

## PÓS-TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO UTILIZANDO *WETLAND*

### **Fillippe Mota de Carvalho<sup>(1)</sup>**

Mestrando do Programa de Engenharia Ambiental-PEA UFRJ-Área de Concentração em Saneamento Ambiental, Especialista em Direito Ambiental-Universidade Gama Filho, Engenharia Ambiental-UniFOA.

### **Juacyara Carbonelli Campos**

D.Sc. em Engenharia Química – Tecnologia Ambiental - PEQ/COPPE/UFRJ.

Engenharia Química/UFRJ. Professora Adjunta do Departamento de Processos Inorgânicos da Escola de Química /UFRJ.

### **Camille Ferreira Mannarino**

D.Sc. em Saúde Pública e Meio Ambiente – ENSP/FIOCRUZ, M.E. em Engenharia Ambiental – PEAMB/UERJ, Engenharia Civil – Ênfase em Eng. Sanitária e Ambiental – FEN/UERJ, Professora Visitante do Depto. de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente/UERJ.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Departamento de Processos Inorgânicos Escola de Química - UFRJ Centro de Tecnologia - Bloco E - sala E 206 Ilha do Fundão - CEP 21941-909 – email: fillippe@poli.ufrj.br

### **RESUMO**

Os *wetlands* ou terras úmidas construídas procuram imitar algumas das funções existentes nos naturais, em particular a capacidade de degradação da matéria orgânica e contenção de nutrientes (fósforo e nitrogênio). O trabalho, em escala piloto, está sendo realizado na Estação de Tratamento de Esgoto do bairro Jacuecanga, na cidade de Angra dos Reis-RJ, onde está construído um sistema de *wetland* por fluxo sub-superficial como pós-tratamento de efluente sanitário proveniente de um sistema primário de tratamento, contendo gradeamento, caixa de areia e decantador primário. O efluente produzido na ETE é conduzido por gravidade para um tanque homogeneizador de 1.000L, para alimentação do reator *wetland* de 10 m<sup>2</sup> de área, contendo a macrófita emergente Taboa (*Typha*). O trabalho encontra-se no seu quinto mês de operação e avaliação. Além dos parâmetros de qualidade de águas, está sendo monitorado o índice pluviométrico para balanço hídrico do sistema. As remoções de poluentes obtidas, em termos de concentração, no *wetland*, até o momento, foram na ordem de 53,88% para sólidos suspensos totais e 70,89% para DBO.

**PALAVRAS-CHAVE:** efluente sanitário, pós-tratamento, *wetland*.

### **INTRODUÇÃO**

Os *wetlands* ou terras úmidas construídas procuram imitar algumas das funções existentes nos naturais, em particular a capacidade de degradação da matéria orgânica e contenção de nutrientes (fósforo e nitrogênio).

Desta forma, eles são sistemas projetados, artificialmente pelo homem, utilizando macrófitas aquáticas em substratos (areia, solo ou cascalho) ou ainda submersas onde, de forma natural e sob condições ambientais adequadas, pode ocorrer a formação de biofilmes, que agregam uma população variada de microrganismos. Estes seres possuem a capacidade de tratar os esgotos, por meio de processos biológicos, químicos e físicos.

A utilização dos *wetlands* tem sido cada vez mais difundida em todo mundo principalmente no incremento da qualidade das águas residuárias.

Na construção dos *wetlands*, procura-se assemelhar as condições parecidas com as existentes nos ecossistemas naturais, buscando o surgimento das funções de interesse, que, no caso do tratamento de esgotos, são a remoção de matéria orgânica e a retenção de nutrientes.

Entre os componentes principais das terras úmidas encontram-se: as macrófitas aquáticas, o substrato e o biofilme de bactérias, que são responsáveis direta ou indiretamente pela ocorrência dos mecanismos de remoção de poluentes.

