

## XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **WETLAND CONSTRUÍDO DE BANCADA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO SINTÉTICO**

*Mikaele Silva Kuriki<sup>1</sup>, Francisco Lledo dos Santos<sup>2</sup>, Isabela Naia Talhacoli<sup>3</sup> & Cristiano Poletto<sup>4</sup>*

**RESUMO** - Nos últimos 20 anos elevou-se o interesse e potencial dos estudos quanto aos sistemas biológicos naturais para auxiliar na purificação das águas (ALMEIDA et al., 2005). Wetland construído é uma tecnologia de tratamento de águas residuárias, recuperação de habitats degradados, além do controle de enchentes em áreas alagadas que se fundamenta em processos vistos em ecossistemas naturais, ou seja, são um aprimoramento de processos que acontecem no meio ambiente, como exemplo, os pântanos, brejos e mangues (ZANELLA, 2008). De modo geral, esses sistemas são utilizados para o tratamento dos mais variados tipos de efluentes, tais como os esgotos domésticos, tanto em nível secundário como terciário, água da chuva, efluentes industriais e tratamento de chorume (SCHARF et al., 2006). Nesse contexto, é necessário que tecnologias alternativas sejam implantadas, a fim de mitigar as dificuldades que o setor de saneamento básico enfrenta. A remoção de poluentes se dá através de mecanismos de filtração, adsorção, sedimentação, decomposição, metabolismo microbiano e do metabolismo das plantas aquáticas. O presente trabalho tem o objetivo de verificar a eficiência de um Wetland Construído de bancada para o tratamento de esgoto sintético. O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Ictiologia do Pantanal Norte - LIPAN da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. O sistema de wetland construído de bancada foi desenvolvido para o tratamento de esgoto sintético, produzido no laboratório. O experimento é composto por três sistemas em série, onde cada sistema é composto por um WC sem saturação (F1A, F2A e F3A), estes ficam na parte superior da bancada do laboratório, e por um segundo WC (F1B, F2B, F3B), com saturação que fica na parte inferior da bancada. Ainda foram desenvolvidos sistemas com a presença de macrófitas (*Cyperus alternifolius*) (FM1B, FM2B e FM3B), implantadas apenas nos sistemas com saturação, para comparação entre eles. Nesse sentido, verificou-se que o esgoto sintético obteve redução significativa nos parâmetros de DQO (71,74%), DBO (29,09%), Nitrogênio Amoniacal (87,15%), Fósforo Total (88,77%), Nitrato (82,85%), Nitrito (76,71%) e Sólidos Suspensos Totais (94,02%), após sua percolação pelo sistema de WC. Constatou-se, que houve melhora dos parâmetros de Sólidos em Suspensão, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total, Nitrato e Nitrito. O parâmetro em que houve redução menos significativa no sistema foi o de DBO, não ocorrendo diferenças significativas entre os sistemas sem e com macrófitas. Portanto, os sistemas alternativos estudados demonstraram viabilidade para o tratamento de esgoto, apresentando-se como uma alternativa promissora para o tratamento de efluentes, a fim de colaborar com a maior abrangência do tratamento de esgoto nas comunidades.

**Palavras-Chave:** Wetland Construído; Tratamento de Efluentes; Saneamento Básico.

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso, e-mail: mikaelekuriki@gmail.com;

<sup>2</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso, e-mail: franciscollado@unemat.br;

<sup>3</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso, e-mail: isabelanaia@outlook.com;

<sup>4</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: cristiano.poletto@ufrgs.br;

## 1. INTRODUÇÃO

O saneamento básico é fundamental para proporcionar qualidade de vida às populações. Nesse sentido, a coleta e tratamento dos esgotos gerados devem ser prioridade, a fim de se neutralizar ou pelo menos mitigar danos à população e ao ambiente. Efluentes não tratados são poluentes dos ecossistemas aquáticos, causando problemas de contaminação principalmente por meio de organismos patogênicos ou acúmulo de sedimentos, por exemplo. Dessa forma, surge a necessidade de um tratamento prévio para que esses efluentes sejam lançados nos corpos hídricos.

