

## III-017 - SISTEMAS DE WETLANDS NO TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERROS SANITÁRIOS: AVALIAÇÃO DE ACÚMULO DE METAIS PESADOS

**Maria Jullyana Glauca de Barros<sup>(1)</sup>**

Bióloga Ambiental pelo Centro Universitário da Cidade. Mestranda em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PEA/UFRJ).

**Mariana Mattos Pereira do Nascimento**

Bolsista IC/CNPq – Aluna de graduação do curso de Química Industrial/ UFRJ

**Juacyara Carbonelli Campos**

Engenheira Química pela Escola de Química - UFRJ. Doutora em Engenharia Química/Tecnologia Ambiental pela COPPE/UFRJ. Professora Adjunta do Departamento de Processos Inorgânicos da Escola de Química-UFRJ

**Fabiana Valeria da Fonseca Araújo**

Engenheira Química pela UFRJ. Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química/UFRJ. Professora Adjunta do Departamento de Processos Inorgânicos da Escola de Química-UFRJ

**Natasha Veiga Louzada**

Técnica Química – Laboratório de Tratamento de Águas e Reúso de Efluentes – Escola de Química - UFRJ

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Athos da Silveira Ramos, 149 Bloco I – 124. Cidade Universitária – Rio de Janeiro – RJ CEP.21941-909 - Tel. (21) 2562-7346 e-mail: [mariajullyana@poli.ufrj.br](mailto:mariajullyana@poli.ufrj.br)

### RESUMO

O tratamento do lixiviado gerado em aterros sanitários é ainda pouco considerado como parte importante de um problema a ser atendido. Porém, é de conhecimento geral que este lixiviado quando não é devidamente tratado, pode causar danos irreparáveis no meio natural, como a contaminação de solo e mananciais. No Brasil poucos aterros possuem tratamento adequado para o lixiviado. Este trabalho apresenta o uso de *wetlands*, em escala piloto, como alternativa de tratamento ao lixiviado. Os *wetlands* montados utilizaram *Typha latifolia* como plantas de estudo, por sua grande capacidade de bioacumulação e evapotranspiração. Os resultados obtidos mostram que os *wetlands* são sistemas promissores para o tratamento de lixiviado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lixiviado, *Wetland*, *Typha latifolia*, evapotranspiração, metais.

### INTRODUÇÃO

Uma grande fonte de impactos aos meios naturais é a disposição inadequada de resíduos sólidos em lixões, bem como no meio aquático, atmosférico e terrestre. Já quando os resíduos são dispostos na forma de aterros sanitários, há certo tipo de controle e preocupação com os impactos gerados por estes. Um grande problema desse tipo de solução para os resíduos sólidos urbanos é o líquido lixiviado proveniente desta mistura, conhecido popularmente como chorume. A maioria dos aterros brasileiros não possui nenhum tipo de tratamento para o líquido lixiviado ou o tratamento existente para este é ineficiente, tornando-se relevante o desenvolvimento de técnicas de tratamento eficientes e ao mesmo tempo não tão custosas, na remoção de carga poluidora do chorume. Sendo o Brasil um país em franco desenvolvimento econômico, porém com investimentos ainda ineficientes na área de saneamento, faz com que a disposição de resíduos sólidos em aterros, venha se tornando uma alternativa bastante eficaz e em determinadas situações, a única alternativa viável, tanto em termos ambientais quanto econômicos. A quantidade de lixiviado gerado em aterros é decorrente da percolação de líquidos de origem externa: águas de chuva, escoamento superficial e da decomposição dos resíduos orgânicos, através das camadas do aterro. Devido às suas características tóxicas, o lixiviado deve ser tratado antes de ser lançado no meio ambiente, evitando-se assim maiores riscos de contaminação do solo, das águas subterrâneas e superficiais, com sérias consequências para a saúde pública (Mannarino, 2003).

O tratamento do lixiviado se tornou um dos maiores problemas ambientais, devido à natureza que cada aterro sanitário apresenta em sua composição (compostos orgânicos halogenados absorvíveis, HPAs, halogênios,

PCBs e metais pesados). As concentrações muito elevadas de amônia, de nitrogênio e DQO, que determina a sua biodegradabilidade e toxicidade ambiental (Wojciechowska et al, 2010).

## **WETLANDS**

Sistemas de *wetlands* são caracterizados por serem ecossistemas que se encontram parcial ou totalmente inundados durante o ano. Os *wetlands* naturais são facilmente reconhecidos como: as várzeas dos rios, igapós na Amazônia, banhados, pântanos, entre outros. E os *wetlands* construídos são ecossistemas artificiais com diferentes tecnologias, dependendo da área e da natureza do material a ser tratado, utilizando princípios básicos de modificação da qualidade da água dos *wetlands* existentes na natureza (Mannarino, 2003).

Os *wetlands* construídos podem ser projetados com maior grau de controle e eficiência do que os existentes na natureza, permitindo o estabelecimento de um tratamento experimental, instalações com uma composição bem definida do substrato, tipo de vegetação, tempo de retenção e padrão de fluxo. Os poluentes em tais sistemas são removidos através de uma combinação de processos físicos, químicos e biológicos, incluindo precipitação, sedimentação, adsorção às partículas do solo, a assimilação pelo tecido da planta e as transformações microbianas (Vymazal, 2008). Os sistemas de *wetlands* construídos podem ser classificados como sistemas que utilizam (Vymazal, 2008; Mannarino, 2003):

1-Macrófitas emergentes e submersas: vegetação desenvolvida de forma que o sistema radicular encontra-se preso ao sedimento e o caule e as folhas parcialmente ou totalmente submersas. A profunda penetração do sistema radicular permite atingir vários níveis ao longo da camada de sedimentos, dependendo da espécie considerada.

