

ÁREA TEMÁTICA: Gestão Ambiental

## TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS COM WETLANDS CONSTRUÍDAS

*Celso Romanel (celso.romanel@gmail.com) e Adriana Favacho Curty  
(adriana.curty@yahoo.com.br)*

*Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUCRJ*

### RESUMO

Este artigo tem como principal objetivo apresentar as vantagens, sob ponto de vista dos aspectos técnico, social, econômico e ambiental, da utilização de *wetlands* construídas para tratamento de efluentes domésticos realizado com auxílio de macrófitas flutuantes e emergentes. Como estudo de caso é apresentada a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Ponte dos Leites, situada no município de Araruama, Estado do Rio de Janeiro, atualmente a maior instalação deste tipo da América Latina, com capacidade de tratamento de 200 l/s. O tratamento por *wetlands* construídas pode tornar-se um instrumento de incentivo econômico, pois o resíduo vegetal oferece um novo modelo de negócios (compostagem, reúso de águas servidas) com enorme benefício ao ambiente. Adicionalmente, o consumo de energia elétrica é baixo, a tecnologia é simples, não há aplicação de produtos químicos, dentre outros aspectos, mas como principal desvantagem é que necessitam de grandes áreas para implementação da estação de tratamento.

**Palavras-chave:** Efluente doméstico; Wetlands construídas; Macrófitas.

## TREATMENT OF DOMESTIC EFFLUENTS WITH CONSTRUCTED WETLANDS

### ABSTRACT

The main objective of this article is to present the advantages, from the technical, social, economic and environmental points of view, of the use of constructed wetlands for the treatment of domestic effluents based on floating and emerging macrophytes. As a case study, is presented the Sewage Treatment Plant of Ponte dos Leites, located in the municipality of Araruama, State of Rio de Janeiro, currently the largest facility of this type in Latin America, with a processing capacity of 200 l / s. The treatment by constructed wetlands may bring economic benefits, as the vegetal waste offers a new business model (composting, wastewater reuse) with great benefits to the environment. In addition, electricity consumption is low, the technology is simple, there is no application of chemicals, among other positive aspects, but the main disadvantage is the need of large areas to implement the treatment plant.

**Keywords:** Domestic effluent; Constructed wetlands; Macrophytes.

### 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, as *wetlands* são geralmente conhecidas pela terminologia em língua inglesa. Constituem-se de leitos de raízes em zonas úmidas, filtros plantados, tanque de macrófitas, áreas alagadas, alagados construídos ou artificiais, áreas inundadas, ou leitos cultivados (SEZERINO, 2006). No presente trabalho, utiliza-se o termo *wetlands* para designar o tratamento por filtros plantados com macrófitas. A fitopurificação é uma das alternativas de tratamento de efluentes que reaproveita o subproduto, agrega valor econômico e mitiga os impactos ambientais, além de iniciar o processo de resiliência de uma área degradada, trazendo contribuição à restauração da fauna e flora (CURTY, 2018).

A fitopurificação tornou-se instrumento de incentivo econômico, pois o resíduo oferece um novo modelo de negócios de baixo custo, econômico e com enorme benefício ao ambiente. As *wetlands* são consideradas filtros biológicos que possuem microorganismos capazes de promover reações de depuração do efluente, processando os nutrientes, fósforo e nitrogênio, e preservando a natureza (POÇAS, 2015). Esta tecnologia alternativa de tratamento consegue aproveitar o ambiente de solo alagado, onde o rizoma das plantas é responsável pela despoluição das águas residuárias, podendo executar funções semelhantes ao tratamento convencional dos esgotos domésticos, por meios físicos, químicos e biológicos (SILVA, 2007). Adicionalmente, o processo de tratamento torna-se mais acessível economicamente, se comparado aos sistemas terciários compactos e mecanizados pois possui baixo custo de implantação, operação e manutenção em relação aos sistemas convencionais. Cabe acrescentar também que o Brasil oferece condições climáticas e ambientais favoráveis à implantação de *wetlands*, além de apresentar enorme carência de tratamento em águas residuárias, especialmente em pequenos e médios municípios (VALENTIN, 2003). Outra vantagem é a flexibilidade de escolha do local de implantação, definição das variáveis hidráulicas e maior facilidade no manejo da vegetação, com o propósito de obter grande eficiência de remoção de matéria orgânica e nutrientes (SANTIAGO et al, 2015).

