



**ESTUDO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO
POR SISTEMA DE WETLAND DE FLUXO VERTICAL DESCENDENTE
PARA SER APLICADO EM COMUNIDADES ISOLADAS
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO EM ESCALA DE LABORATÓRIO**

**STUDY ON THE EFFICIENCY OF DOMESTIC WASTEWATER
TREATMENT BY A DOWNWARD VERTICAL FLOW WETLAND FOR THE
APPLICATION IN ISOLATED COMMUNITIES - LABOR SCALE
TREATMENT PLANT**

Marcella Moretti Ferreira¹

Alexandre Saron²

Resumo

Infelizmente a rede de saneamento não atende toda a população. Por conta disso, vários estudos vêm sendo desenvolvidos nesta área “alternativa” de tratamento de esgoto como, por exemplo, os *Wetlands*. O objetivo deste estudo foi baseado na possibilidade de aplicação de sistemas de tratamento do tipo *wetland* de fluxo vertical em comunidades isoladas. Para isto, foi montado no laboratório de química do Centro Universitário SENAC Campus Santo Amaro, um sistema em escala de laboratório com três tanques ligados em série com volume útil aproximado de 2,86L cada e operando por batelada com TDH de 7 dias para a avaliação em uma pequena escala piloto deste sistema proposto. Os tanques continham o mesmo material de recheio (brita #2, brita #1 e cascalho) e a mesma macrófita (*Eleocharis parvula*). Antes da aplicação das cargas monitoradas, uma carga de efluente, constituído pelo esgoto sanitário do próprio

¹ Graduanda no último ano em Engenharia Ambiental no SENAC, técnica em Laboratorista Industrial pela ETE Lauro Gomes (2007). Realizou pesquisa de Iniciação Científica pelo SENAC na área de Técnicas e Tecnologias para a Sustentabilidade com a pesquisa "Estudo da eficiência do tratamento de esgoto doméstico por sistema de wetland de fluxo vertical descendente para ser aplicado em comunidades isoladas – estação de tratamento em escala de laboratório", pesquisa essa que recebeu premiação de 2º lugar na Jornada de Iniciação Científica do 52º Congresso Brasileiro de Química - Recife (PE) de 14 a 18 de outubro de 2012.; marcellamoretti@hotmail.com

² Professor Pesquisador do Centro Universitário Senac; alexandre.saron@sp.senac.br



Campus Universitário foi diluído a 4% e aplicado nos tanques como teste de resistência das macrófitas. Os testes iniciaram-se com o efluente aplicado nos tanques diluído a 10% e terminaram com aplicação de efluente bruto. Os parâmetros analisados durante o monitoramento foram: sólidos sedimentáveis, DBO, fosfato, N- amoniacal, nitrito, nitrato, pH, coliformes totais e coliformes fecais. O sistema apresentou redução de até 90,5% para o fosfato, redução de até 98,6% para N-Amoniacal, redução de 100% dos coliformes fecais e de até 83,92% para a DBO.

Palavras-chave: wetland de fluxo vertical, tratamento de esgoto doméstico.

Abstract

Unfortunately the sanitation network can not attend the whole population. Because of this, a lot of studies are being developed in this wastewater "alternative" treatment area, as an example, the Wetlands. This objective of this study was based on the possible application of this vertical flow wetland treatment system in isolated communities. For this, was made in the Chemistry laboratory at the Centro Universitário SENAC Campus Santo Amaro, a system in labor's scale of three tanks in series association with approximated volume of 2,86L each and batch alimentation with 7 days of hydraulic retention time for the evaluation in a pilot small scale of the proposed system. The tanks contained the same filling material (gravel #2, gravel #1 and gravel #0) and the same macrophite specie (*Elocharis parvula*). Before the application of the monitored loads, a load of wastewater of the Centro Universitário Campus was diluted in 4% and applied in the tanks as a macrophites resistance test. The tests started with the wastewater applied in the tanks in 10% concentration and were finished with 100% wastewater application. The analyzed parameters during the monitored loads were: settleable solids, BOD, phosphate, ammonia, nitrite, nitrate, pH, total coliforms and fecal coliforms. The system presented máx. reduction of 90,5% of phosphate, máx. Ammonia reduction of 98,6%, reduction of 100% of fecal coliforms and máx. of 83,92% BOD reduction.

Keywords: vertical flow wetland, domestic wastewater treatment.



1. Introdução

A água é a substância mais abundante na superfície da Terra, ocupando em relação à “terra firme” a proporção de área equivalente a 2,42:1, sendo o melhor e mais comum solvente disponível na natureza. De toda a água doce líquida, 99,01% são subterrâneas e 0,99% são superficiais, sendo que, água doce líquida, potencialmente utilizável corresponde a 0,007% do total de água do planeta (HIRATA, et al. In TEIXEIRA, et al., 2009).

Essa água doce disponível é explorada e utilizada para diversos fins, podendo ser utilizada diretamente no reservatório natural onde se encontra ou extraída e transportada para outros locais para satisfazer as necessidades de seu uso, e, para cada um de seus usos requer uma qualidade específica.