2-Macrófitas de folhas flutuantes: São de dois tipos de raízes: flutuantes ou presas ao substrato. Formam um grande grupo de plantas abrangendo diversas espécies, e normalmente, são utilizadas em projetos com canais relativamente rasos. A ação depuradora desses sistemas que utilizam plantas flutuantes, sejam elas enraizadas ou flutuantes, é devido a absorção de partículas pelo sistema radicular das plantas; absorção de nutrientes e metais; ação de microrganismos associados a rizosfera; pelo transporte de oxigênio para a rizosfera.

As vantagens do uso de *wetlands* como uma das alternativas de despoluição hídrica, são de natureza econômica e ambiental, pois é de baixo custo de implantação, simplicidade de instalação, ausência de produção de lodo, a produção de biomassa pode ser utilizada na produção de ração animal, artesanato, energia, biofertilizantes, entre outros. (Wojciechowska et al, 2010)

É comum o uso de *wetlands* na remoção de poluentes de esgotos domésticos e ainda emergente no tratamento de lixiviado de aterros sanitários. Segundo a literatura, é possível notar uma tendência na obtenção de significativas eficiências de remoção para sólidos suspensos, matéria orgânica (DBO e DQO) e nutrientes (N e P).

Os *wetlands* fornecem um método alternativo de tratamento ou polimento do lixiviado. É um método barato, simples de operar, e tem potencial para remover até xenobióticos e metais pesados.

Os estudos sobre esta transferência de poluentes promovida pelos *wetlands* entre meios, ainda são inconclusivos, alguns compostos orgânicos e amônia transformariam uma contaminação da água em contaminação do ar. E os metais, por sua vez, que são removidos por processos que os acumulam nos sedimentos e nas partes das plantas, poderiam ao fim do processo, ao serem incineradas para geração de energia, gerar subprodutos nocivos ao ambiente, como dioxinas e furanos, ou ainda, não serem passíveis de utilização para fins comerciais, como fabricação de ração animal e artesanato (Mannarino, 2003).

Neste contexto, o presente trabalho objetivou estudar o uso de sistemas naturais (*wetlands*) como tratamento do lixiviado gerado em um aterro sanitário, avaliando os principais parâmetros relativos à poluição (DQO, COT, amônia, etc) e metais.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

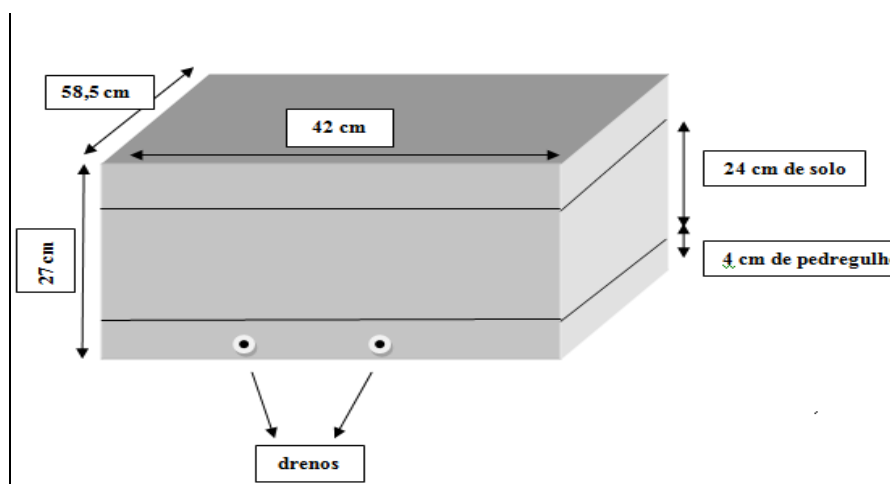
Os *wetlands* foram montados em escala piloto, utilizando-se vasos de aproximadamente 20 litros. Cada vaso apresenta dois drenos na parte inferior. A Figura 1 mostra como cada caixa foi preenchida com solo adubado e

pedregulho. O experimento contou com três vasos organizados da seguinte maneira: Vaso 1: vaso controle contendo solo e alimentado com lixiviado; vaso 2: contém *Typha latifolia* e solo e é alimentado com água; vaso 3: contém *Typha latifolia* e é alimentado com lixiviado. O controle do solo teve como objetivo avaliar o papel do solo no sistema. O controle com a água teve como objetivo avaliar o desenvolvimento da planta em um sistema favorável. A Figura 2 mostra uma foto do experimento.

Ressalta-se que daqui por diante a caixa contendo solo chamar-se-á “caixa solo” e a caixa contendo planta e solo, “caixa planta”.

A planta escolhida foi a *Typha latifolia*, vulgarmente conhecida como taboa, pois é uma planta muito utilizada na literatura em tratamentos de efluentes por *wetlands*, por sua grande capacidade de evapotranspiração. Antes de serem alimentadas com lixiviado, as plantas passaram por um tempo de adaptação e crescimento sendo regadas com água durante 3 meses.