A caracterização das águas residuárias e da vegetação pode ser feita a partir da observação de diversos parâmetros. Para monitorar a quantidade da água, são utilizados o volume e a vazão do afluente. Para a qualidade, são observadas suas principais características biológicas (microorganismos), físicas (cor, turbidez, odor e temperatura) e químicas (PH, alcalinidade, acidez, dureza, conteúdo de ferro, manganês, cloretos, nitrogênio, fósforo e oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio DQO) (VON SPERLING, 1996).

A vegetação responsável por todo este processo de purificação da água consiste nas macrófitas, que utilizam a energia solar para assimilar nitrogênio e fósforo na produção de matéria orgânica, o que serve de fonte de energia para seres vivos, como as bactérias e fungos (BRIX, 1994). As *wetlands* construídas podem ser formadas por uma ou mais células de tratamento, onde ocorrem vários processos, com maior ou menor intensidade, mas que contribuem para a melhoria da qualidade do efluente (UNEP, 2004). Dentre estes processos destacam-se: desnitrificação, com consequente remoção de nitrato; adsorção de íons amônio e de metais pelos argilominerais; adsorção de íons metálicos, de pesticidas e de compostos à base de fósforo pela matéria orgânica; decomposição de matéria orgânica biodegradável, tanto aeróbia quanto anaeróbia; remoção de patógeno por microorganismos, retirada de metais pesados e outras substâncias tóxicas por macrófitas e a decomposição de orgânicos tóxicos através de processos anaeróbios (POÇAS, 2015).

Todo processo de antropização sem planejamento, a fim de ampliar as áreas urbanas, promove a devastação de áreas de vegetação nativa. A degradação do entorno de várzeas se acentua com a construção de aterros para expansão de aglomerações urbanas. Neste aspecto, as *wetlands* construídas têm também papel importante, auxiliando a recuperação da flora e da fauna, dentre outros benefícios: regularização climática, ganhos socioculturais, atividades recreativas e de lazer e, principalmente, oportunidade de exercer educação ambiental (WASH, 2010).

## 2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo principal descrever o tratamento de efluentes sanitários por meio de *wetlands* construídas, enfatizando as vantagens sob pontos de vista técnico, social, econômico e ambiental, tendo como estudo de caso a estação de tratamento de esgotos (ETE) Ponte dos Leites, situada no município de Araruama, Estado do Rio de Janeiro, considerada a maior ETE da América Latina que reproduz o ciclo ecológico, purificando as águas da lagoa de Araruama e transformando o esgoto doméstico da cidade em um efluente tratado.

### 3. METODOLOGIA

1.

2. O CONHECIMENTO DO PROCESSO DE TRATAMENTO POR PLANTAS DA ETE, A FIM DE ELABORAR O ESTUDO, FOI ADQUIRIDO ATRAVÉS DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA EFETUADA EM 26 DE OUTUBRO DE 2017, COM WEMERSON OLIVEIRA, SUPERVISOR DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS PONTE DOS LEITES.

### 4. ESTUDO DE CASO

#### 4.1 Etapas de tratamento

A ETE Ponte dos Leites está implantada em uma área aproximada de 6,8 hectares (Fig. 1), com capacidade de tratamento de 200 l/s por meio de fitopurificação em *wetlands* construídas, utilizando plantas nativas emergentes e flutuantes do pantanal mato-grossense e originárias da bacia do rio Nilo, no norte da África. O tratamento do esgoto é feito de forma sustentável, sem utilização de produtos químicos e com baixo consumo de energia elétrica.