Pela necessidade de nutrientes para seu crescimento e reprodução, as macrófitas tem função vital neste tipo de processo de tratamento de águas residuárias, podendo ser emergentes que desenvolvem seus sistemas radiculares fixadas no substrato (*Typha*, *Juncus*, *Carex*), ou ainda flutuantes, que flutuam na superfície da água (*Eichhornia crassipes*, *Sperrodela*, *Salvinia molesta*).

Os wetlands podem ser operados de fluxo superficial ou subsuperficial. As terras úmidas de fluxo superficial constituem bacias ou canais, onde são povoadas as macrófitas que utilizam o material orgânico e nutrientes das águas residuárias a ser tratadas. A superfície do efluente a ser tratada se mantém sobre o substrato. Uma das suas desvantagens é a proliferação de insetos, mosquitos e produção de mau cheiro. Nas terras úmidas de fluxo subsuperficial, a água residuária a ser tratada escoia horizontalmente, através da zona das raízes e rizomas das macrófitas, situadas a cerca de 15 a 20 cm abaixo da superfície do substrato.

Estudos em escala real e de laboratório têm demonstrado que estes sistemas possuem boa capacidade de remoção de DBO, sólidos suspensos, nitrogênio, fósforo e metais. A redução dos teores destes parâmetros é resultante da ação de diversos mecanismos de sedimentação, de precipitação, de adsorção química e de interação microbiana.

## OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de um sistema *wetland* utilizado no pós-tratamento de efluente sanitário de um sistema de tratamento primário (gradeamento, caixa de areia e decantador primário), com relação à remoção de matéria orgânica e formas de nitrogênio e fósforo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho, em escala piloto, está sendo realizado na Estação de Tratamento de Esgoto do bairro Jacuecanga, nas coordenadas: 22°59'38.90"S e 44°14'9.25"O, na cidade de Angra dos Reis-RJ.

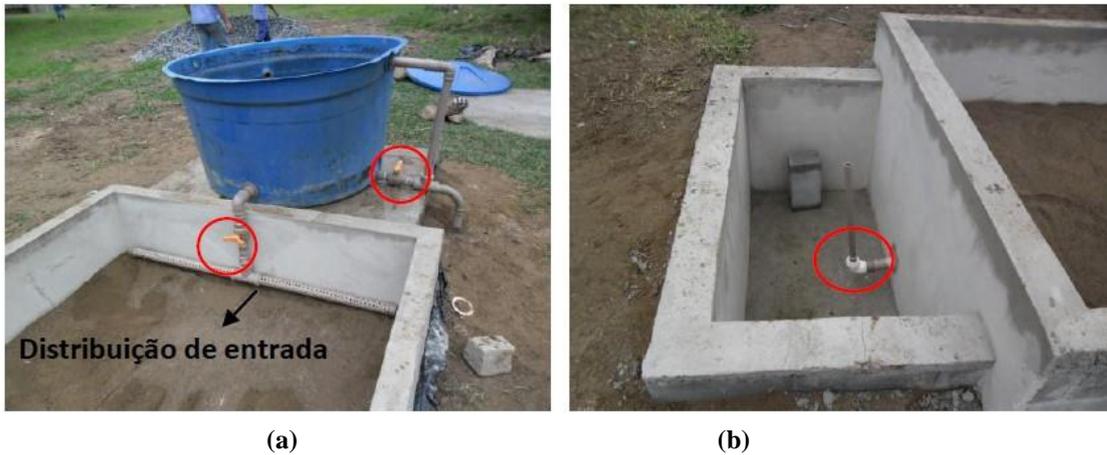
## CONSTRUÇÃO DO REATOR WETLAND

O aparato experimental foi constituído por uma unidade de *wetland* em alvenaria, impermeabilizada externamente com lona plástica e internamente com massa impermeabilizante, utilizando ainda como insumos: 0,5 m<sup>3</sup> de argila, 3 m<sup>3</sup> de brita n°2, 3,5 m<sup>3</sup> de solo, 1 reservatório de 1.000 L, tubos e conexões em PVC com diâmetros de 50 e 60 mm.