O sistema foi operado em batelada, sendo alimentado a uma taxa de aplicação de 5,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia. Sempre antes de alimentar os sistemas, o líquido residual dos mesmos era drenado. O local onde ficou localizado o projeto piloto, por apresentar grande variação de temperatura e umidade fez com que variasse a retirada de amostras semanais. Algumas vezes não foram produzidas amostras por conta do tempo seco e outras vezes, por conta de chuvas, o volume de retirada de amostras era muito superior ao volume de alimentação. Após o período do ensaio era recolhido, através dos drenos, o líquido que restava. O volume desse líquido era medido e eram analisados os seguintes parâmetros: DQO, COT, amônia, fósforo e turbidez. Essas análises foram realizadas segundo métodos descritos em APHA/AWWA/WEF (2005)



**Figura 1: Desenho esquemático dos wetlands em escala piloto**



**Figura 2: Vista Geral das caixas utilizadas para simular o sistema de wetlands**

Nesse projeto foi utilizado o lixiviado de um aterro antigo em fase de estabilização, fazendo com que a concentração de metais pesados fosse menor. Amostras de líquido da entrada e da saída foram coletadas

semanalmente e amostras das plantas e solo para digestão e análise de metais pesados, mensalmente. Ressalta-se que até o momento, apenas se dispunha das análises iniciais de metais, as demais estão em análise no laboratório.

A Tabela 1 ilustra os resultados de caracterização do lixiviado utilizado nos ensaios. Pode-se observar a grande variabilidade em suas características.

**Tabela 1 Caracterização do lixiviado utilizado nos ensaios (n=4), exceto metais, n=1**

Parâmetros	Média	Valor mínimo	Valor Máximo
N-NH <sub>3</sub> (mg/L)	1783	441,5	3738
COT (mg/L)	660	405	1207
Fósforo (mg/L)	5,4	3,1	7,4
Cloreto (mg/L)	2914	1929	4061
DQO (mg/L)	1592	932	2310
Turbidez (NTU)	26,1	21,2	30,5
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	5423	4345	6081
Ni (mg/L)	0,01	-	-
Fe (mg/L)	0,095	-	-
Cr (mg/L)	<0,005	-	-
Cu (mg/L)	<0,005	-	-
Zn (mg/L)	<0,2	-	-
Pb (mg/L)	<0,005	-	-
Cd (mg/L)	<0,005	-	-
Na (mg/L)	60,9	-	-
K (mg/L)	39,2	-	-

Devido à perda de líquido, a eficiência de remoção foi calculada baseada no balanço de massa, segundo a equação 1.

$$\text{Eficiência(\%)} = \left[ \frac{C_o \times V_o - C_s \times V_s}{C_o \times V_o} \right] \times 100 \quad (1)$$

Onde:

C<sub>o</sub>=concentração do poluente que alimenta os *wetlands*

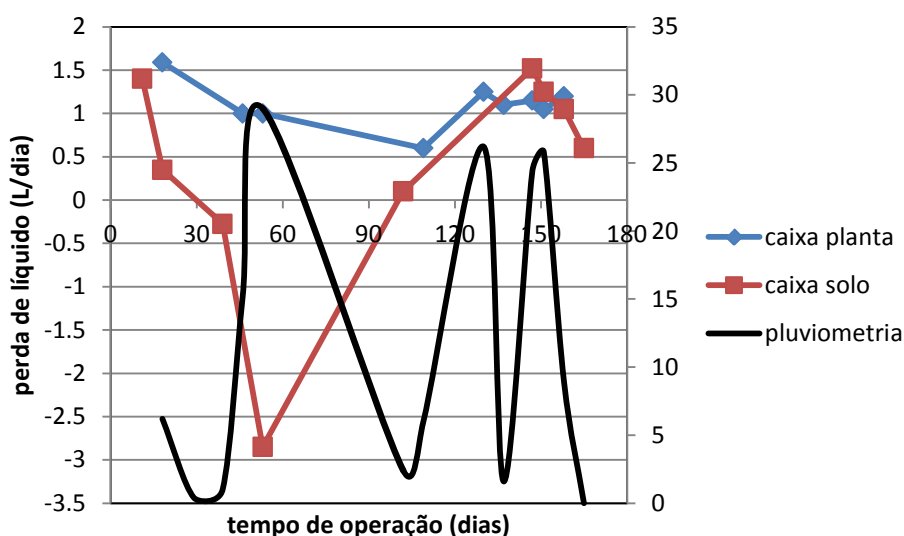
C<sub>s</sub>=concentração do poluente que sai dos *wetlands*

V<sub>o</sub>=volume de lixiviado que alimenta os *wetlands*

V<sub>s</sub>=volume de lixiviado que sai dos *wetlands*

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os ensaios foram medidos o volume de entrada e saída de chorume, provenientes da alimentação dos vasos. A Figura 3 ilustra o acompanhamento da perda de líquido diária em ambas caixas (solo e planta+solo).