A qualidade da água é representada por parâmetros que refletem seus aspectos físicos, químicos e biológicos. Von Sperling (1996, vol.1) aponta como os principais parâmetros físicos e químicos da água: cor, turbidez, sabor e odor, temperatura, pH, alcalinidade, acidez, dureza, ferro e manganês, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micropoluentes inorgânicos e orgânicos.

Um mesmo corpo d’água pode servir para diversos usos, dessa forma o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) dividiu as águas do território nacional em três tipos: doces, salinas e salobras, sendo estas divididas em treze diferentes classes de qualidade de acordo com seu uso preponderante, visando assegurar os níveis de qualidade para atender as necessidades da comunidade, a saúde e bem-estar humano, o equilíbrio ecológico aquático e o controle da poluição.

Visando assegurar a manutenção da qualidade dos corpos d’água, o CONAMA também definiu padrões de lançamento para efluentes, e estes relacionam-se diretamente com os padrões de qualidade definidos para as classes de corpos receptores. De acordo com a Resolução CONAMA nº430 de 13 de maio de 2011, Capítulo II, Art.12, o lançamento de efluentes não deve ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade de água estabelecidos para as respectivas classes. Segundo Von Sperling (1996, vol.1) os padrões se relacionam uma vez que o efluente além de atender



aos padrões de lançamento não deve alterar a qualidade do corpo receptor, de forma que o mesmo continue enquadrado dentro dos padrões de qualidade da classe a que pertence.

Os sistemas de abastecimento de água e de coleta e tratamento de águas residuárias são algumas das atividades que compõem o saneamento, que, de acordo com a OMS pode ser definido como o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre seu bem-estar físico, mental e social.

A implantação de sistemas de saneamento deve considerar características culturais, sociais e econômicas do local, buscando alternativas tecnológicas apropriadas para cada cenário, seja em grandes aglomerados urbanos ou em pequenas comunidades. De acordo com Philippi Jr. & Malheiros (2005), a cobertura de sistema de coleta e tratamento de efluentes é menor em áreas rurais que nas áreas urbanas e por vezes crítico, e, nessas áreas uma alternativa bastante empregada é o sistema de tratamento *in situ* dos efluentes.

Conforme apontado por Von Sperling (1996 vol.1), 99.9% do esgoto doméstico é constituído de água. Entre os outros 0,1% estão inclusos sólidos orgânicos e inorgânicos que podem estar tanto na forma suspensa como na dissolvida, e, segundo o mesmo, entre os principais parâmetros relativos a esgotos doméstico estão o nitrogênio e o fósforo.

O impacto mais comentado relacionado à presença de nitrogênio e de fósforo em corpos d'água é a eutrofização, que consiste no crescimento excessivo das plantas aquáticas causando prejuízos aos usos desejáveis do corpo d'água

Vários estudos vêm sendo realizados sobre a utilização de *wetlands* para tratar diferentes tipos de efluentes, principalmente esgoto doméstico. Os *wetlands* consistem em sistemas projetados para utilizar plantas aquáticas (macrófitas) em substratos (areia, solo, brita ou cascalho) promovendo a proliferação de uma porção de microorganismos capazes de quebrar matéria orgânica complexa, através de processos químicos, físicos e biológicos, em elementos mais simples que podem ser assimilados pelas plantas, realizando dessa forma o tratamento de águas residuárias.



Conforme observado por vários pesquisadores (VALENTIM, 2003; MAZZOLA, 2003; SILVA, 2007; OLIVEIRA, 2007; OLIVEIRA, 2008; MONTEIRO, 2009), esse sistema se mostra eficiente para redução dos valores de nitrogênio, fósforo, DBO, DQO, turbidez e sólidos sedimentáveis dos efluentes.

Os sistemas de tratamento de efluentes do tipo *wetland* são de baixo custo de implantação e manutenção, esse sistema não libera odores desagradáveis, e o emprego de macrófitas nos tanques lhe confere valor paisagístico, facilitando a aceitação da sociedade para o emprego do sistema em comunidades. Os *wetlands* artificiais, ou *wetlands* construídos, são divididos de acordo com tipo de escoamento, sendo: *wetlands* de escoamento superficial e *wetlands* de fluxo sub-superficial, estes, por sua vez, são divididos em função do tipo de fluxo em: horizontal, vertical ou híbrido. Se propõe neste trabalho montar e monitorar a eficiência de tratamento em alguns parâmetros de um sistema de tratamento de três tanques em série do tipo *wetland* de fluxo vertical descendente em escala de laboratório para avaliar a possibilidade de implantação desse tipo de sistema em comunidades isoladas.

2. Objetivo

Monitoramento de um sistema de tratamento do tipo *wetland* de fluxo vertical construído em escala laboratorial para avaliar a eficiência do tratamento de efluentes sanitários com enfoque na remoção dos nutrientes e carga orgânica, para possível aplicação em comunidades isoladas desprovidas de sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário.

3. Metodologia

Foi construído um sistema de tratamento utilizando três tanques de *wetlands* com volume médio aproximado de 2,86L, área superficial de 0,0676m² e aproximadamente 20cm de altura de material de recheio cada, associados em série e operando por batelada com TDH de 7 dias.