No município de Araruama foram construídas galerias pluviais e de esgoto, mas devido à falta de fiscalização, parte da população irregularmente interligou o esgoto nas galerias de escoamento pluvial. Em ocasiões de muita chuva o esgoto era despejado livremente na lagoa de Araruama, reduzindo sua balneabilidade. O projeto então consistiu na criação de valas de interceptação do volume de afluente que desaguava na lagoa, trazendo-o para tratamento na ETE. As captações estão localizadas estrategicamente em vários pontos no entorno da lagoa de Araruama, a fim de coletar o máximo de esgoto conduzido pelas canalizações de drenagem pluvial.

Figura 1. Vista aérea da ETE Ponte dos Leites em Araruama - RJ



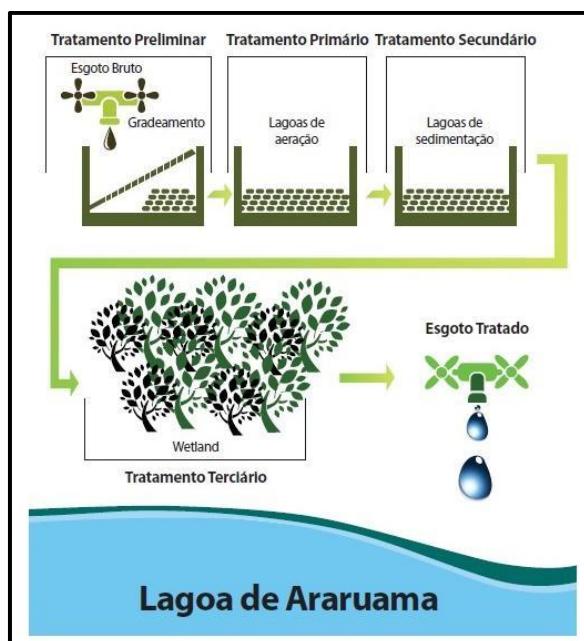
O esgoto bruto transportado por caminhões à ETE é encaminhado para os biodigestores. Costuma chegar com carga orgânica entre 1000 a 2000 DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), reduzida entre 70 a 75% nesta etapa inicial do processo anaeróbico. Esta fase é necessária para equalizar o efluente antes de entrar na estação; caso o volume fosse descarregado diretamente na estação, causaria impacto muito grande pois o ciclo ecológico de depuração da matéria orgânica seria mais lento, com necessidade de uma maior área para tratar a quantidade recebida por fitopurificação. A ETE também recebe as águas pluviais e esgoto diretamente da rede coletora do município, em

volume muito maior do que o transportado do entorno da lagoa de Araruama, mas com carga orgânica baixa pois chega diluído na estação.

Na fase de tratamento preliminar (Fig. 2), para retirar a parte sólida, o efluente passa pelo gradeamento fino e a caixa de areia, sendo em seguida encaminhado para as lagoas aeradas, onde ocorre o tratamento primário. As lagoas, hoje facultativas, possuem um grande espelho d'água (200m x 100m) com profundidade entre 1,8 m a 2 m. Um estudo verificou que os aeradores existentes funcionavam apenas como misturadores, pois não acrescentavam oxigênio ao efluente. Por meio de um histórico de medições dos parâmetros de qualidade da remoção de DBO com os motores ligados, constatou-se que oscilações ocorriam do dia para a noite, de dias ensolarados para dias nublados, de dias com vento para dias sem vento, porém sem influência significativa dos motores de aeração estarem ligados ou não. Em consequência, a retirada dos aeradores gerou uma grande economia na conta de energia elétrica, que era superior à folha de pagamento da estação. A ETE conta com menos de 20 funcionários, entre operadores e auxiliares, para fazer a manutenção e o manejo das macrófitas.

Na continuidade do processo, o efluente sai das lagoas aeradas para as lagoas de sedimentação, com 7 m de profundidade, onde se inicia o processo secundário com tratamento por plantas aquáticas flutuantes (salvínias), na etapa inicial de fitopurificação. Há operadores para o cuidado das plantas, com uma programação de manejo diário, para não comprometer a qualidade do tratamento.