Os wetlands são sistemas construídos que auxiliam na melhoria da qualidade da água, por meio de mecanismos biológicos, químicos e físicos, exemplo disso, são os processos que podem ocorrer no sistema, onde as raízes e caules das plantas, possuem a capacidade de filtrar componentes incomuns inseridos no meio, como metais pesados e troca e adsorção de íons no meio aquoso. Esse ambiente serve de habitat para populações de bactérias, e estas contribuem na diminuição da DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio. As águas sem movimentos turbulentos proporcionam a sedimentação de sólidos suspensos e as plantas aquáticas amenizam as intempéries do microclima, como temperatura, insolação e ventos (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1998). Observa-se, que o pantanal, com suas áreas alagadas, pode ser denominado um wetland natural.

Surge então a proposição de Wetlands Construídos, sistemas que podem tratar vários tipos de efluentes, como esgotos domésticos, águas pluviais, efluentes de aterros sanitários e industriais (ORMONDE, 2012). A ampliação das pesquisas tem o intuito de identificar e aprimorar a função de cada componente que atua no tratamento, tais como o material filtrante, o fluxo empregado, as macrófitas, máximos carregamentos afluentes, depuração, transferência de oxigênio, estrutura de formação do biofilme e a vida útil do sistema (SEZERINO, 2006).

Mesmo com o aumento de pesquisas nessa área, o conhecimento sobre Wetlands Construídos ainda se encontra fragmentado e com pouca padronização, principalmente na região de estudo pretendida (Pantanal Matogrossense). Assim, o objetivo do presente estudo é avaliar o comportamento de um Wetland Construído (WC) de bancada para tratamento de esgoto sintético e proposição de padronização para sua aplicabilidade, através de um Procedimento Operacional Padrão – POP.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Ictiologia do Pantanal Norte - LIPAN da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus Jane Vanini no município de Cáceres. O sistema de wetland construído de bancada foi desenvolvido para o tratamento de esgoto sintético, produzido no laboratório. O experimento é composto por três sistemas em série, onde cada sistema é composto por um WC sem saturação (F1A, F2A e F3A), estes ficam na parte superior da bancada do laboratório, e por um segundo WC (F1B, F2B, F3B), com saturação que fica na parte inferior da bancada. Ainda foram desenvolvidos sistemas com a presença de macrófitas (*Cyperus alternifolius*) (FM1B, FM2B e FM3B), implantadas apenas nos sistemas com saturação, para comparação entre eles (Figura 1).



Figura 1: Sistemas de WC em série, sendo a) sistema A1, b) sistema A2 e c) sistema A3

Fonte: Autores (2021)

### Dimensionamento das Unidades de Tratamento

Os sistemas de wetland construídos de bancada foram dimensionados conforme metodologia empregada por Sezerino & Philippi (2003), para isso foram utilizados 6 bombonas plásticas de 50 litros, reproduzindo 3 sistemas de WC, com dimensões de 0,39 m de largura por 0,32 m de comprimento e 0,55 m de altura (Figura 2).



Figura 21: Bombonas com dimensões de 0,39x0,32x0,55 m

Fonte: Autores (2021)

Para o experimento foi reproduzido esgoto sintético, nesse sentido, levou-se em consideração análises do esgoto tratado na ETE do município de Tangará da Serra – MT. Considerando que almeja-se alcançar polimento da WC, foi adotado a vazão de 10 litros por dia, com fundamentação nos estudos de Sezerino & Philippi (2003), como resultante dos cálculos chegou-se ao valor de 16g/m<sup>2</sup>d que está adequado, visto que o valor máximo permitido para a carga é de 20 g/m<sup>2</sup>d.

### Esgoto Sintético

A composição do esgoto sintético utilizado foi definida conforme Tabela 1:

COMPOSTOS ORGÂNICOS	CONCENTRAÇÃO
<b>Extrato de Soja</b>	6,20 g
<b>Sacarose</b>	1,40 g
<b>Amido comercial</b>	2,20 g
<b>Óleo vegetal</b>	1,00 ml
<b>Detergente</b>	2,00 g
<b>Bicarbonato de sódio</b>	4,00 g

Tabela 1: Composição do Substrato Sintético  
Fonte: Adaptado de Torres (1992) e Araújo (2014)

O esgoto sintético era preparado todos os dias, sendo produzidos 5 litros de esgoto sintético no período da manhã (7 horas) e 5 litros no período da tarde (17 horas) para cada sistema de WC, totalizando uma produção de 15 litros por turno, respectivamente 30 litros por dia para promover a alimentação dos sistemas.

Assim, sempre colocava-se o esgoto nos sistemas F1A, F2A e F3A de cada conjunto de bombonas, realizava-se a coleta e o restante do efluente passava pelos sistemas (F1B, F2B, F3B). Posteriormente foi implantadas as macrófitas nos sistemas (FM1B, FM2B e FM3B) que ficavam na parte inferior da bancada.