Os tanques receberam o mesmo material de recheio (cascalho, brita #1 e brita #2) e a mesma macrófita (*Eleocharis parvula*). A disposição dos materiais citados nos tanques é apresentada na Figura 01.

Os tanques foram projetados para que o sistema operasse por meio da gravidade e as amostras foram coletadas após a saída do efluente de cada tanque, como mostra a Figura 02.

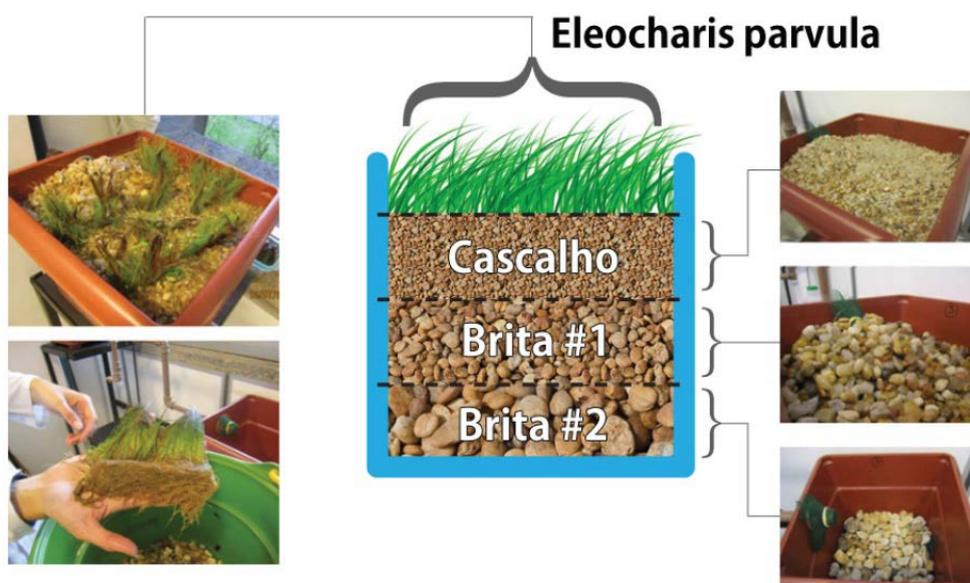


Figura 01 – Disposição do material de recheio e macrófitas nos tanques. Fonte: Autora, 2012.

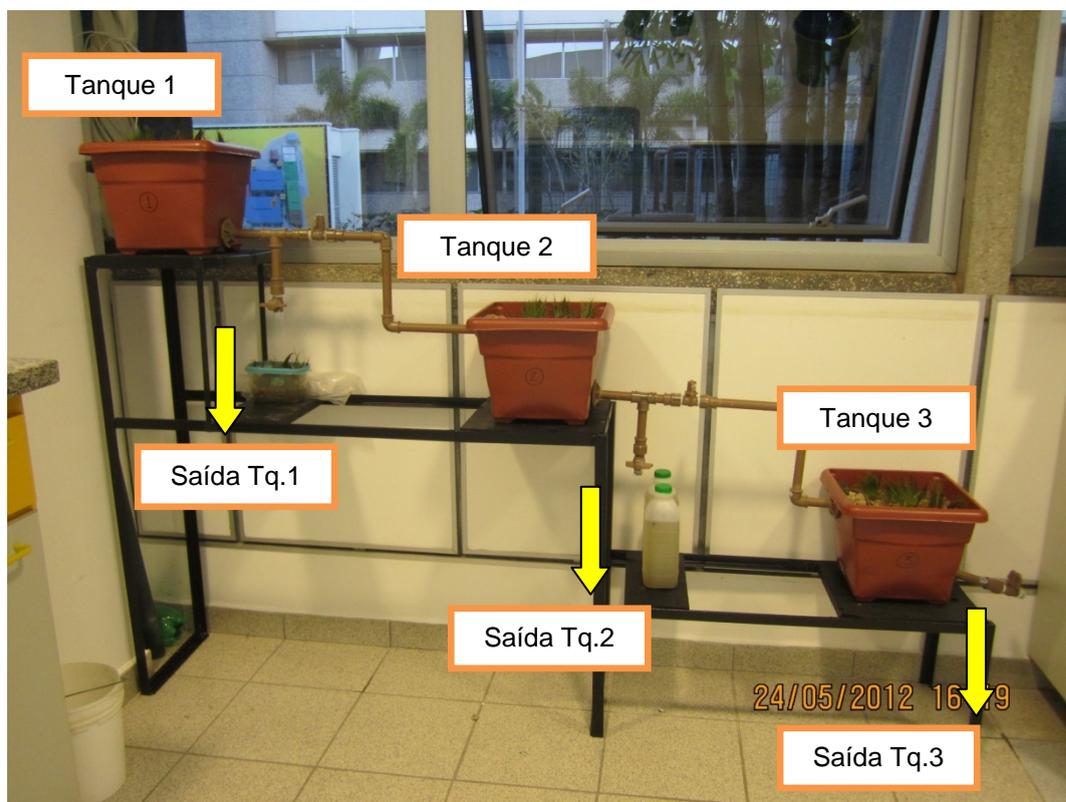


Figura 02 – Associação em série dos tanques de wetland. Fonte: Autora, 2012.

