

TRATAMENTO DE ESGOTOS DE ATERRO SANITÁRIO EM SISTEMA ALTERNATIVO DE EFLUENTES USANDO FOSSA SÉPTICA + FILTRO ANAERÓBIO + WETLAND

Pedro Alves da Silva Filho¹

Ronaldo Stefanutti²

Endereço⁽¹⁾: Rua Desembargador José Gomes da Costa, 1887 – Cond. Sol e Mar, apto 102 Bl. B – Capim Macio – Natal/RN - CEP: 59082-140 - Brasil - Tel: +55 (84) 99149457/99549646 - e-mail: pedroasilva@yahoo.com.br.

RESUMO

O presente trabalho enfocará a eficiência de fossas sépticas seguidas de filtros anaeróbios ascendentes, e tendo como pós-tratamento o uso de sistemas wetlands construídos, tratando efluentes de um aterro sanitário no nordeste brasileiro, mas precisamente na sede do município de Lagoa D'Anta/RN. Avaliou-se o comportamento das principais características pertinentes a essa modalidade de tratamento tais como concentrações afluentes e efluentes de DBO, DQO, coliformes termotolerantes, pH, temperatura e nutrientes (N e P). Utilizou-se a palma forrageira (*Opuntia ficus*), abacaxi (*Ananas comosus*) e mamona (*Ricinus communis*) como vegetações cultivadas em wetlands. A pesquisa mostrou que o abacaxi mostrou melhor eficiência em termo de remoção de nutrientes e o sistema mostrou elevada eficiência na remoção de coliformes termotolerantes, DBO e DQO.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência operacional, Fossa séptica, Filtro anaeróbio ascendente, wetland.

INTRODUÇÃO

O tanque séptico é um dispositivo de tratamento primário de esgoto que surgiu no século XIX na França, quando Jean Louis Mouras observou que o volume de sólidos acumulado por mais de uma década em um tanque de alvenaria era muito menor do que ele havia imaginado. Baseando-se nas descobertas de Pasteur, ele acreditava que a redução no volume da matéria sedimentável era decorrente da atividade bacteriana que produzia liquefação e gaseificação dos sólidos orgânicos, em ambiente anaeróbio, num processo denominado de fermentação (ANDRADE NETO, 1997).

O filtro anaeróbio é um tipo de reator empregado no tratamento de esgotos que se caracteriza pela presença de um material suporte estacionário e inerte no qual a biomassa adere-se ou fica retida nos interstícios, formando um biofilme que degrada o substrato contido na água residual. No Brasil, o filtro anaeróbio começou a ser aplicado na década de 1970, apresentando bons resultados no tratamento de despejos industriais. Para tratamento de esgotos sanitários, tornou-se mais popular a partir de 1982, quando a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) incorporou diretrizes básicas para projeto e construção de filtros anaeróbios, incentivando o seu uso associado aos tanques sépticos como unidade de pós-tratamento de efluentes (NBR 7229/82).

¹ Engenheiro Civil e Sanitarista -UFRR (2000). Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2007). Doutorando em engenharia civil e saneamento ambiental – UFC. Professor assistente do curso de engenharia civil da UFRR.

² Engenheiro agrônomo. Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo – USP. Professor da Universidade Federal do Ceará-UFC.

O filtro anaeróbio ascendente é basicamente uma unidade de contato, na qual os esgotos passam através de uma massa de sólidos biológicos contidos dentro do reator. A biomassa retida no reator pode se apresentar em três formas distintas (CHERNICHARO, 1997):

- Na forma de uma fina camada de biofilme aderido às superfícies do material suporte;
- Na forma de biomassa dispersa retida nos interstícios do material suporte; e,
- Na forma de flocos ou grânulos retidos no fundo falsos, abaixo do material suporte.

O objetivo da pesquisa está alicerçado em identificar a eficiência da técnica de pós-tratamento por meio de wetlands. As vegetações utilizadas serão: palma gigante (*Opuntia ficus-indica*), abacaxi (*Ananas comosus*) e mamoneira (*Ricinus communis*), tendo como justificativa o ineditismo do cultivo dessa vegetação usando lixiviados de aterro sanitário pré-tratados oriundos de fossas sépticas e filtros anaeróbios, como também verificar a eficiência do sistema de tratamento de esgoto para os parâmetros de DBO, DQO, Coliformes Termotolerantes e nutrientes (N e P).