O reator *wetland* de 10 m<sup>2</sup> área superficial possui as seguintes dimensões: 5 m de comprimento, 2 m de largura e 1 m de altura, possuindo inclinação de 3%. O *wetland* foi preenchido com 0,05 m de argila, 0,2 m de brita n° 2, 0,35 m de solo retirado da cava onde fora instalado o sistema e ainda mais 0,1 m de brita n° 2 na superfície do reator. A camada de argila tem a função de ajudar na impermeabilização do fundo do reator, com a camada de solo como substrato para as plantas e ainda as camadas de britas potencializando a distribuição uniforme do fluxo subsuperficial. A camada superior de brita tem ainda a função de evitar a presença de insetos e a produção de odor.

Parte do efluente proveniente da saída do decantador primário da ETE é conduzido por gravidade até o reservatório de 1.000 L (mil litros) para homogeneização e alimentação do reator. Válvula para controle de vazão foi instalada na entrada e na saída do reservatório, que também possui válvula para limpeza de fundo e um extravasor de segurança, conforme mostra a Figura 1a. A tubulação de entrada, perpendicular ao comprimento do reator, foi toda perfurada de forma a uniformizar a distribuição do efluente e se encontra a 0,6 m de altura (na camada superior de brita n°2). O dreno de saída perpendicular ao reator foi também perfurado para melhor captar o efluente após passagem pelo sistema e se encontra a 0,07 m de altura (na camada inferior de brita n°2).

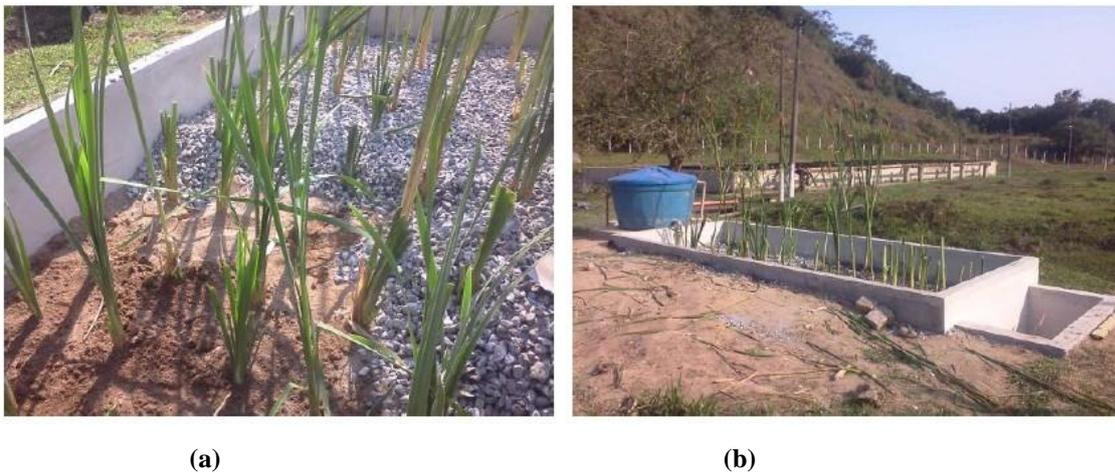
Para a saída do efluente do sistema, foi construída uma caixa para coleta do efluente por meio de tubulação flexível, onde é possível regular o nível de saturação dentro do sistema, como pode ser visto na Figura 1b.



