

II-108 - AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM BANHADOS CONSTRUÍDOS COM UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES MEIOS SUPORTES

Felipe Krüger Leal⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH/UFRGS). Doutorando em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH/UFRGS)

Luiz Olinto Monteggia

Engenheiro Mecânico e Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH/UFRGS). Doutor em Engenharia Ambiental pela University of Newcastle.

Endereço⁽¹⁾: Av. Bento Gonçalves, 9500. - Bairro Agronomia- Porto Alegre - RS - CEP: 95501-970 - Brasil - Tel: +55 (51) 3308-6671 - e-mail: fkleal@gmail.com.

RESUMO

A remoção da matéria orgânica contida nas águas residuárias urbanas e industriais é condição fundamental para adequada preservação dos recursos hídricos. Em locais isolados, no entanto é necessária a adoção de sistemas simplificados, eficiência elevada e de baixo custo. Este estudo buscou avaliar o desempenho de banhados construídos, os quais apresentam excelente potencial para depuração de águas residuárias em sistemas descentralizados. Os resultados apresentados neste trabalho foram obtidos em unidades piloto tratando esgoto sanitário com configuração hidráulica de fluxo vertical, empregando areia e brita como material suporte e alimentação intermitente. Foi também avaliado o comportamento de duas espécies de planta com características diferentes, a *Luziola peruviana* e a *Typha latifolia*. Os banhados apresentaram alta capacidade de remoção de matéria orgânica para os leitos utilizando material com granulometria fina (areia) com remoções superiores a 90%. Já para os leitos utilizando material com granulometria grosseira (brita) a remoção foi inferior, situando-se entre 60 e 70%, contudo nestes sistemas a taxa de aplicação superficial (TAS) utilizada foi muito superior. Tais resultados mostram que mesmo a remoção sendo menor para os leitos com brita estes tiveram maior capacidade de redução de carga orgânica por unidade de área. Na etapa utilizando brita como meio suporte foi verificado que a variação da taxa de aplicação superficial não apresentou alteração significativa da remoção de matéria orgânica. Também não houve diferença significativa para os leitos utilizando diferentes espécies de plantas, tanto entre si como para o leito testemunha, caracterizado pela não utilização de plantas.

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto sanitário, Remoção de matéria orgânica, Banhados construídos de fluxo vertical, Meio suporte.

INTRODUÇÃO

O tratamento de águas residuárias é fundamental para manutenção das adequadas condições ambientais no nosso planeta. O principal contaminante do meio aquático é a matéria orgânica proveniente de rejeitos líquidos, a qual é responsável pela depleção de oxigênio e, por conseguinte mortandade da fauna.

Contudo, os custos de construção e operação tornam inviável a coleta e encaminhamento dos rejeitos líquidos gerados em locais distantes, tais como pequenas comunidades e áreas rurais para estações convencionais de tratamento de elevada eficiência. Para sanar esta dificuldade, diversos estudos sobre tecnologias simplificadas estão em desenvolvimento, os quais têm por objetivo viabilizar o adequado tratamento para as águas residuárias provenientes de pequenas comunidades, com ênfase na redução dos custos de investimento e operação, bem como quanto a requisitos de mão de obra qualificada.

Dentre as tecnologias que podem atender estes requisitos destacam-se os Banhados Construídos de leito escavado com fundo impermeável, os quais são preenchidos com meio suporte possuindo cobertura vegetal. Estes sistemas apresentam diversas configurações, sendo as de fluxo horizontal, fluxo vertical com alimentação intermitente e a combinação destas em série as mais empregadas. Dentre estas os sistemas verticais destacam-se por apresentarem altos índices de remoção de matéria orgânica e também de nitrogênio amoniacal. Estes sistemas ainda ocupam menor área em comparação aos leitos horizontais.

Os banhados construídos de fluxo vertical surgiram como substitutos aos tanques sépticos, os quais eram utilizados como pré-tratamento aos sistemas de fluxo horizontal. Contudo observou-se que estas apresentavam alta capacidade de remoção de matéria orgânica e nitrogênio amoniacal. Por tal razão optou-se pelo seu uso como sistema único para redução da carga orgânica e para nitrificação em estações descentralizadas.

Nos sistemas de fluxo vertical as principais variáveis da qualidade do efluente estão ligadas diretamente às características do meio suporte empregado. Dentre estas estão: a formação de biofilme, a capacidade de aeração do leito e o tempo de contato entre o líquido e os microrganismos. Além disso, o principal problema operacional apresentado neste tipo de leito – a ocorrência de colmatção das camadas superiores – está ligado diretamente às características físicas do meio suporte e à taxa de aplicação superficial (TAS) empregada.

