

II-240 – REMOÇÃO DE TRAÇOS DE METAIS DE ESGOTOS DOMÉSTICOS EM SISTEMAS WETLANDS CONSTRUÍDOS COM MEIO SUPORTE DE SOLO LOCAL (LATOSOLO-AMARELO)

Selma Cristina da Silva⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Mestre em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutora em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB). Professora Adjunta da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)/Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.

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

Bióloga - UNESP – Rio Claro; PhD em Ecofisiologia Vegetal, University of Dundee-UK. Atualmente é professora da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UnB.

Edíco Oliveira Gomes

Estudante do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Alice Mara Ferreira da Conceição Santana

Estudante do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - Rua Rui Barbosa, 710 - Centro - Cruz das Almas/BA - 44.380-000; e-mail: scsilva00@yahoo.com.br.

RESUMO

Os *wetlands* construídos são sistemas naturais de tratamento de efluentes que utilizam o conjunto de solo, planta e microorganismos para o tratamento de águas poluídas. Estes sistemas são bastante eficientes para tratamento secundário, portanto, removem eficientemente bem, matéria orgânica dissolvida e suspensa. Porém, sua eficiência quanto à remoção de sais e metais depende muito das características do meio suporte utilizado. Geralmente estes elementos são removidos pelos processos de adsorção no meio suporte e raízes das plantas e de absorção pela planta. Os meios suportes comumente utilizados são areia grossa, cascalho, pedregulho e brita. Neste trabalho foi utilizado como meio suporte de solo Latossolo-Amarelo misturado com areia grossa plantados com arroz irrigado. A alimentação das unidades experimentais foi de fluxo vertical descendente com intermitência de carga com a finalidade de permitir aeração do solo. Foram realizadas duas campanhas de amostragem dos esgotos afluentes e efluentes durante o primeiro ciclo da cultura do arroz. Os parâmetros avaliados foram: manganês (Mn), níquel (Ni), cobalto (Co), Cobre (Cu), zinco (Zn), chumbo (Pb), Cromo (Cr) e Cádmio (Cd). Observou-se que os traços dos metais presentes no esgoto afluente às unidades *wetlands* construídos para tratamento foram absorvidos pelas plantas durante o seu crescimento, parte foi acumulada no solo e o restante percolou pelo solo atingindo os efluentes. As concentrações acumuladas no solo não inviabilizaram o cultivo simultâneo da planta do arroz e nem inibiram o seu crescimento e nem a produção de grãos que foi satisfatória.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de esgotos, *wetlands* construídos, Solo, remoção de metais, Latossolo-Amarelo.

INTRODUÇÃO

Os *wetlands* construídos são sistemas naturais de tratamento de efluentes que utilizam o conjunto de solo, planta e microorganismos para o tratamento de águas poluídas. No tratamento de águas residuárias esses sistemas são projetados com a finalidade de receber esgotos previamente tratados e proporcionar um incremento na sua qualidade. São, portanto, sistemas controlados que simulam e aceleram as condições naturais encontradas nos terrenos alagados naturais. Estes sistemas são bastante eficientes para tratamento secundário, portanto, removem eficientemente bem, matéria orgânica dissolvida e suspensa. Porém, sua eficiência quanto à remoção de sais e metais depende muito das características do meio suporte utilizado. Geralmente estes

elementos são removidos pelos processos de por adsorção no meio suporte e raízes das plantas e por absorção pela planta.

Os meios suportes Comumente utilizados nesses sistemas são areia grossa, cascalho, pedregulho e brita, porém eles tornam-se mais atrativos e auto-sustentáveis quando são utilizados materiais reutilizáveis ou facilmente encontrados na própria comunidade. Já foram avaliados solo (SILVA, 2007) e materiais inertes como pneus (ROSTON e COLLAÇO, 2003) e conchas de ostra (VAN KAICK, 2002), os quais apresentaram eficiências satisfatórias na remoção de poluentes.