**Figura 1 (a): Reservatório para armazenamento e homogeneização do efluente. Ainda sem a camada superior de brita. (b) Caixa coletora de amostra de saída.**

## MACRÓFITA

A planta escolhida para o estudo foi a macrófita emergente Taboa (*Typha*), muito fácil de ser encontrada nos charcos terrenos da região de Angra dos Reis - RJ. Após sua retirada, com cuidados para a preservação das partes anatômicas das plantas, especialmente as raízes e os rizomas, as plantas foram imediatamente plantadas uniformemente no substrato do reator com 0,05m de altura de seu sistema radicular, conforme Figuras 2 a e b. Foi utilizado a densidade de 6 plantas por m<sup>2</sup>, totalizando assim 60 plantas no sistema. Algumas plantas que se encontravam aparentemente menos saudáveis foram podadas, permanecendo seu caule com 0,5 m de altura. O crescimento destas plantas também está sendo observado no estudo.



**Figura 2 (a) Distribuição das Taboas no Sistema Wetland. (b): Perfil do sistema wetland.**

## CAMPANHA DE MONITORAMENTO

Após a aclimação para a pega das plantas. Iniciou-se o monitoramento do sistema com análises semanais do efluente de entrada e saída – através de um medidor multiparâmetros da marca policontrol: pH, temperatura, oxigênio dissolvido e condutividade.

A vazão de entrada (reservatório) foi fixada na vazão de 500 L/dia e a vazão de saída (caixa coletora) está sendo medida com frequência semanal, sendo realizada através do método direto, usando balde graduado e cronômetro. Está sendo realizada também, a leitura do índice pluviométrico através de um pluviômetro de 150 mm instalado dentro do reator.

Coletas com frequência semanal para análise dos parâmetros, DBO, DQO, COT, Série de Nitrogênio e Fósforo, Cloretos, Contagem Bacteriológica e Série de Sólidos estão sendo realizadas. A metodologia analítica seguirá APHA (2005). No mínimo, as amostras serão coletadas por um período de 6 meses.

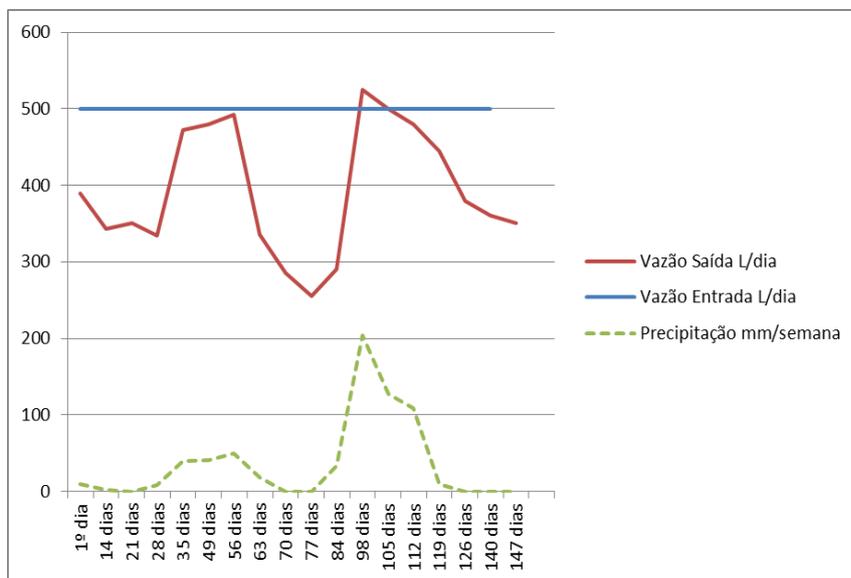
## RESULTADOS

Abaixo são ilustrados resultados de monitoramento durante 5 meses de operação.

### BALANÇO HÍDRICO

Com a vazão fixada em 500 L/dia e através da medição semanal da vazão de saída foi possível observar a influencia da precipitação na vazão de saída. Foi encontrado uma vazão média de saída de 392,5 L/dia, variando-a sua menor vazão à 255 L/dia (semana 9) e em sua maior vazão à 525 L/dia (semana 11), conforme mostrado na figura 3. Destaca-se que não foi observado precipitação na semana 9 (menor vazão de saída) e na semana 11 (maior vazão de saída), foi registrado um índice de 204 mm/semana.

