

## AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS EUTROFIZANTES, PRESENTES EM SOLO, AFLUENTE E EFLUENTE DE SISTEMAS WETLANDS CONSTRUÍDOS

**Poliana Brandão Machado** <sup>(1)</sup>

Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental. e-mail: [polianabrandaom@gmail.com](mailto:polianabrandaom@gmail.com)

**Selma Cristina da Silva** <sup>(2)</sup>

Professora Adjunta da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. e-mail: [selmacetec@yahoo.com.br](mailto:selmacetec@yahoo.com.br)

**Ivane Marcley Nascimento Sena** <sup>(3)</sup>

Mestranda em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Sergipe. e-mail: [ivanemnsena@gmail.com](mailto:ivanemnsena@gmail.com)

### RESUMO

No Brasil, geralmente, o tratamento de esgoto doméstico chega ao nível secundário, porém, este nível de tratamento não remove satisfatoriamente os nutrientes como o nitrogênio (N) e fósforo (P), requerendo processos terciários. Entre estes processos, encontram-se os *wetlands* construídos. A pesquisa avaliou o desempenho dos *wetlands* construídos de fluxo vertical com meio suporte de solo (latossolo-amarelo) na remoção de P e N, utilizando a cultura do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) cultivar BRS Paraguaçu. As unidades experimentais foram representadas por caixas d'água plásticas com capacidade de 100 litros. O esgoto utilizado para tratamento foi proveniente de uma lagoa facultativa, e era aplicado nas segundas, quartas e sextas-feiras, deixando nos outros dias o solo em descanso. Foram realizadas análises dos afluentes e efluentes, bem como dos solos antes e após os ciclos da cultura. Os resultados mostraram uma diminuição das concentrações de N e P no esgoto efluente, porém em algumas unidades ocorreu o aumento nos dois ciclos. A produtividade média da cultura foi abaixo dos valores encontrados na literatura, porém no que se refere ao peso dos grãos obteve-se um resultado satisfatório. Os *wetlands* com o feijão se mostraram eficientes na remoção de N e P, embora em algumas unidades em alguns períodos houve aumento nas concentrações.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Wetlands* Construídos, Tratamento de Esgoto, Feijão Caupi.

### INTRODUÇÃO

O esgoto doméstico apresenta grande quantidade de matéria orgânica, sendo composta de alguns nutrientes como o nitrogênio (N) e o fósforo (P). Elevadas concentrações destes compostos, quando lançados sem tratamento ou quando o tratamento existente é ineficiente ou incompleto, causam a contaminação do corpo d'água receptor, podendo provocar problemas que nem sempre são de fácil solução, como a eutrofização. Porém, estes nutrientes contidos nas águas residuárias apresentam uma vantagem para o reuso na agricultura, uma vez, que atende as necessidades hídricas e nutricionais da cultura.

No Brasil, em geral, o tratamento de esgoto doméstico chega ao nível secundário, que tem a finalidade de remover matéria orgânica, porém, este nível de tratamento não remove satisfatoriamente os nutrientes como o N e P, requerendo, portanto, os processos terciários. Entre os processos utilizados para tratamento secundário e terciário, encontram-se as *wetlands* construídas, que podem ser também considerados como uma forma de reuso, pois, o esgoto doméstico supre as necessidades hídricas e nutricionais da planta. Sendo assim, além de tratar o efluente, reduzindo a poluição ambiental, pode viabilizar a atividade agrícola, em regiões que carecem de mão de obra especializada, já que é uma técnica de fácil operação e baixo custo.

Nessa perspectiva, o presente trabalho buscou avaliar os teores de N e P no afluente e efluente do esgoto com pré-tratamento utilizado nos sistemas *wetlands* construídas de fluxo vertical, assim como, no solo Latossolo-Amarelo utilizado como meio suporte. Também foi avaliado o desenvolvimento da cultura utilizada. No caso, escolheu-se a cultura do feijão como auxiliar no tratamento em função das suas características e por ser uma cultura produtora de grãos de necessidade básica alimentar. Os sistemas *wetlands* construídos, portanto, tiveram duas funções, a de tratar os esgotos e de produzir grãos sem a necessidade de adubação prévia, visando reduzir a quantidade de fertilizantes químicos utilizados na agricultura e de água captada dos mananciais.