Os materiais geralmente empregados em banhados construídos de leito vertical são brita ou areia. O uso de material com faixa granulométrica mais fina (areia) propicia maior área para formação de biofilme, proporcionando ainda maior tempo de contato entre o esgoto e a microbiota presente no leito. Já o uso de meio suporte com faixa granulométrica mais grosseira (brita) propicia maior capacidade de aeração ao leito e também reduz a possibilidade de colmatção das camadas superiores devido ao acúmulo de sólidos. Sendo, portanto, a escolha do meio suporte adequado um fator de vital importância para a depuração de matéria orgânica almejada.

Além da escolha do material outro fator importante ligado diretamente à remoção da matéria orgânica é a taxa de aplicação superficial empregada, a qual é a relação entre o volume aplicado em função da área do leito. Esta deve propiciar o tratamento do esgoto utilizando a menor área possível, reduzindo assim o custo de construção do leito. A TAS, contudo deve permitir a entrada de ar suficiente para depuração da matéria orgânica.

Outra variável de influência no funcionamento dos leitos verticais é o uso de “descanso”, ou seja, a intermitência de operação, o qual é recomendado para depuração do material orgânico que ficou retido fisicamente por meio da filtração.

A partir destas informações buscou-se nesta pesquisa estudar a interação entre os materiais empregados como meio suporte e a remoção de matéria orgânica. Para tanto foram utilizados leitos de fluxo vertical com alimentação intermitente, os quais utilizaram macrófitas com diferentes características. Uma das plantas utilizadas foi a *Luziola peruviana*, planta semelhante a uma gramínea e a *Typha latifolia*, planta amplamente utilizada em banhados construídos, que forma um pequeno caule a partir do solo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento empregou banhados construídos de fluxo vertical descendente alimentados em regime intermitente com esgoto sanitário e operados sem a utilização de “descanso” para averiguar o risco de entupimento devido ao acúmulo de sólidos.

A atividade experimental foi desenvolvida entre setembro de 2008 e maio de 2009. Esta foi realizada em duas etapas caracterizadas pelo emprego de materiais distintos como meio suporte, a seguir descritas:

- 1ª Etapa: uso de areia como meio suporte, com período de operação de 10 semanas, utilizando a taxa de aplicação superficial de 37,5 L/m².dia, equivalente a 4 m²/PE (metro quadrado por pessoa equivalente);
- 2ª Etapa: uso de brita 0, de origem basáltica como meio suporte, com período de operação de 15 semanas.

A segunda etapa foi dividida em duas fases, caracterizadas pelos seguintes valores de taxas de aplicação superficial:

- 1ª Fase: taxa de aplicação superficial de 300 L/m².dia, equivalente a 0,5 m²/PE, com período de operação de 10 semanas;

- 2ª Fase: taxa de aplicação superficial de 200 L/m².dia, equivalente a 0,75 m²/PE, com período de operação de 5 semanas.

Foram utilizados ao total cinco leitos, sendo um deles o Testemunha (Leito 1), no qual não foram utilizadas plantas, dois leitos plantados com *L. peruviana* (2.a e 2.b) e dois leitos plantados com *T. latifolia* (3.a e 3.b).

Os leitos utilizados no estudo foram construídos em tubos de PVC. A altura total dos leitos foi de 65 cm, dos quais 5 cm eram de borda livre, 10 cm para drenagem do percolado e 50 cm para o leito de percolação. Os tubos possuíam diâmetro interno de 0,26 m, totalizando um área útil de 0,053 m² por leito.

Os materiais utilizados como meio suporte (areia e brita), apresentaram diferentes características físicas. A areia é um material fino com grande área superficial específica e alta capacidade de filtração. A brita, por outro lado, apresenta tamanho dos grãos muito superior, o que torna sua área específica muito menor, assim como a sua capacidade de filtração, razões pelas quais este material é menos suscetível a colmatação em comparação à areia.

A areia utilizada na 1ª etapa foi escolhida de acordo com normas propostas pelo Ministério do Meio Ambiente e Energia Dinamarquês (1997, *apud* Brix e Arias, 2005). Este desenvolveu norma para auxiliar na implantação de banhados construídos de fluxo vertical. Nestas recomenda-se que o meio suporte possua D10 (diâmetro efetivo), entre 0,25 e 1,2 mm, D60 entre 1 e 4 mm e CU menor que 3,5. Esta norma sugere o uso de pré-tratamento com tanques de sedimentação, contudo na presente pesquisa utilizou-se esgoto bruto após passagem por gradeamento e desarenador.