METODOLOGIA

Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo compreende o município de Lagoa D'Anta, no estado do Rio Grande do Norte (Brasil). O município de Lagoa D'Anta situa-se na microrregião do Agreste Potiguar, abrangendo uma área Territorial de 105,65 km², distante da capital cerca de 102 km, sendo seu acesso, a partir de Natal, efetuado através das rodovias pavimentadas RN 093 e BR 226.

A ETE faz parte do aterro sanitário municipal e é gerenciada pela CAERN (Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte), órgão responsável pela gestão de água e esgoto do estado do Rio Grande do Norte, sendo a ETE composta de fossa séptica, seguido de filtro anaeróbio de fluxo ascendente e pós-tratamento feito com o uso de wetlands. As características físicas do sistema em estudos estão apresentadas na Tabela 1.

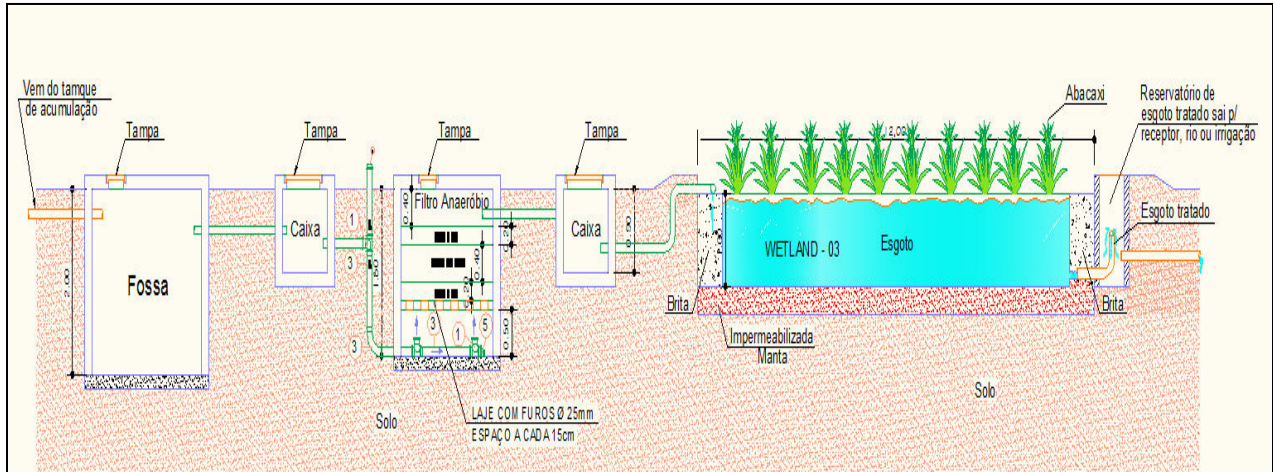
O sistema de tratamento recebe todo o lixiviado gerado no aterro sanitário e de esgoto doméstico de uma fossa séptica usada pela administração do aterro e funcionários. Este aterro encontra-se na terceira célula aberta, tipo trincheira, tratando todos os resíduos sólidos gerados no respectivo município e com idade de 05 anos de operação. A população de contribuição é de 3.800 habitantes e o per capita usado para o dimensionamento do aterro foi de 0,50 kg/hab.dia. O sistema de pós-tratamento é por meio de wetlands, sendo utilizadas três unidades, conforme dimensões supracitadas na Tabela 01. Foi utilizado para cada wetlands vegetações diferenciadas: palma forrageira (*Opuntia ficus – indica (L.Mill)*), abacaxi (*Ananas comosus*) e mamona (*Ricinus communis*), conforme detalha as Figuras 1 e 2. O objetivo do uso de vegetações diferenciadas é averiguar a melhor eficiência no que refere a remoção de DBO, DQO, Coliformes e Nutrientes (N e P), e também verificar a aceitabilidade dessa reserva hídrica aos vegetais pesquisados, uma vez que no nordeste é comum encontrar nas épocas de fortes estiagens essas três variedades de vegetais. Os wetlands tem uma altura de lamina d'água de 1,00m intercalados por camada de brita 04 (60cm) e argila (40cm) na parte superior, e afluente ao sistema um anteparo feito de tela com o objetivo de evitar a entrada de sólidos grosseiros ao sistema. As fossas sépticas em alvenaria e concreto armado (tampa) e os filtros anaeróbios de fluxos ascendentes, tiveram como material de enchimento o uso de brita 4, intercalados entre duas camadas de 20cm, com uma camada de quenga de coco (40cm).