A alimentação ocorreu desde o dia 26 de agosto (exceto finais de semana e feriados). As amostras eram coletadas de 10 em 10 horas e armazenadas em recipientes com nome da amostra, data da coleta e então armazenadas em ambiente com refrigeração até o momento de sua análise, para que as características dos efluentes fossem preservadas sem comprometer a eficiência de seus resultados (Figura 4).



Figura 42: Amostras coletadas no dia 1º de setembro  
Fonte: Autores (2021)

### Etapas da Construção do WC de Bancada

A primeira fase consistiu em cortar a tampa da bombona, seu corte foi feito com maquina, posteriormente cortou-se os canos PVC para esgoto de 25 mm de diâmetro em pedaços de 25 cm e então foram feitos orifícios com o uso de furadeira com broca de 10 mm na tubulação com espaçamentos de 5 em 5 cm, no formato de T (junção da tubulação realizada com tê de 25 mm).

Após as bombonas estarem com a tubulação e as torneiras instaladas, foram incorporados ao sistema a primeira camada de 20 cm com brita número 1, a segunda camada com 5 cm de pó de pedra peneirado (Figura 5) e a terceira camada de 10 cm com areia média (Figura 6).



Figura 53: Camada de brita nº 1 e pó de pedra peneira  
Fonte: Autores (2021)



Figura 6: Camada de areia média  
Fonte: Autores (2021)

A implementação das macrófitas ocorreu na segunda fase do experimento (Figura 7), no dia 24 de setembro de 2020, elas foram introduzidas há 10 cm na camada de areia. Foram plantadas 3 mudas de macrófitas nos sistemas, então denominados (FM1B, FM2B e FM3B). As coletas após a implantação das macrófitas ocorreram do dia 25 de setembro ao dia 1º de outubro.



Figura 7: a) Sistemas com as macrófitas aquáticas; b) Sistemas com as macrófitas aquáticas

Fonte: Autores (2021)

### Análises das variáveis físico-químicas e estatísticas

Quanto as análises físico-químicas, foram analisados os parâmetros de nitrogênio amoniacal, fósforo total, nitrato, nitrito, DBO, DQO e sólidos suspensos totais. As análises foram baseadas no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (2005).

Para a comparação dos valores dos parâmetros físico-químicos analisados entre sistemas e apresentação dos dados, realizou-se análises de variância de uma via (ONE-WAY ANOVA), seguido do teste Post Hoc de Tukey. Os resultados obtidos foram plotados em gráficos de caixa (box-plot) para melhor entendimento. A significância foi estimada em 5%, todos os preceitos de homoscedasticidade e normalidade dos dados foram aferidos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

Após o esgoto sintético passar pelo sistema de WC houve uma redução significativa de DQO nos WC, onde em F1A, F2A e F3A ocorreu reduções de 57,08%, 58,31% e 58,40% respectivamente. Posteriormente ao passar pelos sistemas F1B, F2B e F3B houve melhoria nos resultados de 71,37%, 71,74% e 71,55% e nos filtros com macrófitas FM1B, FM2B e FM3B a remoção foi de 71,73%, 71,56% e 70,83%., conforme apresentado na Tabela 2.

Parâmetro estatístico	Afluente	Efluentes								
		F1A	F2A	F3A	F1B	F2B	F3B	FM1B	FM2B	FM3B
<b>DQO</b>										
<b>Média</b>	205,23	90,82	88,86	89,97	60,95	60,89	60,45	60,12	60,83	61,71
<b>Mínimo</b>	205,10	86,51	85,57	85,40	58,77	58,01	58,40	58,02	58,37	59,62
<b>Máximo</b>	205,30	92,52	90,83	93,10	63,52	64,03	64,15	63,72	62,95	64,03
<b>Desvio Padrão</b>	0,09	1,94	1,81	2,32	1,37	1,88	1,80	1,57	1,44	1,44
<b>Porcentagem de Eficiência</b>		57,08%	58,31%	58,40%	71,37%	71,74%	71,55%	71,73%	71,56%	70,83%

Tabela 2: Resultado das análises de DQO

Fonte: Autores (2021)

## DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

Em F1A, F2A e F3A a eficiência foi de 22,66%, 22,57% e 21,05% respectivamente, conforme apresentado na Tabela 3. Em F1B, F2B e F3B a redução foi de 27,87%, 29,09% e 29,04%, sugerindo-se aumento reduzido de eficiência, quanto aos sistemas sem saturação. E nos sistemas com macrófita não houve aumento redução quanto aos filtros F1B, F2B e F3B. Assim, os resultados em FM1B, FM2B e FM3B foi de 27,70%, 27,41% e 27,22%.

