

XII-004 - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA HIDROPÔNICO COMO PÓS-TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS EM UM MODELO PILOTO

Rebeca Schnitzer de Lima⁽¹⁾

Acadêmica de Engenharia Sanitária pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Fernanda Amaral Gois⁽²⁾

Acadêmica de Engenharia Sanitária pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Maria Pilar Serbent⁽³⁾

Professora do departamento de Engenharia Sanitária da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

Eduardo Bello Rodrigues⁽⁴⁾

Professor do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

Everton Skoronski⁽⁵⁾

Professor do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

Endereço⁽¹⁾: Rua Dr Getulio Vargas, 2822 – Bela Vista - Ibirama - SC - CEP: 89140-000 - Brasil - Tel: (48) 99904-5296 - e-mail: rebeca.schnitzer@hotmail.com

RESUMO

O saneamento básico brasileiro é deficiente, principalmente o cenário relacionado ao tratamento de esgoto. Novas tecnologias para o tratamento de esgotos estão sendo desenvolvidas para aliviar problemas relacionados à falta de saneamento básico. As alternativas ambientalmente sustentáveis e de baixo custo que estão atualmente em destaque nesta área são o sistema de zonas úmidas e os sistemas hidropônicos. Neste sentido, a presente pesquisa buscou desenvolver um sistema hidropônico utilizando plântulas de Inga-feijão (*Inga marginata*), Ipê-roxo (*Tabebuia heptaphylla*), Ipê-Amarela (*Tabebuia* sp) e Ipê-verde (*Cybistax antisiphilitica*) para avaliar eficiência no tratamento de efluentes da fossa séptica da Universidade Estadual de Santa Catarina, Campus Ibirama e contribuem para a consideração da similaridade entre o tratamento de esgoto em sistemas hidropônicos antes do tratamento em sistemas alagados com plantas flutuantes. Para analisar o desempenho do sistema implantado, foram realizadas análises físico-químicas e biológicas dos esgotos diluídos implantados no sistema após 7 e 14 dias de tratamento. Após o término do tratamento, foi possível observar que houve uma remoção significativa de DQO, DBO, NTK e Turbidez, mantendo a eficiência e a similaridade dos experimentos em áreas úmidas com macrófitas flutuantes.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema hidropônico, Tratamento de esgoto, Reuso de Água.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o cenário brasileiro em relação ao saneamento básico, principalmente no tratamento de esgoto é deficiente. Por outro lado, a escassez de água já afeta todos os continentes. Conflitos interestaduais e regionais também podem surgir devido à escassez de água e a má estrutura de gestão (Unesco, 2015). O planeta utiliza apenas 33% de seu potencial hidrelétrico e gera 2.140 TW / h / ano de energia, suficiente para economizar o equivalente a cerca de 4,4 milhões de barris de petróleo por dia. Mas o uso é desigual. Enquanto nos países industrializados praticamente toda a geração potencial de energia é utilizada, a África explora apenas 7% do seu potencial; Ásia, 22%; América Latina, 33%; Brasil, 24%. No Brasil, as usinas hidrelétricas respondem por cerca de 90% da produção de eletricidade. (Mma, 2005).

Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (Pnad, 2012), apenas 5,2% dos domicílios estão conectados à rede coletora de esgoto e 28,3% utilizam fossa séptica como tratamento de efluentes domésticos.

Esta disposição final inadequada apenas tende a reduzir a demanda por água de boa qualidade para o abastecimento público ou qualquer outro uso. Nesse cenário, a existência de um destino adequado do plano para esses efluentes poderia evitar doenças transmitidas pela água e a poluição do meio ambiente. Nesse contexto, há uma busca crescente por fontes alternativas como reutilização, por exemplo. Segundo as Nações Unidas, a agricultura é responsável por cerca de 70% do consumo global de água (Onu, 2007), e a reutilização na irrigação contribui para aliviar a demanda por reservas de água doce limitadas e também pode fornecer nutrientes presentes nessas águas para o cultivo de plantas.