O solo funciona como tampão natural no controle do transporte de elementos químicos e substâncias para a atmosfera, hidrosfera e biota. O equilíbrio dos metais presentes no solo é importante para manutenção das funções ecológicas e de uma agricultura sustentável (SALOMONS *et al.*, 1995). Com isso os metais-traços devem estar disponíveis no solo, porém em concentrações abaixo dos níveis máximos aceitáveis para que não os contamine.

A concentração de metais-traço na solução do solo é um bom índice de dimensão da fração móvel. Qualquer estresse químico é refletido em variações na concentração dos metais em solução (SALOMONS *et al.*, 1995).

É importante ressaltar que espécies solúveis, trocáveis e queladas (moléculas às quais os metais se ligam formando complexos) dos elementos-traço são os mais móveis no solo, e governam sua disponibilidade para as plantas. O comportamento dos elementos-traço refletido em sua especiação (forma ou espécie química que o mesmo pode assumir) depende grandemente das formas ou compostos adicionados assim como das condições do solo. Como ocorre em solo se houver despejos de esgoto, a concentração das espécies móveis e trocáveis de Zn e Cd diminuem (SALOMONS *et al.*, 1995), isso porque as condições anóxicas provocadas pelos esgotos podem causar a precipitação desses metais.

Os esgotos domésticos geralmente apresentam em sua composição traços de metais, por esse motivo, em tratamentos convencionais não há uma preocupação com relação à remoção desses elementos. Quando o tratamento é realizado por um tipo de sistema que utiliza solo como meio suporte, há uma preocupação quanto ao acúmulo desses elementos no solo, uma vez que certas concentrações podem interferir na sua qualidade e inibir o crescimento de algumas plantas. Nos *wetlands* construídos alguns metais-traços são absorvidos pelas plantas e adsorvidos às partículas do solo e as suas raízes e ou percolam pelo solo, aumentando as concentrações nos efluentes. Assim, este trabalho propôs-se a avaliar a eficiência dos *wetlands* construídos com meio suporte de solo natural (Latossolo Amarelo), plantados com arroz irrigado (*Oryza sativa L.*), na remoção de traços de metais de esgotos domésticos e se a constante aplicação de esgoto para tratamento poderia acumular quantidades desses elementos que pudesse inibir o desenvolvimento da planta utilizada como auxiliar no tratamento.

METODOLOGIA

Os experimentos estão sendo conduzidos a partir de dois sistemas compostos cada um por 9 (nove) repetições, totalizando 18 (dezoito) unidades experimentais. Os sistemas experimentais foram montados no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no município de Cruz das Almas-Ba.

As unidades experimentais foram todas plantadas com a cultura do arroz de espécie Primavera, enviada pela EMBRAPA Arroz e Feijão – GO.

Esses sistemas são operados sob regime de fluxo não saturado, com duas diferentes taxa de aplicação hidráulica sujeitas aos acréscimos das precipitações pluviométricas e com alimentação intermitente.

As unidades experimentais são representadas por caixas d'água plásticas com capacidade de 100 litros, altura de 0,41m, diâmetro interno de 0,73m e com área superficial de 0,42m².

Os sistemas 1 e 2 são operados simultaneamente com taxas de aplicação hidráulica constante diária, respectivamente, de 2,4cm/d e 4,8cm/d e alimentação intermitente. O esgoto primário é aplicado nas segundas, quartas e sextas-feiras deixando os outros dias em descanso para que haja aeração do solo.

Em todas as unidades experimentais foram colocadas tubulações de drenagem de PVC com diâmetro de 40mm totalmente perfuradas em todo o seu comprimento com orifícios de diâmetro de 1cm, espaçados a 2,5cm.

Na plataforma das unidades experimentais, foi instalado em um nível mais elevado (em cima de um pórtico), um reservatório em PVC com capacidade de 310litros, no qual foram acopladas duas tubulações com diâmetros de 25mm e 20mm. A primeira tubulação funciona como extravasor e, a outra, com uma torneira acoplada que serve para manter um nível de água constante no momento da medida da perda de carga, para lavagem dos materiais e para regar as mudas de arroz.

