

II-062 - ESTUDOS ECOTOXICOLÓGICOS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS ATRAVÉS DE SISTEMAS *WETLANDS* CONSTRUÍDOS APLICANDO *Hymenachne grumosa* (POACEAE)

Tamara Bianca Horn

Bióloga pelo Centro Universitário UNIVATES. Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Professora da Faculdade de Tecnologia La Salle - Estrela.

Rômulo de Oliveira Schwaickhardt

Graduando em Química Industrial pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Bolsista de Iniciação Científica.

Tiago Haine Wermuth

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Bolsista de Iniciação Científica.

Lourdes Teresinha Kist

Química pela Universidade Federal de Santa Maria. Doutora em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina. Professora do Pós-graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul.

Ênio Leandro Machado⁽¹⁾

Química pela Universidade Federal de Santa Maria. Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professor do Pós-graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul.

Endereço⁽¹⁾: Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental-PPGTA- Universidade de Santa Cruz do Sul, Av. Independência, 2293. CEP: 96.815-900. Santa Cruz do Sul/RS, Brasil – Tel.: (51) 3717-7545. e-mail: enio@unisc.br

RESUMO

As pesquisas aqui apresentadas envolveram a concepção, montagem e operação de sistemas *Wetlands* Construídos (WC's) para o tratamento de efluentes de campus universitário. Os WC's envolveram alagados construídos em caixas de polietileno de alta densidade (PEAD) de 90 L de volume útil com sistema suporte composto por pedra britada nº 1 e 4 e areia média/grossa. Uma das configurações foi vegetada com *Hymenachne grumosa* (W1) em uma sequência de três estágios de fluxo subsuperficial. O outro sistema apresentava as mesmas características, porém não foi vegetado (W2), atuando como sistema controle do experimento. Os WC's foram operados em fluxo contínuo com Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) de 1,87 dias. Os parâmetros gerais e específicos para qualificação do efluente final dos sistemas revelaram que os sistemas apresentaram alta eficiência para a matéria orgânica, sólidos e coliformes, sendo que apresentaram baixa eficiência para os parâmetros eutrofizantes (nitrogênio e fósforo). Quanto à desinfecção, os efluentes dos WC's apresentavam redução da carga microbiana total em 94,8% e 87,7% para W1 e W2, respectivamente. Para *Escherichia coli*, ambas se mantiveram em 97% de redução. Tanto para coliformes totais quanto *E. coli* os efluentes se mantiveram na escala de 10⁴. Em termos de detoxificação aguda, os afluentes brutos de ambas as configurações de moderadamente tóxico evoluem para efluentes tratados pouco tóxicos. A detoxificação crônica foi ineficiente mantendo os efluentes em altamente tóxicos (W1) e extremamente tóxico (W2).

PALAVRAS-CHAVE: Ecotoxicidade Aguda, Ecotoxicidade Crônica, *Daphnia magna*, *Ceriodaphnia dubia*, efluentes de campus universitário.

INTRODUÇÃO

Os sistemas *wetlands* construídos baseiam-se nos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem naturalmente em áreas alagadas, contudo sob condições controladas. Dentre os processos biológicos, destaca-se a aplicação da fitorremediação que é a técnica de emprego de plantas para o tratamento de águas residuárias, solo ou ar. No caso da utilização desta técnica para o tratamento de esgotos domésticos, esta forma de tratamento vem sendo considerada uma alternativa viável nos chamados sistemas simplificados, de baixo custo de implantação, operação e manutenção, não exigindo mão-de-obra qualificada, com baixo consumo energético e além disso, integra-se à paisagem local criando uma harmonia com o meio ambiente.

Estes sistemas têm como os principais componentes o meio suporte (solo, areia, brita), as espécies vegetais (macrófitas aquáticas), o biofilme (microbiota associada às raízes das plantas e ao substrato) e a forma de distribuição da água residuária no leito que pode ser superficial ou subsuperficial. Diante disso, os sistemas *wetlands* construídos oferecem a oportunidade de minimizar impactos eutrofizantes, reduzir a carga orgânica, além da possibilidade de recuperação de nutrientes. As águas residuárias tratadas em *wetlands* construídos podem ser utilizadas na fertirrigação, apresentando-se como uma alternativa em potencial no consumo de um grande volume de efluente.

