

WETLAND CONSTRUÍDO DE FLUXO SUBSUPERFICIAL PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS DE BOVINOCULTURA DE LEITE

Autores: Edu Max da Silva¹, Denis Miguel Roston²

Médico Veterinário, Professor, Coordenador do Setor de Bovinocultura de Leite, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Campus Inconfidentes, (Praça Tiradentes, nº 416, Inconfidentes – Minas Gerais, CEP: 37576-000, Fone: (0XX35) 3464 1200), edu.max@ifsuldeminas.edu.br,
2 Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Departamento de Água e Solo, (Av. Cândido Rondon, 501 - Barão Geraldo 13083-875 - Campinas/SP).

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014 – Campo Grande – MS, Brasil.

RESUMO: Os wetlands construídos possuem algumas características importantes, como, utilização de recursos naturais, construção simples, operação e manutenção simplificadas. Este trabalho avaliou entre Julho/2012 e Agosto/2013 o comportamento de um wetland construído de fluxo horizontal subsuperficial, utilizado como pós-tratamento de efluente oriundo de um reator anaeróbio compartimentado. O wetland construído apresentou índices de eficiência com relação a remoção da carga dos seguintes parâmetros como se segue: sólidos totais - 73 %, sólidos dissolvidos totais - 80%, demanda química de oxigênio - 85%, demanda bioquímica de oxigênio - 85%, nitrogênio amoniacal - 66%, nitrato - 55%, nitrogênio total - 77% e fósforo - 65%. Os wetlands construídos apresentaram-se com grande potencial para aplicação em tratamento de resíduos de bovinocultura de leite além de serem de fácil operação e manutenção.

Palavras-chave - wetlands construídos, tratamento de efluente, bovinocultura de leite.

SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLAND TREATING LIQUID WASTE FROM DAIRY CATTLE OPERATION

ABSTRACT: The constructed wetlands have some important features, such as, use of natural resources, simple construction and, simplified operation and maintenance. From July 2012 to August 2013 an horizontal subsurface flow constructed wetland was operated as post-treatment of effluent from an anaerobic baffled reactor as part of a system treating a dairy cattle operation liquid waste. During the operation period the constructed wetland unit presented the following removal rates efficiency: Total solids - 73%, Total dissolved solids - 80%, Chemical oxygen demand - 85%, Biochemical oxygen demand - 85%, Ammonia - 66%,

Nitrate - 55%, Total nitrogen - 77% and Phosphorus - 65 %. Due to the obtained results the constructed wetland unit presented as an alternative of great potential to be applied as part of dairy cattle operation liquid wastes.

Keywords - Constructed wetland, effluent treatment, dairy production.

INTRODUÇÃO - Os wetlands construídos comumente são projetados para tratar águas residuárias domésticas, mas também estão sendo utilizados para tratar vários outros tipos de efluentes. Em particular, vem se tornando muito comum para tratar efluentes de indústrias alimentícias (produção e processamento de leite, queijos e açúcares) e também estão sendo aplicados com muito êxito no tratamento de efluentes agroindustriais (fazendas de suínos, bovinocultura de leite e peixes) (VYMAZAL, 2009).

Os wetlands construídos utilizados sob uma ampla variação de carga removem sólidos e matéria orgânica, com especial atenção para a remoção de nitrogênio e fósforo, os quais podem causar eutrofização de águas superficiais (GOTTSCHELL et al., 2007).

Os wetlands construídos possuem uma série de vantagens, são relativamente baratos para construir e operar, fácil manutenção, tratamento efetivo e seguro de águas residuárias, relativamente tolerantes as variações hidráulicas e de cargas, fornecem benefícios indiretos como área verde, habitats para a vida selvagem, áreas recreativas e educacionais.

As desvantagens dos wetlands construídos são: demanda de área para construção (custo e disponibilidade de área), recorrentes imprecisões nos critérios de design e operação, complexidade biológica e hidrológica do sistema, falta de conhecimento da dinâmica dos processos de tratamento e possíveis problemas com pragas (mosquitos e outras pragas poderiam ser um problema para sistemas imprópriamente projetados e operados, principalmente os wetlands do tipo superficial) (PHILIPPI e SEZERINO, 2004).