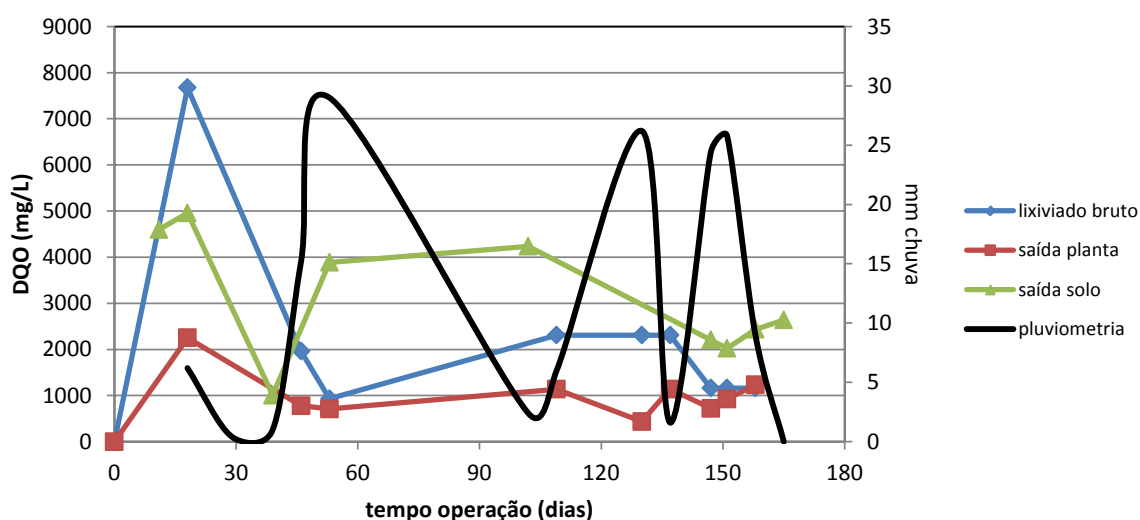


**Figura 3. Monitoramento da perda de líquido nos experimentos.**

Pode-se observar que apesar do variável índice pluviométrico, a caixa com planta+solo, não apresentou uma grande variação do líquido de saída, que pode ser devido ao efeito da planta na evapotranspiração. Para a caixa solo, a variação de saída de líquido seguiu o regime de chuvas.

### Resultados de eficiência de remoção

A Figura 4 ilustra o perfil de DQO para todos os ensaios feitos com os líquidos oriundos das caixas planta e solo e relaciona o lixiviado bruto que alimentou o sistema, bem como os dados pluviométricos e sua possível influencia nos resultados.



**Figura 4. Monitoramento da DQO na entrada e na saída dos wetlands**

O gráfico apresenta o líquido saído da caixa planta com o menor DQO, apresentando apenas um pico inicial que foi decaindo ao longo dos dias de operação, corroborando assim a eficiência do tratamento do wetland em comparação ao lixiviado bruto. Os dados mostram que a caixa contendo solo sofreu maior influência do regime das chuvas. A Figura 5 ilustra os resultados de remoção de DQO para as caixas planta e solo onde foi possível recolher o lixiviado ao final da semana de rega.

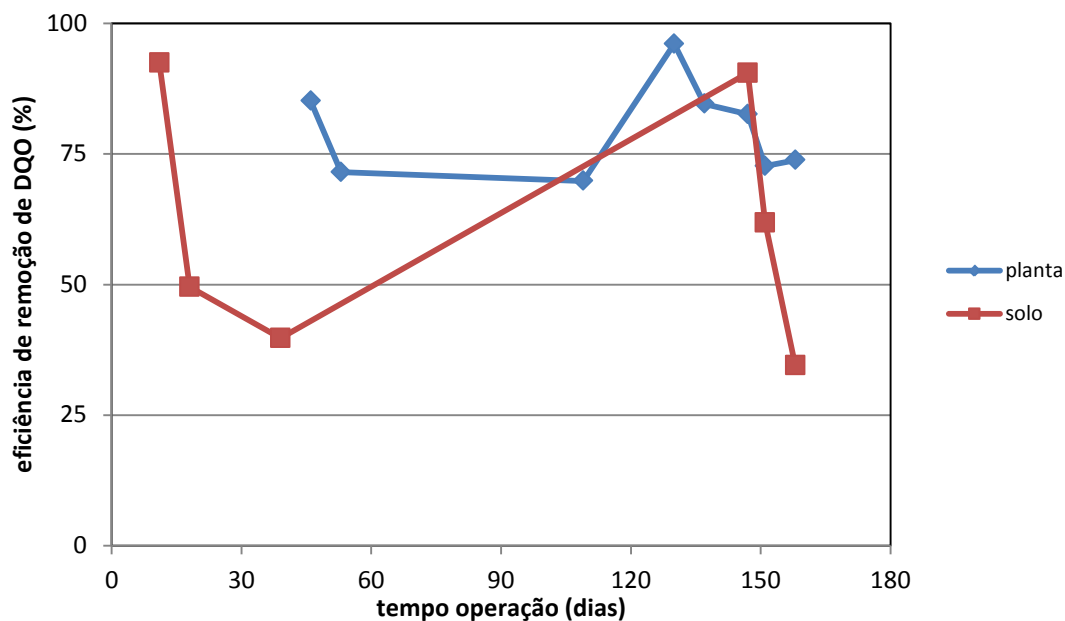


Figura 5. Eficiência de remoção de DQO nos wetlands

A Figura 6 ilustra o perfil de COT para todos os ensaios feitos com os líquidos oriundos das caixas planta e solo e relaciona o lixiviado bruto que alimentou o sistema, bem como os dados pluviométricos e sua possível influencia nos resultados. O perfil de COT seguiu a mesma tendência do perfil de DQO.