A maioria das avaliações de eficiência de tratamentos de águas residuárias em sistemas *wetlands* construídos, apenas baseia-se nos parâmetros físicos, químicos e na redução da carga microbiana patogênica, sem contudo avaliar o grau de toxicidade atingido pelo efluente tratado. As avaliações ecotoxicológicas, diferente das análises químicas, buscam a caracterização das amostras ambientais por meio de efeitos biológicos de todos os compostos químicos presentes (Baun *et al.*, 2000). Nos ensaios de ecotoxicidade são utilizados organismos-teste, como indivíduos padronizados e cultivados em laboratório, que podem fornecer indicações sobre as condições de um ecossistema frente à presença de impacto ambiental.

Este trabalho objetiva avaliar a eficiência de *wetlands* construído vegetado com *Hymenachne grumosa* e não-vegetado no tratamento de efluente doméstico através da avaliação de parâmetros físico, químico, biológico e ecotoxicológicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho foram dispostos dois diferentes arranjos experimentais, sendo ambos compostos por três caixas plásticas interligadas em seqüência, dispostas em uma espécie de escada. Os sistemas *wetlands* construídos apresentavam fluxo subsuperficial e contínuo sendo que um deles foi vegetado com a espécie de macrófita aquática *Hymenachne grumosa* (W1) e o outro não foi vegetado atuando, portanto, como o controle do experimento (W2) (Figura 1).



Figura 1: Configuração de *wetlands* construídos: A) Sistema vegetado com *Hymenachne grumosa* (W1); B) Sistema não vegetado (W2).

Os sistemas *wetlands* construídos foram projetados para trabalhar em condições anaeróbias, aeróbias e anóxicas, o que favorece a remoção de nutrientes. O tempo de detenção hidráulica para os leitos foi de 1,87 dias. Para a avaliação da eficiência foram coletadas amostras do afluente aos sistemas *wetlands* construídos sendo considerado o efluente bruto, e, após a passagem pelos tratamentos W1 e W2 coletou-se o efluente.

A amostragem foi realizada durante um período de março a novembro de 2010 sendo que foram realizadas amostragens semanais de pH, turbidez, OD, condutividade, sólidos sedimentáveis, temperatura, DBO₅ e DQO. Quinzenalmente foram agregados os parâmetros NTK, N-NH₃ e P-total. Todas as análises foram realizadas de acordo com *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (AWWA/APHA/WEF, 2005).

Mensalmente foram realizadas análises biológicas para verificação da detoxificação do efluente através de ensaios de ecotoxicidade aguda por CE(I)₅₀ com o organismo-teste *Daphnia magna* e ecotoxicidade crônica por CI(I)₅₀ com o organismo-teste *Ceriodaphnia dubia*, e desinfecção por análises com *Escherichia coli* e coliformes totais pelo método Petrifilm™. A caracterização da biomassa foi realizada a partir da determinação da coleta da biomassa a uma altura de 0,10m acima da superfície do meio suporte e a massa verde foi encaminhada para pesagem em balança granatária.

RESULTADOS

A espécie *H. grumosa* não sofreu danos foliares demonstrando fácil adaptação ao sistema, sendo que ao final de seis meses totalizou 3,77 kg (W1) de massa úmida em 1,52 m² de área superficial.

Ambos os sistemas avaliados apresentaram alta eficiência para a redução de sólidos sedimentáveis, sendo que o W2 apresentou redução média de 100% e o W1 apresentou 98,2% (Figura 2). Em relação às reduções de turbidez, também se mantiveram elevadas durante todo o período de avaliações, sendo 88% no W1 e 96% no W2. Para o parâmetro cor (espectrofotômetro a 420 nm), o W2 teve eficiência de redução de 80% e o W1 apresentou uma eficiência menor com apenas 64%. O pH se manteve na faixa da neutralidade, variando muito pouco dos tratamentos em relação ao efluente doméstico bruto, sendo que a média do afluente foi de 7,95 e dos tratamentos W1 e W2 foi de 7,08 e 7,35, respectivamente.