Os wetlands construídos de fluxo horizontal possuem zonas de entrada e de saída. A alimentação ocorre por uma tubulação superficial disposta na zona de entrada, o efluente infiltra pelo material filtrante até chegar à zona inferior de saída, onde o efluente tratado é coletado pela tubulação de saída (PELLISSARI, 2013).

Os meios suportes mais usados são: brita, solo, areia ou uma mistura dos meios suportes, onde as raízes das plantas se desenvolvem.

Os wetlands construídos horizontais de fluxo subsuperficial, elimina odores, não oferece condições para o desenvolvimento e proliferação de moscas e mosquitos, impossibilita o contato de pessoas e animais com a lâmina de água, pois essa se encontra a alguns centímetros abaixo da superfície do meio suporte (ROSTON, 1994; SOUZA E BERNARDES, 1996).

Com o aumento do número de animais por propriedade no Brasil, os recursos hídricos que normalmente são usados como o principal destino para os dejetos dos animais, não mais se mostram capazes de comportar o despejo desses resíduos não tratados, que se tornaram num fator de desequilíbrio ambiental, destacando-se a morte de peixes, proliferação de moscas, mosquitos, contaminação dos recursos hídricos por nitrogênio, fósforo e organismos de riscos sanitários.

O trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do wetland construído de fluxo horizontal subsuperficial que trata o efluente do reator anaeróbio compartimentado em relação à remoção da carga de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo dos resíduos líquidos de bovinos leiteiros manejado em regime de confinamento.

MATERIAL E METODOS - O estudo foi realizado na estação de tratamento de efluente (ETE) da unidade educativa de produção (UEP) animais de grande porte - bovinocultura leite, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Inconfidentes, que está localizada as margens da rodovia MG 290, km 46, município de Inconfidentes, Sul de Minas Gerais. A ETE foi implantada em escala real para tratar um volume de resíduos líquidos em torno de 4m³/dia, de acordo com as instalações, equipamentos, manejo diário e desempenho zootécnico das matrizes leiteiras, comparado aos rebanhos de alta produtividade da raça holandesa.

A Figura 01 mostra o esquema da ETE que de julho/2012 a agosto/2013 foi monitorada quanto ao desempenho e eficiência de remoção da carga poluidora.