## OBJETIVO

Avaliar o desempenho de sistemas *wetlands* construídos de fluxo vertical com meio suporte de solo latossolo-amarelo na remoção de P e N, assim como avaliar o desenvolvimento da cultura do feijão caupi utilizada como auxiliar no tratamento.

## METODOLOGIA

Na realização do trabalho foi utilizado três unidades de um sistema de *wetlands* construídos já existente, no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no município de Cruz das Almas – BA. O esgoto utilizado foi proveniente de uma lagoa facultativa da Estação de Tratamento de Esgoto do município de Muritiba – BA, e eram transportados por bobonas plásticas de 50 litros. As unidades experimentais foram representadas por caixas d'água plásticas com capacidade de 100 litros. Ao longo da pesquisa foram realizados dois ciclos da cultura, nos períodos de agosto a dezembro de 2014, primeiro ciclo, e de maio a julho de 2015 segundo ciclo.

Nos dois ciclos, inicialmente a cultura foi irrigada com água de um poço próximo ao local de desenvolvimento do experimento, uma semana após a germinação, iniciou-se uma alternância de aplicação entre água e esgoto, de modo a adaptar a planta ao aflente. Após 20 dias, iniciou-se a aplicação da carga de esgoto (10 litros) para tratamento durante as segundas, quartas e sextas-feiras, deixando os outros dias o solo em descanso. O esgoto foi aplicado com auxílio de um regador sobre a superfície do solo das unidades experimentais. No primeiro ciclo foi plantada a cultura em todas as sub-unidades, porém no segundo ciclo, com a finalidade de comparar o desempenho, não foi plantada em uma unidade o feijão, sendo a unidade controle.

No primeiro ciclo, para observar o desempenho dos sistemas na remoção de nutrientes foram analisadas amostras dos solos e dos efluentes afluentes e efluentes. As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-10 cm das unidades experimentais, antes da aplicação do esgoto para tratamento e no final do ciclo da cultura, que é de 3 (três) meses. As amostras do esgoto afluente e efluente foram coletadas apenas no final do ciclo. As análises foram realizadas no SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Já no segundo ciclo, foram determinados três períodos para a coleta e análise das amostras de esgoto afluente e efluente: uma na primeira semana de aplicação da carga de esgoto, outra na floração da planta e a outra no final do ciclo. Para o solo foi realizado a coleta antes e após a aplicação do esgoto para tratamento. As análises de N Total e P nos solos foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo, Água e Plantas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, juntamente com as amostras de água residuárias para a determinação do parâmetro N total. A determinação dos parâmetros P e N amoniacal nas amostras de água foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Água da UFRB.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Primeiro ciclo

Foram realizadas a análise de N total e P do afluente e dos efluentes das unidades 2 (R-2) e unidade 3 (R-3). Observou-se a diminuição da concentração de P nas duas unidades, porém houve um aumento de N total encontrado na unidade 2 (R-2) (Tabela 1).

**Tabela 1 - Resultados dos parâmetros N e P na água no esgoto afluente e nos efluente das unidades experimentais.**

Parâmetro	Afluente	Efluente	
		R-2	R-3
Nitrogênio total (mg/L)	29,8	38,7	11,0
Fósforo reativo (mg/L)	1,77	1,2	0,588

Obs: R-2, R-3 – Repetições 2 e 3 das unidades experimentais Wetlands construídos – com planta.

Verificou-se uma redução na concentração do fósforo nas unidades R-2 e R-3, porém houve uma maior redução na unidade R-3 (Tabela 1), isto pode ser explicado pelo pH e pela CTC do solo que provavelmente era diferente entre as unidades e favoreceu um maior acúmulo de P nas camadas internas do solo e reduziu, portanto, a concentração efluente da unidade R-3. A diferença entre os teores de P das unidades pode ser explicado pelo pH do solo da unidade R-2 ser mais ácido e a absorção pela planta ser menor.

Na resolução CONAMA nº 430/11 não há limites estabelecidos para lançamento de N total e P total em corpos d'água. Os resultados das análises de P e N total no solo mostraram que a unidade avaliada após receber a carga de esgoto, apresentou uma menor concentração de nitrogênio total.