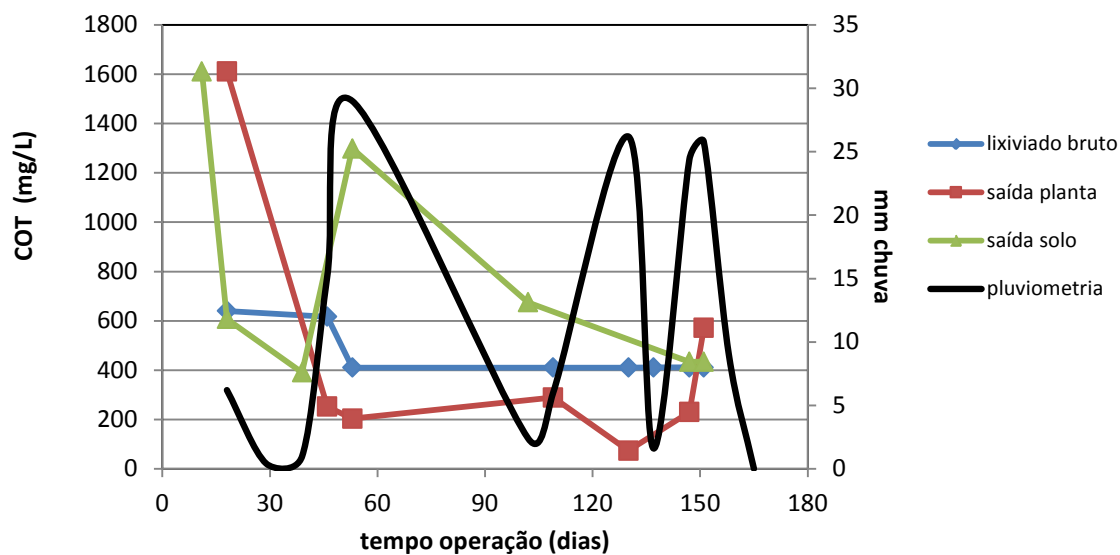


Figura 6. Monitoramento da DQO na entrada e na saída dos wetlands

A Figura 7 ilustra os resultados em termos de eficiência de remoção de COT.

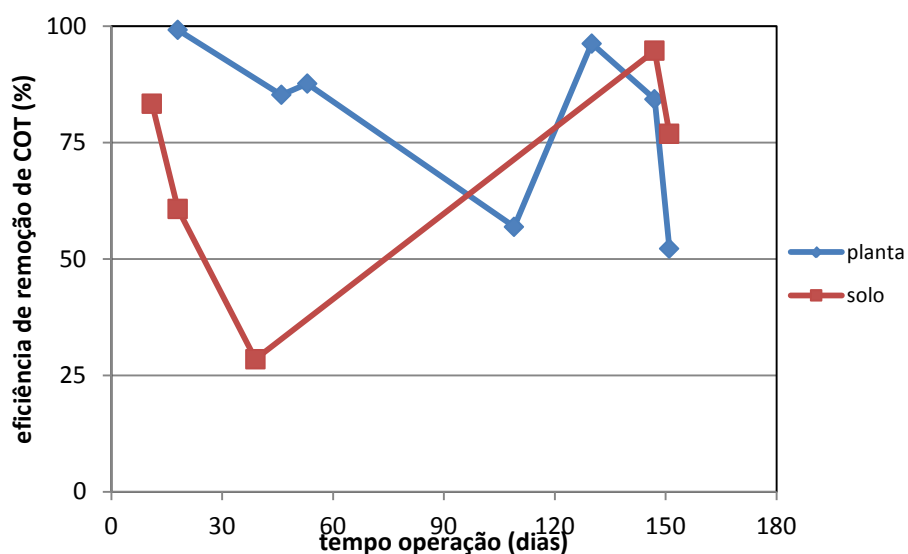


Figura 7. Eficiência de remoção de COT nos wetlands

Pode-se observar que a eficiência no caso do chorume saído da caixa planta foi superior, mesmo com a oscilação em relação à eficiência do lixiviado saído da caixa solo.

A Figura 8 ilustra o perfil de nitrogênio amoniacal para todos os ensaios feitos com os líquidos oriundos das caixas planta e solo e relaciona o lixiviado bruto que alimentou o sistema, bem como os dados pluviométricos e sua possível influencia nos resultados. Mesmo com a grande variabilidade de concentração de nitrogênio amoniacal que entra no sistema, o mesmo consegue remover grande parte de  $N-NH_3$ . A Figura 9 ilustra resultados de eficiência de remoção. Acredita-se ainda que a influência das chuvas possa ter diluído o lixiviado, como pode-se observar a partir do centésimo dia de operação.