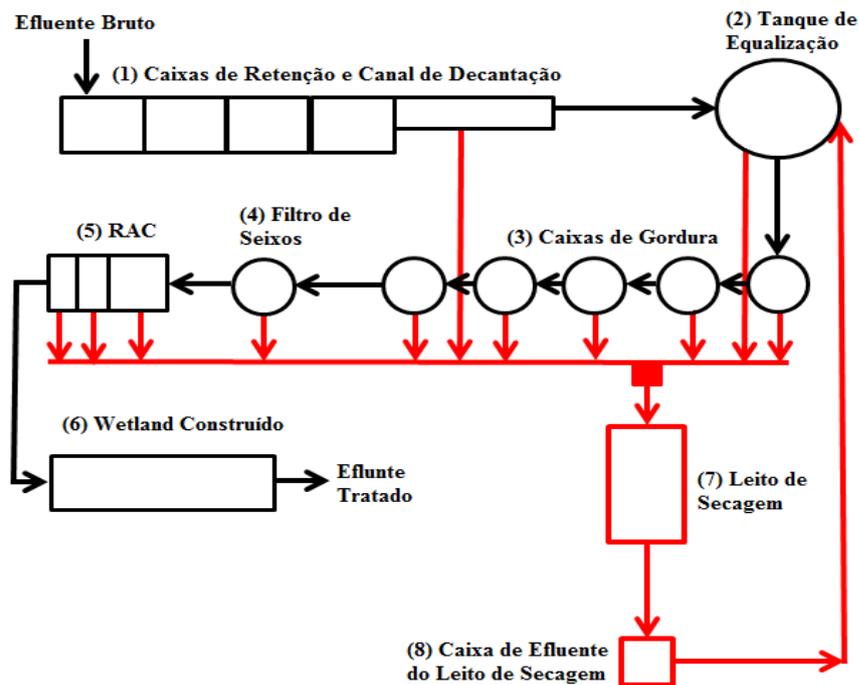


Figura 01 - Esquema da ETE: “Sistemas Naturais para Tratamento de Resíduos Líquidos de Bovinocultura de Leite”.

O rebanho de gado leiteiro do Campus Inconfidentes é formado em média por cem animais da raça holandesa, variedade preta e branca, registrados na Associação dos Criadores de Gado Holandês de Minas Gerais (ACGHMG), distribuídos nas categorias descritas no quadro 01.

Quadro 01 - Composição do rebanho leiteiro

Categoria Animal	Numero de animais
Vacas	50
Novilhas - 12 a 15 meses de idade	12
Bezerras Maiores - 06 a 12 meses de idade	13
Bezerras Menores - até 06 meses de idade	15

Fonte: Seção de registros genealógicos da ACGHMG.

O wetland construído de fluxo horizontal subsuperficial foi implantado como uma das unidades da ETE e vegetado com mini papiro (*Cyperus papyrus nanus*), para promover um polimento no tratamento do efluente oriundo do reator anaeróbio compartimentado. A unidade foi construída em alvenaria, com 10,50 m de comprimento, 3,50 m de largura, 1,20 m de altura total. O meio suporte utilizado foi brita n^o. 2, com índice de vazios de 50%. A altura do meio suporte foi de 1,0 m e a altura do efluente no meio suporte atingiu 0,80 m. O volume total efetivo de efluente no wetland construído foi de 14,7 m³. O Tempo de Detenção Hidráulico teórico foi de 3,6 dias. A entrada do afluente foi pela parte superior do wetland e o efluente tratado, foi coletado no lado oposto na parte inferior. (Figura 02).



Figuras 02 - Wetland construído vegetado com mini papiro da ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura leite do IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes.

Durante os meses de Julho/ 2012 até Agosto de 2013, foram coletadas amostras na saída do reator anaeróbio compartimentado (entrada do wetland construído) e na saída do “wetland” construído (efluente tratado). As amostras foram coletadas por volta de oito horas da manhã, após o início do manejo de pós ordenha, quando ocorria à higienização das instalações e equipamentos da unidade de produção.

Os parâmetros utilizados para avaliar a eficiência do wetland construído quanto à eficiência de remoção da carga foram: Sólidos Totais, Sólidos Dissolvidos Totais, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio Amoniacal, Nitrato, Nitrogênio Total Kjeldahl e Fósforo.

As análises laboratoriais foram realizadas no laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP.

A avaliação do wetland construído foi realizada levando em conta a percentagem de remoção da carga (em gramas) aplicada por área (m²) em um determinado espaço de tempo (dia). Para o cálculo da carga afluente e efluente do wetland, o índice de evapotranspiração médio (50%) foi incorporado às contas. A diferença entre os valores médios das cargas afluente e efluente foram convertidas em percentagem média de eficiência da unidade.

A diferença média entre o volume afluente e o volume efluente foi quantificada como evapotranspiração do wetland, monitorado durante os meses de julho/12 a agosto/13 e que ficou em torno de 50 %.

Os maiores índices de evapotranspiração ocorreram entre os meses de Setembro - Outubro /2012, meses em que a média da temperatura máxima ficou em torno de 27 °C e a precipitação em torno de 60 mm/mês. Esses dados foram registrados na ETE com termômetro que mede temperaturas máximas e mínimas e pluviômetro. Quanto mais alta a temperatura,

maior a radiação, maior o crescimento das plantas, menor a umidade do ambiente, conseqüentemente maior o índice de evapotranspiração.