A partir dos resultados obtidos na primeira etapa optou-se pela utilização de material com granulometria mais grosseira, no caso brita. O agregado utilizado foi o de menor granulometria vendida comercialmente, no caso a brita 0 (zero), de origem basáltica.

Tabela 1- Índices físicos dos meios suportes empregados em cada etapa.

ÍNDICES FÍSICOS	AREIA (1ª ETAPA)	BRITA BASÁLTICA (2ª ETAPA)
D10	0,2 mm	3,8 mm
D60	0,93 mm	6,05 mm
CU	4,65	1,59

RESULTADOS

Remoção de matéria orgânica na 1ª etapa:

A matéria orgânica foi quantificada por meio da análise da DQO. Esta apresentou valores de remoção entre 91,5 e 95,5 %, conforme observado na Figura 1. Tal resultado mostra que os leitos tiveram excelente desempenho na remoção de DQO. Esta ocorreu provavelmente devido à grande área de biofilme formado pelo uso de material com faixa granulométrica fina e também pelo suprimento de O₂ suficiente para degradação da matéria orgânica. Segundo Platzer e Mauch (1997), o funcionamento adequado de sistemas de leitos verticais depende da eficiente aeração do meio suporte.

O sistema foi iniciado com a TAS de 150 L/m².dia, porem devido a ocorrência de colmatação no período de aclimação (1ª semana), esta taxa foi progressivamente reduzida, sendo determinado experimentalmente o valor de 37,5 L/m².dia para seu funcionamento adequado. Após o estabelecimento do sistema não se observou entupimento, não sendo, portanto necessária a utilização de “descanso” no período de operação da 1ª etapa (10 semanas). A operação de banhados construídos com “descanso” poderia viabilizar o emprego de taxas mais elevadas porem esta possibilidade não foi investigada neste estudo.

Observa-se na Figura 1 que o Leito Testemunha apresentou remoção menor que os demais leitos, contudo sem diferença significativa (Teste de Pearson) o que mostra que não houve influência significativa da presença de plantas nos banhados construídos.

Quanto ao desenvolvimento das plantas, a *L. peruviana* teve excelente crescimento, já a *T. latifolia* pereceu nas duas tentativas de plantio nesta etapa. Atribui-se este perecimento ao regime de alimentação empregado, onde

as plantas estavam alternadamente com e sem lâmina d'água, situação diferente das condições naturais para a planta onde há presença constante de água.

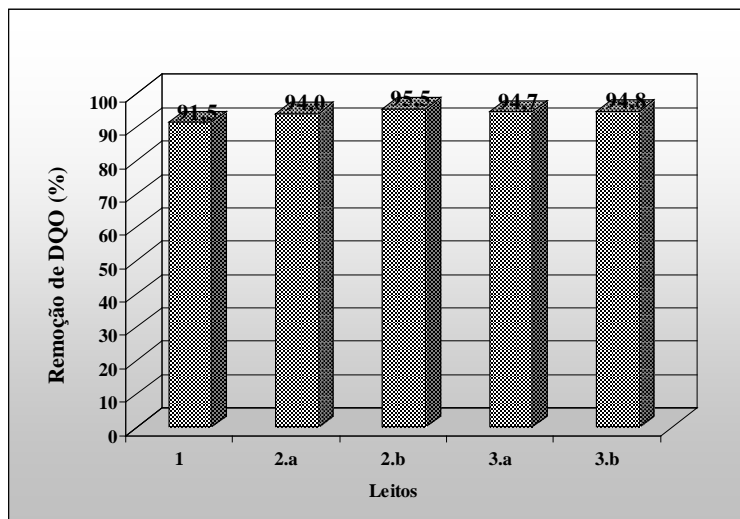


Figura 1 – Remoção média de DQO na 1ª etapa.

Remoção de matéria orgânica na 2ª etapa:

A remoção de matéria orgânica pelos sistemas apresentou valores médios de remoção entre 60,3 e 72,8%, conforme Figura 2. Nos testes de significância dos percolados nenhum dos leitos apresentou diferença significativa, seja em comparação ao Leito Testemunha ou entre os mesmos. Este resultado mostra que as plantas não desempenharam papel importante na remoção de matéria orgânica bem como os microrganismos receberam O₂ suficiente para realizar o seu metabolismo para depuração da matéria orgânica. Segundo Cooper (2005), a remoção de matéria orgânica é uma das características mais importantes destes tipos de sistemas, o que foi também verificado no funcionamento satisfatório dos leitos avaliados neste estudo.