Figura 2. Fluxograma do tratamento de efluente na ETE Ponte dos Leites (UFV, 2010)



Após passarem pelas lagoas de sedimentação, os efluentes são encaminhados para as *wetlands* emergentes, na etapa terciária do tratamento. A eficiência é distinta entre as *wetlands* emergentes (Fig. 3a) e flutuantes (Fig. 3b). As *wetlands* emergentes têm a folhagem principal em contato com o ar, podendo estar na superfície da água ou acima dela, com as raízes conectadas ao solo, de onde fazem o aporte de nitrogênio. Realizam uma evapotranspiração muito grande, reduzindo a vazão do efluente em cerca de 30 a 40%. O processo de entrada de efluentes nas *wetland* emergentes é por batelada na proporção 5 para 1: no primeiro dia a comporta de entrada fica aberta para o enchimento das *wetlands*, e nos cinco dias subsequentes as raízes absorvem o nitrogênio e fósforo do efluente. Ao final, a comporta é aberta, com o efluente tratado encaminhado para a lagoa de

inundação. A ETE Ponte dos Leites possui 3 *wetlands* emergentes. A poda das plantas é realizada aproximadamente de dois em dois meses. Enquanto a vegetação de uma *wetland* é podada, a das duas outras encontram-se em idades diferentes, em fase de crescimento ou atingindo a idade adulta.

É possível navegar na lagoa de inundação, onde são preservadas espécies nativas da região. Na lagoa de inundação, com profundidade de 20 a 30 m, é realizado um processo de desinfecção por meio de radiação solar ultravioleta (UV); em uma estação convencional, esta desinfecção é realizada pela aplicação de produtos químicos, o mais conhecido sendo o cloro, cujo custo é expressivo e, se não usado nas dosagens certas, é agente prejudicial ao ambiente. A estação ainda não tem capacidade de reaproveitamento do efluente tratado, para possível reuso em indústrias, devido à baixa demanda no município de Araruama, sendo descartado diariamente um volume de água equivalente a 7 piscinas olímpicas no corpo hídrico ao final da lagoa de inundação, porém com qualidade superior ao da água nele existente.

**Figura 3.** (a) Macrófitas emergentes; (b) macrófitas flutuantes



(a)



(b)

#### 4.2 Macrófitas

Na ETE Ponte dos Leites são utilizadas as macrófitas emergentes e as macrófitas flutuantes. O período de tratamento requer que o efluente permaneça de 5 a 6 dias em *wetlands* emergentes e de 3 a 4 dias na lagoa de sedimentação com *wetlands* flutuantes.

As 3 espécies emergentes são todas da família do papiró: o papirão, o papirinho e a sombrinha chinesa. Quando adultas mudam de cor, indicação de que é necessária a poda. Para manter a eficiência do tratamento, é necessário podar as plantas no tempo certo, porque a planta em crescimento precisa de mais nutrientes do que a planta adulta, portanto consome mais nitrogênio e fósforo. A capacidade de absorção da planta é demonstrada em um gráfico denominado rampa de performance, que mostra uma estabilização quando o vegetal chega à fase adulta; a partir de determinada idade, começa a declinar, morre e se transforma em matéria orgânica.

Na ETE existem três áreas com *wetlands* emergentes de idades distintas, todas possuindo os 3 tipos de macrófitas. O papirão é cortado deixando apenas parte do caule com a raiz, para brotar novamente, enquanto que a sombrinha chinesa exige apenas ser dobrada na água para brotar. O papirinho tem duas funções principais: a primeira é evitar o efeito borda, ou seja, ele está na borda do talude para evitar que a sombrinha chinesa se prolifere; a segunda é evitar a erosão do talude, pois têm raízes radiculares e profundas.