TABELA 1: Características físicas da ETE Aterro Sanitário – Lagoa D'Anta/RN.

| Dados/Tipos | Fossa Séptica | Filtro Anaeróbio | Wetlands | | |
|--------------------------|---------------|------------------|----------|---------|--------|
| | | | 01 | 02 | 03 |
| Área(m ²) | 4,50 | 3,60 | Palma | Abacaxi | Mamona |
| Volume (m ³) | 9,00 | 6,48 | | | |
| Comprimento (m) | 2,50 | 2,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Largura (m) | 1,80 | 1,80 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Profundidade (m) | 2,00 | 1,80 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Quantidade (unid.) | 1,00 | 1,00 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

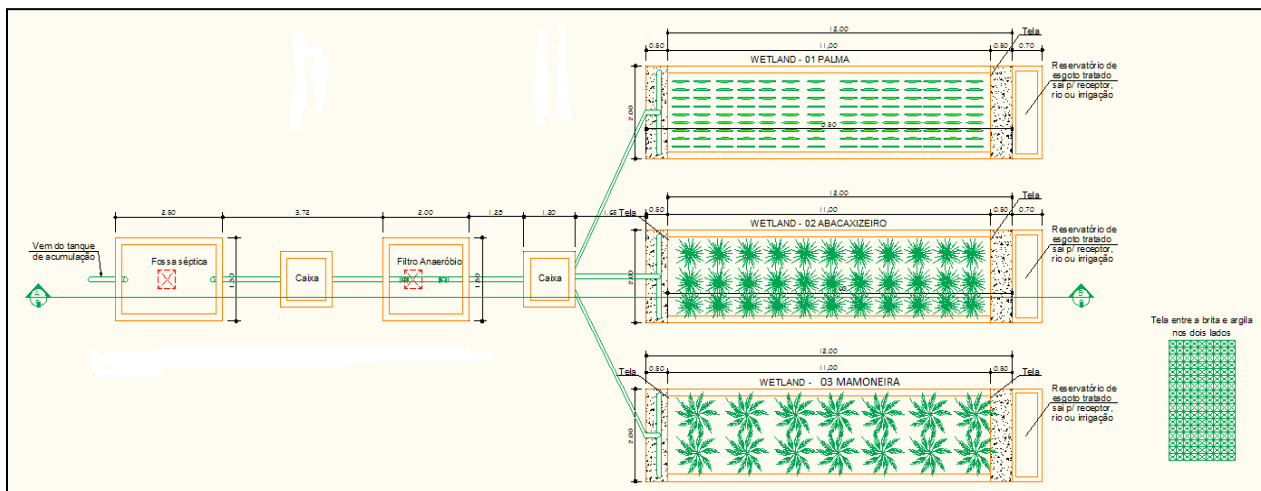
A pesquisa em escala experimental teve início em Abril/2011 e término em Outubro/2011, ou seja 07 (sete) meses de aplicação e acompanhamento da vegetação nos wetlands. É nesta etapa, que foi retirada amostra do solo para acondicionamento nos respectivos wetlands, tendo este classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, distrófico típico, a fraco, textura média, fase caatinga hipoxerófila, relevo em declive a ondulado suave (EMBRAPA, 1999; EMBRAPA/SUDENE, 1979).

Figura 1: Corte esquemático do sistema estudado.



As mudas foram distribuídas nas parcelas em função dos espaçamentos experimentais ao longo do wetland, na quantidade adequada em função do espaçamento a seguir: 11 fileiras de 04 cladódios (1,00m x 0,50m), para o wetland 02 – abacaxi, foram plantadas 06 fileiras de 02 abacaxis (2,00m x 1,00m); para o wetland 03 – mamona, foram plantadas 12 fileiras de 03 mudas de mamonas (1,00m x 0,50m). Para o wetland 01, as raquetes foram plantadas dentro das galerias dos wetlands, dispostas uma após a outra, sobrepostas (como carta de baralho) as raquetes com as faces voltadas para o sol, com espaçamento de 50cm entre plantas e 1,0m entre linhas, distanciadas conforme o espaçamento definido para cada tratamento e com 20cm do seu comprimento enterradas ao solo. Para o wetland 02-03 foram plantadas mudas, com idades de 01 mês cada.