Os tanques foram alimentados com efluente proveniente do SENAC Campus Santo Amaro. Todas as amostras de efluente coletadas para o monitoramento foram realizadas no mesmo ponto, no topo de um reator UASB da Mizumo instalado no Campus, como mostra a Figura 03, após passar pelo separador trifásico. Portanto, o efluente utilizado já havia sofrido algum tipo de reação anaeróbia. Optou-se por trabalhar com esse efluente pois para o tratamento por wetlands é recomendado que o efluente esteja livre de sólidos grosseiros, sedimentáveis e flutuantes para evitar a colmatação do meio suporte (MONTEIRO, 2009). Mesmo assim, antes de ser aplicado, o efluente era submetido ao teste do cone Imhoff, e a parcela utilizada era aquela livre dos sólidos sedimentáveis no período de 1h.



Figura 03 – Funcionário coletando efluente no topo do reator UASB. Fonte: Autora, 2012.

O efluente era aplicado na parte superior dos tanques e coletado na parte inferior, conforme mostra a Figura 04.



Figura 04 – Localização da entrada e saída de fluxo nos tanques. Fonte: Autora, 2012.

As análises foram realizadas no mesmo dia em que as amostras foram coletadas. Os parâmetros analisados durante o monitoramento foram: sólidos sedimentáveis, DBO, fosfato, N- amoniacal, nitrito, nitrato, pH, coliformes totais e coliformes fecais e as análises foram conduzidas de acordo com a APHA Standart Methods.



Antes do início das análises os tanques receberam uma carga teste de efluente diluído a 4% tanto para observar a reação das plantas quanto como adaptação das mesmas.

O sistema de tratamento teve início de operação no dia 30/05/2012 e foram realizadas 32 análises de monitoramento referentes a 8 ciclos de aplicação de carga. Cada ciclo se inicia com a aplicação do efluente no Tanque 1, onde permanecerá por 7 dias, em seguida o efluente é direcionado ao Tanque 2 também com detenção de 7 dias e segue encaminhado para o Tanque 3, também com 7 dias de detenção, e se encerra com a saída do efluente no Tanque 3. Portanto, o período total de permanência do efluente no sistema em cada ciclo é de 21 dias.

Os ciclos 1, 2 e 3 receberam efluente diluído a 10%, os ciclos 4 e 5 receberam efluente diluído a 25%, os ciclos 6 e 7 receberam efluente diluído a 50% e o ciclo 8 recebeu efluente bruto.

4. Resultados e Discussão

Devido ao fato dos ciclos terem recebido efluente em diferentes concentrações a análise dos resultados será apresentada em base relativa, com algumas ressalvas onde a análise será feita com base nos valores absolutos dos resultados.

Os resultados de entrada e saída do efluente no Tanque 2 referentes ao ciclo 4 de aplicação foram invalidados devido a mistura parcial da amostra com o efluente de entrada no Tanque 1. A análise dos resultados para esse ciclo foi feita utilizando somente o critério de análise de fronteira, ou seja, comparação entre os valores de entrada do efluente e os valores do mesmo na saída do Tanque 3.

Os demais resultados serão apresentados utilizando o critério de análise de fronteira do sistema com comentários sobre eficiência isolada de cada tanque quando pertinente.



DBO:

A eficiência de remoção de DBO podem ser observadas na Tabela 01.

Tabela 01 – Eficiência de remoção de DBO nos ciclos

Ciclo	Valor de Entrada no Tanque 1 (mg/L)	Eficiência do Sistema (%)
1	147	67,2
2	39	0,9
3	202	93,4
4	59	80,8
5	58	63,0
6	19	9,2
7	15	-245,8
8	22	58,9

Fonte: Autora, 2012

Com exceção do ciclo 7, os demais apresentaram redução no valor de DBO, porém com grande variação (0,9 a 93,4%).

A maior taxa de redução ocorreu no ciclo 3 (93,4%) e observa-se que nos ciclos seguintes houve redução gradativa do potencial de redução até que no ciclo 7 o valor final de DBO foi maior que o valor de entrada no sistema, provavelmente devido a diluição de sólidos solúveis que encontravam-se aderidos no meio suporte na carga.

A Resolução CONAMA nº430 de 2011 estabelece que os efluentes somente poderão ser lançados caso haja redução mínima de 60% de DBO, assim, baseando-se na eficiência global do sistema, dos 8 ciclos de análise 4 estariam de acordo com a legislação para lançamento de efluentes.

Turbidez:

Logo na saída do Tanque 1 o valor de turbidez nos ciclos alcançou 0,02 NTU, e este valor manteve-se durante todo o ciclo de tratamento, o que indica que o material de



recheio adotado não contribuiu para aumento de turbidez do efluente e que os materiais orgânicos liberados pelas raízes das macrófitas também não impactaram nesse parâmetro.

