. Além disso, ocorre transferência de oxigênio através dos aerênquimas dessas plantas ao meio líquido promovendo processos oxidativos.

Considerando-se que NTK corresponde ao total de Nitrogênio amoniacal e Nitrogênio orgânico, que o sistema não vegetado é mais eficiente na remoção do NTK e que houve boa remoção do Nitrogênio amoniacal nos dois sistemas pode-se afirmar que o sistema vegetado é menos eficiente, neste processo e sob estas condições, na remoção do Nitrogênio orgânico.

o **fósforo total**

Observa-se nos gráficos da Figura 10 que em ambos os sistemas houve redução no teor de Fósforo Total logo nas primeiras horas de tratamento e o comportamento dos sistemas foi semelhante entre as bateladas. Isto indica que para este parâmetro a atuação da *Zantedeschia aethiopica* não foi significativa dado que ambos os sistemas responderam de modo adequado.

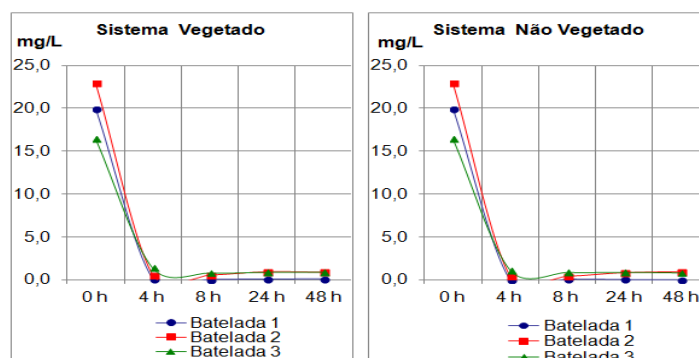


Figura 3 – Gráficos do Monitoramento do Fósforo

Os resultados da eficiência de remoção do Fósforo Total foram de 96,9% para o sistema vegetado e 97,0% para o sistema não vegetado; valores superiores a 38% apontado por Santos *et al.* (2011), 10% por Pelissari *et al.* (2013), 21% e 33% por Lana *et al.* (2013) para a unidade vegetada e não vegetada, respectivamente.

Apesar dos valores inferiores, são concordantes em relação à pequena diferença entre os sistemas, o que pode ser observado na Figura 11. A linha mediana mostra que o sistema não vegetado tem uma assimetria parecida com a verificada no sistema vegetado.

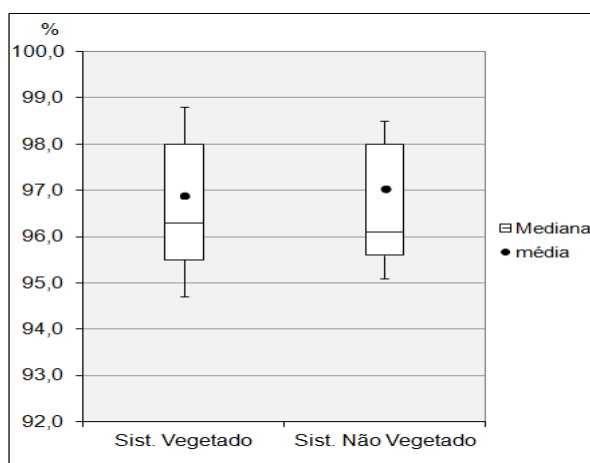


Figura 11 – Gráfico Box plot da remoção do Fósforo

CONCLUSÕES

Pode-se concluir com base nos resultados alcançados neste trabalho que:

