

II-120 - MECANISMO DE REMOÇÃO DE SAIS EM *WETLANDS* CONSTRUÍDOS COM SOLO (LATOSSOLO VERMELHO AMARELO) NO TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS

Selma Cristina da Silva⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental – EP/UFBA. Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos – EP/UFBA. Mestrado em Recursos Hídricos – DEC/UFCG. Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – FT/UnB. Professora Adjunto I – CETEC/UFRB

Ricardo Silveira Bernardes

Engenheiro Civil – UNICAMP; Especialização em Engenharia Sanitária – IHE-DELFT; Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento – USP e Doutor em agricultura e ciências ambientais – WAU; Professor do Departamento de Engenharia Civil da UnB.

Maria Lucrécia Gerosa Ramos

Graduação em Agronomia - UnB; MsC em Ciências Agrárias – UnB. Atualmente é Pesquisadora em propriedade industrial do Instituto Nacional da Propriedade Industrial e Professora da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UnB.

Endereço⁽¹⁾: Rua José Lino de Queiroz, s/n, Apto 05 – Assembleia, Cruz das Almas – Ba – CEP: 44380-000 – Brasil – Tel: +55 (75) 3621-4314 Fax: +55 (75) 3621-9362 - e-mail scsilva00@yahoo.com.br.

RESUMO

Os *wetlands* construídos são sistemas desenvolvidos pelo homem que tentam imitar os processos ecológicos encontrados nos ecossistemas naturais (zonas úmidas, várzeas, brejos, banhados ou zonas alagadiças), nos quais a purificação dos esgotos é realizada pelo complexo: solo (meio suporte)-microrganismos-plantas por meio de mecanismos físicos, químicos e biológicos. Os meios suportes mais tradicionalmente utilizados são areia grossa, cascalho, pedregulho e brita. Nessa pesquisa foi utilizado como meio suporte o solo natural (Latosolo Vermelho-Amarelo) misturado com areia média lavada, na proporção, respectivamente, de 1,5:1,0. A planta auxiliar no tratamento foi o arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). As unidades experimentais foram representadas por bombonas plásticas com capacidade de 200L contendo tubulação de drenagem para coleta dos efluentes tratados e piezômetros para a medida da perda de carga dos solos. O esgoto foi aplicado nas segundas, quartas e sextas-feiras com alimentação por fluxo vertical sob regime não saturado e durante os outros dias as unidades experimentais ficavam em descanso para que ocorresse a aeração do solo. Foram realizadas análises do esgoto afluente e efluentes produzidos pelas unidades experimentais *wetlands* construídos (Plantados) e controles (sem plantas) e também nos solos. A frequência de coleta das amostras dos afluentes e efluentes às unidades experimentais foi quinzenal. As análises dos teores de sais dos solos foram realizadas antes do início da aplicação dos esgotos e no final do primeiro ciclo da cultura do arroz. Os resultados mostraram que durante o primeiro ciclo da cultura do arroz houve redução dos teores de cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}) e aumento da quantidade de sódio (Na^{+}) e potássio (K^{+}) nas camadas de 0-5cm dos solos. Possivelmente, parte do Ca^{+2} e Mg^{+2} presentes nos solos foram lixiviados e ocorreu a sua substituição por pequenas quantidades de Na^{+} . Até o final da operação dos sistemas, os solos das camadas de 0-5 dos três sistemas, tanto dos *wetlands* construídos como dos controles, encontravam-se na condição normal, ou seja, nem salino e nem sódico.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Esgoto, *Wetlands* Construídos, remoção de sais, Solo.

INTRODUÇÃO

Os *wetlands* construídos são sistemas desenvolvidos pelo homem que tentam imitar os processos ecológicos encontrados nos ecossistemas naturais (zonas úmidas, várzeas, brejos, banhados ou zonas alagadiças). Esses sistemas utilizam o princípio de solo úmido cultivado, no qual o solo ou outro meio suporte inerte (brita e areia grossa), os microrganismos e a zona de raízes das plantas são responsáveis pela despoluição das águas residuárias e podem desempenhar algumas funções semelhantes ao tratamento convencional dos esgotos domésticos, por meio de processos físicos, químicos e biológicos. O tratamento natural com sistemas *wetlands* construídos é mais indicado para pequenas comunidades. Nesse tipo de sistema é possível obter tratamento terciário em uma única unidade, com custos bastante reduzidos.