Comparando as vazões obtidas na entrada e na saída do *wetland*, nota-se a redução entre seus valores, que é devido essencialmente a ação solar através da evaporação do efluente pela macrófita e diretamente a partir da superfície do solo. Deve ser lembrado que a parcela de evaporação que ocorre nas superfícies livres de água não é significativa no *wetland* trabalhado uma vez em que ele é operado com fluxo sub-superficial.



**Figura 3:** Gráfico com os resultados de vazões de alimentação de entrada e saída, em L/dia, e do valor da precipitação, em mm/semana (eixo vertical). No eixo horizontal o tempo de operação do *wetland* em dias.

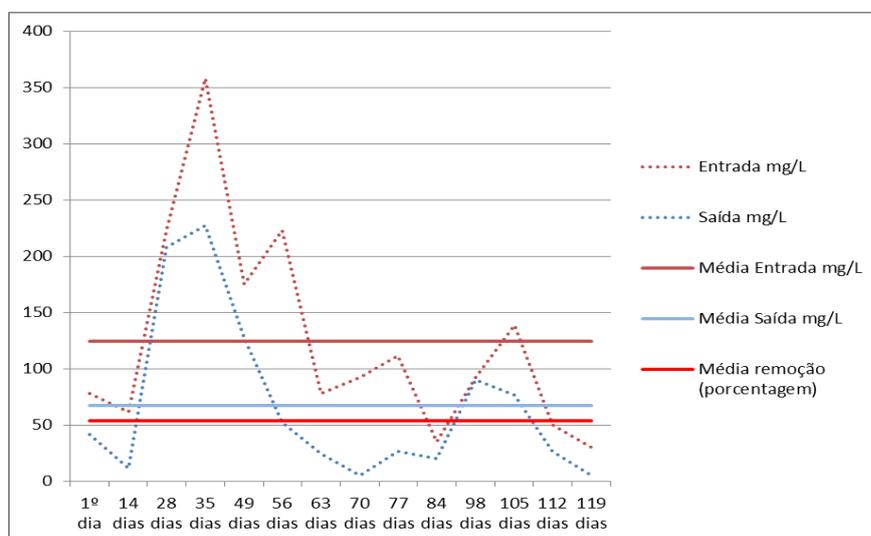
A redução média da vazão entre a entrada e a saída do *wetland*, nos cinco meses de observação, foi na ordem de 21,77%. Isso significa dizer que 78,23% do percolado que entra no *wetland* sai como efluente, a ser descartado diretamente num corpo receptor ou a seguir para uma próxima etapa de tratamento. Há que se destacar que trata-se de um período chuvoso e que a evapotranspiração real, nesse período, é maior do que a medida pela diferença de vazões de entrada e saída, pois, desta forma, não está se considerando a vazão adicional causada pela chuva, que pode ser calculada pela multiplicação da altura de chuva medida no pluviômetro pela área do *wetland* (10 m<sup>2</sup>).

Considerando-se apenas o seu potencial de redução de vazões, o sistema de *wetland* implantado já se mostra como uma boa alternativa no tratamento de efluente sanitário, sobretudo em regiões de clima tropical, onde as elevadas temperaturas potencializam os efeitos da evapotranspiração.

## SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS

A Figura 4 mostra a variação dos sólidos suspensos totais ao longo do período de observação e o valor médio de concentração desse parâmetro encontrado na entrada do *wetland*, de 124,71 mg/L, e na saída do *wetland* de 67,3 mg/L. O percentual médio de remoção de sólidos suspensos totais foi de 53,88%. Este valor de remoção será ainda maior quando se analisar a remoção do tratamento com a carga orgânica, ou seja, considerando o balanço hídrico.

Os valores de concentração de sólidos não são regidos diretamente por nenhum dispositivo legal de lançamento de efluentes. Entretanto, estão intimamente ligados às concentrações de outros poluentes, como por exemplo matéria orgânica e sais, de modo que os teores de sólidos têm que ser controlados para que se atinja os padrões de remoção exigidos para os poluentes a eles correlacionados.