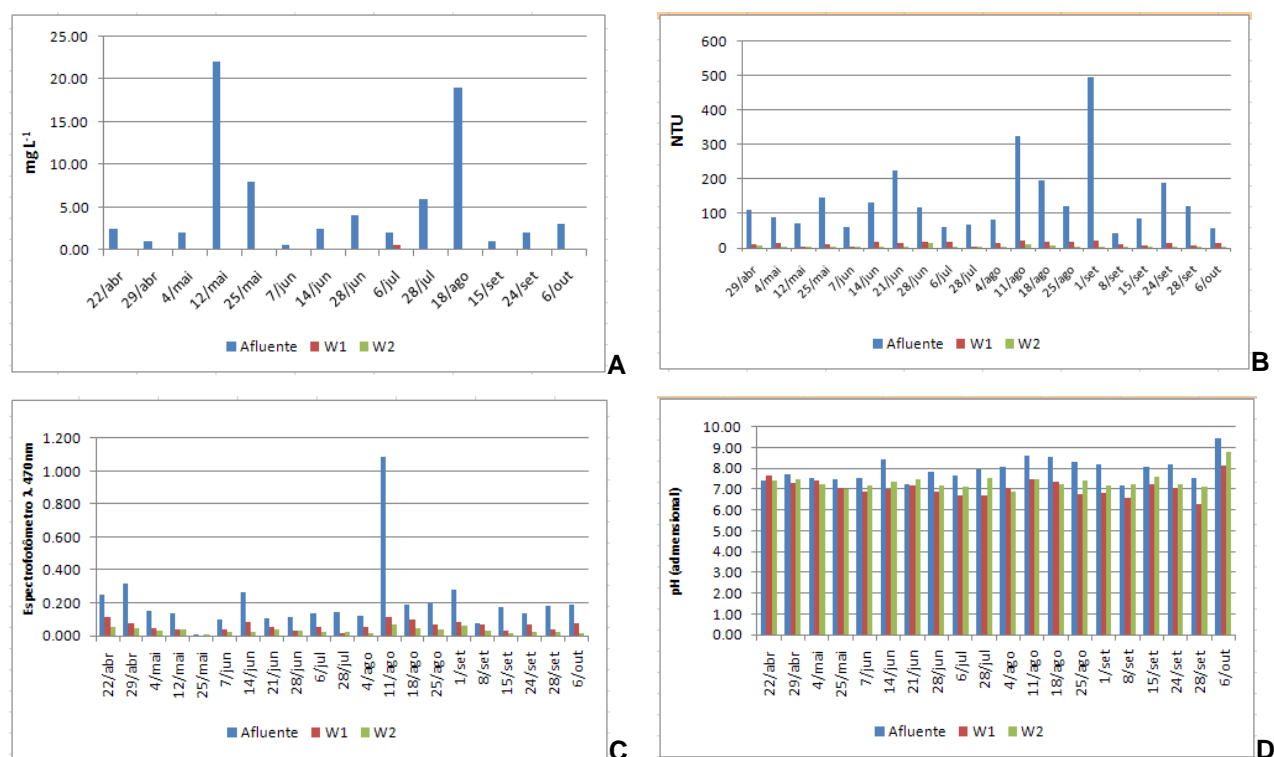


Figura 2: Resultados do afluente (esgoto bruto) aos sistemas WC's e resultados dos efluentes do sistema vegetado (W1) e não-vegetado (W2). A: sólidos sedimentáveis; B: turbidez; C: cor aparente e D:pH.

Os sistemas também foram bastante eficientes para a redução de matéria orgânica, que em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5) a redução foi 88,6% e 90,7% para o W1 e W2, respectivamente (Figura 3). A concentração do efluente final ficou com valores entre 15 e 20 $\text{mg DBO}_5 \text{ L}^{-1}$ em ambos os tratamentos. Em termos de DQO, a média de remoção foi de 69,2% e 76,3% para o W1 e W2, respectivamente, sendo que a média do efluente esteve em 74 mg L^{-1} (W1) e 59 mg L^{-1} (W2). Devido à evapotranspiração, as eficiências de *wetlands* construídos devem ser calculadas com base na carga removida, e não apenas com base na concentração, uma vez que a vazão efluente é menor, o que faz com que o efluente saia mais concentrado (Dornelas *et al.*, 2009). Porém, como não havia medições consistentes da vazão efluente, as eficiências de remoção apenas se basearam na concentração removida, o que pode subestimar a real eficiência do tratamento em relação principalmente aos parâmetros químicos. Houve tendência de aumento do oxigênio dissolvido no efluente de ambos os tratamentos.