**Tabela 2 – Resultados dos parâmetros N e P no solo das unidades wetlands construídas, antes e depois da aplicação do esgoto**

Parâmetro	Antes da aplicação de esgoto			Depois da aplicação de esgoto
	R-1	R-2	R-3	R-2
Nitrogênio total mg/Kg	3360	3010	4350	2210
Fósforo total mg/Kg	<19	<19	48	<19

Obs: R1, R-2, R-3 – Repetições 1, 2 e 3 das unidades experimentais Wetlands construídos – com planta.

No presente estudo, o teor de Nitrogênio total variou entre 3010 a 4350 mg/Kg de solo e após três meses de operação, esses teores reduziram, passando a 2210mg/kg (Tabela 2). Portanto, houve uma redução dos teores de N total no solo da unidade analisada que possivelmente ocorreu devido à lixiviação do mesmo para as camadas mais profundas do solo. Possivelmente, as concentrações de N no solo das unidades experimentais estavam altas em função da aplicação do esgoto nas unidades *wetlands* em experimentos anteriores que utilizaram a mesma sub-unidade.

O N é um elemento bastante instável no solo, podendo ocorrer várias possibilidades de perdas, sendo que cerca de 50% do N total é exportado pelos grãos (EMBRAPA,2004). O N no solo se encontra sob formas orgânicas que serão mineralizadas pelos processos biológicos e assim aproveitados pelas plantas (EMBRAPA, 2004). Portanto pode-se explicar a diminuição dos teores de N na unidade dois (R-2), pela absorção do N orgânico pelas plantas, e também pelo processo de lixiviação para as camadas mais profundas do solo e pela volatilização desse elemento.

Fialho *et al.* (1991) relataram que a cobertura vegetal parece não afetar o P disponível, isto corrobora com os valores encontrados no presente estudo, onde, a concentração de fósforo antes e depois do ciclo permaneceu a mesma. O teor elevado na unidade três (R-3) pode ser devido as aplicações de cargas de esgoto anteriormente realizadas nas unidades, uma vez que o P do esgoto é altamente retido no solo (Fonseca, 2001 *apud* Silva, 2007).

Ao que se refere à produção de vagens e de grãos, as unidades que receberam a aplicação das cargas de esgoto apresentaram um peso médio de vagens e grãos, respectivamente de 17g e 66,22g. Esta produtividade pode variar por distintos motivos. Considerando que as unidades wetlands utilizadas apresentaram uma área total de 1.26 m<sup>2</sup>, estimou-se no presente estudo, uma produtividade média de 525,55 kg/ha. Diaz Dávalos *et al.* (2001) obtiveram uma produtividade que variou de 131 kg/ha a 762 kg/há, valor que corrobora com a estimativa obtida no presente estudo.

Em média, obteve-se 38.33 vagens nas unidades. Foram produzidos 239.67 grãos, com peso seco de 66,22 g, correspondendo em média a 6 grãos/vagem. Alcântara *et al.* (2002) encontrou em 100 grãos um peso total de 17g no cultivar BRS Paraguaçu, o valor encontrado nas unidades experimentais supera essa média, sendo o peso de 100 grãos

em torno de 27,63g. Portanto, a utilização de águas residuárias proporcionou grãos com peso superior a obtida com irrigação e adubação tradicional.

### Segundo ciclo

Os resultados encontrados nas análises de P no esgoto afluente e efluente estão representados na Tabela 6.

**Tabela 3 – Resultados do parâmetro fósforo (P) total (mg/L) na água no esgoto afluente e nos efluente das unidades experimentais.**

Unidade	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha
<b>R-1</b>	0,937	0,250	0,315
<b>R-2</b>	1,356	0,080	0,232
<b>R-3</b>	0,700	0,391	0,366
<b>Afluente</b>	<b>0,225</b>	<b>0,421</b>	<b>0,455</b>

Obs: R-1, R-2, R-3 – Esgoto efluente 1, 2 (wetlands construídas – com planta) e 3 (controle – sem planta).