O fato de que no decorrer dos ciclos nenhuma amostra apresentou valor final de turbidez maior do que os valores de entrada indica que não houve saturação do sistema em relação à adsorção de sólidos.

pH:

O pH não sofreu grandes alterações, mantendo-se próximo a faixa de neutralidade, variando entre 6 e 8. O ciclo que apresentou maior variação no pH foi o ciclo 8, onde foi aplicado efluente bruto no sistema. A Tabela 02 apresenta a variação.

Observa-se o aumento gradativo do pH durante o período de análise do oitavo ciclo de carga.

Tabela 02 – Variação do valor de pH durante o ciclo 8

Parâmetro	Valor do Efluente	Valor de Saída	Valor de Saída	Valor de Saída
	Bruto	no TQ 1	no TQ 2	no TQ 3
pH	6,7	6,8	7,3	7,8

Fonte: Autora, 2012.

Como a Resolução CONAMA nº430 de 2011 estabelece que para o lançamento de efluentes o pH deve encontrar-se entre 5 e 9, todos os ciclos atenderiam o padrão.



Coliformes Totais:

As análises de coliformes foram realizadas utilizando metodologia Colilert®.

O primeiro ciclo não apresentou redução do NMP/100mL (número mais provável) de coliformes totais, o valor de entrada manteve-se ao longo do sistema. A variação não pôde ser medida provavelmente por conta da concentração da amostra utilizada, assim, nos ciclos subsequentes foi aplicada maior diluição da amostra para a análise de coliformes para que pudesse ser apurado o percentual de redução do sistema. Os resultados são apresentados na Tabela 03 a seguir.

Tabela 03 – Eficiência na redução de NMP/100mL de coliformes totais

Ciclo	Valor de Entrada no Tanque 1 (NMP)	Eficiência do Sistema (%)
1	$2,0 \times 10^3$	0
2	$2,0 \times 10^3$	58,45
3	$2,0 \times 10^3$	52,75
4	$2,0 \times 10^3$	92,5
5	$2,0 \times 10^3$	97,35
6	$2,0 \times 10^3$	99
7	$2,0 \times 10^3$	99
8	$1,65 \times 10^3$	96,8

Fonte: Autora, 2012.

Nos ciclos 2 e 3 a redução do parâmetro ficou entre 50 e 60% e a partir do ciclo 4 a eficiência global manteve-se maior que 90%, atingindo 99% de eficiência nos ciclos 6 e 7.



Coliformes Fecais:

Assim como na análise de coliformes totais, foi utilizada metodologia Colilert®.

No final do sistema de tratamento 7 dos 8 ciclos apresentaram 100% de eficiência na remoção de coliformes, conforme pode ser observado na Tabela 04.

Tabela 04 - Eficiência na redução de NMP/100mL de coliformes fecais

Ciclo	Valor de Entrada no Tanque 1 (NMP)	Eficiência do Sistema (%)
1	20000	100
2	1780	100
3	420	99,5
4	14000	100
5	1800	100
6	2000	100
7	310	100
8	100	100

Fonte: Autora, 2012.

Em todas as amostras os valores de saída ficam abaixo de 200 NMP por amostra de 100 mL, portanto atendendo ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA n°430 de 2011.

Sólidos Sedimentáveis:

Em todos os ciclos o valor de saída para o parâmetro foi menor ou igual a 1 mL/L. Esse valor está dentro do definido pelo CONAMA n°430 de 2011 para o parâmetro, quês estabelece o limite de 1mL/L. A Figura 05 apresenta os valores de saída para o parâmetro e a Tabela 05 apresenta a eficiência do sistema.

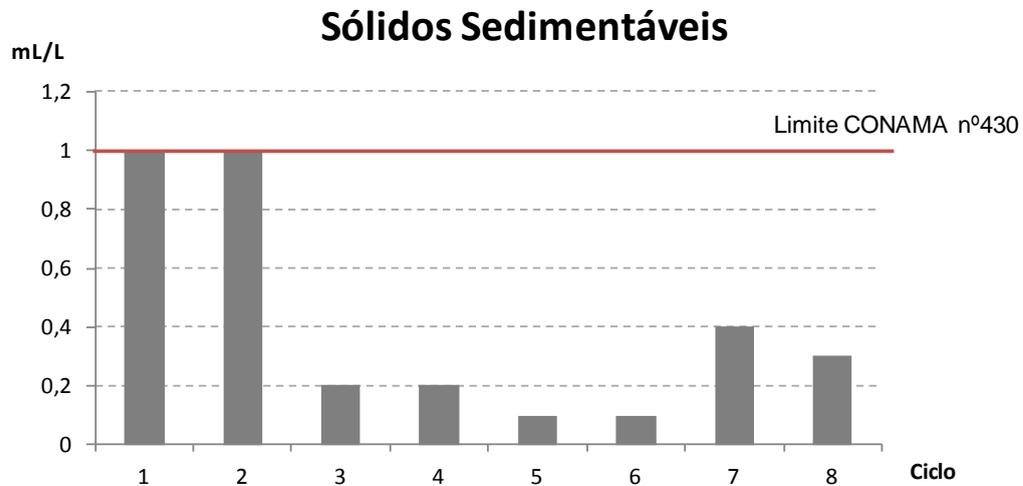


Figura 05 – Quantificação dos Sólidos Sedimentáveis na saída do sistema. Fonte: Autora, 2012.