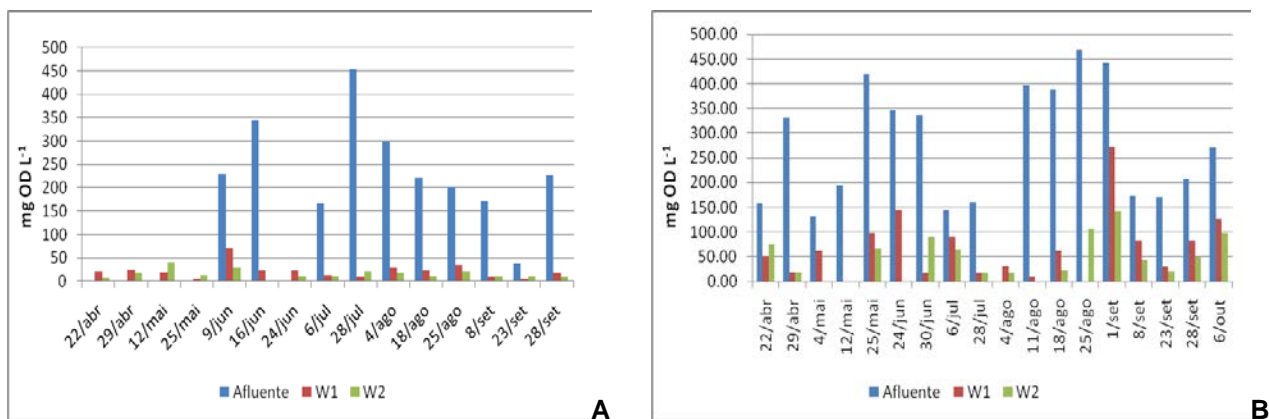


Figura 3: Resultados do afluente (esgoto bruto) aos sistemas WC's e resultados dos efluentes do sistema vegetado (W1) e não-vegetado (W2). A: DBO_5 e B: DQO.

Em relação aos nutrientes, os sistemas apresentaram uma baixa capacidade de redução de N-NH_3 , sendo que houve média em torno de 22% nos dois tratamentos. Em termos de nitrogênio total (NTK), foi bastante semelhante ao NH_3 , onde W2 atingiu reduções médias de 32,7%, parecendo ser minimamente mais eficiente do que W1 que atingiu reduções médias de 29,6% para este parâmetro (Figura 4). Os efluentes gerados nos *wetlands* construídos não atingiram o padrão de descarte do nitrogênio amoniacal da Resolução CONSEMA/RS 128/2006 que é de 20 mg.L^{-1} e 75% de eficiência de remoção. Já para o P-total, o W1 teve uma redução um pouco maior (32,7%) do que W2 (28,6%), porém a concentração final do efluente em ambos os tratamentos ficou próxima de 4 mg L^{-1} . Esta concentração atinge o padrão de descarte da mesma resolução citada, porém não obteve a redução mínima de 75%.