Parâmetro estatístico	Afluente	Efluentes								
		F1A	F2A	F3A	F1B	F2B	F3B	FM1B	FM2B	FM3B
<b>DBO</b>										
<b>Média</b>	104,32	83,97	84,54	85,19	78,57	77,43	76,80	77,59	77,82	78,10
<b>Mínimo</b>	104,20	80,81	80,91	82,50	75,37	74,10	74,15	75,55	75,85	76,05
<b>Máximo</b>	104,50	88,17	87,68	88,01	80,78	80,55	79,13	80,33	80,15	79,86
<b>Desvio Padrão</b>	0,09	2,35	2,49	1,72	1,86	2,34	1,55	1,37	1,20	1,37
<b>Porcentagem de Eficiência</b>		22,66%	22,57%	21,05%	27,87%	29,09%	29,04%	27,70%	27,41%	27,22%

Tabela 3: Resultado das análises de DBO  
Fonte: Autores (2021)

## SÓLIDOS EM SUSPENSÕES TOTAIS

Os resultados de Sólidos Suspensos Totais mostraram elevada redução já na passagem pelos sistemas F1A, F2A e F3A com 89,87%, 89,50% e 89,55% de redução. Na sequência, a passagem do efluente por F1B, F2B e F3B houve aumento na redução do parâmetro, alcançando-se 93,29%, 94,02% e 94,00%. Os Wetlands Construídos FM1B, FM2B e FM3B alcançaram 93,63%, 92,98% e 93,16%, de acordo com a Tabela 4.

Parâmetro estatístico	Afluente	Efluentes								
		F1A	F2A	F3A	F1B	F2B	F3B	FM1B	FM2B	FM3B
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>										
<b>Média</b>	38,43	5,34	5,91	5,31	3,69	3,13	3,37	3,44	3,49	3,33
<b>Mínimo</b>	38,40	3,90	4,04	4,02	2,58	2,30	2,31	2,45	2,70	2,61
<b>Máximo</b>	38,50	6,38	7,42	7,45	4,44	4,32	4,01	4,50	4,40	4,49
<b>Desvio Padrão</b>	0,05	0,81	1,12	1,32	0,72	0,67	0,54	0,64	0,64	0,62
<b>Porcentagem de Eficiência</b>		89,87%	89,50%	89,55%	93,29%	94,02%	94,00%	93,63%	92,98%	93,16%

Tabela 4: Resultado das análises de Sólidos em Suspensão Totais  
Fonte: Autores (2021)

## NITRITO

Quanto aos resultados de Nitrito o sistema de WC demonstrou pouca variação entre os sistemas, sendo que em F1A, F2A e F3A a eficiência foi de 53,42%, 53,42% e 44,52%, apresentados na Tabela 5. Nos WC F1B, F2B e F3B obteve-se um incremento, alcançando-se 60,27%, 67,12% e 66,43% respectivamente. Nos sistemas com macrófita FM1B, FM2B e FM3B, alcançou-se 76,71% de eficiência em ambos.

Parâmetro estatístico	Afluente	Efluentes								
		F1A	F2A	F3A	F1B	F2B	F3B	FM1B	FM2B	FM3B
<b>Nitrito</b>										
<b>Média</b>	1,45	0,97	0,91	0,98	0,74	0,74	0,69	0,44	0,51	0,44
<b>Mínimo</b>	1,44	0,68	0,68	0,81	0,51	0,48	0,49	0,34	0,34	0,34
<b>Máximo</b>	1,46	1,26	1,29	1,15	0,91	0,91	0,89	0,60	0,61	0,54
<b>Desvio Padrão</b>	0,01	0,21	0,18	0,13	0,12	0,16	0,14	0,10	0,08	0,07
<b>Porcentagem de Eficiência</b>		53,42%	53,42%	44,52%	60,27%	67,12%	66,43%	76,71%	76,71%	76,71%

Tabela 5: Resultado das análises de Nitrito  
Fonte: Autores (2021)

## NITRATO

Os resultados das análises de nitrato demonstraram eficiência significativa em ambos os sistemas, onde F1A, F2A e F3A alcançaram 48,80%, 49,89% e 49,01% respectivamente. Após a passagem pelo primeiro sistema, em F1B, F2B e F3B alcançou-se 73,84%, 74,28% e 74,50% respectivamente. E nos sistemas com macrófitas FM1B, FM2B e FM3B obteve-se redução de 83,07%, 82,41% e 82,85% (Tabela 6).