A área foliar do mini papiro foi conservada intacta (sem podas) no interior do wetland sendo que apenas as partes das plantas que cresceram além do limite das paredes do leito foram podadas. HEADLY et al. (2012), afirmou que a taxa de evapotranspiração é diretamente proporcional a temperatura, radiação solar, umidade do ar e o estágio do crescimento da vegetação. BRASIL e MATOS (2008) observaram que a maior taxa de evapotranspiração da macrófita *Typha* ocorreu na fase reprodutiva, quando as plantas atingiram em torno de 2 metros de altura. MORO et al. (2004) também observaram que a transpiração das macrófitas foi mais elevada quando as plantas atingiram a máxima área foliar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO - O Quadro 02 mostra os valores médios de aplicação da carga afluente ($\text{g/m}^2/\text{dia}$), carga efluente ($\text{g/m}^2/\text{dia}$) e as percentagens (%) médias de eficiência de remoção dos parâmetros no wetland.

Quadro 02 - Carga afluente, carga do efluente tratado e percentagem de eficiência de remoção do Wetland construído de fluxo horizontal subsuperficial.

Wetland construído de fluxo horizontal subsuperficial			
Parâmetros	Cargas		Eficiência (%) Remoção de carga
	Afluente ($\text{g/m}^2/\text{dia}$)	Efluente ($\text{g/m}^2/\text{dia}$)	
Sólidos Totais	163,05	43,39	73
Sólidos Dissolvidos Totais	126,17	25,82	80
Demanda Química de Oxigênio	110,01	16,28	85
Demanda Bioquímica de Oxigênio	42,30	6,28	85
Nitrogênio Amoniacal	15,82	5,35	66
Nitrogênio Total Kjeldahl	15,59	3,64	77
Cargas			
Parâmetros	Afluente ($\text{mg/m}^2/\text{dia}$)	Efluente ($\text{mg/m}^2/\text{dia}$)	Remoção de carga Eficiência (%)
Nitrato	1,18	0,54	55
Fósforo	1,42	0,50	65

A carga afluente de Sólidos Totais (ST) na wetland construída da UEP do IFSULDEMINAS foi de $163 \text{ g/m}^2/\text{dia}$ e a carga efluente ficou em torno de $43 \text{ g/m}^2/\text{dia}$ no ponto de saída do efluente tratado. A eficiência de remoção foi em torno de 73%.

Wetlands construídos horizontais geralmente apresentam eficiências elevadas de remoção de ST, devido principalmente aos mecanismos de filtração que são responsáveis por aproximadamente 75% do processo e por biodegradação, responsável por 15% junto ao material filtrante (VYMAZAL e KRÖPFLOVÁ, 2008).

MATOS et al. (2009), aplicaram $68,7 \text{ g/ST/m}^2/\text{dia}$ de carga em wetland construído horizontal vegetado com macrófitas tratando resíduos líquidos da suinocultura e chegaram a uma eficiência de remoção em torno de 60% de ST, um pouco abaixo que o obtido neste trabalho.

A carga afluente de DQO foi de $110 \text{ g/m}^2/\text{dia}$ e a carga efluente ficou em torno de $16 \text{ g/m}^2/\text{dia}$ no ponto de saída do efluente tratado. A eficiência média de remoção foi de 85,0%.

PELLISSARI, (2013), avaliou a aplicabilidade de wetland construído horizontal vegetados com macrófitas para tratar efluente de instalação de bovinocultura de leite, com capacidade de produção diária de 140 litros de leite, pós-lagoa de armazenamento (área 116 m²), por meio do monitoramento físico-químico e biológico ao longo de 12 meses. Obteve percentagens médias de remoção, em termos de carga, de 87% para DQO, 81% para DBO e 90% para Sólidos Sedimentáveis.

MANTOVI et al. (2003), trabalharam com dois wetlands construídos horizontais em série, para tratamento de efluente de bovinocultura. Os autores observaram uma remoção média de DQO em torno de 80% para a primeira unidade e superior a 90% depois que o efluente passou pelo segundo módulo. A carga aplicada foi superior a 91,75g de DQO/m²/dia.