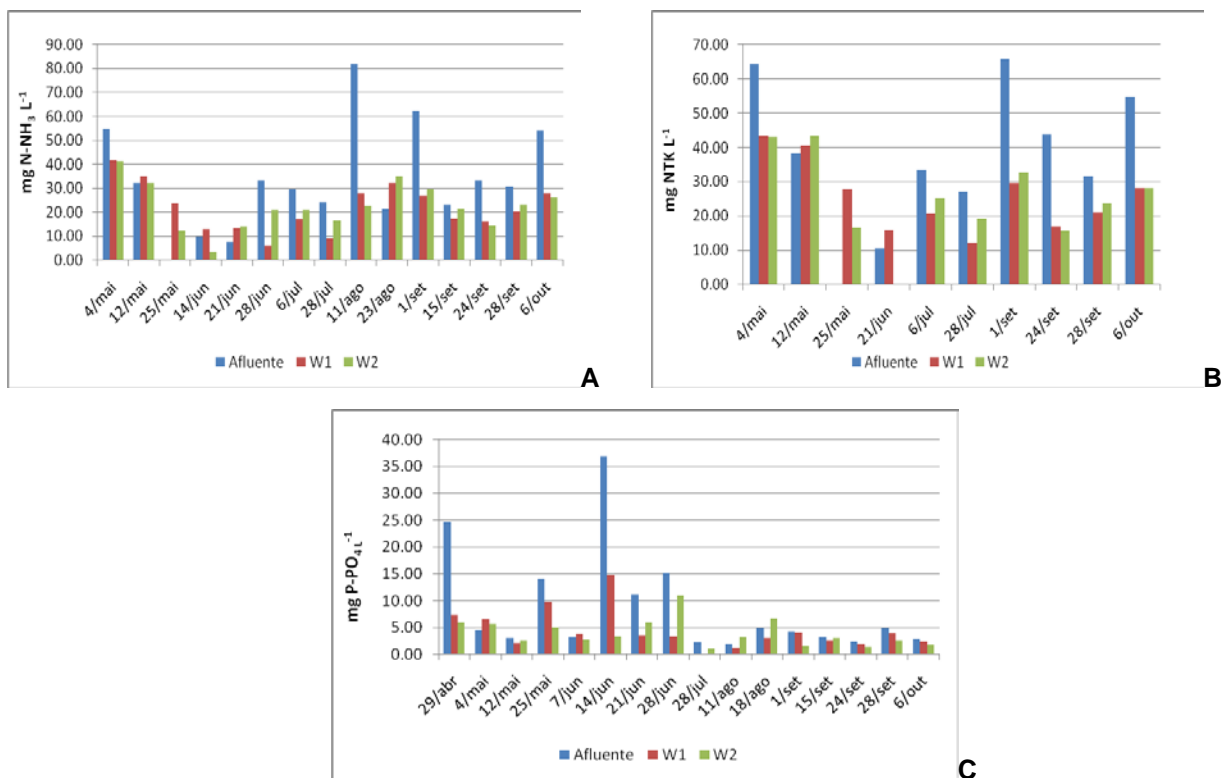


Figura 4: Resultados do afluente (esgoto bruto) aos sistemas WC's e resultados dos efluentes do sistema vegetado (W1) e não-vegetado (W2). A: nitrogênio amoniacal; B: NTK e C: Ptotal.

Em relação às avaliações microbiológicas, os sistemas apresentaram alta eficiência para a remoção de coliformes totais (94,8% para W1; 87,7% para W2) e *Escherichia coli* (97,5% para W1; 97,1% para W2), sendo que ambos obtiveram reduções de 1 - 2 unidades logarítmicas, atingindo efluentes na faixa de 10^4 Unidades Formadoras de Colônia/100 mL (Figura 5). Assim, mesmo com altas porcentagens de reduções, o efluente final apresentou alta concentração de coliformes totais e *E. coli*.

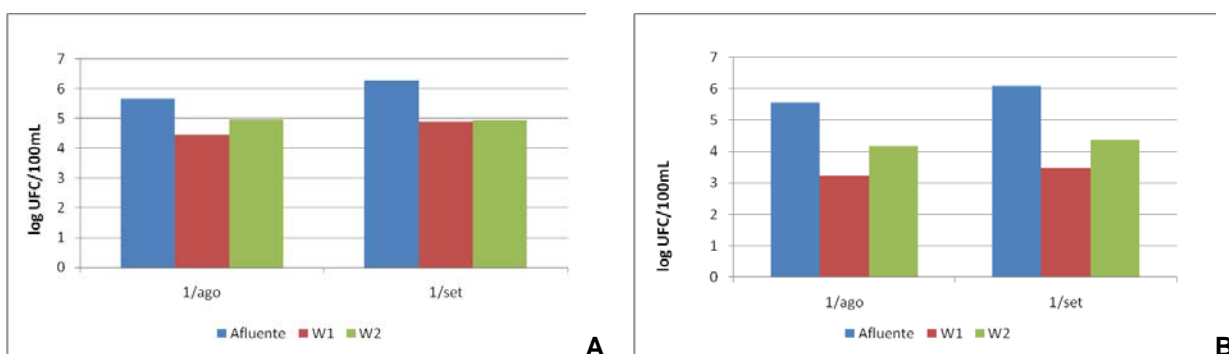


Figura 5: Resultados do afluente (esgoto bruto) aos sistemas WC's e resultados dos efluentes do sistema vegetado (W1) e não-vegetado (W2). A: coliformes totais; B: *Escherichia coli*.