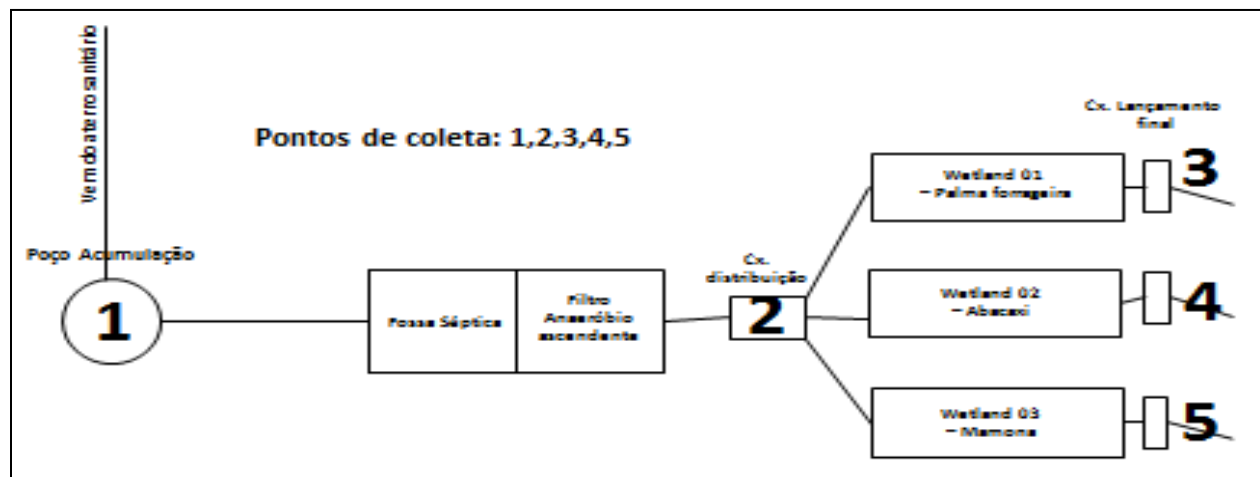
Figura 2: Croqui esquemático da ETE estudada – ETE Aterro – Lagoa D’Anta/RN.



Durante a condução do experimento, foram realizadas duas capinas, tanto a primeira, quanto a segunda com o uso de cutelo e capina manual na entrelinha de plantio, para manter a cultura sempre livre de plantas invasoras, bem como de pragas e doenças. Este período de limpeza deu-se aos 60 e 120 dias após o plantio. A frequência de aplicação do esgoto pré-tratado nos wetlands foi contínuo. Para os efluentes brutos, as coletas foram feitas na entrada ao sistema (tanque de acumulação) e para os efluentes pré-tratados, os pontos de coleta foram feitos na caixa de distribuição para cada wetland e nas saídas de cada wetland. A Figura 3 detalha os pontos de coleta.

Nos wetlands as coletas foram retiradas com seringas plásticas de 200 mL, acondicionadas em caixa plástica em frasco de volume de 300mL, sob temperatura de aproximadamente 4°C, e depois encaminhados ao Laboratório de Monitoramento da Qualidade de Águas e Efluentes – CAERN, em Natal/RN, para análises físico-química e bacteriológica das amostras.

Figura 3: Detalhe e localização dos pontos de coleta das amostras.



As amostras coletadas permitiram avaliar a eficiência do tratamento usando as respectivas vegetações supracitadas como meio filtrante no sistema de pós-tratamento e a características do efluente final nos sistemas de lançamento de efluentes dos wetlands quanto aos parâmetros, descritos na Tabela 2.

TABELA 2: Parâmetros físico - químico e bacteriológico, métodos usados e referências.

| Parâmetros | Unid. | Método | Ref. |
|-------------------|-------------|-------------------------------|---------------------|
| pH | - | Potenciométrico/Eletrométrico | APHA et. al. (1998) |
| Temperatura | (°C) | Termômetro de mercúrio | APHA et. al. (1998) |
| C.Termotolerantes | (UFC/100mL) | Membrana de filtração | APHA et. al. (1998) |
| DBO | (mg/L) | Frascos padrões | APHA et. al. (1998) |
| DQO | (mg/L) | Refluxação fechada | APHA et. al. (1998) |
| Nitrogênio Total | (mg/L) | - | APHA et. al. (1998) |
| Fósforo Total | (mg/L) | - | APHA et. al. (1998) |

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No Quadro 1 estão apresentados os resultados dos valores médios dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, bem como os indicadores de eficiência da unidade de tratamento de esgoto, durante o período de monitoramento que compreendeu Abril/2011 a Outubro de 2011, tendo como pós-tratamento o uso da técnica de wetlands e três

variedades de vegetais: palma forrageira, abacaxi e mamona. Os gráficos 01 a 06 mostram o comportamento dos parâmetros de temperatura, pH, DBO, DQO, Coliformes e Nutrientes (N e P) ao longo do período de estudo.