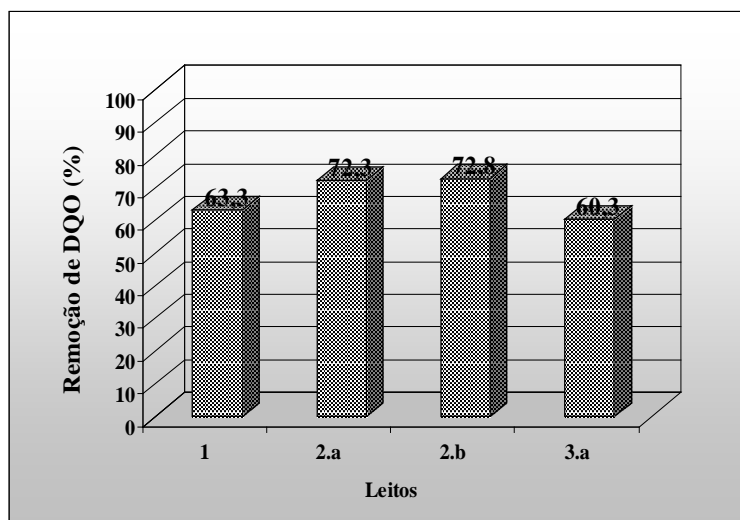


Figura 2 - Remoção média de DQO na 2ª etapa.

Embora não tenha havido diferença significativa entre os leitos na 2ª etapa, foi observada maior remoção de DQO nos leitos plantados com *L. peruviana*. Este comportamento foi atribuído ao maior *tempo de percolação* observado nestes leitos, cerca de 70% superior ao do Leito Testemunha. Este maior *tempo de percolação* permitiu provavelmente maior tempo de contato entre o líquido e a microbiota promovendo assim maior remoção de matéria orgânica. Este foi possivelmente causado pelo sistema radicular da planta que proporcionou melhor distribuição e atenuou a velocidade do fluxo de esgoto ao longo do leito.

Nesta etapa, assim como ocorrido na 1ª etapa, a planta *T. latifolia* teve dificuldade de desenvolvimento, com sobrevivência de apenas uma das três plantas. Já a *L. peruviana* apresentou crescimento intenso e similar à etapa anterior.

Observou-se nesta etapa que os valores de remoção foram inferiores aos encontrados na 1ª etapa, na qual se utilizou meio suporte de menor granulometria (areia). O uso de areia aumenta a superfície para desenvolvimento do biofilme, contudo aumenta o risco de colmatção, o que ocorreu no período de aclimação da etapa anterior, e que levou à redução da TAS.

Embora a 2ª etapa tenha apresentado resultado inferior de eficiência de remoção, nesta etapa foi possível obter maior remoção de carga por área aplicada.

Os resultados de remoção de carga orgânica superficial podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2- Carga de matéria orgânica removida em função da área (g/m².dia).

Leito	1ª Etapa	2ª Etapa (1ª Fase)	2ª Etapa (2ª Fase)
1	27,7	365,3	137,5
2.a	28,1	362,5	149,4
2.b	28,7	421,8	151,0
3.a	28,4	316,7	125,7
3.b	28,4	-	-

A elevada diferença de remoção de carga orgânica entre a 1ª e a 2ª etapa, mostra que a granulometria do meio suporte desempenha importante função no comportamento de banhados construídos de fluxo vertical.

Embora o emprego de brita na 2ª etapa não tenha apresentado altos índices de remoção, o meio suporte de maior granulometria ofereceu maior capacidade de remoção da carga de poluentes aplicados em função da área superficial dos leitos.

Este aumento significativo da remoção de carga orgânica na 2ª etapa pode também ser atribuído a remoção da fração orgânica mais facilmente biodegradável o que sinaliza a vantagem de emprego de banhados construídos em série preenchidos com material suporte de granulometria decrescente.

A partir dos resultados encontrados foi observado que a remoção foi significativamente diferente entre as fases da 2ª etapa, porém sem diferença significativa entre os diferentes leitos. Este comportamento corrobora que a presença de plantas também não teve contribuição significativa sobre a remoção de matéria orgânica empregando brita como material suporte.

Os valores de carga removida na 1ª fase da 2ª Etapa foram consideravelmente superiores aos da 2ª fase, devido principalmente à maior TAS. Contudo outro fator que também contribuiu para tal diferença foi a concentração do esgoto afluente, o qual apresentou valores superiores na 1ª fase, embora com eficiências de remoção similares. Atribuiu-se esta diferença a precipitação pluviométrica neste período, a qual foi 25% superior na 2ª fase da 2ª etapa.