LEE et al.(2004) trabalharam com efluente de suinocultura aplicado em wetland construído horizontal e observaram remoções de 77% de DQO quando aplicaram carregamento de 137 g/m²/dia, de 84% quando foi aplicado cargas de 70 g/m²/dia e de 82% na aplicação de cargas de 34 g/m²/dia.

A carga afluente de DBO₅ na wetland construída da UEP do IFSULDEMINAS foi de 42 g/m²/dia e a carga efluente ficou em torno de 6 g/m²/dia no ponto de saída da unidade. A eficiência média de remoção foi de 86%.

NEWMAN et al. (2000) avaliaram o desempenho de remoção de DBO₅ de um wetland construído horizontal no tratamento de efluente de laticínios, quando foi empregado uma carga de 7,3 g/m²/dia. A eficiência média de remoção encontrada foi de 85% para esse parâmetro.

A carga afluente de N-Amoniacal na wetland construída da UEP do IFSULDEMINAS foi de 16 g/m²/dia e a carga efluente ficou em torno de 5 g/m²/dia no ponto de saída da unidade. A eficiência de remoção foi em torno de 66%.

LEE et al. (2004) estudaram e avaliaram wetland construído horizontal vegetado com macrófitas operados em três fases: fase I os autores aplicaram uma carga de 11 g/N-Amoniacal/m²/dia e conseguiram uma eficiência de remoção média de 22%, fase II a carga aumentou para 22 g/N-Amoniacal/m²/dia, e a remoção foi de apenas 1% e na fase III foi aplicada uma carga de 6 g/N-Amoniacal/m²/dia e os autores obtiveram uma eficiência média de 6%.

A eficiência média de remoção de fósforo na wetland construída da UEP do IFSULDEMINAS foi de 65%.

WOOD et al. (2007) relataram variações significativas de remoção de fósforo (13 a 86%), em um wetland construído horizontal durante 2 anos de monitoramento. White et al.(2000) concluíram que parte da variação de remoção de Fósforo no wetland construído horizontal está relacionada com o armazenamento temporário pelas macrófitas e micro-organismos, responsáveis por 35 a 75% do armazenamento de Fósforo.

STEFANAKIS e TSIHRINTZIS (2012) relataram que as baixas remoções de fósforo em wetland construído de fluxo vertical em relação às ocorridas no wetland construído de fluxo horizontal estão relacionadas com as características hidráulicas de cada filtro, pois no de fluxo horizontal o efluente permanece em contato com o maciço filtrante por mais tempo quando comparado ao fluxo vertical.

Os valores relativos ao pH na entrada (afluente) e na saída (efluente tratado) do wetland também foram monitorados durante o período de avaliação da ETE (Figura 03).