Conforme afirma o Manual de Saneamento Básico (Trata Brasil, 2012), o saneamento básico inclui um conjunto de atividades relacionadas ao tratamento de água e esgoto, gestão de resíduos sólidos e drenagem urbana. As informações do Censo Demográfico realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de 2016, mostram que no Brasil cerca de 29,9 milhões de pessoas vivem em localidades rurais, totalizando cerca de 8,1 milhões de domicílios (Ibge, 2016). A falta de investimento nesses locais, aliada à educação ambiental inadequada, resultou em déficits nos serviços de saneamento básico fornecidos a essa parcela da população.

O tratamento de esgoto consiste na remoção ou redução de constituintes do esgoto por técnicas como processos biológicos e físico-químicos (Bastos; Von Sperling, 2009). Uma ampla gama de tecnologias está disponível, incluindo soluções de baixo custo.

Entre as alternativas ambientalmente sustentáveis que têm enfatizado continuamente estão os sistemas naturais de tratamento de esgoto.

Os Wetlands Construídos são sistemas biológicos com o objetivo de tratar e remediação de águas superficiais e efluentes, projetados para remover nutrientes e compostos indesejáveis, criando em um ambiente controlado processos que ocorrem em pântanos naturais usando uma combinação de plantas, microorganismos e suporte médio. (VYMAZAL, 2010).

Estes sistemas mostraram-se adequados a diferentes situações e arranjos, apresentando bom desempenho no tratamento de efluentes, essencialmente os de origem doméstica. No Brasil, os experimentos com esses sistemas foram intensificados desde o ano 2000, aplicando-os ao tratamento de diferentes efluentes, distribuídos em todo o território nacional, sob diferentes formas e arranjos, com diferentes materiais filtrantes e macrófitas utilizados (SEZERINO et al., 2015).

Hidroponia permite o desenvolvimento de plantas sem o meio de suporte físico, e sem os nutrientes do solo ocorre. Os nutrientes absorvidos pelas plantas vêm de uma solução com íons essenciais para o crescimento da planta (Hanna Instruments Brasil, 2016). As técnicas de cultivo sem solo substituem o ambiente natural no outro substrato, natural ou artificial, sólido ou líquido, que pode fornecer à planta aquilo que, de maneira natural, está no solo (Castellane e Araújo, 1995).

Esta técnica é uma das práticas capazes de remover poluentes do esgoto através das plantas e da atividade microbiológica presente nas raízes. Ottoson et al. (2005) Assim, sistemas de cultivo hidropônico são capazes de reduzir a carga orgânica do efluente por adsorção nas raízes e também pelo longo tempo de retenção hidráulica, pois a água circula em um sistema fechado. No entanto, quando se utiliza o esgoto como solução nutritiva, a balança não é a mais adequada a cada momento, especialmente para culturas específicas que requerem a composição estequiométrica de nutrientes (Florencio et al., 2006).

O processo de remoção e absorção de nutrientes começa nas raízes, onde os poluentes são adsorvidos aos aglomerados microbianos. Então dependendo da molécula, isto sofrerá hidrólise ou outras transformações enzimáticas. É somente após essas transformações que a absorção pelas células microbianas pode ocorrer. A degradação pode ocorrer aerobicamente ou anaerobicamente. A degradação aeróbica é um processo de respiração, em que as moléculas são oxidadas em CO₂ e o O₂ é o receptor final ou a molécula receptora (Sant'anna jr, 2010). A degradação anaeróbica é mais complexa porque diferentes grupos microbianos estão envolvidos. A fermentação ocorrerá, gerando produtos ácidos e que posteriormente se transformarão em substâncias orgânicas com a geração de hidrogênio. O principal passo da biodegradação é o metanogênio, que é a transformação dos compostos em metano e dióxido de carbono. Após o tratamento do efluente com

sistemas hidropônicos, é importante enfatizar que o efluente não pode ser consumido; apenas reutilizado para fins não potáveis (Sant'anna jr, 2010).

Entre as configurações das áreas úmidas, o que mais se assemelha a um sistema hidropônico é o Wetland, construído de fluxo superfético com plantas flutuantes. Estes sistemas são utilizados em projetos com canais relativamente rasos, podendo conter uma ou várias espécies de plantas e sua ação de purificação é devida à adsorção de partículas pelo sistema radicular das plantas, adsorção de nutrientes e metais pelas plantas, ação de microrganismos associados à rizosfera e transporte de oxigênio pela rizosfera (SALATI et al., 2009).