Esses sistemas são também conhecidos como: zonas de raízes (“root zone”), leito de raízes, (“reed beds”), leitos cultivados, terras úmidas artificiais, terras úmidas construídas, áreas alagadas construídas, leitos cultivados com macrófitas, fito-ETARs, fitolagunagem, filtros plantados com macrófitas, leitos percolantes cultivados e solo-planta. Nesses sistemas, o esgoto passa pela zona de raízes na área de terreno previamente preparada e plantada, possibilitando o contato do esgoto com as raízes das plantas que têm capacidade de permitir o movimento eficiente de oxigênio atmosférico até o sistema radicular através de espaços internos ociosos (aerênquimas). Desse modo, se estabelecem grandes quantidades de bactérias aeróbias hospedeiras em torno da área da raiz, que fornecem nutrientes para o desenvolvimento da planta, reduzindo a carga orgânica do esgoto e assim tratando-o. Nas áreas do solo afastadas da raiz predomina a anaerobiose favorecendo a desnitrificação do nitrato (Duarte, 2002). Essas áreas poderão ser aeróbias se o sistema for de fluxo vertical com a aplicação intermitente da carga hidráulica, se forem operados sob condições não saturadas. Nesse tipo de sistema, a transferência de oxigênio não é somente realizada pelas raízes, mas também, por difusão e/ou fluxo convectivo do ar.

Geralmente os meios suportes desses sistemas são de areia grossa, cascalho, pedregulho e brita. Porém já foram avaliados materiais inertes como pneus (Roston e Collaço, 2003) e conchas de ostra (van Kaick, 2002), os quais apresentaram eficiências satisfatórias na remoção de poluentes.

Estes sistemas possuem auto-sustentabilidade assegurada pelos benefícios financeiros e ambientais. Os financeiros ocorrem com a comercialização da biomassa vegetal e/ou dos grãos produzidos e com a redução dos custos, com a aquisição e o transporte de materiais quando utilizados aqueles existentes na própria comunidade. Os recursos arrecadados podem ser empregados na administração e manutenção dos sistemas. Os ambientais, evitando a contaminação dos corpos d’água superficiais pelo lançamento de esgotos com concentrações elevadas de poluentes e outros problemas que podem ser causados pelos desmatamentos e impermeabilização da área para a instalação de outros tipos de sistemas de tratamento.

Segundo Silvestre e Pedro-de-Jesus (2002), essa tecnologia possui condições para formar um sistema de tratamento bastante completo e eficiente. O seu sucesso já foi comprovado pelo seu histórico, pois os primeiros estudos sobre *wetlands* construídos iniciaram-se na Europa na década de 1950 e nos Estados Unidos na década de 1960 aumentando as pesquisas entre 1970 e 1980.

No Brasil, a utilização dos *wetlands* construídos vem sendo difundida, e estudada por diversas instituições de pesquisa: Instituto de Ecologia Aplicada (IEA) de Piracicaba – SP; Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI; Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA; e universidades públicas – por meio do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB) e projetos de pesquisa e extensão, dos programas de pós-graduação, ampliando o número de espécies de macrófitas, meios suportes e formas de operação que podem ser utilizadas para estabelecer a melhor configuração do sistema. Contudo, o número de unidades implantadas ainda é limitado, embora a utilização desses sistemas para tratamento de esgotos domésticos tenha crescido nos últimos anos.

Nessa pesquisa foi utilizado como meio suporte o solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, misturado com areia média, plantado ou não com arroz irrigado (*Oryza Sativa* L.). As unidades experimentais plantadas representavam as *wetlands* construídas e as sem plantas, os controles. Essas unidades foram alimentadas intermitentemente com esgoto doméstico primário durante um período de 9 (nove) meses.

Alguns dos problemas de se aplicar esgoto doméstico para tratamento em solos estão relacionados com a salinização e a sodificação, uma vez que os esgotos apresentam concentrações médias de sais solúveis e altas concentrações de Na^+ que, quando não lixiviados, são acumulados no solo.

A salinização impede a absorção da água pelas plantas interferindo no seu desenvolvimento e conseqüentemente na produção de grãos. A sodificação leva a dispersão coloidal provocando a diminuição da permeabilidade e da aeração do solo, inibindo o desenvolvimento do sistema radicular com conseqüente perda da produtividade. Além disso, reduzem a capacidade de absorção de nutrientes podem causar toxidez às plantas (Paganini, 1997 *apud* Santaella, 2007).