Parâmetro estatístico	Afluente	Efluentes								
		F1A	F2A	F3A	F1B	F2B	F3B	FM1B	FM2B	FM3B
<b>Nitrato</b>										
<b>Média</b>	4,50	2,58	1,99	1,55	1,42	1,39	1,38	1,37	1,37	1,37
<b>Mínimo</b>	4,47	2,28	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
<b>Máximo</b>	4,55	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94
<b>Desvio Padrão</b>	0,02	0,18	1,08	1,03	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>Porcentagem</b>										

Tabela 6: Resultado das análises de Nitrato  
Fonte: Autores (2021)

## NITROGÊNIO AMONIAICAL TOTAL

Os resultados das análises de Nitrogênio Amoniacal apresentaram eficiência ao passar por todos os sistemas, onde em F1A, F2A e F3A ocorreu eficiência de 53,30%, 53,23% e 52,80% respectivamente, sendo apresentado na Tabela 7. Posteriormente ao se passar pelos sistemas F1B, F2B e F3B as porcentagens se elevaram para 78,49%, 78,06% e 78,56%. Nos Wc com macrófita obteve-se o resultado de 87,15% em todos.

Parâmetro estatístico	Afluente	Efluentes								
		F1A	F2A	F3A	F1B	F2B	F3B	FM1B	FM2B	FM3B
<b>Nitrogênio Amoniacal Total</b>										
<b>Média</b>	25,63	12,77	12,95	13,21	6,19	6,10	6,01	3,49	3,54	3,66
<b>Mínimo</b>	25,44	12,06	12,09	12,20	5,56	5,67	5,54	3,32	3,32	3,32
<b>Máximo</b>	25,85	13,73	13,88	14,00	6,49	6,35	6,38	3,86	3,85	3,89
<b>Desvio Padrão</b>	0,13	0,55	0,62	0,58	0,27	0,24	0,29	0,16	0,16	0,23
<b>Porcentagem de Eficiência</b>		53,30%	53,23%	52,80%	78,49%	78,06%	78,56%	87,15%	87,15%	87,15%

Tabela 7: Resultado das análises de Nitrogênio Amoniacal Total  
Fonte: Autores (2021)

## FÓSFORO TOTAL

Os resultados das análises de Fósforo Total apresentaram boa eficiência na passagem pelos sistemas F1A, F2A e F3A com eficiência de 29,64%, 29,85% e 28,51% respectivamente. E um aumento na redução de Fósforo Total nos sistemas F1B, F2B e F3B de 76,68%, 76,68% e 76,61%. Nos sistemas com macrófita a diminuição de Fósforo Total foi de 88,77% em ambos, apresentados na Tabela 8.

Parâmetro estatístico	Afluente	Efluentes								
		F1A	F2A	F3A	F1B	F2B	F3B	FM1B	FM2B	FM3B
<b>Fósforo Total</b>										
<b>Média</b>	51,45	37,03	37,49	37,92	12,41	12,37	12,40	5,95	6,00	6,06
<b>Mínimo</b>	51,38	36,22	36,11	36,80	12,00	12,01	12,04	5,78	5,78	5,77
<b>Máximo</b>	51,48	37,56	38,66	38,93	12,74	12,79	12,93	6,18	6,22	6,23
<b>Desvio Padrão</b>	0,03	0,38	0,84	0,70	0,21	0,23	0,35	0,12	0,15	0,16
<b>Porcentagem de Eficiência</b>		29,64%	29,85%	28,51%	76,68%	76,68%	76,61%	88,77%	88,77%	88,77%

Tabela 8: Resultado das análises de Fósforo Total  
Fonte: Autores (2021).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebe-se que não existe uma uniformização dos principais parâmetros de operação e projeto, tampouco a predominância nas formas de escoamento usadas. Isso se dá, principalmente, por se tratar de estudos experimentais e com isso torna-se fundamental a adoção de diferentes critérios para expansão dos conhecimentos.

Para isso, a definição e disponibilização de um POP, ainda de baixo custo, pode alavancar a possibilidade de utilização dos WCs pela sociedade, principalmente ao poder privado de baixa renda, que pode se encontrar distante da academia.