Analizando os resultados positivos que o sistema Wetlands proporciona, pretende-se que um sistema hidropônico possa funcionar na mesma concepção de um Pantanal construído com plantas flutuantes, como pós-tratamento de efluentes, exigindo apenas uma projeção diferenciada, mas com resultados equivalentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida na Universidade Estadual de Santa Catarina, Campus Ibirama - Santa Catarina, onde foi implantado um modelo piloto hidropônico para o pós-tratamento de efluentes domésticos.

Fase 1- Montagem da Mini-Estufa

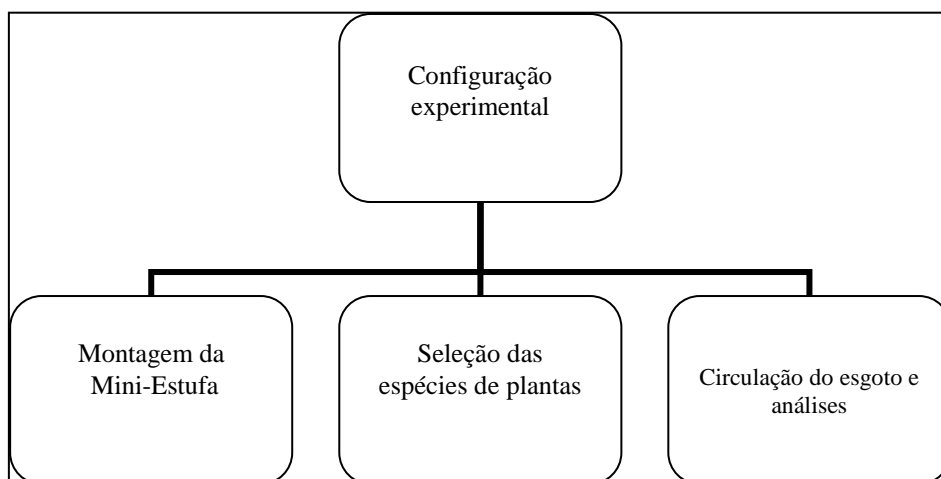


Figura 1 – Configuração do projeto

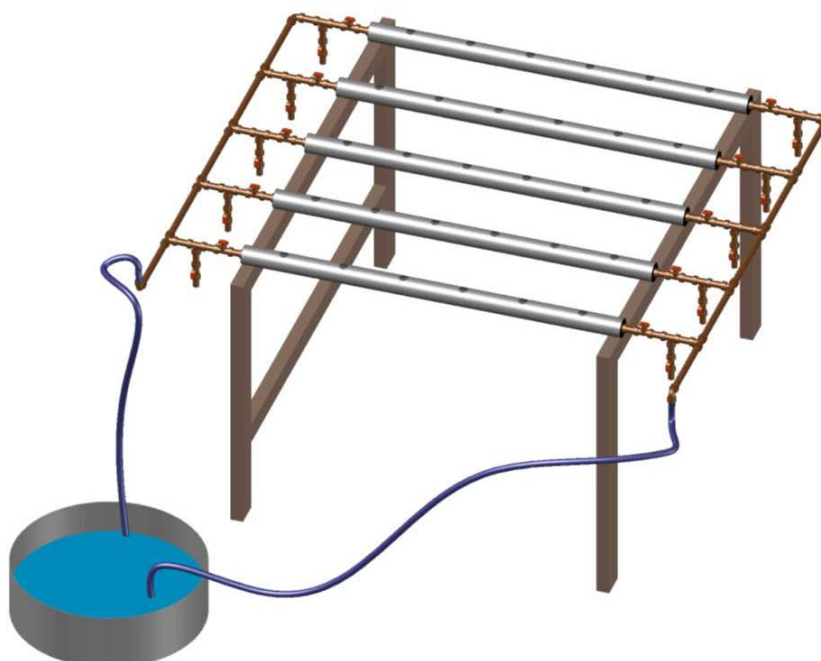
As atividades são realizadas em uma mini-estufa de dimensões 1,22 x 2,84 x 2,40 metros. Neste espaço, foi implantado um sistema hidropônico piloto de 0,84x0,67x0,71 metros.