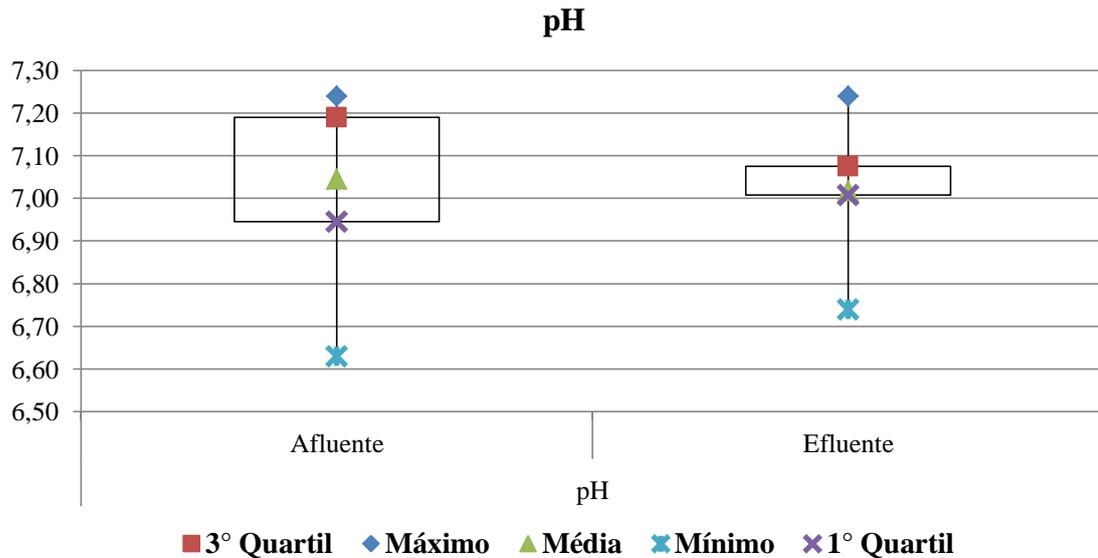


Figura 03 - Variação dos valores do pH afluente e efluente no WCHFSS.

O pH variou pouco em torno do neutro demonstrando a capacidade tampão do sistema de wetland construído não afetando portanto as complexas reações bioquímicas no interior do leito que requerem pH o mais próximo possível de 7.

Em se tratando de resíduos líquidos da produção animal, a eficiência do wetland construído é positiva, o que demonstra que esta opção de tratamento tem grande potencial de aplicação (MATOS, 2005).

CONCLUSÕES - A partir dos resultados obtidos nesse estudo pode-se recomendar a utilização dos wetlands construídos como alternativa tecnológica de tratamento de resíduos líquidos das instalações de bovinocultura de leite.

O wetland construído com meio suporte de brita nº 2, vegetado com *Cyperus papyrus nanus*, mostrou-se adequado como sistema de pós-tratamento de resíduo líquido de bovinocultura de leite oriundo de reator anaeróbio compartimentado, proporcionando melhorias na qualidade e na aparência do efluente tratado.

O wetland construído se mostrou eficiente na redução das cargas de DBO, DQO, Sólidos, Nitrogênio e Fósforo.

O wetland vegetado com *Cyperus papyrus nanus* operado nas condições deste trabalho registrou uma taxa média de evapotranspiração em torno de 50%.

O tempo de detenção hidráulica (TDH) utilizado na operação do wetland construído foi de 3,6 dias.

AGRADECIMENTOS - Ao CNPQ pelo financiamento na implantação da ETE.

A CAPES pela bolsa de estudos, fundamental para a manutenção da ETE.

A FEAGRI e ao IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes pela oportunidade e apoio incondicional na implantação, desenvolvimento e avaliação da ETE na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite.

REFERÊNCIAS - Brasil, M. da S.; Matos, A. T. de. **AVALIAÇÃO DE ASPECTOS HIDRÁULICOS E HIDROLÓGICOS DE SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS DE FLUXO SUBSUPERFICIAL**. Engenharia Sanitária e Ambiental .v. 13, n. 3, p. 323-328. 2008.

Gottschall, N., Boutin, C., Crolla, A., Kinsley, C., Champagne, P., 2007. **THE ROLE OF PLANTS IN THE REMOVAL OF NUTRIENTS AT A CONSTRUCTED WETLAND TREATING AGRICULTURAL (DAIRY) WASTEWATER**, Ontario, Canada. Ecol. Eng. 29, 154–163.

Headly, R. T.; Dadison, L.; Huett, O. D.; Muller, R. **EVAPOTRANSPIRATION FROM SUBSURFACE HORIZONTAL FLOW WETLANDS PLANTED WITH PHRAGMITES AUSTRALIS IN SUB-TROPICAL AUSTRALIA**. Water Research, v. 46, p 345-354, 2012.

Lee, C. Y.; Lee, C. C.; Lee, F. Y.; Tseng, S. K.; Liao, C. J. **PERFORMANCE OF SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLANDS TAKING PRETREATED SWINE EFFLUENT UNDER HEAVY LOADS**. Bioresource Technology. v. 92, p.173-179, 2004.