Tabela 05 – Eficiência do sistema na remoção de sólidos sedimentáveis

Ciclo	Valor de Entrada no Tanque 1 (mL/L)	Eficiência do Sistema (%)
1	1,7	41,2
2	1,3	23,1
3	2	90
4	8	97,5
5	20	99,5
6	57	99,8
7	5	92
8	0,6	50

Fonte: Autora, 2012.

Observa-se que o sistema alcançou em 5 dos 8 ciclos valores de eficiência maiores que 90%.

Os sólidos contabilizados na saída eram resíduos provenientes do material de recheio utilizado, como demonstra a Figura 06 a seguir.

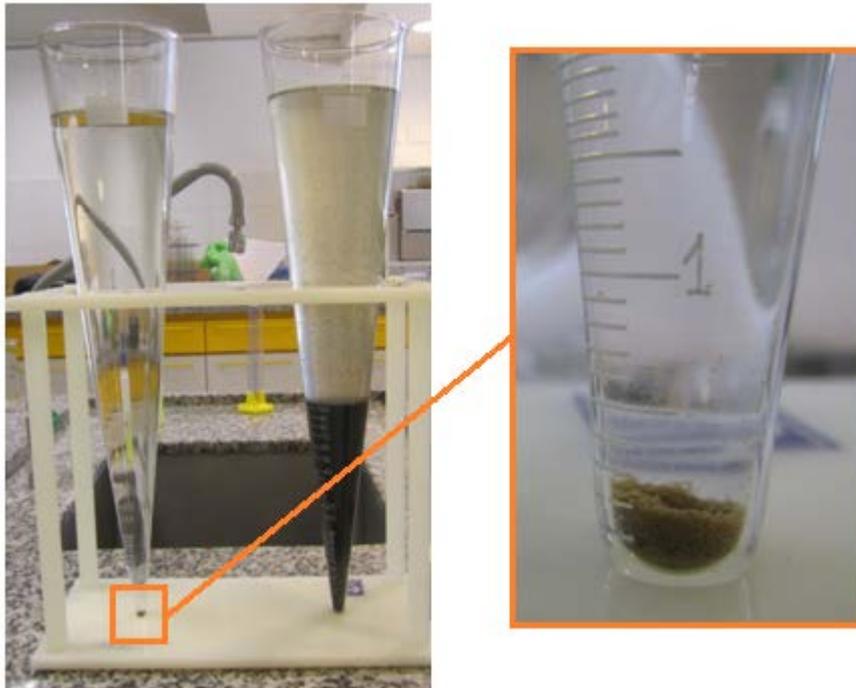


Figura 06 – Sólidos sedimentáveis na saída do sistema. Fonte: Autora, 2012.

Fosfato:

Com exceção dos ciclos 3 e 4 os demais apresentaram redução no valor de fosfato, variando entre 68,9% e 90,5%, conforme pode ser observado na Tabela 06.



Tabela 06 – Eficiência do sistema na remoção de fosfato

Ciclo	Valor de Entrada no Tanque 1 (mg/L)	Eficiência do Sistema (%)
1	13	90
2	4,5	68,9
3	0,6	-316,7
4	4,8	-120,8
5	9,5	90,5
6	16,2	84,6
7	22,5	88
8	16,8	88,1

Fonte: Autora, 2012.

Observa-se que em 5 dos 8 ciclos a eficiência do sistema foi acima de 80%.

A Resolução CONAMA nº430 de 2011 estabelece que o limite para fósforo total para o lançamento de efluentes é de 0,15mg/L para ambiente lóticos de Classe III, dessa forma, a parcela de fosfato deve ficar ainda abaixo desse valor. Apesar de ter atingido eficiência de remoção próxima a 90% em 5 dos 8 ciclos, todos os valores de saída para fosfato foram elevados, como pode ser observado na Tabela 07.

Tabela 07 – Redução de fosfato em valores absolutos

Ciclo	Valor de Entrada no Tanque 1 (mg/L)	Valor de Saída no Tanque 3 (mg/L)
1	13	1,3
2	4,5	1,4
3	0,6	2,5
4	4,8	10,6
5	9,5	0,9
6	16,2	2,5
7	22,5	2,7
8	16,8	2,0

Fonte: Autora, 2012.

A Figura 07 ilustra a concentração de fosfato nas amostras conforme residência do efluente no sistema após aplicação de reagentes para leitura do valor no espectrofotômetro. Cores mais fortes indicam maiores concentrações de fosfato na amostra. A substância utilizada como Padrão Branco é água destilada.



- 1 – Amostra de efluente na entrada do Tanque 1
- 2 – Amostra de efluente na saída do Tanque 1/ Entrada Tanque 2
- 3 – Amostra de efluente na saída do Tanque 2/ Entrada Tanque 3
- 4 – Amostra de efluente na saída do Tanque 3
- 5 – Padrão Branco

Figura 07 – Cubetas com amostras e reagentes para leitura no espectrofotômetro.