O esgoto utilizado para tratamento é proveniente de um Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente - DAFA de uma Estação de Tratamento de Esgoto localizada no município de Feira de Santana-Ba. Esse esgoto tem sido transportado por um caminhão da universidade. Semanalmente são coletados esgotos em 18 bobonas plásticas com capacidade de 50 litros cada, e despejados em um reservatório com capacidade de 1000 litros, o qual se encontra apoiado sobre a plataforma de concreto onde foram instaladas as unidades experimentais. A aplicação dos esgotos na superfície dos solos das unidades experimentais é feita com um regador com capacidade de 10L.

As análises dos metais foram feitas por meio de digestão e leitura em aparelho de absorção atômica no Laboratório da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

RESULTADOS

No esgoto afluente não foi constatado a presença de cádmio (Cd) e nem de cromo (Cr), porém observou-se concentrações de chumbo (Pb) que é um metal pesado não característico de esgotos de origem doméstica (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Concentrações de metais afluentes e efluentes às unidades *wetlands* construídos dos sistemas 1 e 2 no início do ciclo da cultura do arroz (Fev/2011).

Parâmetro	Concentração afluente (mg/L)	Concentração efluente (mg/L)						Mistura	
		Sistema 1			Sistema 2				
		R1	R2	R3	R1	R2	R3		
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Zn	0,180	0,032	0,036	0,052	0,070	0,100	0,180	0,020	
Ni	0,014	0,010	0,010	0,010	0,014	0,014	0,014	0,010	
Cu	0,019	0,003	0,001	0,005	0,007	0,004	0,005	0,010	
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Pb	0,026	0,022	0,024	0,030	0,038	0,030	0,032	0,024	
Mn	0,065	0,018	0,003	0,007	0,010	0,005	0,021	0,012	
Co	0,012	0,006	0,010	0,010	0,012	0,010	0,012	0,008	

Obs: manganês (Mn), níquel (Ni), cobalto (Co), Cobre (Cu), zinco (Zn), chumbo (Pb), Cromo (Cr) e Cádmio (Cd)

A partir dos resultados das Tabelas 1 e 2, nota-se que houve variação de remoção em cada unidade experimental, interferindo na qualidade da água de reúso armazenada no reservatório (Mistura), cujas concentrações foram homogeneizadas. Em algumas unidades as concentrações de alguns dos elementos no afluente foram inferiores a dos efluentes. Isso possivelmente ocorreu devido à lixiviação desses elementos que foram acumulados no solo pelo processo de adsorção e liberados após continuidade da aplicação do esgoto para tratamento.

Nota-se, pelas concentrações de Mn e Cu dos efluentes que as unidades experimentais dos dois sistemas apresentaram boa eficiência de remoção desses parâmetros, enquanto para o Zn o sistema 1 foi mais eficiente que o sistema 2. Os sistemas não se mostraram eficientes na remoção de Ni, Co e Pb.

A disponibilidade dos metais no solo depende da forma química sob a qual o metal se apresenta e das características do solo como pH, teor de matéria orgânica, CTC e percentagem de argila (MULCHI *et al.* 1991). Como pode ser observado na Tabela 3 a CTC do solo, que já era baixa, reduziu um pouco mais após a aplicação do esgoto para tratamento e o pH aumentou, mas ainda encontrava-se levemente ácido. Os teores de

MO do solo também eram baixos. Em função dessas condições grande parte de Ni, Co e Pb, que tinham sido acumuladas no solo foram lixiviadas para os efluentes, pois o solo é pobre em MO e possui pH menor que 7,0 o que favoreceu esse processo.

Tabela 2. Concentrações de metais afluentes e efluentes às unidades *wetlands* construídos dos sistemas 1 e 2 no final do ciclo da cultura do arroz (Jun/2011).