Fase 2 - Seleção de espécies de plantas

Para a etapa de seleção das espécies, considerou-se a adaptação da planta à água, uma vez que esta é a principal fonte do sistema hidropônico e sua origem. Os experimentos foram conduzidos utilizando um total de doze mudas nativas da região; "Ipê-roxo" (*Tabebuia heptaphylla*), "Ipê-amarelo" (*Tabebuia alba*) e "Ipê-verde" (*Cyrtanthus antisyphilitica*) foram distribuídos homogeneamente no modelo piloto, dois de cada espécie, totalizando seis mudas. São espécies que precisam de muita água para se desenvolver e são nativas da mata atlântica, atendendo as propostas do projeto.

Fase 3 - Circulação de Esgotos e Análises

O piloto (T1) foi alimentado com esgoto diluído (4 L de efluente e 11L de água), possui sistema hidráulico com recirculação de 24 horas, funcionando em sistema fechado, com reservatório de 15 L, bomba e fonte de alimentação.



Fonte: Autores. AutoCAD/2015

Figura 2 – Piloto Hidropônico

Para os ensaios de tratamento de efluentes, um balde de esgoto foi coletado diretamente do tanque séptico, contendo quatro litros, que foram diluídos com onze litros de água da torneira. Isso é chamado de sistema de efluentes diluídos (T1).

Para a caracterização do esgoto do tanque séptico, bem como avaliar o consumo de nutrientes pelas plantas após o tratamento hidropônico, quando o esgoto diluído foi abastecido, foram realizadas as seguintes análises físico-químicas: Nitrogênio, Fósforo, Nitrogênio, pH, Demanda Oxigênio Química (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e turbidez. As análises foram realizadas semanalmente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos referem-se às principais características físico-químicas e biológicas do esgoto diluído e da fossa séptica no T1 após 7 e 14 dias de recirculação (Tabela 1). É importante ressaltar que, no esgoto, todos os parâmetros analisados podem apresentar uma variação significativa entre as amostras, pois o esgoto é proveniente do campus universitário, portanto dependente da população existente. Os resultados obtidos são mostrados na tabela a seguir.

Tabela 1 - Parâmetros

Variáveis	Esgoto Diluído	T7	T14
NTK(mg.L ⁻¹)	224	1,2	1,4
PO ₄ (mg.L ⁻¹)	4,7	5,31	5,13
N-NO ₂ (mg.L ⁻¹)	48,69	124,7	131,06
N-NO ₃ (mg.L ⁻¹)	<1	61,05	59,8
Ph	6,92	6,73	6,12
DQO (mg.L ⁻¹)	223,64	73,27	88,73
DBO (mg.L ⁻¹)	70	10	10
Turbidez (NTU)	18	7	4

T7: Depois de 7 dias de tratamento

T14: Depois de 14 dias de tratamento

Na literatura, é possível encontrar diferentes valores de parâmetros físico-químicos para efluentes de tanque séptico. Essas variações são típicas desse tipo de resíduo, pois são provenientes de diferentes processos de tratamento, provenientes de diferentes estabelecimentos e são mantidos de diversas formas (Andreoli et al, 2009).

A presença de *Escherichia coli* termofílica no efluente visando à reutilização em hidroponia é essencial, pois indica contaminação e possibilita afirmar com segurança a eventual presença de outros patógenos entéricos (Sant'ana et al., 2003; Who, 2002).

De Castro Reis et al. (2003) afirmaram que uma unidade de tratamento de áreas úmidas para esgoto in natura tem baixa eficiência em relação à remoção de microorganismos patogênicos, mas a eficiência relacionada à redução de matéria orgânica e sólidos suspensos pode ser superior a 70%, fazendo nestes casos wetland equivalente a uma unidade de tratamento primário.