Fonte: Autora, 2012.

Pode-se dizer que houve consumo do nutriente pelas macrófitas uma vez que foi observado crescimento e surgimento de brotos da planta e é nessa fase que Valentim (2003) afirma que ocorre a absorção do nutriente pelas macrófitas. Porém acredita-se que este valor seja mínimo uma vez que as datas do surgimento de brotos não coincidem com as de maior remoção do nutriente. Logo, atribui-se a maior remoção à adsorção pelo material filtrante e/ou à incorporação junto aos microorganismos, conforme observado por Silva (2007).



Nitrito e Nitrato:

Para ambos os parâmetros com exceção do ciclo 1 os demais apresentaram redução nos valores de saída em relação ao efluente de entrada, sendo que para o nitrito a redução variou entre 45% e 97% e para o nitrato ficou entre 67% e 88%.

Os valores dos parâmetros nos efluentes brutos em todos os ciclos (ressalva para o valor de entrada do ciclo 4 que não pode ser medido por estar fora do limite de detecção do aparelho) já se encontravam abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº430 de 2011, que define máximo de 1mg/L para o nitrito e 10 mg/L para o nitrato.

Nitrogênio Amoniacal:

Todos os ciclos apresentaram redução nos valores de nitrogênio amoniacal, sendo que em 7 dos 8 ciclos o percentual de redução foi superior a 90% conforme apresentado na Tabela 07

Tabela 07 – Eficiência do sistema na remoção de nitrogênio amoniacal

Ciclo	Valor de Entrada no Tanque 1 (mg/L)	Eficiência do Sistema (%)
1	9,4	98,6
2	3,7	93,8
3	2,8	95,3
4	3,3	96,9
5	3,0	94,3
6	2,3	94,7
7	13,0	98,6
8	0,6	73,2

Fonte: Autora, 2012.



Como a Resolução CONAMA nº430 de 2011 não exige atendimento aos padrões de lançamento para Efluente de Sistema de Tratamento de Esgoto Sanitário, os resultados obtidos serão comparados com o que era estabelecido pela Resolução CONAMA nº357 de 2005, anterior a atual.

Com a redução alcançada os efluentes de todos os ciclos se enquadrariam no padrão de lançamento para corpos d'água doces de Classe I.

A Figura 08 ilustra a concentração de nitrogênio amoniacal nas amostras conforme residência do efluente no sistema após aplicação de reagentes para leitura do valor no espectrofotômetro. Cores mais fortes indicam maiores concentrações na amostra. A substância utilizada como Padrão Branco é água destilada.



- 1 – Amostra de efluente na entrada do Tanque 1
- 2 – Amostra de efluente na saída do Tanque 1/ Entrada Tanque 2
- 3 – Amostra de efluente na saída do Tanque 2/ Entrada Tanque 3
- 4 – Amostra de efluente na saída do Tanque 3
- 5 – Padrão Branco

Figura 08 – Cubetas com amostras e reagentes para leitura no espectrofotômetro.

Fonte: Autora, 2012.

Macrófitas:

Com o passar do tempo durante o período de análise as macrófitas do Tanque 1 cresceram mais vigorosamente em relação às macrófitas dos Tanques 2 e 3, e aparentavam melhor aspecto. Em todos os ciclos e para todos os parâmetros observou-se eficiência superior do Tanque 1 em relação ao Tanque 2 e muito superior ao Tanque 3. Acredita-se que as grandes taxas de redução de nutrientes no primeiro Tanque tenha prejudicado o crescimento das macrófitas nos Tanques seguintes. A Figura 09 apresenta um comparativo do aspecto das macrófitas no início das análises e no final.