Nas campanhas 2 e 3, houve um aumento da concentração de P no que diz respeito a comparação entre afluente e efluente, este fato, pode ser possivelmente atribuído ao lixiviamento do fósforo aportado ao longo do experimento. Percebe-se que na unidade 3 (controle), que não apresentava a planta (controle), existe um teor maior de P em relação às unidades plantadas (*wetlands* construídos). Isso possivelmente se deve a absorção desse elemento pelas plantas e a adsorção dos mesmos, também, no sistema radicular. Segundo Silva (2007) a remoção de P nos sistemas acontece por meio dos processos de adsorção pela planta, imobilização microbiana, adsorção no solo ou substrato e precipitação. No esgoto doméstico bruto, as formas predominantes são o N orgânico e amoniacal, este tendo sua principal origem na ureia. Os resultados encontrados nas amostras das três campanhas nas determinações de amônia são apresentados na Tabela 7.

**Tabela 4 – Concentrações de amônia (mg/L) no esgoto afluente e efluente das unidades experimentais.**

Unidade	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha
<b>R-1</b>	0,236	0,181	0,249
<b>R-2</b>	0,222	0,197	0,385
<b>R-3</b>	0,181	0,223	0,334
<b>Afluente</b>	<b>0,699</b>	<b>0,853</b>	<b>0,967</b>

Obs: R-1, R-2, R-3 – Unidades experimentais 1, 2 (wetlands construídas – com planta) e 3 (controle – sem planta).

Observa-se que em todas as unidades houve uma redução da amônia, quando comparado com o teor encontrado no afluente, o que já era esperado devido à absorção pela planta e volatilização devido às condições anaeróbias na aplicação da carga quando inunda a área e a nitrificação devido à intermitência que proporciona a oxigenação do solo. Os resultados encontrados estão dentro dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 430/2011 que estabelece que a quantidade de N amoniacal deve ser inferior a 20 mg/L. A Tabela 8 apresenta as concentrações de N total Kjeldahl (NTK) encontradas nas amostras afluente e efluentes.

**Tabela 5 – Concentrações (mg/L) de N total Kjeldahl (NTK) na água no esgoto afluente e nos efluente das unidades experimentais.**

Unidade	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha
<b>R-1</b>	16,80	11,20	14,00
<b>R-2</b>	8,40	8,40	14,00
<b>R-3</b>	8,40	22,40	7,00
<b>Afluente</b>	<b>11,20</b>	<b>16,80</b>	<b>35,00</b>

Obs: R-1, R-2, R-3 – Unidades experimentais 1, 2 (wetlands construídas – com planta) e 3 (controle – sem planta).

Observa-se que na 1ª e 2ª campanhas houve um aumento da concentração de NTK na água efluente nas unidades 1 (R-1) e 3 (R-3), eventos que podem ser explicados pelo processo de lixiviação do nutriente do solo. No esgoto doméstico as formas predominantes de N é o orgânico e a amônia. Estes dois, conjuntamente são determinados em laboratório pelo

método Kjeldahl, sendo denominado N Total Kjeldahl (NTK). A partir dos dados das Tabelas 7 e 8, nota-se que a maior parte do N está na forma orgânica, ou seja, àquela indisponível para as plantas absorverem. Nas Tabelas 9 e 10 respectivamente, é possível ver as concentrações de N total e P total no solo, antes e depois a aplicação de esgoto.

**Tabela 6 - Concentrações (mg/Kg) de N total na camada de 0-10cm dos solos das unidades experimentais antes e após as aplicações de cargas de esgoto.**

Unidade	Antes	Depois
R-1	151,2	294
R-2	134,4	238
R-3	145,6	308
<b>Média</b>	<b>143,7</b>	<b>294</b>

Obs: R-1, R-2, R-3 – Unidades experimentais 1, 2 (wetlands construídas – com planta) e 3 (controle – sem planta).

**Tabela 7 - Concentrações (mg/Kg) de P total na camada de 0-10cm dos solos das unidades experimentais antes e depois das aplicações de cargas de esgoto.**

Unidade	Antes	Depois
R-1	12,71	40,71
R-2	4,23	9,86
R-3	8,53	19,70
<b>Média</b>	<b>8,49</b>	<b>23,42</b>

Obs: R-1, R-2, R-3 – Unidades experimentais 1, 2 (wetlands construídas – com planta) e 3 (controle – sem planta).

Observa-se um aumento tanto de nitrogênio quanto de fósforo no solo, aspecto causado pelas aplicações das cargas de esgoto.