Mantovi, P.; Marmiroli, M.; Maestre, E.; Tagliavini, S.; Piccinini, S.; Marmiroli, N. **APPLICATION OF A HORIZONTAL SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLANDS ON TREATMENT OF DAIRY PALOR WASTEWATER**. Bio resource Technology, v.88, p.85-94, 2003.

Matos, A. T. **TRATAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS**. Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental/UFV. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Viçosa / MG. 2005.

Matos, A. T.; Freitas, W. S.; Fia, R.; Matos, M. P. **QUALIDADE DO EFLUENTE DE SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS UTILIZADOS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA SUINOCULTURA VISANDO SEU REUSO**. Engenharia na Agricultura, v.17, p.383-391, 2009.

Moro, M. J., Domingo, F., Lopez, G. **SEASONAL TRANSPIRATION PATTERN OF PHRAGMITESAUSTRALIS IN A WETLAND OF SEMI-ARID SPAIN**. Hydrological Processes. V. 18, p.213-227, 2004.

Newman, J. M.; Clausen, J. C.; Neafsey, J. A. **SEASONAL PERFORMANCE OF A WETLAND CONSTRUCTED TO PROCESS DAIRY MILKHOUSE WASTEWATER IN CONNECTICUT**. Ecological Engineering, vol. 14, p. 181-198, 2000.

Pelissari, C. **TRATAMENTO DE EFLUENTE PROVENIENTE DA BOVINOCULTURA DE LEITE EMPREGANDO WETLANDS CONSTRUÍDOS DE ESCOAMENTO SUBSUPERFICIAL** / Catiane Pelissari. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Recursos Hídricos e Saneamento, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), - 2013. 147 p.

Philippi, L. S.; Sezerino, P. H. **APLICAÇÃO DE SISTEMAS TIPO WETLANDS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: UTILIZAÇÃO DE FILTROS PLANTADOS COM MACRÓFITAS**. Ed. do autor, 2004. 144 p.

Roston, D. M. **Uso de várzeas artificiais para tratamento de efluente de tanque séptico**. Anais: XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campinas/SP, no 94-7- 210, Julho/1994.

Souza, L. E. L. e Bernardes, R. S. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM RAFA NO TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS, COM PÓS-TRATAMENTO ATRAVÉS DE LEITOS CULTIVADOS**. Anais: Simpósio Italo-Brasiliiano de Ingeniería Sanitaria-Ambientale, Gramado/RS, vol. I, nº 9, junho/1996.

Stefanakis, I. A.; Tsihrintzis. **EFFECTS OF LOADING, RESTING PERIOD, TEMPERATURE, POROUS MEDIA, VEGETATION AND AERATION ON**

PERFORMANCE OF PILOT-SCALE VERTICAL FLOW CONSTRUCTED WETLANDS. Chemical Engineering Journal, vol. 181 - 182,p.416 a 430. 2012.

Vymazal, J., 2009. **THE USE CONSTRUCTED WETLANDS WITH HORIZONTAL SUB-SURFACE FLOW FOR VARIOUS TYPES OF WASTEWATER,** Czech Republic. ecological engineering 3 5 pag. 1-17.

Vymazal, J., Kropfelova, L., 2008. **TYPES OF CONSTRUCTED WETLANDS FOR WASTEWATER TREATMENT. IN: SPRINGER NETHERLANDS** (Ed.), Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-surface Flow, vol. 14. Springer, New York, p. 121.

White, J. S., Bayley, S. E., Curtis, P. J. **SEDIMENT STORAGE OF PHOSPHORUS IN A NORTHERN PRAIRIE WETLAND RECEIVING MUNICIPAL AND AGRO-INDUSTRIAL WASTEWATER.** Ecological Engineering. 14, p.127–138, 2000.

Wood, J.; Fernandez, G.; Barker, A.; Gregory, J.; Cumbey, T.; Efficiency of reed beds in treating dairy wastewater. Biosystems Engineering, v.98, p 455-469. 2007.