

II-040 - ACLIMATAÇÃO DE UM SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO TRATANDO ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE BAIROS POPULARES DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE, PARAÍBA

Rafaela Elaine da Costa Lima Araújo⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Campina Grande (2005). Especialista em Engenharia de Produção pela UFCG (2006). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela UFCG (2007).

Rui de Oliveira

Engenheiro Civil pela UEMA (1974). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (1983). PhD pela Universidade de Leeds, Inglaterra (1990). Professor Doutor do DEQ – UEPB

Mônica de Amorim Coura

Graduada em Química pela Universidade Regional do Nordeste (1976). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Paraíba (1982). Doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (2002). Professora Associada da UAEC – UFCG

Endereço⁽¹⁾: Rua Joaquim Caroca, 460 - Bodocongó - Campina Grande - PB - CEP: 58109-080 - Brasil - Tel: (83) 3333-1896 - e-mail: rafaela_elaine@yahoo.com.br

RESUMO

Ordinariamente, sistemas de lagoas de estabilização em série promovem, no tratamento de águas residuárias domésticas, um efluente de boa qualidade sanitária a um baixo custo, porém, o bom desempenho das lagoas está condicionado ao planejamento e construção do sistema e, principalmente, a uma eficiente rotina de operação e manutenção.

Devido à grande necessidade de atender à falta de serviços de saneamento básico, principalmente o esgotamento sanitário em áreas de baixa renda, foi projetado um sistema de lagoas em série para receber as águas residuárias de quatro bairros populares da cidade de Campina Grande (PB). A ETE é composta de tratamento preliminar (grade de barras e caixa de areia), calha parshall e duas lagoas, sendo uma anaeróbia e uma facultativa secundária. Este trabalho descreve o desempenho do sistema de lagoas de estabilização em série, em fase inicial de operação, através da monitoração de variáveis indicadoras de qualidade, no afluente e efluentes.

Os resultados obtidos com a monitoração da vazão afluente à ETE possibilitaram a estimativa do tempo de detenção real do sistema de 17,4 dias para uma vazão média diária de 6,85 l/s. A carga orgânica volumétrica da lagoa anaeróbia de 75,26 gDBO₅/m³.dia e a carga orgânica superficial da lagoa facultativa de 200,68 kgDBO₅/ha.dia foram determinadas a partir dos resultados da monitoração da vazão e da DBO₅ média de 454 mg/L afluente à lagoa anaeróbia e 114 mg/L afluente à lagoa facultativa.

Com a monitoração da ETE foi possível observar que o desempenho operacional do sistema é compatível com os de outros sistemas de configuração semelhante, entretanto, o efluente final não apresenta uma boa qualidade sanitária. Apesar de o sistema ter demonstrado um bom desempenho, com o passar do tempo, esse comportamento tenderá a diminuir, pois as unidades de tratamento estão funcionando no limite de suas condições operacionais. Na medida em que novas contribuições forem acrescidas à vazão afluente as condições de operação da ETE irão se tornar mais críticas, afetando, assim, a eficiência do sistema de tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoas de estabilização, Lagoas em série, Ovos de helmintos, Esgoto periurbano.

INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento populacional, especialmente nas periferias das cidades, onde geralmente não existe sistema de esgotamento sanitário, e quando presente é de forma inadequada, ocasiona a poluição das águas de rios e açudes, dificultando o seu aproveitamento posterior pelo homem em atividades de abastecimento, irrigação, recreação e aquicultura.

A diminuição da disponibilidade dos recursos hídricos e a deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas têm motivado uma tendência ao aproveitamento racional desse precioso recurso, com o mínimo de dano ao meio ambiente.

Com a necessidade de desacelerar o processo degradativo, investimentos em tecnologias de tratamento de efluentes domésticos e industriais devem ser feitos, visto que, as águas residuárias tratadas têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos, como um substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas e industriais.

O tratamento de águas residuárias tem como principal objetivo a remoção de características indesejáveis, atendendo os padrões estabelecidos pela legislação vigente, para seu posterior lançamento em corpos hídricos e/ou reuso em diversas atividades.