As macrófitas flutuantes livres ocorrem em lugar protegido, em águas paradas. São as salvinhas que iniciam o processo de tratamento nas lagoas de sedimentação. Necessitam de manejo diário, o que é um fator determinante no êxito do resultado de tratamento. Se não fossem utilizadas, seria preciso

adicionar cloreto férrico, produto químico de custo elevado. O manejo das macrófitas flutuantes é realizado semanalmente, para que as menores possam crescer, depurando o nitrogênio; o volume retirado é de aproximadamente 50% do total.

Os resíduos vegetais produzidos na ETE, seu maior passivo ambiental, são destinados a uma usina de compostagem com produção de 46 toneladas semanais de adubo de boa qualidade para aplicação em jardinagem, reflorestamento e paisagismo. A compostagem e a poda são terceirizadas; essa parceria não gera custos para a concessionária, porque a empresa contratada fica com o subproduto (adubo orgânico) para comercialização.

Na ETE há um estudo em desenvolvimento sobre *wetland* de fluxo vertical subsuperficial utilizando o *vetiver*, planta conhecida na fabricação de perfumes, com o objetivo de reduzir as áreas de tratamento, a principal desvantagem das *wetlands* emergentes que necessitam de grandes espaços para um tratamento eficiente e econômico de efluentes.

## 5. CONCLUSÕES

O estudo da *wetland* construída na ETE Ponte dos Leites, no município de Araruama, Estado do Rio de Janeiro, permite as seguintes considerações a respeito das vantagens de sua implementação:

### 4.1 Aspecto técnico

No projeto de uma estação de tratamento de esgoto, é necessário conhecer o tipo de efluente para definição do processo de tratamento e a finalidade do efluente tratado. As *wetlands* construídas são caracterizadas pela dispensa da aplicação de produtos químicos; pouca necessidade da disposição final de resíduos, devido ao aproveitamento dos resíduos da vegetação na produção de adubos orgânicos; emprego de tecnologia simples e de baixo custo.

### 4.2 Aspecto econômico

A não utilização de produtos químicos gera mensalmente uma economia significativa no tratamento. O reaproveitamento dos resíduos sólidos agrega valor comercial e reduz custos operacionais, onde poucas máquinas e um número reduzido de funcionários são necessários para realizar todas as etapas do processo. O consumo de energia elétrica é baixo pois as plantas realizam o ciclo ecológico de fitopurificação sem necessidade do consumo de energia.

### 4.3 Aspecto social

A sociedade gradualmente passa a aceitar o reuso de efluentes tratados, livrando-se do preconceito relativo ao reaproveitamento de esgotos tratados. A conscientização de que a água potável é recurso finito, que não pode ser desperdiçada, mas sim substituída pelo reuso de água tratada em serviços de jardinagem, lavagem de carros e calçadas, aplicações industriais, etc. As áreas de *wetlands* também podem servir como espaços públicos de educação ambiental, a exemplo das visitas programadas de estudantes que frequentemente ocorrem na ETE Ponte dos Leites.

### 4.4 Aspecto ambiental

A existência de área verde em *wetlands* construídas favorece o clima e o ambiente natural, promovendo a recuperação da flora, com a restauração da fauna, servindo de refúgio e abrigo para várias espécies de aves e animais nativos (CURTY, 2018). O fato de efluentes tratados serem descartados em corpos hídricos, como na ETE Ponte dos Leites, não compromete a recuperação sustentável de áreas naturais, pois o tratamento é feito sem a utilização de produtos químicos, conforme o relatório de monitoramento de 2015, disponibilizado no dia da visita técnica (ANEXO A).

### 4.5 Desvantagens

A implantação de *wetlands* construídas necessita da disponibilidade de grandes áreas; dependendo da localização do empreendimento, o custo de aquisição inviabiliza a implantação da ETE. Adicionalmente, em clima tropical é necessário o manejo frequente das macrófitas para não comprometer os resultados esperados.

## REFERÊNCIAS

BRIX, H. Use of constructed wetlands in water pollution control: historical development, present status and future perspectives. *Water Science and Technology*, V. 30. n. 11, p. 209-223, 1994.