Os sais solúveis do solo são constituídos principalmente dos cátions Ca^{+2} e Mg^{+2} e Na^+ e dos ânions Cl^- e SO_4^{2-} . O cátion K^+ e os ânions HCO_3^- , CO_3^{2-} e NO_3^- se encontram em menores quantidades (Menezes *et al.*, 2006).

Maiores concentrações de sais na solução do solo podem ocorrer se a quantidade de esgoto aplicada somada à precipitação não for muito maior que a evapotranspiração (Santos, 2004).

Os cátions Ca^{+2} e Mg^{+2} predominam na solução do solo e no complexo de troca de cátions. Quando existe acúmulo de sais solúveis nos solos, geralmente Na^{+} passa a ser o cátion predominante na solução, devido ao deslocamento e conseqüente precipitação do Ca^{+2} e Mg^{+2} (Richard, 1954). As altas concentrações de sais no esgoto usado para irrigação, portanto, podem desencadear o processo de substituição dos íons Ca^{+2} e Mg^{+2} pelo íon Na^{+} , causando a impermeabilização do solo e toxidez a níveis letais às plantas pelo conseqüente aumento do pH (Santaella, 2007).

Ao longo da aplicação do esgoto para tratamento nos solos das unidades *wetlands* construídos e das unidades controles foi observado que as concentrações de sais nos efluentes reduziram devido ao acúmulo dos mesmos no solo. Isso pôde ser observado pelos valores da condutividade elétrica dos afluentes e efluentes. Normalmente, em sistemas *wetlands* construídos com meios suportes tradicionais, há aumento na salinidade dos efluentes produzidos como já foi observado por Meira (2004), Costa *et al.*, (2003) e Queiroz (2001).

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida a partir de três sistemas, cada um com 6 (seis) unidades experimentais, em escala reduzida, totalizando 18 (dezoito) unidades. Estas unidades eram representadas por uma bombona plástica cilíndrica (tambores) com capacidade de 200 litros, altura de 0,87m, diâmetro interno de 0,60m e com área superficial de 0,26 m².

Nos tambores foram feitos orifícios com diâmetros de 10 e 40mm onde se inseriram, respectivamente, os bicos metálicos e as tubulações de drenagem do esgoto tratado. Nos bicos metálicos, acoplaram-se os piezômetros para as medidas das perdas de carga os quais foram fixados em uma peça de madeira e alinhados em ordem crescente do primeiro ao último piezômetro.

As tubulações de drenagem funcionavam individualmente (em paralelo), porém eram interligadas por tubulações principais, com extremidades vedadas por capes, que coletavam os efluentes descartados de todas as unidades experimentais. Estas unidades eram apoiadas em plataformas de madeira sustentadas por pequenos pilares de tijolo.

Os sistemas foram instalados no pátio da Estação de Tratamento de Esgoto de Brasília – ETEB Norte, da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB. O esgoto afluente era proveniente do decantador primário.

Cada sistema era composto por três unidades experimentais plantadas (*wetlands* construídos) e três sem plantas (controle). Esses sistemas 1, 2 e 3 foram operados sob condição não saturada com taxa de aplicação hidráulica variável, respectivamente, 4cm/d, 8cm/d e 15cm/d e com alimentação intermitente alternada. Estas taxas foram aplicadas nas segundas, quartas e sextas-feiras, durante os nove meses. Os dias de descanso favoreciam a aeração dos solos, necessária à oxidação do nitrogênio total a nitrato (nitrificação).

O meio suporte utilizado foi o solo natural (Latossolo Vermelho-Amarelo) misturado com areia média, na proporção, respectivamente, de 1,0:1,5 para garantir uma condutividade hidráulica adequada necessária ao tratamento. A planta auxiliar no tratamento foi o arroz (*Oryza sativa* L.).

As sementes do arroz (*Oryza sativa* L.) foram semeadas na Estação Biológica da UnB em um canteiro de 5m de comprimento, 0,80m de largura e 0,10m de altura, deixando 0,01m de borda livre para evitar perdas de solo e de água durante a irrigação. O solo foi adubado e posteriormente procedeu-se a semeadura e saturação do solo para facilitar a germinação. Posteriormente foram abertas covas no solo ao longo do canteiro e cada uma recebeu 7 (sete) sementes, a uma profundidade de aproximadamente 1,0 cm. O canteiro foi irrigado duas vezes por dia. A germinação ocorreu 9 (nove) dias após a semeadura. O transplântio das mudas para as unidades experimentais foi efetuado 25 (vinte e cinco) dias após a germinação quando essas unidades passaram a receber o esgoto para tratamento.