**Figura 4:** Gráfico com as concentrações de sólidos suspensos totais (eixo vertical), em mg/L, e tempo de operação do *wetland* em dias (eixo horizontal).

## DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

Os valores de DBO medidos na entrada do *wetland* variaram entre 7,4 e 163,8 mg/L e, na saída do *wetland*, entre 4,56 e 38,9 mg/L, como representado na Figura 5. O fato da ETE do bairro onde está sendo realizado o projeto, possuir considerável influência de águas pluviais através de sua rede coletora, pode explicar os valores baixos e variáveis de concentração de DBO na entrada do *wetland*. O percentual médio de remoção de DBO foi de 70,89%. Este valor de remoção será ainda maior quando se analisar a remoção do tratamento com a carga orgânica, ou seja, considerando o balanço hídrico.

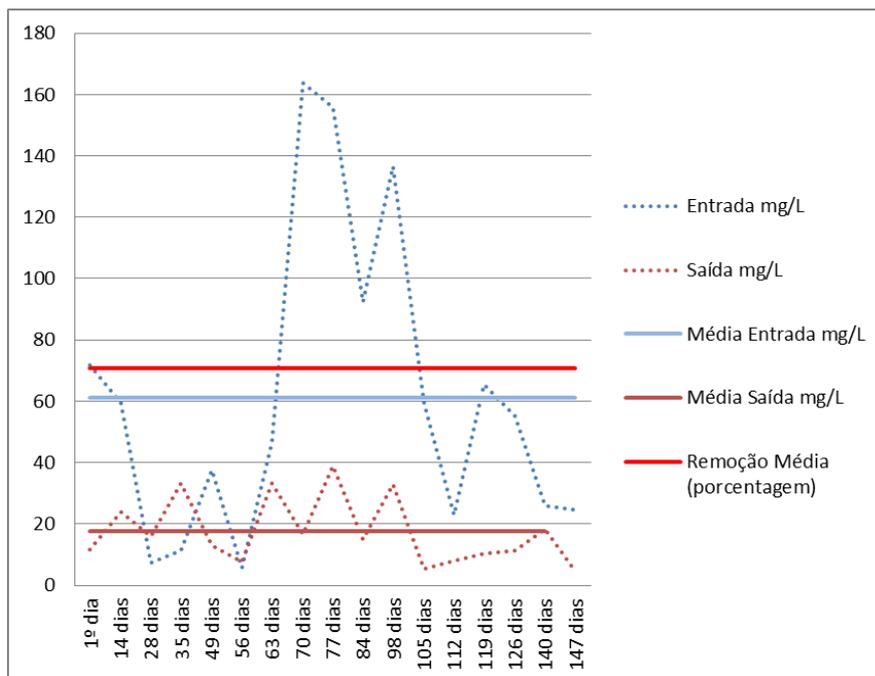


Figura 5: Gráfico com as concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (eixo vertical), em mg/L, pelo tempo de operação da *wetland* em dias (eixo horizontal).

## MACRÓFITAS AQUÁTICAS

As Taboas utilizadas no processo, tem se mostrado até o momento, bastante resistente às variações de qualidade do efluente sanitário na entrada do *wetland*. A vegetação não tem apresentado sinais de morte e nem perda de viço.

## CONCLUSÃO

As Taboas utilizadas no processo, tem se mostrado até o momento, bastante resistente às variações de qualidade do efluente sanitário na entrada do *wetland*. A vegetação não tem apresentado sinais de morte e nem perda de viço.

Foi encontrado uma vazão média de saída de 392,5 L/dia, variando-a sua menor vazão à 255 L/dia (semana 9) e em sua maior vazão à 525 L/dia (semana 11), conforme mostrado na figura 3. Destaca-se que não foi observado precipitação na semana 9 (menor vazão de saída) e na semana 11 (maior vazão de saída), foi registrado um índice de 204 mm/semana.