CURTY, A. Tratamento ecológico de efluentes domésticos com o uso de *wetlands*. Rio de Janeiro, 140p., 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Urbana e Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

POÇAS, C.D. *Utilização da tecnologia de wetlands para tratamento terciário: controle de nutrientes*. 2015. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Pós-graduação em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade. Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SANTIAGO, A.F; CALIJURI M.L; LUIS, P.G. Potencial para utilização de sistemas de *wetlands* no tratamento de águas residuárias: uma contribuição à sustentabilidade dos recursos hídricos no Brasil. *Revista Natureza & Desenvolvimento*, V.1, n.1, p.29-39, 2005.

SEZERINO, P.H. Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (Constructed Wetlands) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima subtropical. 171f. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2006.

SILVA, S.C. *Wetlands construídas de fluxo vertical com meio suporte de solo natural modificado no tratamento de esgotos domésticos*. Brasília, 231p. 2007. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília.

UNEP-UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME: *Integrated Watershed Management – ecohydrology & phytotechnology. Manual*, 2004.  
<[http://www.unep.or.jp/ietc/publications/WaterSanitation/integrated\\_watershed\\_mgmt\\_manual/index.asp](http://www.unep.or.jp/ietc/publications/WaterSanitation/integrated_watershed_mgmt_manual/index.asp)>

VALENTIM, M.A.A. Desempenho de leitos cultivados para tratamento de esgoto: contribuição para concepção e operação. Campinas, 208p, 2003. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

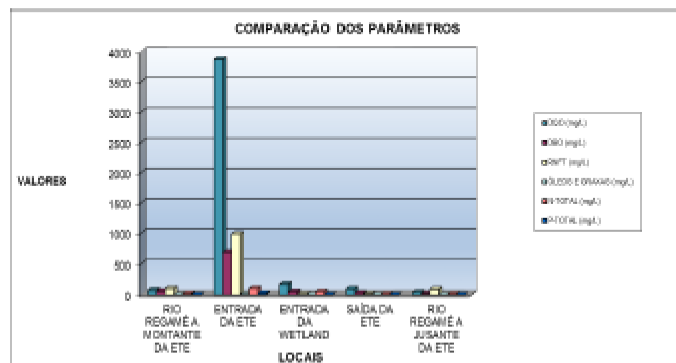
VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Princípios básicos do tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1996, 211 p.

WASH – Water Access, Sanitation and Hygiene. *Wetlands and Water, Sanitation and Hygiene*. Wetlands International, janeiro de 2010. Disponível em: [www.wetlands.org](http://www.wetlands.org).

## ANEXO A

2. ANÁLISES ETE ARARUAMA

ETE ARARUAMA					
VAZÃO DA ETE (L/seg)	189				
DATA DA COLETA	02/12/2015				
PARÂMETROS	LOCAL				
	RIO REGAMÉ A MONTANTE DA ETE	ENTRADA DA ETE	ENTRADA DA WETLAND	SAÍDA DA ETE	RIO REGAMÉ A JUSANTE DA ETE
DQO (mg/L)	74	3870	174	96	40
DBO (mg/L)	56,92	684,44	50,4	32	16,2
RNFT (mg/L)	102	987	10	14	92
ÓLEOS E GRAXAS (mg/L)	<10	11	<10	<10	<10
N-TOTAL (mg/L)	18,43	104,87	48,89	8,96	9,59
P-TOTAL (mg/L)	0,95	24,79	2,52	0,37	0,83
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	>24196	>24196	2613	3448	>24196
MBAS	<0,1	2,5	<0,1	<0,1	<0,1



PARÂMETROS	CARGA ORGÂNICA REMOVIDA (kg/dia)
DQO	61.595,25
DBO	10.654,08
RNFT	15.888,70
ÓLEOS E GRAXAS	X
N-TOTAL	1.575,97
P-TOTAL	398,77
<i>Escherichia coli</i>	X

RODOVIA AMARAL PEIXOTO km 91 – BANANEIRAS – ARARUAMA – RJ – CEP.: 28970-000  
TEL/FAX (22) 3201 – 1000  
www.aguasidejuturnaiba.com.br