QUADRO 1: Valores médios dos parâmetros físico-químico e bacteriológico do efluente do tanque séptico + filtro anaeróbio + wetlands.

| Parâmetros | Unid | Ponto (1) | Ponto (2) | Ponto (3) | Ponto (4) | Ponto (5) |
|--------------------|---------------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Temp. | °C | 28,00 | 29,14 | 29,00 | 29,00 | 29,14 |
| Variação | | 28,00 | 28,00 - 30,00 | 29,00 - 30,00 | 28,00 - 30,00 | 29,00 - 30,00 |
| pH | | 6,78 | 7,34 | 7,20 | 7,19 | 7,16 |
| Variação | | 6,50-6,90 | 7,20 – 7,38 | 7,10 – 7,35 | 7,10-7,25 | 7,10-7,21 |
| DBO | mg/L | 829,71 | 392,71 | 128,14 | 106,00 | 128,43 |
| Efic. (%) | | | 52,66 | 84,55 | 87,22 | 84,52 |
| DBO | mg/L | 1485,57 | 584,71 | 189,00 | 129,29 | 141,00 |
| Efic. (%) | | | 60,64 | 87,27 | 91,29 | 90,50 |
| Nit.. Total | mg/L | 31,59 | 25,82 | 15,12 | 13,62 | 16,44 |
| Efic. (%) | | | 18,26 | 52,13 | 56,88 | 47,95 |
| P Total | mg/L | 7,57 | 7,34 | 7,01 | 6,95 | 7,09 |
| Efic. (%) | | | 3,08 | 7,39 | 8,19 | 6,34 |
| Coliformes | UFC/ 100mL | 5,07E+07 | 6,46E+06 | 1,69E+03 | 9,37E+02 | 2,34E+03 |
| Eficiência (%) | | | 87,25 | 99,99 | 99,99 | 99,99 |

Ponto (1) = Esgoto afluyente a ETE; Ponto (2) = Esgoto efluentes do sistema (fossa séptica + filtro anaeróbio); Ponto (3) = Esgoto efluente do wetland 01; Ponto (4) = Esgoto efluente do wetland 02 e Ponto (5) = Esgoto efluente wetland 03.

Para os parâmetros analisados, temos as seguintes discussões acerca dos resultados encontrados:

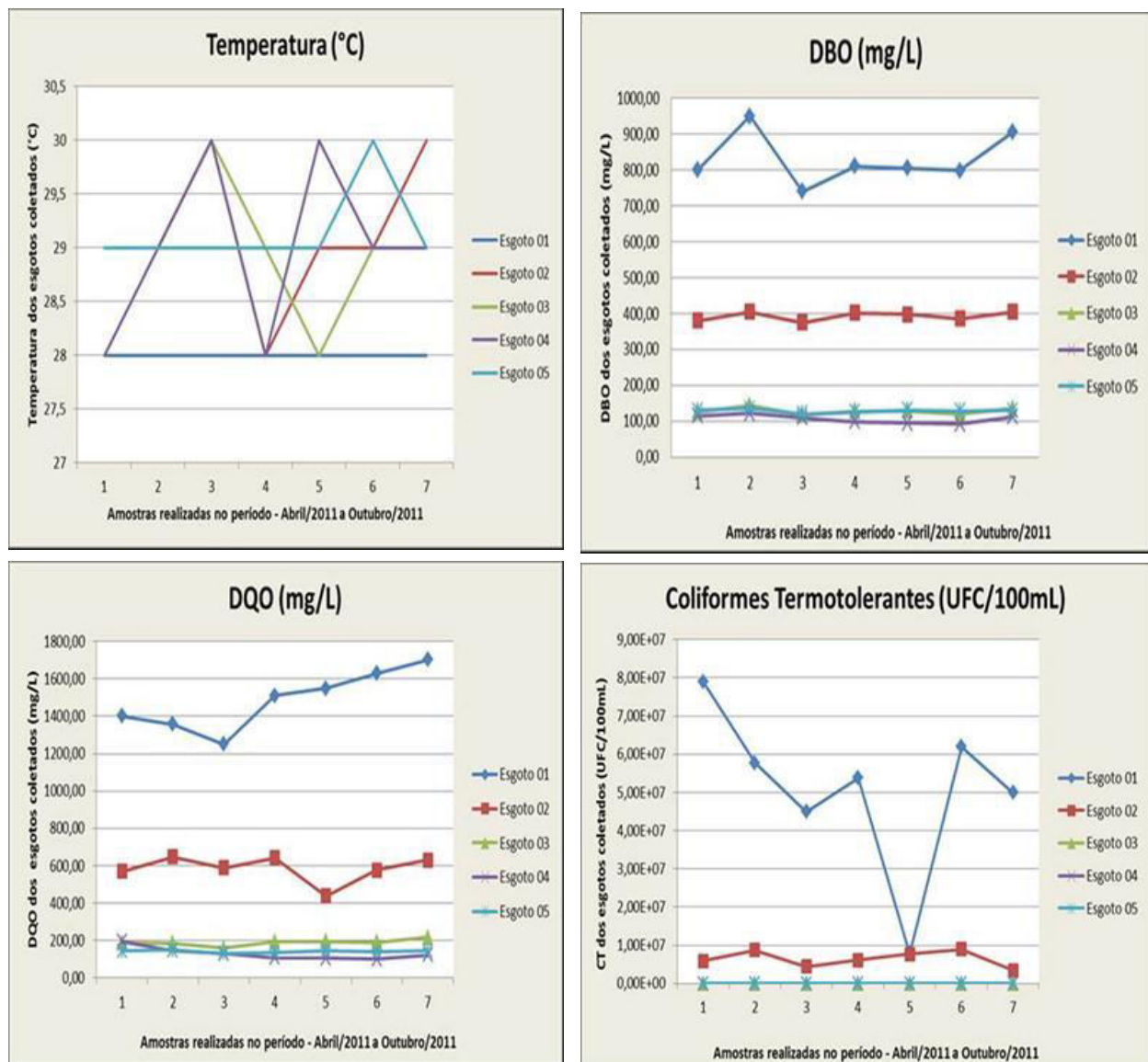
a) Temperatura (T): A temperatura na ETE Aterro sofreu pequenas variações no sistema, apresentando temperaturas médias de 28,00°C a 30°C, com menor valor para o esgoto afluyente e maior para o esgoto efluente nos wetlands. O valor médio está em conformidade com a temperatura da região litorânea do Brasil, que é entre 26°C a 29°C, para o esgoto bruto afluyente ao sistema e a temperatura de 30°C, na saída dos wetlands, deve-se a característica local, com predominância de insolação média de 29°C a 35°C, durante os meses que o sistema foi monitorado, bem como a exposição do efluente ao sol e a pequena profundidade da lamina d'água nos wetlands, propiciando esse aumento de temperatura. O horário de coleta das amostras oscilou sempre entre 8:00h e 10:00h da manhã. A Figura 4 detalha o comportamento do sistema para a ETE em estudo.

b) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO): Os resultados do monitoramento de rotina durante a pesquisa revelaram valores médios de DBO e DQO, para o efluente da fossa séptica + filtro anaeróbio, em torno de 392,71mg/L e 584,71mg/L, respectivamente. Os esgotos efluentes a ETE (Fossa Séptica + filtro anaeróbio) apresentaram eficiências médias de 52,66% e 60,64% para DBO e DQO respectivamente. Para o sistema completo (Fossa Séptica + Filtro anaeróbio + wetlands), as eficiências máximas foram 84,55%, 87,22% e 84,52% para DBO e 87,27%, 91,29% e 90,50% para DQO. Estes valores encontram-se dentro da faixa encontrada em literatura para esgotos domésticos (VON SPERLING, 2005). O abacaxi foi o que apresentou melhor eficiência no que concerne a remoção de DBO e DQO. As coletas apresentaram valores abaixo do

citado na literatura para lixiviados de aterro sanitários, isto pode ser devido à pequena quantidade de percolato gerado no aterro e conseqüentemente a mistura do efluente (lixiviado do aterro com os esgotos domésticos, prédio administrativo). A avaliação total da eficiência do sistema de tratamento de esgoto é, normalmente, feita com base no potencial de depleção de oxigênio causado pela matéria orgânica presente nas águas residuais em questão.

As baixas eficiências totais demonstradas durante a pesquisa decorrem também do reduzido intervalo de análise, uma vez que as vegetações plantadas necessitariam de mais tempo para absorver mais matéria orgânica, extraindo os nutrientes necessários ao devido crescimento, e também pelo esgoto ter características industriais. As Figuras 5 e 6 acima detalham o comportamento do sistema para os parâmetros de DBO e DQO. A predominância de substâncias de difícil degradação decorre do esgoto afluente ser proveniente de unidades de tanques sépticos que já estabilizam parte da matéria orgânica biodegradável, bem como a composição diversa do esgoto que reflete as diferenças entre as unidades individuais de tratamento (fossas sépticas) no que diz respeito, por exemplo, ao tipo de unidades contribuintes (domiciliares, restaurantes, comercial, hotéis, hospitais, oficinas, etc.), tempo entre as limpezas, dimensionamento, operação e manutenção, efluentes oriundos de lixiviados do aterro, etc. Além disso, a tendência dessa relação é que haja diminuição ao longo do reator, devido à redução paulatina da fração biodegradável, ao passo que a fração inerte permanece aproximadamente inalterada (VON SPERLING, 2005).