A aplicação dos esgotos nas unidades experimentais foi por fluxo vertical e o monitoramento dos processos de remoção de matéria orgânica, realizado por meio de análises de amostras do esgoto afluente e dos efluentes com frequência quinzenal, bem como de análises de amostras das camadas de 0-5cm dos solos utilizados como substratos (meios suportes) antes e após o primeiro ciclo da cultura do arroz.

O procedimento de coleta, preservação das amostras e análises das amostras dos afluentes e efluentes aos sistemas foi realizado com base nas recomendações e métodos do “Standard Methods for Examination of Water and Wastewater” (APHA-AWWA-WPCF, 1985).

As análises dos teores de sais nos solos foram realizadas pelo laboratório da empresa Solo Química. A metodologia de análise seguiu os procedimentos do “Manual de Métodos de análise química para avaliação da fertilidade do solo” da EMBRAPA.

RESULTADOS DA REMOÇÃO DE SAIS

Normalmente, em sistemas *wetlands* construídos com meios suportes tradicionais, há aumento na salinidade dos efluentes produzidos como já foi observado por Meira (2004) e outros pesquisadores. Nos sistemas com meio suporte de solo natural modificado houve remoção de uma pequena quantidade de sais do esgoto afluente, apresentando melhor desempenho durante o primeiro ciclo da cultura. Isso pôde ser observado a partir dos valores de condutividade elétrica (CE) dos afluentes e efluentes (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de condutividade elétrica (CE) dos esgotos afluentes e dos efluentes \pm desvio padrão das unidades *wetlands* construídos e controles dos sistemas 1, 2 e 3 (Dez/05- Abr/06).

Sistema	q_h (cm/d)	Valores de CE efluentes \pm desvio padrão e eficiências de remoção (%)			
		Wetlands construídos		Controles	
		VL (μ mhos)	%	VL (μ mhos)	%
1	4	395 \pm 120	34,82	393 \pm 57	35,15
2	8	421 \pm 71	35,52	473 \pm 0,5	21,95
3	15	424 \pm 110	30,03	383 \pm 78	36,80
Valores de CE afluentes (μ mhos/cm)		606 \pm 58,37			

q_h – Taxa de aplicação hidráulica do esgoto.

Durante o primeiro ciclo da cultura, praticamente não houve diferença na capacidade dos solos do *wetlands* construídos (plantados) e controles (sem planta) em remover os sais presentes no esgoto.

Essa pequena eficiência na remoção de sais é importante para o controle da salinização e da sodificação dos solos, uma vez que o excesso de sais e sódio nos solos pode causar, respectivamente, toxidez às plantas e redução da porosidade.

Em sistemas de tratamento de esgoto por disposição no solo existem duas opções para a remoção de sais: A primeira é proporcionar condições para que os sais fiquem retidos no solo, o que pode ser conseguido por meio da calagem. A segunda é deixar o solo na condição ácida, facilitando a lixiviação dos sais para, em um processo subsequente, removê-los por precipitação química ou até mesmo com uso de plantas tolerantes à salinidade.

Optando-se pela retenção dos sais no solo, deve-se estabelecer a melhor forma de operação que possa viabilizar a utilização dos sistemas para a vida útil à qual foram projetados. O “arranjo” entre o manejo do solo e da planta e os parâmetros operacionais deve ser bem definido, a fim de assegurar a eficiência do tratamento sem reduzir a condutividade hidráulica do solo visando garantir a sustentabilidade do processo. Não sendo possível a construção de um sistema com a configuração ótima, julga-se mais prudente que os sais sejam removidos em processos subsequentes.

Salinização e sodificação dos solos

Após o primeiro ciclo da cultura do arroz, houve redução dos teores de cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}) (Tabela 2) e aumento da quantidade de sódio (Na^{+}) e potássio (K^{+}) (Tabela 3) na solução das camadas de 0-

5cm dos solos. Possivelmente, parte do Ca^{+2} e Mg^{+2} presentes nos solos foram lixiviados e ocorreu a sua substituição por pequenas quantidades de Na^{+} .

Tabela 2. Concentração Ca^{+2} e Mg^{+2} na camada de 0-5cm dos solos das unidades *wetlands* construídos e controles dos sistemas 1, 2 e 3, após o 1º ciclo da cultura do arroz (Dez/05- Abr/06).