Os valores de turbidez diminuíram consideravelmente ao longo do tratamento T1. Na data de implantação do sistema de esgoto diluído, estava em 14 NTU, após 14 dias de recirculação do efluente a turbidez caiu para 4 NTU. O mesmo em esgoto doméstico geralmente vem da presença de matéria orgânica, material suspenso e microrganismos. No momento o efluente em recirculação passa pelo substrato presente no sistema e ocorre o processo de retenção de partículas em suspensão, transformações químicas, predação e redução natural de organismos patogênicos. Além de ocorrer, a ação das plantas, que cresce e retira nutrientes do sistema radicular. Estas ações conjuntas, durante a recirculação, reduzem a quantidade de matéria orgânica e material suspenso no efluente, conseqüentemente diminuindo os níveis de turbidez do mesmo.

Os valores característicos de DBO para esgoto sanitário estão em um intervalo que pode variar de 250 a 400 mg.L⁻¹ (Sperling, 2005). Os dados apresentados demonstram que a DBO inicial foi de 70 mg. L⁻¹, valor menor que o típico, embora possa variar de acordo com o consumo de água, a concentração do esgoto e a presença de despejos industriais. Após a recirculação no sistema hidropônico, a DBO apresentou uma diminuição de 85% devido à degradação da matéria orgânica presente no esgoto, sendo assim benéfica para a produção vegetal ao liberar nutrientes como nitrogênio e fósforo.

Uma remoção significativa de DQO, DBO, NTK e Turbidez foi observada. Assim, para esses parâmetros, o tratamento foi eficiente. Os que apresentaram maior redução foram NTK e DBO com a remoção de 99,37% e 85,71%, respectivamente. A eficiência de remoção de matéria orgânica é devida à significativa biodegradabilidade do esgoto bruto.

Observou-se que houve uma remoção substancial de amônia, como pode ser observado na Tabela 1, isso pode ser explicado por fenômenos de nitrificação, sendo que quanto maior a recirculação da eficiência de remoção do esgoto maior. Assim, implica grande acúmulo de nitrito e nitrato pode ser visto como um clearance negativo também aumentou com o tempo de circulação. (Abujamra et al., 2005).

A desnitrificação do nitrogênio oxidado e a degradação metanogênica ocorrem simultaneamente nos processos anaeróbios, embora ambos os processos sejam limitados pela disponibilidade de matéria biodegradável. (Barros et al., 2006).

O fósforo não apresentou grande porcentagem de redução devido ao ácido ortofosfórico sofrer dissociações em três espécies iônicas que são afetadas pelo pH da solução. Podemos verificar a análise de que o pH variou de 6,12 a 6,9, predominando espécies de H_2PO_4 que são as espécies mais absorvidas, mantendo uma faixa adequada de assimilação e podendo ter influenciado a disponibilidade deste elemento. (Abujamra et al., 2005).

Em sistemas de terras alagadas este fato pode ser facilmente repetido, levando-se em conta que a remoção do fósforo nesses sistemas ocorre por precipitação química, adsorção, assimilação das plantas e biofilmes formados nos substratos e no sistema radicular da planta (SOUSA et al, 2004). O fósforo solúvel é facilmente absorvido pelo sistema radicular da planta, mas a pequena fração solúvel está associada ao ferro, alumínio e cálcio e não é muito assimilável tanto à planta como ao microrganismo, não sendo reduzida (SOUSA et al. (2004).

A relação DQO / DBO para o esgoto bruto (fossa séptica) foi de 3,19 e para o esgoto tratado (após o tratamento hidropônico) foi de 8,87. Esta proporção tende a aumentar após o tratamento, pois a fração biodegradável é reduzida gradualmente enquanto a fração inerte permanece constante (Sperling, 2005). Os nutrientes foram removidos devido ao uso de N e P para o desenvolvimento das plantas e dos processos físicos de sedimentação e filtração que ocorrem no sistema de tratamento.

A fim de reafirmar os resultados aqui apresentados, a Tabela 2 apresenta o percentual de remoção de parâmetros relevantes em pesquisas anteriores, comparando-os com os resultados desta pesquisa, corroborando para afirmar uma tendência de similaridade entre os métodos wetland e hidropônico.