O tratamento de águas residuárias por lagoas de estabilização, ainda, constitui uma das alternativas de tratamento bastante utilizada. Não se pode negar que tais reatores podem promover efluentes de boa qualidade sanitária a um baixo custo, porém, o bom desempenho está condicionado ao planejamento e à construção do sistema e, principalmente, a uma eficiente operação e manutenção. A produção de um efluente que atenda uma qualidade sanitária desejada depende da configuração das lagoas e da garantia das condições de operação necessárias que favoreçam as unidades de tratamento.

A utilização de sistemas de lagoas de estabilização em série pode promover um efluente de qualidade superior comparada à de um efluente de uma única lagoa com mesma área total, tempo de detenção hidráulica e cargas afluentes.

Devido à grande necessidade de atender à falta de serviços de saneamento básico, principalmente, o esgotamento sanitário em regiões de baixa renda, foi projetada uma ETE para receber águas residuárias geradas por bairros da cidade de Campina Grande. Sendo estes dois bairros periféricos formados espontaneamente pela população e dois conjuntos habitacionais, recém-construídos, que abrigam as famílias deslocadas de uma extinta favela da cidade.

Este trabalho avalia o desempenho do sistema de lagoas de estabilização, constituído de uma lagoa anaeróbia seguida de uma lagoa facultativa secundária, em fase inicial de operação, através da monitoração, no afluente e efluentes, de variáveis indicadoras da qualidade físico-química e microbiológica.

MATERIAIS E MÉTODOS

A ETE iniciou o tratamento dos esgotos dos dois conjuntos habitacionais em outubro de 2006 e começou a sangrar no vertedor triangular, localizado na saída da lagoa facultativa, no início de janeiro de 2007. Atualmente, ela recebe também águas residuárias de parte dos outros dois bairros contribuintes.

A estação conta com tratamento preliminar (TP) constituído pelo conjunto grade de barras, caixa de areia e calha Parshall ($W=6''$) e com duas lagoas em série, sendo uma anaeróbia com profundidade de 3,5 m e uma área de 1.020 m² e uma facultativa secundária com profundidade de 2 m e área de 3.362 m².

O efluente tratado é direcionado para um riacho (Riacho Cardoso), localizado nas adjacências da área onde se localiza a ETE, o qual, atualmente, recebe águas residuárias tratadas e *in natura* de parte dos bairros que não possuem sistema de esgotamento sanitário.

A avaliação do desempenho operacional do sistema foi realizada através das variáveis pH, Temperatura (T), Oxigênio dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅) em amostras brutas e filtradas, Demanda Química de Oxigênio (DQO) em amostras brutas e filtradas, Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Fixos (SSF), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Coliformes termotolerantes (CT), além da variação de vazões no sistema. As análises físico-químicas e microbiológica seguiram as recomendações descritas em APHA *et al.* (1998).

Foram coletadas amostras em três pontos do sistema (Figura 1), na caixa de entrada da lagoa anaeróbia, para a amostra do esgoto bruto (EB), no canal de passagem que alimenta a lagoa facultativa, para o efluente da lagoa anaeróbia (AN) e no vertedor de saída da lagoa facultativa, para a amostra do efluente final (FC).