Sistema	q_h (cm/d)	Ca^{+2} (cmol/dm ³)		Mg^{+2} (cmol/dm ³)	
		Wetlands construídos	Controles	Wetlands construídos	Controles
1	4	0,23	0,20	0,10	0,10
2	8	0,20	0,20	0,10	0,10
3	15	0,20	0,23	0,10	0,10
Concentrações de Ca^{+2} e Mg^{+2} (cmol/dm ³) no solo antes da aplicação do esgoto		0,90		0,40	

q_h – Taxa de aplicação hidráulica do esgoto.

Tabela 3. Concentração de K^{+} e Na^{+} na camada de 0-5cm dos solos das unidades *wetlands* construídos e controles dos sistemas 1, 2 e 3, após o 1º ciclo da cultura do arroz (Dez/05- Abr/06).

Sistema	q_h (cm/d)	K^{+} (cmol/dm ³)		Na^{+} (cmol/dm ³)	
		Wetlands construídos	Controles	Wetlands construídos	Controles
1	4	0,05	0,04	0,05	0,03
2	8	0,07	0,04	0,05	0,05
3	15	0,13	0,06	0,09	0,04
Concentrações de K^{+} e Na^{+} (cmol/dm ³) no solo antes da aplicação do esgoto		0,10		0,01	

q_h – Taxa de aplicação hidráulica do esgoto.

A redução nos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} após o início da aplicação do esgoto, possivelmente ocorreu devido à precipitação desses cátions proporcionada pela alcalinidade do bicarbonato do esgoto. O aumento nos teores de Na^{+} provavelmente se deveu à maior solubilidade do carbonato de sódio (Melo *et al.*, 2001). Com a continuidade da aplicação dos esgotos, os solos poderiam passar à condição de sódico ácido devido ao acúmulo de Na^{+} . Esse processo geralmente ocorre em regiões de altos índices pluviométricos (precipitação anual de 550-750mm) (Santos, 2004).

Notou-se que a acidez dos solos proporcionou, possivelmente, a lixiviação dos cátions básicos (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} , e Na^{+}) e de outros sais para as camadas mais profundas do solo e/ou para o efluente como pôde ser constatado pelos valores expressivos de CE (Tabela 1).

A salinidade e sodicidade dos solos são normalmente expressas pela Condutividade Elétrica (CE), Percentual de Sódio Trocável (PST) e Razão de Adsorção de Sódio (RAS). Os riscos de salinização e de sodificação, foram avaliados segundo o diagrama para classificação da água de irrigação elaborado pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (“U.S. Salinity Laboratory Staff”) e descrita por Richard (1954).

Os dados de CE, PST e pH encontrados nas camadas de 0-5cm dos solos das unidades *wetlands* construídos e controles podem ser observados na Tabela 4 e da RAS na Tabela 5.

Tabela 4. Valores de CE, PST e pH na camada de 0-5cm dos solos das unidades *wetlands* construídos e controles dos sistemas 1, 2 e 3, após o 1º ciclo da cultura (Dez/05-Abr/06).

Sistema	q _h (cm/d)	CE (dS/m)		PST		pH	
		Wetlands construídos	Controles	Wetlands construídos	Controles	Wetlands construídos	Controle s
1	4	0,10	0,10	1,53	0,86	4,12	3,69
2	8	0,20	0,10	1,55	0,73	4,15	3,79
3	15	0,30	0,10	2,30	1,12	4,39	3,87
Valores de CE, PST e pH dos solos antes da aplicação do esgoto		0,1		0,51		5,5	

Obs: 1mmhos/cm = 1dS/m=mS/cm=1000µmhos/cm. (mmhos/cm – millimhos por centímetro; dS/m – decisiemens por metro; µmhos/cm – micromhos por centímetro); q_h – Taxa de aplicação hidráulica do esgoto.

Tabela 5. RAS na camada de 0-5cm dos solos das unidades *wetlands* construídos e controles dos sistemas 1, 2 e 3, após o 1º ciclo da cultura do arroz (Dez/05-Abr/06).

Sistema	Taxa aplicação efluente (cm/d)	RAS (mmol/L)	
		Wetlands construídos	Controles
1	4	0,12	0,08
2	8	0,13	0,10
3	15	0,20	0,12
RAS (mmol/L) do solo antes da aplicação do esgoto		0,01	

q_h – Taxa de aplicação hidráulica do esgoto.