Comparando as vazões obtidas na entrada e na saída do *wetland*, nota-se a redução entre seus valores, que é devido essencialmente à ação solar através da evaporação do efluente pela macrófita e diretamente a partir da superfície do solo. Deve ser lembrado que a parcela de evaporação que ocorre nas superfícies livres de água não é significativa no *wetland* trabalhado uma vez em que ele é operado com fluxo sub-superficial. Neste mesmo balanço hídrico, observa-se a influência da precipitação no aumento da vazão de saída do projeto.

Quanto ao potencial observado nas reduções de vazões, o sistema de *wetland* implantado já se mostra como uma boa alternativa no tratamento de efluente sanitário, sobretudo em regiões de clima tropical, onde as elevadas temperaturas potencializam os efeitos da evapotranspiração.

As remoções de poluentes obtidas, em termos de concentração, no *wetland*, até o momento, foram na ordem de 53,88% para sólidos suspensos totais e 70,89% para DBO. Cabe destacar que a eficiência de remoção de todo o sistema (tratamento primário na ETE e *wetland*), é maior do que a apresentada neste projeto. Fato esse se considerado, aumentará a eficiência real, podendo alcançar os padrões de eficiência de remoção exigidos na legislação ambiental vigente.

O monitoramento da qualidade do efluente do *wetland* foi realizado através de análises laboratoriais de dezessete amostras coletadas até o momento, envolvendo ensaios para a determinação de parâmetros físico-químicos que podem caracterizar potencial poluidor do efluente.

A continuidade deste trabalho considerará ainda, o efeito de redução de volume do percolado de forma a analisar a remoção de poluentes através de cálculos de balanço de massa, a carga de matéria orgânica. Os resultados e conclusões de outros parâmetros que estão sendo monitorados, como DQO, cloreto, série de nitrogênio e fósforo, carbono orgânico total, sólidos suspensos voláteis, condutividade, oxigênio dissolvido e pH, também serão considerados futuramente.

## RECOMENDAÇÕES

O baixo custo de construção, a fácil operação e manutenção quanto se comparado a outros métodos de tratamento, o fato do tratamento acontecer *in situ*, demonstram em estudos já realizados, como Souza et al (2000), que a utilização dos *wetlands* construídos, podem ser alternativa tecnológica para o pós tratamento de esgoto sanitário, principalmente em pequenas comunidades. Destaca-se que não há qualquer uso de energia elétrica no referido projeto.

Após conhecimento das melhores condições operacionais aplicadas ao sistema, os resultados até o momento tem demonstrado eficiências médias de remoção acima de 45% dos parâmetros analisados, confirmando a experiência investigada por SOUZA et al. (2000).

Para a referida Estação de Tratamento de Esgoto, ou seja, tratamento primário seguido de *wetland* construído espera-se uma eficiência acima de 80% de DBO ou concentração de saída inferior a 60 mg/L de DBO, atendendo assim o padrão de lançamento da DZ 215.R4 do INEA-RJ.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF), 21th ed., New York, 2005.
2. DZ 215.R4 do INEA-RJ. Diretriz de Controle de Carga Orgânica Biodegradável em Efluentes Líquidos de Origem não Industrial, 2007.
3. Pós-tratamento de efluentes de reatores UASB utilizando sistemas “wetlands” construídos. Sousa, JT et al.
4. Pós-tratamento de efluentes anaeróbicos por sistemas de aplicação no solo, PROSAB: Filho, BC, Neto, COA et al.
5. Campos, Juacyara Carbonelli, Ferreira, João Alberto, Manarinno, Camille Ferreira, Uso de wetland de fluxo sub-superficial no tratamento de chorume por lodo ativado. Trabalho Final de Mestrado em Engenharia Ambiental Modalidade: Dissertação.