Tabela 2 - Remoção de parâmetros hidropônicos e alagados com macrófitas flutuantes

	Hidroponia	Wetland (Aguapé)	Periodo de tratamento	Autor/Ano
Turbidez (NTU)	77,77%	83%	7 dias	(DIAS,2016)
DBO	85,71%	78%	14 dias	(DE AZEVEDO BARROS,2015)
DQO	60,32%	80,20%	14 dias	(DE AZEVEDO BARROS,2015)
PO₄ (mg.L⁻¹)	Negativo	Negativo	33 horas	(RIBEIRO,1986)

Fonte: Autores (2017)

Os resultados da presente pesquisa sobre o sistema hidropônico são muito próximos aos de trabalhos desenvolvidos em áreas úmidas com macrófitas flutuantes, sugerindo que o uso da hidroponia como forma de tratamento de esgoto doméstico é promissor e pode produzir resultados positivos, reduzindo os poluentes da mesma forma que ocorre em zonas húmidas com plantas flutuantes.

Em relação ao sistema hidropônico implantado, a planta que apresentou maior adaptação foi a Ipê-Verde, considerando que algumas de suas espécies tiveram pequenas alterações negativas em suas folhas. Sintomas de deficiência nutricional de folhas, como amarelamento uniforme, enrolamento de folhas e não crescimento de plântulas, foram evidentes.

A deficiência nutricional está relacionada à capacidade de absorção nutricional de cada planta e, evidentemente, a disponibilidade destes no sistema. Quando a concentração de nutrientes é insuficiente para o desenvolvimento de todas as plântulas presentes no sistema, a absorção dos elementos é influenciada e, conseqüentemente, um fenômeno competitivo se inicia, e, portanto, apenas algumas plântulas absorvem o nutriente necessário, sendo prejudiciais às demais plantas do sistema.

Devido à considerável concentração de sólidos suspensos no efluente, uma grande quantidade destes pode ser adicionada ao sistema radicular da planta, interferindo na sua oxigenação e desencadeando um processo de anaerobiose que danifica as plântulas.

CONCLUSÕES

Conclui-se que, diante dos resultados apresentados, e da necessidade de novas tecnologias para tratamento de esgoto, principalmente em áreas rurais, a hidroponia pode ser uma alternativa eficiente para a remoção de nutrientes do efluente.

O sistema hidropônico mostrou-se eficiente em relação ao tratamento de esgoto, uma vez que houve considerável remoção de alguns nutrientes, DQO e sólidos suspensos, demonstrando a capacidade das zonas radiculares flutuantes em eliminar poluentes.

Sistemas húmidos com plantas flutuantes e hidroponia trabalham em uma concepção muito similar, podendo-se associar, considerando que ambos podem trabalhar com baixo nível de efluente em seu canal, além de não necessitarem da presença de substratos, sendo realizado o tratamento pela zona de raízes flutuantes.

Ao comparar os resultados com a eficiência de ambos os sistemas, concluiu-se que apresentaram desempenho similar com remoção de DQO, DBO, Turbidez e Fósforo Total. Desta forma, podemos considerá-los sistemas com um alto grau de semelhança com seu design e desempenho.

Para pesquisas futuras, sugere-se implantar um sistema hidropônico com o uso de macrófitas flutuantes, criando um sistema que apresenta uma concepção ainda mais igualitária em relação às zonas úmidas com plantas flutuantes e hidropônicas, sendo capaz de relacionar ambos os sistemas e assim tentar alcançar uma eficiência ainda mais considerável em relação aos parâmetros de DQO, NTK, DBO e Turbidez para o tratamento de efluentes, de forma a realizar funções semelhantes a um tratamento convencional, onde os poluentes serão removidos através do rizoma das macrófitas e vegetação de produção rápida dessas plantas, um uso posterior de sua biomassa pode ocorrer.