Avaliando-se o grau de salinização e sodificação dos solos, de acordo com a classificação dos solos elaborada pelo laboratório de salinidade dos Estados Unidos descrita por Richard (1954), notou-se que, até o final da operação, os solos das camadas de 0-5 dos três sistemas, tanto dos *wetlands* construídos como dos controles, encontravam-se na condição normal, ou seja, nem salino e nem sódico com risco de salinização e sodificação baixos. Para não haver sodificação do solo, será necessário estabelecer formas de operação e manejo que possam manter os valores CE, PST e pH, menores, respectivamente, do que 4dS/m, 15% e 8,5.

CONCLUSÕES

Com a aplicação constante dos esgotos domésticos no solo, notou-se que, após os primeiros cinco meses de operação (1º ciclo do arroz) dos sistemas, houve redução dos teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ e aumento nas quantidades de Na⁺ tanto nos solos plantados (*wetlands* construídos) quanto nos sem planta (controles). Notou-se que as taxas de aplicações elevadas de esgotos podem acelerar os processos de salinização e de sodificação dos solos, portanto, para grandes taxas, recomenda-se a utilização de áreas maiores.

Os maiores valores de CE dos *wetlands* construídos em relação aos controles permitem concluir que em solos plantados, o risco de salinização é maior do que naqueles sem planta. Essa maior susceptibilidade dos solos dos *wetlands* construídos à salinização deve-se a exsudação dos compostos ricos em sais pelas raízes e porque os sais do esgoto são depositados na zona radicular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA-AWWA-WPCF: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16th edition, American Public Health Association, Washington, DC, 1268p, 1985.
2. Costa, L. L., Ceballos, B. S. O., Meira, C. M. B. S. e Cavalcanti, M. L. F. Eficiência de *wetlands* construídos com dez dias de detenção hidráulica na remoção de colífos e bacteriófagos. Revista de Biologia e Ciência da Terra, 3(1), p.1-23, 2003.
3. Duarte, S. Estudo das Potencialidades das Zonas Húmidas Artificiais no Tratamento de Efluentes Aquícolas, Monografia de final de Curso, Departamento de Engenharia Biológica e Química, Licenciatura em Engenharia do Ambiente, Portugal, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 2002.

4. Meira, C. M. B. Utilização de Terras Úmidas no Tratamento de Águas Superficiais Poluídas: Influência do Tipo de Leito e de Macrófita. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, João Pessoa, 2004.
5. Melo, H. N. S., Miranda, R. J. A., Andrade Neto, C. O., Lucas Filho, M. Salinização no Pós-tratamento de Esgotos por Disposição Controlada no Solo. . In: Chernicharo, C. A. L. (Org.). Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios: coletânea de trabalhos técnicos. Belo Horizonte: Projeto PROSAB, 2, p.39-48, 2001.
6. Queiroz, T. R. Remoção de Sólidos Suspensos de Efluentes de Lagoas de Estabilização por Meio de Processos Naturais. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, 229p, 2001.
7. Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. USDA. Handbook 60. Washington DC, United States Salinity Laboratory Staff, 160p, 1954
8. Roston, D. M. e Collaço, A, B. Leitões cultivados: pneu picado como meio suporte. Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia sanitária e ambiental, Joinville, Santa Catarina, Brasil, 2003.
9. Silvestre, A. e Pedro-de-Jesus, M. Tratamento de Águas Residuais Domésticas em Zonas Húmidas Artificiais. Monografia de Final de Curso, Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Biológica e Química, 2002.
10. Santaella, S. T., Leitão, R. C., Silva, L. A., Cunha, C. D. M. M., Magalhães, D. I., Almeida, E. C., Fonteles Neto, J. O, Maia, L. G. C e Carvalho, M. G. P. Disposição no solo como alternativa de tratamento e pós-tratamento de esgoto doméstico para pequenas comunidades. Relatório Final, 177, 2007.
11. Santos, A. P. R. Efeito da Irrigação com Efluente de Esgoto Tratado, Risco em Sódio, em Propriedades Físicas e Químicas de Um Argissolo Vermelho Distrófico Cultivado com Capim-Tifton 85, 2004. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo.
12. van Kaick, T. S. Estação de Tratamento de Esgoto por Meio de Zona de Raízes: Uma Proposta de Tecnologia Adequada para Saneamento Básico no Litoral do Paraná. Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Universidade Federal do Paraná, 116p, 2002.