Figura 4: Comportamento da temperatura, DBO, DQO e Coliformes Termotolerantes ao longo do sistema e no período avaliado

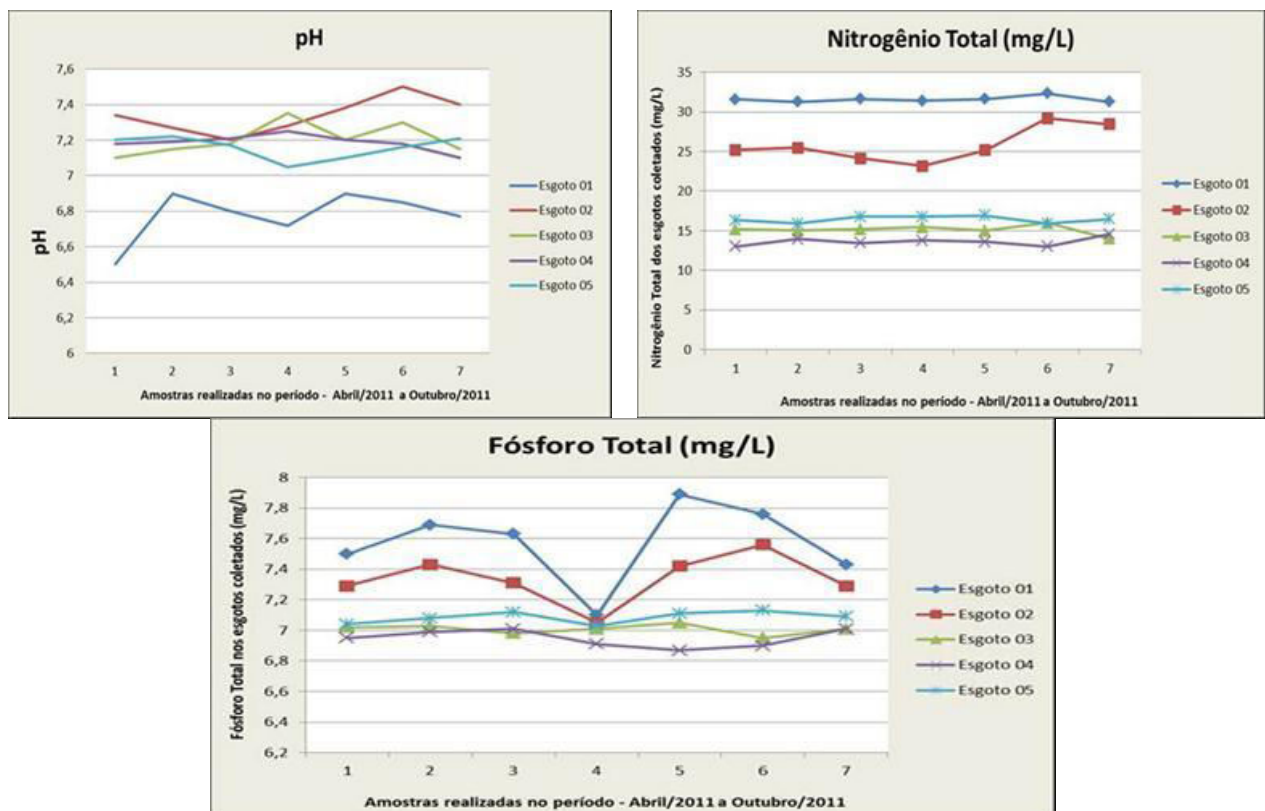


c) Coliformes Termotolerantes: A Figura 4 apresenta as variações das concentrações médias de coliformes fecais obtidas nos esgotos brutos afluentes, nos efluentes do sistema (Fossa Séptica + Filtro anaeróbio) e nas saídas de cada wetlands de tratamento monitorado. A concentração média afluente foi de $5,07 \times 10^7$ UFC/100mL, este elevado valor deve-se a contribuição de efluente doméstico oriundo das instalações hidrossanitárias do prédio administrativo do aterro sanitário. Observa-se uma pequena redução na concentração de coliformes, como já é previsto no conjunto fossa séptica + filtro anaeróbio. No entanto, considerando o sistema completo para os três wetlands, estes apresentaram elevadas eficiências na remoção de coliformes termotolerantes, tendo concentrações finais de $1,69 \times 10^3$ UFC/100mL, $9,37 \times 10^2$ UFC/100mL e $2,34 \times 10^3$ UFC/100mL para os wetlands 01 (palma forrageira), wetlands 02 (abacaxi) e 03 (mamona), com eficiências de 99,992%, 99,998% e 99,995% respectivamente. Estes valores, estão dentro da faixa reportada pela literatura técnica, também pode-se considerar como fator gerador dessa alta eficiência a forte insolação em toda lamina d'água, contribuindo assim para a predação de coliformes nos efluentes destes reatores.