Em relação aos ensaios ecotoxicológicos ao longo do período das avaliações, a toxicidade aguda do efluente bruto esteve na escala de toxicidade relativa entre Altamente a Medianamente Tóxico ($CE(I)_{50}$ 48h 25>50%) (Figura 6). Os efluentes finais dos tratamentos atingiram reduções da toxicidade, sendo que ambos atingiram na escala de toxicidade relativa em Pouco Tóxico até Sem Toxicidade, sendo que na maioria das avaliações a redução da toxicidade atingiu a retirada total da toxicidade ($CE(I)_{50}$ 48h 100%). Já os resultados de toxicidade crônica, o efluente bruto se manteve em todas as avaliações na escala de Extremamente Tóxico, sendo que os tratamentos permitiram uma redução apenas para Altamente Tóxico ($CI(I)_{50}$ 25>50%).

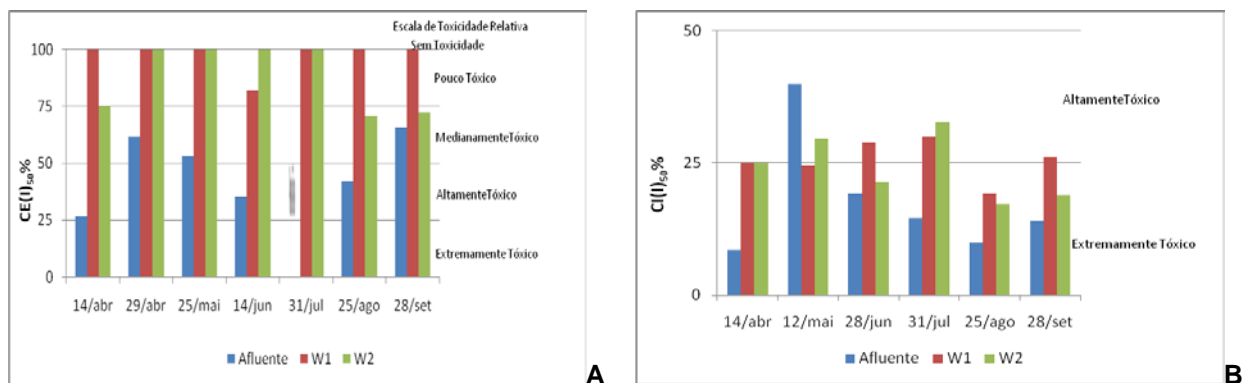


Figura 6: Resultados do afluente (esgoto bruto) aos sistemas WC's e resultados dos efluentes do sistema vegetado (W1) e não-vegetado (W2). A: ecotoxicidade aguda; B: ecotoxicidade crônica.

CONCLUSÕES

Os sistemas apresentaram desempenho satisfatório para a remoção de matéria orgânica, sólidos suspensos, turbidez e cor e foram menos satisfatórias em relação aos nutrientes nitrogênio e fósforo. A redução da toxicidade aguda permitiu atingir a exclusão da toxicidade em alguns momentos, contudo em relação à toxicidade crônica parece não ser tão eficiente, pois na maior parte das avaliações manteve o efluente em Extremamente Tóxico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA/AWWA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21° ed, Washington, 2005.
2. BAUN, A.; JENSEN, S.D.; BJERG, P.L.; CHRISTENSEN, T.H.; NYHOLM, N. Toxicity of organic chemical pollution in groundwater downgradient of a landfill (Grinsted, Denmark). Environ. Toxicol. Chem., 34 (9): 1647–1652, 2000.
3. DORNELAS, F.; DE PAOLI, A.C.; VON SPERLING, M. Avaliação de *Wetlands* superficiais como pós-tratamento de efluentes de reatores UASB. 25° Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1-7, 2009.
4. RIO GRANDE DO SUL. RESOLUÇÃO CONSEMA n° 128, de 24 de novembro de 2006. Disponível em www.sema.rs.gov.br/sema/html/pdf/Resolucao128efluentes.pdf. Acesso em outubro de 2010.