Analisa-se que há um crescimento maior dos estudos relacionados a WC no Brasil, e isso se estende a região Centro – Oeste, mesmo que em menor escala, é notório o maior número de pesquisas, principalmente dentro das universidades. No Mato Grosso, ainda existem poucos estudos, sendo estes implantados, e somente na capital do Estado, Cuiabá, o que se torna um grande potencial a ser estudado com futura viabilização de propostas de cunho social e econômico para o Estado.

Nesse sentido, o presente trabalho abordou o tratamento de esgoto sintético através de 3 sistemas de WC, sendo dois deles com macrófita e o outro sem para comparação de resultados. Constatou-se, que houve melhora dos parâmetros de Sólidos em Suspensão, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total, Nitrato e Nitrito. O parâmetro em que houve redução menos significativa no sistema foi o de DBO, não ocorrendo diferenças significativas entre os sistemas sem e com macrófitas.

Assim, verificou-se que as máximas reduções dos parâmetros foram: DQO (71,74%), DBO (29,09%), Nitrogênio Amoniacal (87,15%), Fósforo Total (88,77%), Nitrato (82,85%), Nitrito (76,71%) e Sólidos Suspensos Totais (94,02%).

Nesse sentido, sugere-se como estudos futuros a replicação desse sistema em escala maior para o tratamento ou polimento de efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto ou similar, alterando-se também o tipo de macrófita no sistema, para possíveis comparações com este estudo realizado.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento e a UNEMAT por todo suporte técnico científico e financeiro. Agradecemos, também, ao PROEX/CAPES, pois “este trabalho recebeu o apoio financeiro parcial da CAPES - Brasil”.

## REFERÊNCIAS

- Akinbile CO, Yusoff MS, Ahmad Zuki AZ. 2012. Landfill leachate treatment using subsurface flow constructed wetland by *Cyperus haspan*. *Waste Manage.* 32(7):1387–1393.
- COOPER, P. F.; JOB, G. D.; GREENN, M. B.; SHUTES, R. B. E. Reed Beds and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Medmenham, Marlow, UK: WRc publications, p. 184, 1996.
- IWA – International Water Association. Constructed Wetlands for Pollution Control: Processes, Performance, Design and Operation. Scientific and Technical Report No. 8. London, England: IWA Publishing. 156 p. 2000.
- LIMA, R.F. de S. Potencialidades dos Wetlands Construídos Empregados no Pós-tratamento de Esgotos: Experiências Brasileiras. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 81 p. 2016.
- LIÉNARD, A.; BOUTIN, C.; ESSER, D. Domestic wastewater treatment with emergent hydrophyte beds in France. In: *Constructed Wetlands in Water Pollution Control: Proceedings of the International Conference on the Use of Constructed Wetlands in Water Pollution Control*, held in Cambridge, UK, 24-28 September 1990. Pergamon, p. 183, 1990.
- MOLLE, P.; LIENARD, A.; BOUTIN, C.; MERLIN, G.; IWEMA, A. How to treat raw sewage with constructed wetlands an overview of the French systems. *Water Science & Technology*, v. 15, n. 9, p. 11-21, 2005.
- SILVEIRA, D. D.; FILHO, P. BELLI.; PHILIPPI, L. S.; KIM, B.; MOLLE, P. Influence of partial saturation on total nitrogen removal in a single-stage French constructed wetland treating raw domestic wastewater. *Ecological Engineering*. v. 77, p. 257- 264, 2015.
- PHILIPPI, L. S. e SEZERINO, H. P. Aplicação de sistemas tipo wetlands no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas. 1ª ed. Florianópolis/SC. Ed. do Autor 2004. 144p
- ORMONDE, Vanusa Soares da Silva. Avaliação de 'Wetlands' Construídos no Pós-Tratamento de Efluente de Lagoa de Maturação. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2012.
- SEZERINO, Paulo H. Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (constructed Wetland) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima tropical. Tese (Doutor em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SEZERINO, PAULO HELENO ET. AL. Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, volume 20, n.1, p. 151-158, 2015.

TONIATO, J.V. Avaliação de um Wetland Construído no Tratamento de Efluentes Sépticos – Estudo de Caso Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil. 2005. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2005.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. v. 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 472 p.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Design Manual: Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment. 1998. Washington. 83p.

WECF – Women in Europe for a Common Future. Constructed Wetlands. Sustainable Wastewater Treatment for Rural and Peri-Urban Communities in Bulgaria. 21 p. 2011.