- No sistema vegetado verificou-se desenvolvimento e adaptação a adequados da *Zantedeschia aethiopica*.
- No sistema vegetado com *Z. aethiopica* foi constatada a ausência de odores no efluente do sistema, em contrapartida o sistema não vegetado apresentou incidência de odores.
- Não foram verificadas diferenças significativas na remoção de nitrogênio amoniacal, fósforo total, DQO e turbidez entre o sistema vegetado com *Z. aethiopica* e o sistema não vegetado.
- Em ambos os sistemas, o desempenho obtido nos parâmetros analisados atestam o potencial de tratamento do *wetland* construído de fluxo subsuperficial vertical.
- O sistema vegetado foi favorável aos processos de remoção do nitrito e do nitrato.
- O sistema não vegetado foi mais eficiente na remoção do nitrogênio orgânico do que o sistema plantado com *Z. aethiopica*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Agência Nacional de Águas. Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012/ Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2012, p. 205 a 206.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013 / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2013, p.87.
- BRASIL. Resolução CONAMA Nº 357/2005 - "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." - Data da legislação: 17/03/05 - Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63
- BRASIL. Resolução CONAMA Nº 430/2011 - "Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA." - Data da legislação: 13/05/2011 - Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2012. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento 2012. Brasília: SNSA/ MCIDADES, 2014. 164 p. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: Setembro 2014.
- BARBOSA, S. A.; Avaliação de Biofiltro Aerado Submerso no Pós-Tratamento de Efluente de Tanque Séptico. 2006; Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.
- EATON, Andrew. D; Clesceri, L. S; RICE, Eugeni.W.; GREENBERG, A. E. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21. ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Pollution Control Federation, 2005.
- FERREIRA, S. C. R.; Borba, A. L. B. B.; Andrade, H. H. B.; Van Kaick, T. S.; LEVANTAMENTO DE PESQUISAS DESENVOLVIDAS COM WETLANDS SUBSUPERFICIAL DE FLUXO VERTICAL NO BRASIL PARA VERIFICAR AS POSSIBILIDADES DE PADRONIZAÇÃO DO SISTEMA; In: 1º Simpósio Brasileiro Sobre Aplicação de *Wetlands* Construídos no Tratamento de Águas Residuárias, 2013, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, p. 73 a 76.
- FERREIRA, S. C. R.; Borba, A. L. B.; Andrade, H. H. B.; Van Kaick, T. S. Levantamento de Pesquisas Desenvolvidas com *wetlands* subsuperficial de fluxo vertical no Brasil para verificar as possibilidades de padronização do sistema. In: 1º Simpósio Brasileiro Sobre Aplicação de *Wetlands* Construídos no Tratamento de Águas Residuárias, 2013, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, v. 1. p. 77-79.
- HOFFMANN, H.; Aliaga, J.G.; Marchand, B. I. V; Platzer, C. Combinação de Tratamento Primário e Secundário de Esgoto Doméstico em Sistema de Filtros Plantados como Solução Descentralizada de Alta Eficiência e Baixo Custo Operacional. In: 1º Simpósio Brasileiro Sobre Aplicação de *Wetlands* Construídos no Tratamento de Águas Residuárias, 2013, Florianópolis. Anais...Florianópolis: UFSC, p. 108 a 106
- KADLEC, R. H.; Knight, R. L. *Treatment Wetlands* 2nd ed. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers. 2009, p. 52.
- LANA, L. C. O.; Von Sperling, M.; Moraes, D. C.; Vasconcellos, G. R.; Cota, R. S. PESQUISAS DA UFMG COM SISTEMAS DE WETLANDS CONSTRUÍDOS DE ESCOAMENTO VERTICAL: LIÇÕES APÓS CINCO ANOS DE ESTUDOS; In: 1º Simpósio Brasileiro Sobre Aplicação de *Wetlands* Construídos no Tratamento de Águas Residuárias, 2013, Florianópolis. Anais...Florianópolis: UFSC, p. 133
- PARANÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução SEMA 021/09. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Diário Oficial do Estado do Paraná, Curitiba, n.7962, 2009. p.13-16
- PELISSARI, C.; Decezaro, S. T.; Heleno Sezerino, P. H.; J. Carvalho, O. *WETLANDS CONSTRUÍDOS DE FLUXO VERTICAL EMPREGADO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE BOVINOCULTURA LEITEIRA*. In: 1º Simpósio Brasileiro Sobre Aplicação de *Wetlands* Construídos no Tratamento de Águas Residuárias, 2013, Florianópolis. Anais...Florianópolis: UFSC, p. 165-174
- SANTOS, R. J.; Fortes Neto, P.; Batista, G. T. Tratamento de efluentes por leito cultivado: Sistema para pequenas comunidades. Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, Coleção Ciências Ambientais: 1-11. 2011.
- SUNTTI, C.; Trein, C. M.; Ribeiro, E. F.; Scaratti, D.; Sezerino, P. H.; Sistemas Híbridos de Filtros Plantados – Fluxo Vertical Seguido de Fluxo Horizontal para Pós-Tratamento de Esgoto Doméstico de um Centro de Treinamento. In: 1º Simpósio Brasileiro Sobre Aplicação de *Wetlands* Construídos no Tratamento de Águas Residuárias, 2013, Florianópolis. Anais...Florianópolis: UFSC, p. 235
- VAN KAICK, T. S.; Mioduski, J.; Sá, P.Z.; Serpe, F. R.; Stedele, M.; Serpe, C. T. A.; Hinojosa, E. A. L. - Levantamento preliminar do estado da arte dos *Wetlands* construídos no Brasil, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental – UTFPR, 2012