Parâmetro	Concentração afluente (mg/L)	Concentração efluente (mg/L)						Mistura	
		Sistema 1			Sistema 2				
		R1	R2	R3	R1	R2	R3		
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Zn	0,166	0,032	0,400	0,082	0,192	0,078	0,180	0,028	
Ni	0,009	0,013	0,010	0,010	0,015	0,013	0,012	0,010	
Cu	0,030	0,006	0,009	0,006	0,009	0,007	0,007	0,010	
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Pb	0,054	0,036	0,050	0,050	0,044	0,046	0,050	0,054	
Mn	0,068	0,046	0,022	0,022	0,058	0,062	0,046	-	
Co	0,012	0,0140	0,0140	0,0140	0,160	0,0140	0,0140	0,0140	

Tabela 3. CTC e pH na camada de 0-5cm dos solos antes e após a aplicação do esgoto nas unidades *Wetlands* Construídos.

Unidades Wetlands	Sistema 1			Sistema 2		
	CTC (cmolc dm ⁻³)	MO (g kg ⁻¹)	pH	CTC (cmolc dm ⁻³)	MO (g kg ⁻¹)	pH
R1	2,68	3,62	6,6	2,77	3,10	5,9
R2	2,58	3,62	5,6	3,31	2,79	6,6
R3	2,55	2,69	6,3	3,29	3,93	6,2
Antes da aplicação do esgoto no solo						
CTC			3,94			
MO				3,10		
pH				3,80		

As concentrações de metais-traços de Pb, Cu, Mn, Ni e Zn presentes nos efluentes não impedem que eles sejam lançados em corpos d'água uma vez que, estão abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 430/2011 (Tabela 4), que versa sobre o lançamento de efluentes nos corpos d'água. Para o elemento Cobalto (Co) não existem padrões nesta resolução, supondo-se que o lançamento não comprometeria a qualidade do corpo d'água receptor.

Tabela 4. Máximos permissíveis da concentração de elementos conforme a resolução CONAMA nº 430/11 e 357/05

Parâmetros inorgânicos	Máximos permissíveis (mg. L ⁻¹)					
	Lançamento (Res. CONAMA 430/11)	Irrigação (Res. CONAMA 357/05)			Classes	
		Classes				
		1	2	3		
Pb	0,5	0,01	0,01	0,033		
Cu	1,0	0,009	0,009	0,013		
Mn	1,0	0,1	0,1	0,5		
Ni	2,0	0,025	0,025	0,025		
Zn	5	0,18	0,18	5		
Co	-	0,05	0,05	0,2		

Considerando os limites máximos permissíveis para os parâmetros inorgânicos (**Tabela 2**) de águas utilizadas para irrigação de acordo com suas classes de uso, percebe-se que os efluentes produzidos pelas unidades *wetlands* construídos, após 5 (cinco) meses de operação, apresentavam concentrações de metais-traços compatíveis com rios classificados em Classe 1 (Co, Mn e Ni) e Classe 3 (Pb e Cu) que podem ser destinados a irrigação de culturas.

Os efluentes produzidos pelas unidades *wetlands* construídos apresentaram concentrações de Cu, Mn, Ni e Zn dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 para irrigação de culturas, e de Pb acima dos limites aceitáveis. Portanto, a reutilização desses efluentes na irrigação de outras culturas deve ser realizada de forma cautelosa, pois a presença do chumbo (Pb) poderá inibir o crescimento da planta que receberá essa água de irrigação.

A presença do chumbo e o pequeno acúmulo de alguns elementos traços no solo não inviabilizou o desenvolvimento das plantas de arroz, que apresentaram altura média de 1,2 m e 1,4 m, respectivamente, nos sistemas 1 e 2. Na **Figuras 1** podem ser observadas as plantas de arroz das unidades experimentais *wetlands* construídos e na **Figuras 2** nota-se as plantas de arroz com as panículas cheias de grãos já maduros.