d) pH: Com relação ao pH foi verificada uma grande faixa de variação entre 6,5 a 7,38 em todo o sistema. Para o esgoto afluente ao sistema verificou-se um pH médio de 6,78 bem característico de efluentes com predominância industrial. Na medida em que o esgoto percorre as demais etapas de tratamento, há um aumento ao longo da série, em virtude da influência do processo fotossintético das algas que, ao consumirem o dióxido de carbono (CO_2) dissolvido na massa líquida, dissocia o íon bicarbonato (HCO_3^-), libera a hidroxila (OH^-) e aumenta o pH no meio. A Figura 5 detalha esse comportamento descrito.

e) Nutrientes (N-Total e P-Total): O esgoto do sistema experimental apresentou concentrações médias de nitrogênio total e fosforo total afluente de 31,59mg/L e 7,57mg/L. Esses valores estão dos limites para esgotos com tal característica, porém a remoção de nutrientes é complexa e ocorre por dois mecanismos principais: a assimilação e a volatilização. A Figura 5 detalha o comportamento dos nutrientes ao longo do sistema.

Figura 5: Comportamento do pH, N-Total e P-total ao longo do sistema e no período avaliado.



A assimilação pela cultura vegetal foi quase imperceptível, haja vista que a assimilação por cobertura vegetal varia sazonalmente e só ocorre a efetiva remoção do nitrogênio se a colheita é feita permanente e rotineiramente, o que não foi o caso aqui, sendo que não houve colheita e as análises foram concluídas em pleno crescimento vegetativo. Todavia, como a pesquisa teve um duração de 07 meses, coincidindo com o período de crescimento das espécies cultivadas com maior relevância, as concentrações médias finais nos respectivos wetlands foram 15,12mg/L; 13,62mg/L e 16,44mg/L para o nitrogênio total com eficiências de 52,13%, 56,88% e 47,95% tendo o abacaxi o que apresentou melhor eficiência na remoção de nitrogênio. E, de 7,01mg/L; 6,95mg/L e 7,09mg/L para o fósforo total com eficiência de 7,39%; 8,19% e 6,34%, tendo também o abacaxi como o melhor em termo de remoção de nutrientes. O pH e as elevadas temperaturas foram fatores determinantes na remoção de nutrientes, onde quanto maior o pH, maior a remoção do nutriente. Com a elevação do pH outros compostos foram removidos por precipitação, como íons fosfato e contaminantes orgânicos, com consequente formação de lodo. Logo, os valores de pH que proporcionaram maior remoção foram os que produziram maior concentração de lodo. As altas temperaturas, entre 29°C e 31°C, contribuem para a volatilização da amônia, reduzindo assim os nutrientes presentes nos efluentes.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados da ETE experimental, pode-se concluir que:

A ETE avaliada apresentou uma boa eficiência nos parâmetros analisados, embora apresente indícios de sobrecarga em algumas unidades, estando abaixo das comumente referidas na literatura, sendo a maior fração removida nas lagoas anaeróbias. Essa sobrecarga deve ser melhor verificada e confirmada para se poder traçar parâmetros adequados para a melhoria do sistema.

AGRADECIMENTOS

- CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- CAERN- Companhia de Água e Esgotos do Rio Grande do Norte
- Prefeitura Municipal de Lagoa D'Anta/RN
- Universidade Federal de Roraima - UFRR
- FUNASA/RN – Fundação Nacional de Saúde/Rio Grande do Norte

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE NETO, C.O. **Sistema Simples para tratamento de esgotos sanitários**: experiência brasileira. Rio de Janeiro: ABES, 1997
- APHA, AWWA and, WEF. **Metodos normalizados para el analisis de aguas potables y residuales**. 17 ed. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation: Madrid, ESP, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, Construção e Operação de Tanques sépticos – NBR 7229, Rio de Janeiro, 1993.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e ambiental; UFMG, 2005.
- CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 1997, 246p.