No segundo ciclo a produtividade da cultura ficou em torno de 345,08 Kg/ha, os pesos secos de 100 grãos no segundo ciclo ficou em torno de 11,41g, sendo inferior aos dados na literatura. Verificou-se uma média de 14 grãos por vagem, variando de 10 a 19 grãos, onde apenas uma vagem apresentou 7 grãos na unidade um R-1 e duas vagens apresentaram 9 grãos na unidade dois R-2. A quantidade de vagens/m<sup>2</sup> ficou em torno de 22,61 vagens/m<sup>2</sup>, estando dentro dos valores encontrados na literatura.

## CONCLUSÃO

Os sistemas *wetlands* construídos se mostraram satisfatórias para a remoção de nitrogênio, fósforo e amônia em ambos os ciclos, apresentando-se como uma alternativa eficiente e de baixo custo para fins de tratamento terciário.

No primeiro ciclo o valor encontrado de N total Kjeldahl (NTK) no solo apresentou um decaimento, podendo ser explicado pelo processo de lixiviação, intensificado pelas chuvas que ocorreram no período do estudo. As concentrações de P total nas camadas de 0-10cm dos solos permaneceram as mesmas, porém nas análises de água houve uma redução, fato explicado pela absorção do nutriente pela planta e adsorção nos solos e nas raízes das plantas.

No segundo ciclo, utilizando uma unidade controle, foi observada uma redução nos teores de N nos efluentes em uma unidade experimental e aumento em outra, o que é comum uma vez que os solos das unidades experimentais por mais que tenha sido construída utilizando a mesma metodologia, não apresenta comportamento semelhante. Em relação ao P, na unidade sem planta (controle) foi verificado um teor maior do que nas unidades *wetlands* construídos (com planta), representando a importância da planta na redução desse elemento. Os valores de amônia encontrados estão dentro dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº430/2011. As análises das amostras de solo para a determinação de N total Kjeldahl (NTK) e P total mostraram um aumento na concentração desses nutrientes, fato já esperado e explicado pelas aplicações de esgoto no solo.

Os resultados referentes à produtividade da cultura nos dois ciclos foram os semelhantes, obtendo produções satisfatórias. Tiveram a produtividade média abaixo dos valores encontrados na literatura, porém no que se refere ao peso dos grãos obteve-se um resultado satisfatório. Outro aspecto positivo foi a quantidade de vagens por m<sup>2</sup>, estando

dentro dos valores das referências utilizadas, entretanto a quantidade de vagens por planta se mostrou abaixo da média. A produção abaixo da média pode ter sido devido a baixa qualidade da semente.

Sendo assim, as wetlands construídas, mostraram-se eficientes para tratamento terciário, além de suprirem as necessidades hídricas e nutricionais das plantas, apresentando-se, como uma excelente opção para utilização em pequenas comunidades, uma vez que é uma técnica de baixo custo de implantação e fácil manutenção.

## **REFERÊNCIAS**

ALCÂNTARA, J. dos P.; MONTEIRO, I. D.; VASCONCELOS, O. L.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. BRS Paraguaçu, novo cultivar de caupi de porte "enramador" e tegumento branco para o Estado da Bahia. Revista Ceres, Viçosa, v. 49, n. 286, p. 695-703, 2002.

BARRETO, A. C.; LIMA, F.H.S.; FREIRE, M.B.G. dos S.; FREIRE, F.J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. Revista Caatinga (Mossoró, Brasil), v.19, n.4, p.415-425, outubro/dezembro 2006.

DÍAZ DÁVALOS, E.; DA SILVA, C. E. P.; SILVA, T. M. TOMM, G. O.; FREIRE FILHO, F. R.; SANTOS, H. P. Comportamento de genótipos de feijão-caupi moita marrom em Passo Fundo, RS. In: V reunião nacional de pesquisa de caupi. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001. p. 183-186.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema de Produção, nº 4. Versão eletrônica, dez/2004. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/manejonitrogenio.htm>. Acesso em: 26 de julho de 2015.

FIALHO, J. F.; BORGES, A. C.; BARROS, N. F. Cobertura vegetal e características químicas e físicas e atividade da microbiota de um solo vermelho-amarelo distrófico. Revista Brasileira Ciência do Solo, Campinas, v.15, p.21-28, 1991.

SILVA, S. C. (2007). “*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, 205Pp.