Figura 1. Plantas do arroz irrigado produzidas pelas unidades *wetlands* construídos durante o tratamento dos esgotos domésticos primários.



Figura 2. Plantas do arroz irrigado no período de maturação dos grãos e com os grãos já maduros.

Em todos os dois sistemas, as plantas do arroz das unidades *wetlands* construídos apresentaram boa produção de grãos e de massa vegetal.

A produção de grãos aumentou com o acréscimo da carga de esgoto aplicada (**Tabela 5**). Ao dobrar a carga de esgoto aplicada de 2,4cm/d para 4,8cm/d, não houve um aumento significativo na produção de grãos. Porém, os passarinhos se alimentaram de grande parte dos grãos. SILVA (2007) observou aumento significativo na produção de grãos com o aumento da taxa de aplicação semelhantes às aplicadas nessa pesquisa.

Tabela 5. Produção dos grãos em casca do arroz plantados nas unidades experimentais

Sistema	Q (L/d)	q_h (cm/d)	Produção dos grãos em casca			
			Peso úmido		Peso seco	
			g (em 0,42m ²)	t/ha	g (em 0,42m ²)	t/ha
1	10	2,4	256,00	6,10	244,44	5,82
2	20	4,8	316,42	7,53	271,62	6,44

CONCLUSÕES

Durante os cinco primeiros meses de operação dos sistemas (1º círculo da planta do arroz), os traços dos metais presentes no esgoto afluente às unidades *wetlands* construídos para tratamento não inviabilizaram o cultivo simultâneo da planta do arroz e não inibiram o seu crescimento e nem a produção de grãos.

Os *wetlands* construídos apresentaram eficiências variadas na remoção de metais traços. A eficiência de remoção dá-se em função das características do solo como CTC, pH e MO e teor de argila. Os solos dos *wetlands* não apresentaram eficiência satisfatória para remoção do chumbo (Pb) que é um metal pesado.

Não foi possível realizar análises das amostras de solo devido à falta de equipamentos nos laboratórios da UFRB, porém a partir das análises do afluente e efluentes e dos resultados de desenvolvimento da planta, notou-se que, até o final do primeiro ciclo da cultura os elementos traços de metais aplicados via esgoto para tratamento não comprometeram a qualidade do solo.

Os efluentes apresentaram qualidade compatível com os padrões de lançamento em corpos d'água e com aqueles referentes a irrigação de culturas, estabelecidos pelas legislações vigentes. Porém, notou-se que dependendo das características do solo, como CTC, teor de MO e pH, os metais podem acumular-se nos solos e com o passar do tempo serem lixiviados para os efluentes aumentando as suas concentrações e em alguns casos impedindo o reuso dessas águas na agricultura.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela FAPESB e teve a colaboração da UEFS. Sem o apoio dessas instituições o trabalho poderia não ter sido concretizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (ATÉ QUATRO)

- MULCHI, C. L.; ADAMU, C. A.; BELL, P. F.; CHANEY, R. L. Residual heavy metal concentrations in sludge-amended coastal plain soils: I. Comparason of extractants. Communications in Soil Science and Plant Analysis, London, v.22, p.919-941, 1991.
- ROSTON, D. M. e COLLAÇO, A. B. "Leitos cultivados: pneu picado como meio suport". Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia sanitária e ambiental, Joinville, Santa Catarina, Brasil, 2003.
- SALOMONS, W, FORTNNER, U, MADER, P. "Heavy Metal Problems and Solution". Springer Verlang, 412p, 1995.
- SILVA, S. C. "Wetlands Construídos" de Fluxo Vertical com Meio Suporte de Solo Natural Modificado no Tratamento de Esgotos Domésticos. Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.TD-003/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 205p, 2007.
- VAN KAICK, T. S. (2002). Estação de Tratamento de Esgoto por Meio de Zona de Raízes: Uma Proposta de Tecnologia Apropriada para Saneamento Básico no Litoral do Paraná. Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Universidade Federal do Paraná, 116p.