À luz do que foi apresentado, uma alternativa seria expandir o modelo piloto em grande escala para tratar um fluxo real de efluentes. Para isso, certas medidas de controle seriam necessárias, como o monitoramento por meio de painéis eletrônicos das bombas operantes, pois estes não podem deixar de operar, a escolha da espécie de planta a ser implantada para que se adapte a altas concentrações de nutrientes do efluente. E a garantia da vedação do sistema hidropônico para que não ocorram vazamentos. No trabalho apresentado, houve problemas de operação das bombas, uma vez que são controladas manualmente, o que prejudica a eficiência de remoção de nutrientes e conseqüentemente o desenvolvimento das plantas. Também houve vazamentos porque o fluxo da bomba sobrecarregou a calha coletora e pode ter interferência no volume concentrado.

Até onde sabemos, este é o primeiro estudo que demonstrou as possibilidades de uso da abordagem hidropônica como piloto de zonas úmidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abujamra, R.C., Neto, C.O.A, Melo, H.N.S. and Campelo, G.P. (2005). *Produção Hidropônica de Flores de Zínia com Esgoto Tratado*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN. Brasil
2. Andreoli, C V. et al. (2009) *Lodo de Fossa Séptica: Caracterização, Tecnologias de Tratamento, Gerenciamento e Destino Final*. ABES. Rio de Janeiro, RJ. Brasil..

3. Bastos, R.K.X. and Sperling, M. V. (2009); *Nutrientes de Esgoto Sanitário: Utilização e Remoção*. ABES. Rio de Janeiro, RJ. Brasil.
4. Barros, L.S.S., Amaral, L.A., Lorenzon, C.S., Junior, J.L. and Neto, J.G.M. (2006). Concentrations of Nitrate, Nitrite, Total Kjeldahl Nitrogen and Potassium in Effluents from Poultry and Swine Abattoir. *Boletim de Indústria Animal*, São Paulo, SP. Brasil.
5. Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. *Países: Brasil: População*. IBGE. Rio de Janeiro, RJ. Brasil.
6. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Educação. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. Consumer International (2005). *Manual de Educação para o Consumo Sustentável*. MMA, MEC, IDEC, Brasília.
7. Brasil. Portal Brasil. (2016) *Saneamento e Coleta de Lixo Avancam, Segundo Pnad*. Portal Brasil. Brasília, DF. Brasil.
8. CASTELLANE, P. D.; ARAUJO, J. A. C. (1995). *Cultivo sem Solo: Hidroponia*. FUNESP. Jaboticabal. São Paulo. Brasil.
9. Florencio, L.; Bastos, R. K. X. and Aisse, M. M. (2006). *Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários*. ABES. Rio de Janeiro, RJ. Brasil..
10. Hanna Instruments Brasil. (2016) *Hidroponia, Cultivo sem Solo*. Hanna Instruments Brasil. Tamboré. Barueri, SP. Brasil.
11. Instituto Trata Brasil (2012). *Manual do Saneamento Básico: Entendendo o Saneamento Básico Ambiental no Brasil e sua Importância Sócioeconômica*. Instituto Trata Brasil. São Paulo, SP. Brasil.
12. Organização das Nações Unidas (ONU). Organização das nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). (2007) *Evaluación Exhaustiva del Manejo del Agua en Agricultura. Agua para la Alimentación, Agua para la Vida*. Instituto Internacional del Manejo del Agua. Roma. Italia.
13. Ottoson, J.; Norstro, A. and Dalhammar, G. (2005) Removal of Micro-organisms in a Small-scale Hydroponics Wastewater Treatment System. *The Society for Applied Microbiology, Letters in Applied Microbiology*, 40, 443–447.
14. Sant'anna Junior, G.L. (2010). *Tratamento Biológico de Efluentes: Fundamentos e Aplicações*. Interciência. Rio de Janeiro, RJ. Brasil.
15. Sant'anna, A. S.; Silva, S. C. F.; Farani, I. O.; Amaral, C. H. R. and Macedo, V. F. (2003) Qualidade Microbiológica de Águas Minerais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23, 190-194.
16. Sperling, M. V. (2005), *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgoto: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. Brasil.
17. World Health Organization – WHO (2002). *WHO Global Strategy for Food Safety: Safer Food for Better Health*. WHO, Geneva, Switzerland.
18. World Water Assessment Programme – WWAP (2015). *Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. Água para um Mundo Sustentável: Sumário Executivo*. World Water Assessment Programme. Colombella, Perugia, Itália.