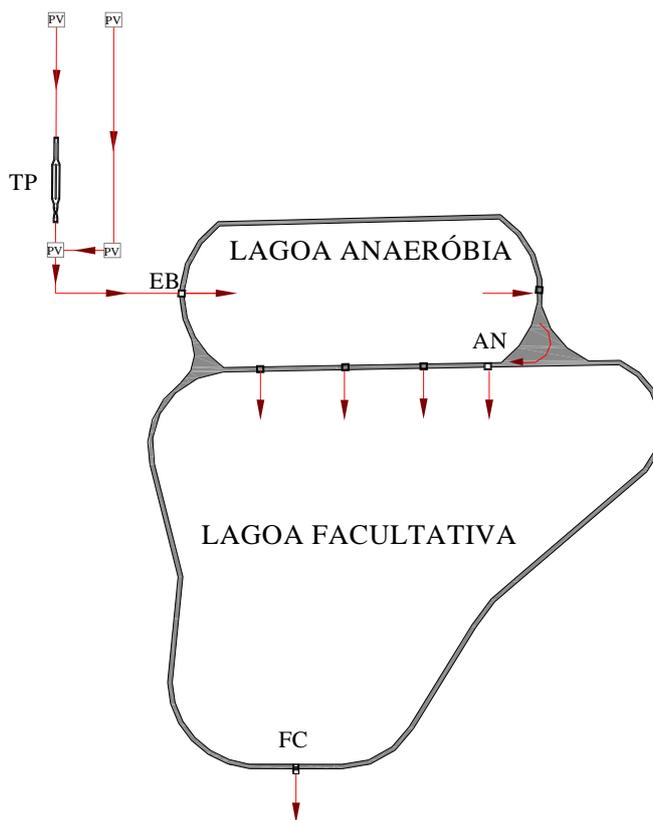


Figura 1: Desenho esquemático da estação de tratamento de esgoto.

As coletas das amostras foram realizadas, duas vezes por semana, entre 8h e 10h 30min da manhã, no período de março a agosto de 2007, totalizando 32 coletas.

Para a obtenção de dados de vazão da estação de tratamento, as estimativas foram feitas com base em medições de lâmina líquida realizadas na calha parshall que sucede a caixa de areia para os dados de vazão afluente e no vertedor triangular instalado na saída da lagoa facultativa para dados de vazão efluente do sistema.

RESULTADOS

A ETE operou com vazão média de 6,85 l/s (591,64 m³/dia) valor que se apresentou inferior ao valor médio previsto em projeto (11,8 l/s). Convém ressaltar que a vazão média de projeto refere-se à contribuição total dos quatro bairros aqui estudados; atualmente, a ETE recebe contribuição de parte desses bairros.

A lagoa anaeróbia operou com uma carga orgânica volumétrica de 75,26 gDBO₅/m³.dia, próximo aos valores encontrados em estudos de lagoas anaeróbias na região.

A lagoa facultativa operou com uma carga orgânica superficial de 200,68 kgDBO₅/ha.dia, inferior à carga máxima permitível em projeto. Convém ressaltar que valores próximos ao máximo, considerado no projeto (410 kgDBO₅/ha.dia), podem levar a lagoa facultativa a condições anaeróbias. De fato, a equação utilizada no cálculo da carga orgânica superficial máxima, permitida para a lagoa facultativa, foi baseada na temperatura média do mês mais frio do ano (MARA, 1976), porém, o valor de 27°C adotado em projeto é superior à realidade de Campina Grande (20,1°C, de acordo com o INMET), o que certamente resultou em um valor superestimado. Além do mais, sendo uma lagoa facultativa secundária, a carga máxima deveria corresponder a somente 70% da carga estimada para uma facultativa primária. Com base nessas considerações, a carga orgânica máxima permitível para a lagoa facultativa é de 197 kgDBO₅/ha.dia, demonstrando que a lagoa, no período de estudo, estava funcionando no limite de suas condições de operação, com uma carga ligeiramente superior à máxima permitível.

Considerando essas características operacionais, pode-se perceber que apesar da ETE estar operando com uma vazão média inferior à de projeto, a lagoa facultativa está operando sob condições estressantes. Essas condições de operação tendem a se tornar mais críticas com o passar do tempo, na medida em que novas contribuições forem acrescidas ao sistema o que pode levar a lagoa facultativa a operar totalmente anaeróbia.

O tempo de detenção hidráulica total de 17,4 dias, sendo 6,03 dias para a lagoa anaeróbia e 11,36 para a lagoa facultativa, foi superior aos 9,5 dias previstos em projeto (3,5 dias para a lagoa anaeróbia e 6 dias para a lagoa facultativa).

Com a monitoração da ETE, foi possível observar uma boa eficiência do sistema em período de aclimação, comparado a outros sistemas de configurações semelhantes, já há bastante tempo em operação na região.

As medidas de pH se mostraram próximas à neutralidade, com valores médios de 6,92 para o EB, 6,94 e 7,41 para os efluentes AN e FC, respectivamente. A grande frequência de valores próximos da neutralidade ocorreu principalmente no efluente AN, o que é muito bom, em reatores anaeróbios, para manter o equilíbrio entre as bactérias acidogênicas e as bactérias metanogênicas, responsáveis pela digestão anaeróbia da matéria orgânica. A Figura 2, representada pelo gráfico BOX PLOT, ilustra a distribuição de frequência do pH, para o afluente EB e efluentes AN e FC. Foi observado o aumento gradual do valor de pH, típico de sistemas de lagoas de estabilização em série.