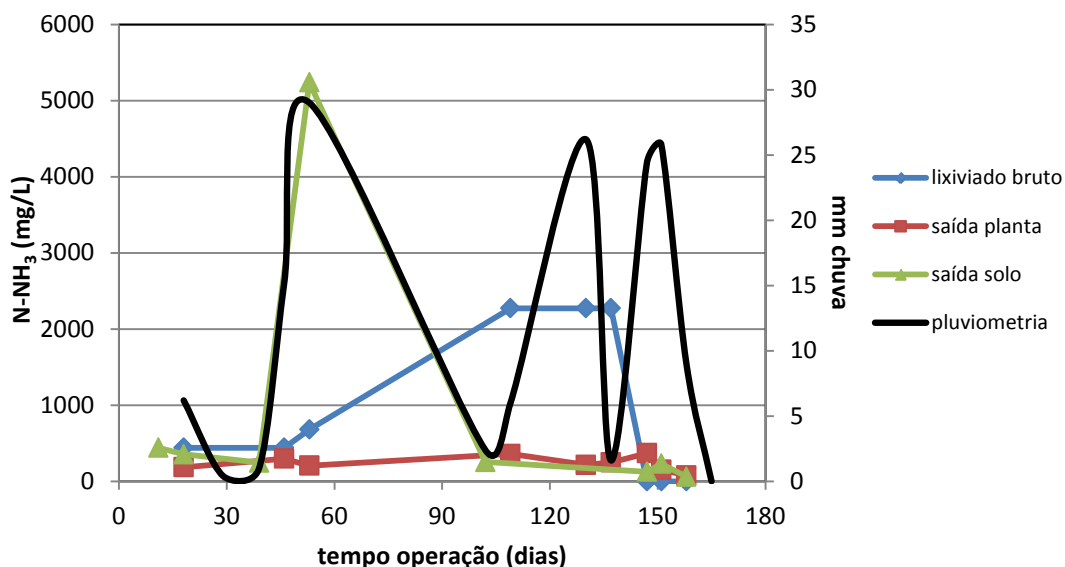


Figura 8. Monitoramento de nitrogênio amoniacal na entrada e na saída dos wetlands

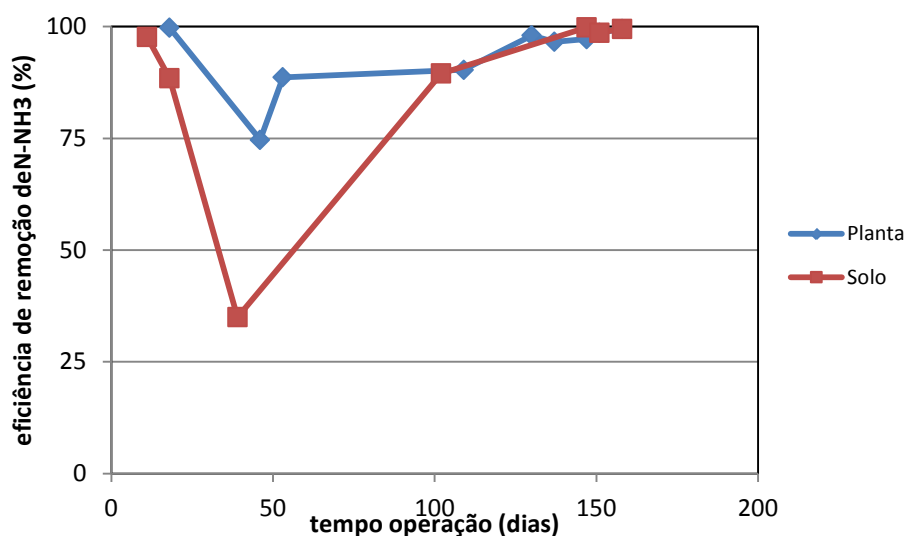


Figura 9. Eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal nos *wetlands*

A Figura 10 ilustra o perfil de fósforo para todos os ensaios feitos com os líquidos oriundos das caixas planta e solo e relaciona o lixiviado bruto que alimentou o sistema, bem como os dados pluviométricos e sua possível influencia nos resultados. Os resultados mostram que o perfil obtido para o fósforo é similar ao nitrogênio amoniacal, onde pode ter havido grande influência por parte da chuva, como pode ser visto na Figura 11, de eficiência de remoção de fósforo.