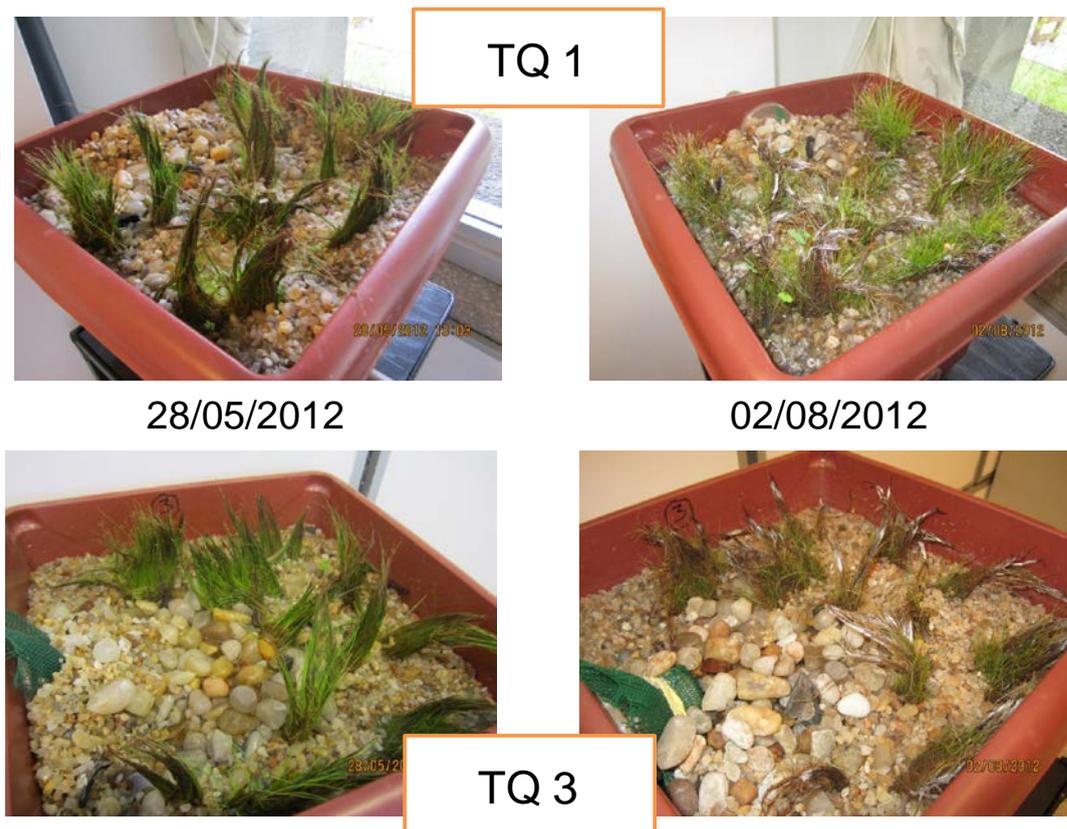


Figura 09 – Comparativo das plantas dos Tanques 1 e 3 no início e no final do período de análises. Fonte: Autora, 2012.



Além disso, o volume de efluente diminuía conforme percorria o sistema devido ao consumo pelas macrófitas e às taxas de evapotranspiração, logo, em alguns períodos, o volume de efluente que chegava ao Tanque 3 era muito baixo, o que contribuiu para a deterioração das macrófitas uma vez que são plantas características de locais com elevada oferta de hídrica.

5. Conclusões

Apesar de ter alcançado valores elevados de remoção para fosfato (até 90%), a concentração do mesmo ainda encontra-se muito acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº430 de 2011, que define 0,15mg/L para ambiente lóticos de Classe III. Vale lembrar que para a redução de fosfato a concentrações determinadas por lei, usualmente é empregado tratamento terciário do efluente, operação também chamada de polimento, que constitui etapa avançada no processo de tratamento.

O sistema apresentou valores satisfatórios de redução de concentração para nitrito e nitrato e valores elevados para o nitrogênio amoniacal (valores acima de 90%), estando os valores de saída dentro do estabelecido para o lançamento de efluentes em corpos d'água de Classe I.

O sistema obteve 100% de remoção de coliformes fecais em todos os ciclos.

Dentre os parâmetros analisados, apenas os valores de fosfato não se enquadram nos padrões de lançamento, assim, pode-se concluir que o uso de sistemas wetland para tratamento de efluentes domésticos em comunidades isoladas contribuiria para a melhora das condições sanitárias e de qualidade dos corpos d'água.



Referências

Brasil. Resolução CONAMA nº357 de 18 de março de 2005.

Brasil. Resolução CONAMA nº430 de 13 de maio de 2011.

HIRATA, Ricardo; VIVIANI LIMA, Juliana Baitz; HIRATA, Haroldo, A água como recurso In: TEIXEIRA, Wilson; FAIRCHILD, Thomas; TOLEDO, M.Cristina Motta de; TAIOLI, Fábio, Decifrando a Terra, São Paulo, Companhia Editora Nacional, 2ª edição, 2009.

MAZZOLA, Marcelo, Uso de leitos cultivados de fluxo vertical por batelada no pós-tratamento de efluente de reator anaeróbico compartimentado, Campinas, dissertação de mestrado da UNICAMP, 2003.

MONTEIRO, R.C.M., Viabilidade técnica do emprego de sistemas tipo “wetlands” para tratamento de água cinza visando o reuso não potável, São Paulo, dissertação de mestrado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, Anderson S.; VIDAL, Carlos Magno de Sousa, Caracterização e avaliação da potencialidade de sistemas “wetland” para o tratamento do efluente do viveiro da empresa Votorantim Celulose e Papel, VI Semana de Estudos da Engenharia Ambiental, Campus Irati, de 2 a 5 de Junho de 2008.

OLIVEIRA, João Miguel da Silva Campos, Diagnóstico e otimização do tratamento de águas residuárias em leitos de macrófitas, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007.

PHILIPPI JR., Arlindo & MALHEIROS, Tadeu Fabrício. Águas Residuárias: visão de Saúde Pública e Ambiental in: PHILIPPI JR., Arlindo, Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável, Barueri, SP: Manole, 2005.

SILVA, Selma Cristina da, 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 – Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2007.



VALENTIM, Marcelus Alexander Acorinte, Desempenho de leitos cultivados para tratamento de esgoto: contribuições para concepção e operação, Campinas, tese de doutorado da UNICAMP, 2003.

VON SPERLING, Marcos, Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, vol.1, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.