Assim como ocorrido neste período, também na 1ª etapa foi observada menor concentração de carga orgânica do esgoto afluente, a qual foi 45% inferior a concentração média da 2ª etapa. Este fator, contudo não foi o preponderante, levando-se em conta que na 2ª etapa a TAS foi entre 5 e 8 vezes maior.

Variação da taxa de aplicação superficial da 2ª etapa:

A TAS nesta etapa foi reduzida de 300 L/m².dia para 200 L/m².dia, contudo não ocasionou nenhuma diferença de remoção de matéria orgânica. Esta similaridade entre os resultados pode ser observada pelos valores de remoção encontrados na Tabela 3. Os testes de significância realizados mostraram que a diferença entre as etapas também não foi significativa.

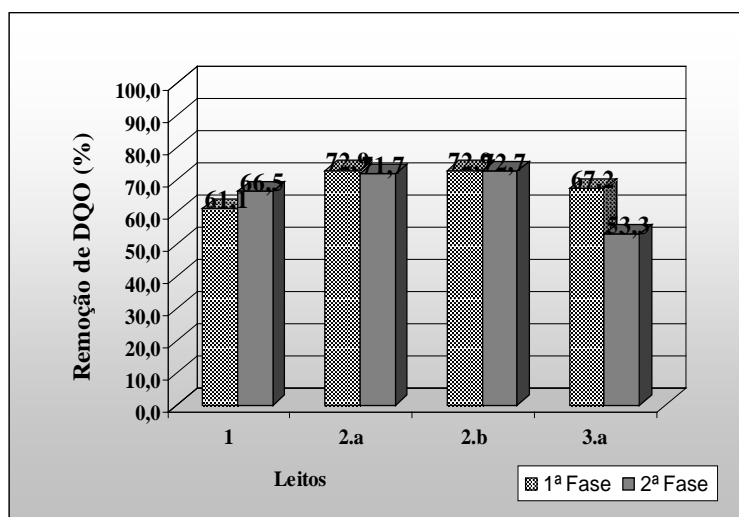


Figura 3 - Remoção média de DQO nas 1ª e 2ª Fases da 2ª etapa.

Assim como na primeira etapa em nenhuma das fases da 2ª etapa se observou a ocorrência de entupimento. Contudo o estudo foi considerado de curta duração, sendo desejável um maior tempo de operação dos sistemas para avaliação da necessidade de “descanso” e estabilidade da remoção de matéria orgânica e risco de acúmulo de sólidos.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados encontrados neste estudo destacam-se as seguintes conclusões referentes a parâmetros básicos de projeto de banhados construídos de fluxo vertical para remoção de matéria orgânica:

- Leitos constituídos de material suporte de granulometria fina (areia) apresentaram eficiência de remoção de DQO superior a 90 %, operados com taxa de aplicação superficial de esgoto bruto de 37,5 L/m².dia (equivalente a 4 m²/PE).
- Leitos constituídos de material suporte de granulometria grossa (brita) apresentaram valores médios de remoção de DQO entre 60,3 e 72,8%, o que pode ser considerado satisfatório, levando-se em conta os elevados valores de taxa de aplicação superficial de esgoto bruto, na faixa de 200 a 300 L/m².dia (equivalente a 0,75 a 0,5 m²/PE).
- Leitos constituídos de material suporte de granulometria grossa (brita 0) apresentaram maior capacidade de remoção de carga orgânica por unidade de área. Estes podem, portanto ser utilizados como etapa inicial de tratamento seguidos de leitos com menor granulometria.
- A presença de plantas nos banhados construídos com leitos de material suporte de granulometria fina (areia) e/ou grossa (brita) não apresentou contribuição significativa na remoção de matéria orgânica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRIX, H. and ARIAS, C.A. The use of vertical flow constructed wetlands for on-site treatment of domestic wastewater: new Danish guidelines, *Ecological Engineering*, v.25, p. 491-500, 2005.
2. COOPER, P. The performance of vertical flow constructed wetland systems with special reference to the significance of oxygen transfer and hydraulic loading rates. *Water Science and Technology*, v. 51, n. 9, p. 81-90, 2005.
3. PLATZER, C. ; MAUCH, K. Soil clogging in vertical flow Reed Beds e mechanisms, parameters, consequences and solutions? *Water Science and Technology*, v. 35, n. 5, p. 175-181, 1997.