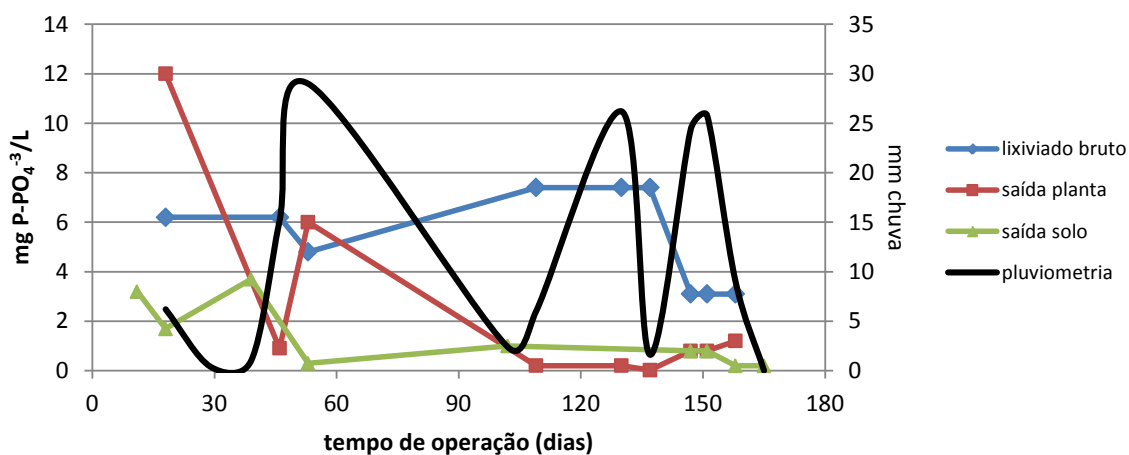


Figura 10. Monitoramento de fósforo na entrada e na saída dos *wetlands*



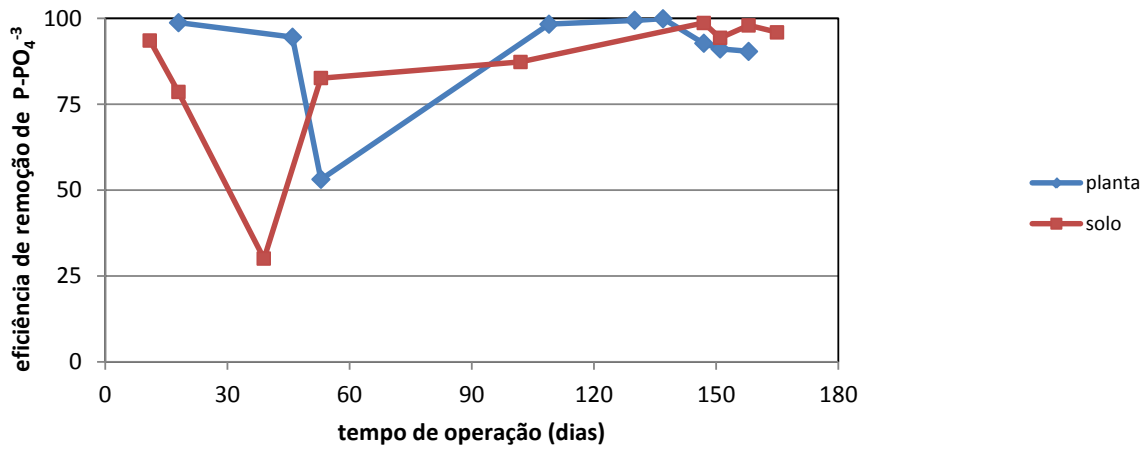


Figura 11. Eficiência de remoção de fósforo nos *wetlands*

A Figura 12 ilustra o perfil de cloreto para todos os ensaios feitos com os líquidos oriundos das caixas planta e solo e relaciona o lixiviado bruto que alimentou o sistema, bem como os dados pluviométricos e sua possível influencia nos resultados. O cloreto serve como marcador do sistema, pois o único mecanismo de remoção é a troca iônica com o solo. A Figura 13, que ilustra resultados de eficiência de remoção de cloreto, corrobora essa afirmação, visto que ambos apresentam mesmo perfil de remoção.

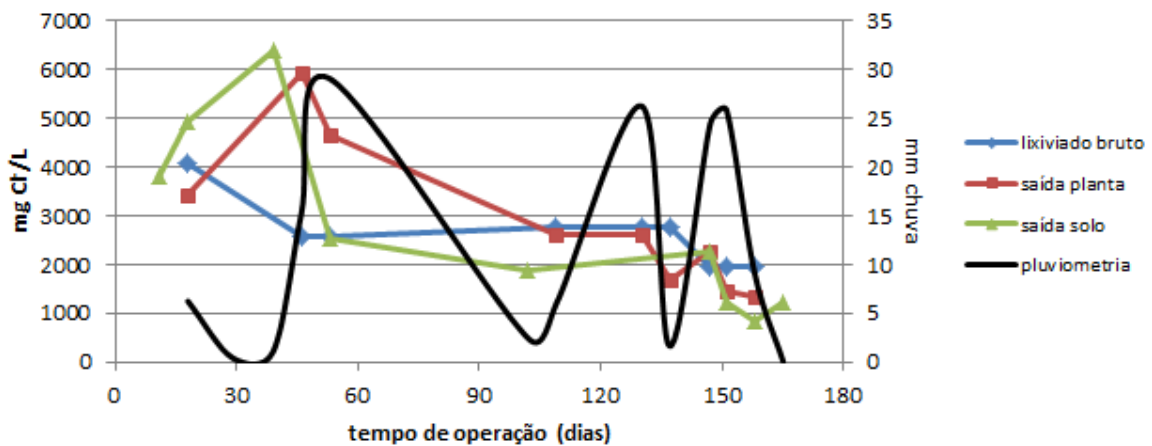


Figura 12. Monitoramento de cloreto na entrada e na saída dos *wetlands*

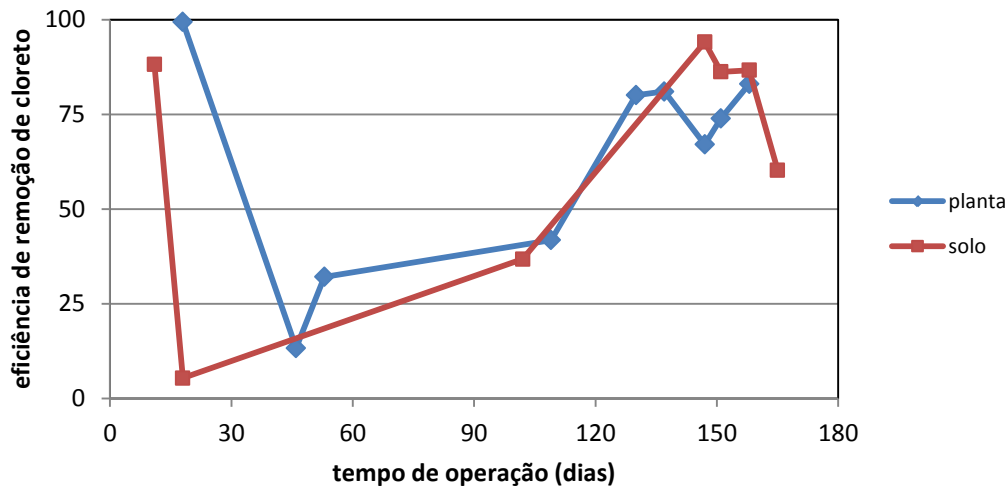


Figura 13. Eficiência de remoção de fósforo nos *wetlands*

A Figura 14, que ilustra resultados de turbidez dos efluentes dos *wetlands*. O efluente foi mais límpido na saída da caixa contendo solo+planta. Provavelmente, a região ativa das raízes promoveu uma filtração do lixiviado.

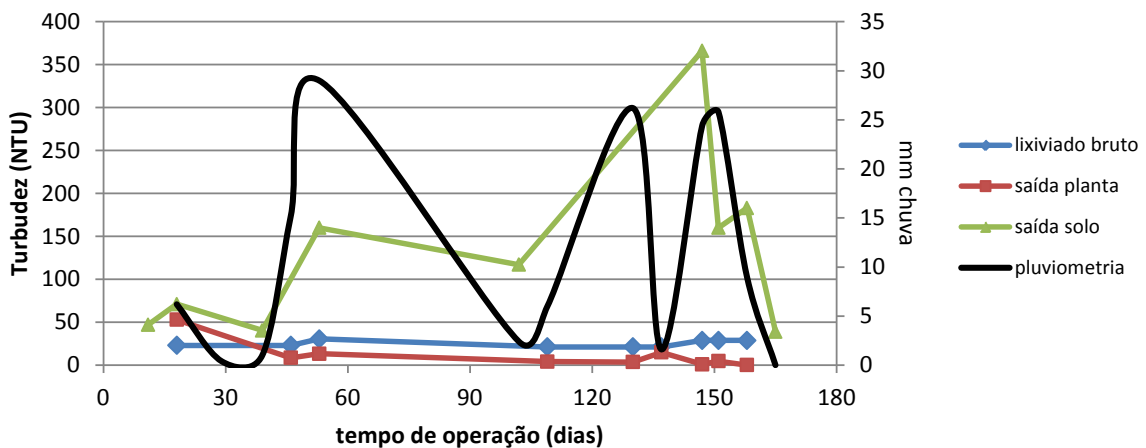


Figura 14. Monitoramento de turbidez na entrada e na saída dos *wetlands*

### Análise dos metais

Até o momento, apenas se dispunha das análises iniciais de metais, as demais estão em análise no laboratório. A Tabela 2 ilustra os resultados iniciais de metais no solo e na planta utilizada no experimento. Observa-se que os valores são baixos, o que era esperado. Além disso, como mostra a Tabela 1, os valores de metais no lixiviado igualmente são bem baixos, alguns no limite de detecção do método. Isso é explicado pela idade do aterro, mais de 20 anos, onde o resíduo está estabilizado e o aterro em condições redutoras, portanto, os metais encontram-se no interior do mesmo na forma insolúvel de sulfeto.

Segundo Sheoran & Sheoran (2006), a quantidade de metais pesados removida nos *wetlands* é determinada pela interação entre os processos de sedimentação, sorção, co-precipitação, troca catiônica, fotodegradação, fitoacumulação, biodegradação, atividade microbiana e consumo pela planta.

**Tabela 2 Caracterização inicial do solo e da planta em relação aos metais pesados**

<b>Parâmetros</b>	<b>planta</b>	<b>solo</b>
Ni (mg/g)	0,005	0,01
Fe (mg/g)	0,96	3,79
Cr (mg/g)	<0,0005	<0,0005
Cu (mg/g)	0,03	0,07
Zn (mg/g)	0,16	0,075
Pb (mg/g)	0,005	0,015
Cd (mg/g)	<0,0005	<0,0005

## CONCLUSÕES

O presente trabalho mostrou que o uso de *wetlands* foi eficiente para a remoção, principalmente de matéria orgânica e dos demais poluentes monitorados. Apesar de o solo ter grande contribuição, a planta é importante para o tratamento como um todo. O tratamento de lixiviado por *wetland* é bastante favorável e adequado à realidade do nosso país. É uma alternativa barata, limpa e com estudos complementares poderíamos até utilizar essas plantas tratadoras de chorume de maneira artesanal, embelezamento natural ou barreira vegetal. Os *wetlands* bem adaptados são capazes de absorver nutrientes, degradar matéria orgânica por microrganismos situados em suas raízes, bem como no solo onde são plantadas.

## AGRADECIMENTOS

À FAPERJ, CNPq, ao Centro de Pesquisas da COMLURB (Companhia Municipal de Limpeza Urbana da Cidade do Rio de Janeiro) pela realização de análises de metais e coleta de amostras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Public Health Association – APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21. Ed. Washington: IWWA, 2005
2. Mannarino, C. F. Uso de wetland sub-superficial no tratamento de efluente de estação de tratamento de chorume por lodos ativados. Dissertação de mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2003.
3. Sheoran, A. S., Sheoran, V. Heavy metal removal mechanism of acid mine drainage in wetlands: A critical review. Minerals Engineering . v19, pp.105–116, 2006.
4. Vymazal, J.; Kropfelová, L. Wastewater treatment in constructed wetlands with horizontal sub- surface flow. Environmental pollution, 14, 2008. Czed republic. ed. Springer.
5. Wojciechowska, M. G. et al. Treatment of landfill leachate by constructed wetlands: three case studies. Gdansk, Poland. Polish Journal of environmental study, 19, 2010 p 643-650