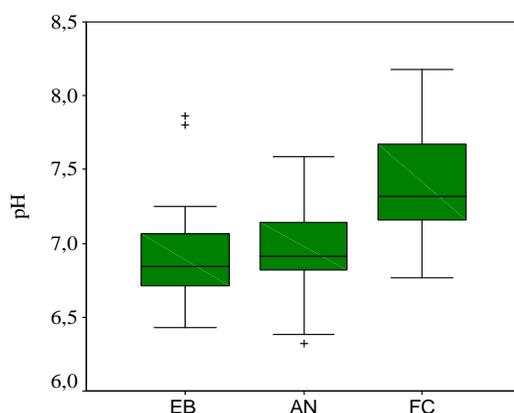


Figura 2: Gráfico BOX PLOT de distribuição dos valores de pH obtidas na monitoração do EB e dos efluentes AN e FC da ETE.

A remoção média de 90,3% da DBO₅ no sistema superou aquela (86,4%) estimada no projeto, sendo a maior parte da matéria orgânica biodegradável removida na lagoa anaeróbia que apresentou a excelente eficiência média de 74,9%. A Figura 3, representada pelos gráficos BOX PLOT, ilustra a distribuição dos valores da DBO₅ (bruta) e DBO₅ (filtrada), respectivamente. Pode ser observada a diminuição gradual da DBO₅ (bruta), ao longo do sistema, ocorrendo um maior decréscimo entre o afluente EB e o efluente AN. A média da DBO₅ do esgoto bruto foi de 454 mg/L e as médias dos efluentes AN e FC foram 114 e 44 mg/L, respectivamente. As médias da DBO₅ (filtrada) foram de 157 mg/L, 69 mg/L e 10 mg/L, para o afluente EB e efluentes AN e FC, respectivamente, representando uma eficiência média de remoção, no sistema, de 93,63%.

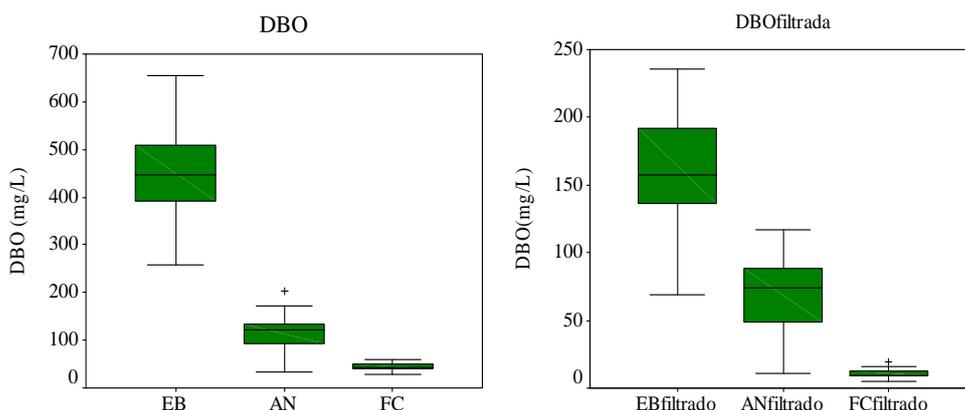


Figura 3: Gráficos BOX PLOT de distribuição dos valores de DBO₅ (amostra bruta e amostra filtrada) obtidos na monitoração do EB e dos efluentes AN e FC da ETE.

Os valores médios da DQO foram de 817, 267 e 183 mg/L para o afluente EB e efluentes AN e FC, respectivamente. Isso representou uma eficiência na remoção de DQO de 77,60% no sistema, sendo de 67,32% de remoção somente na lagoa anaeróbia. A lagoa facultativa apresentou uma remoção de 31,46% de DQO. Em termos de DQO (filtrada) foram obtidas as médias de 297 mg/L para o afluente EB e 148 e 64 mg/L para os efluentes AN e FC, respectivamente, o que representou uma eficiência média de remoção de 78,45% no sistema. A Figura 4, representada pelo gráfico BOX PLOT, mostra a distribuição da DQO para as amostras brutas e filtradas no sistema.

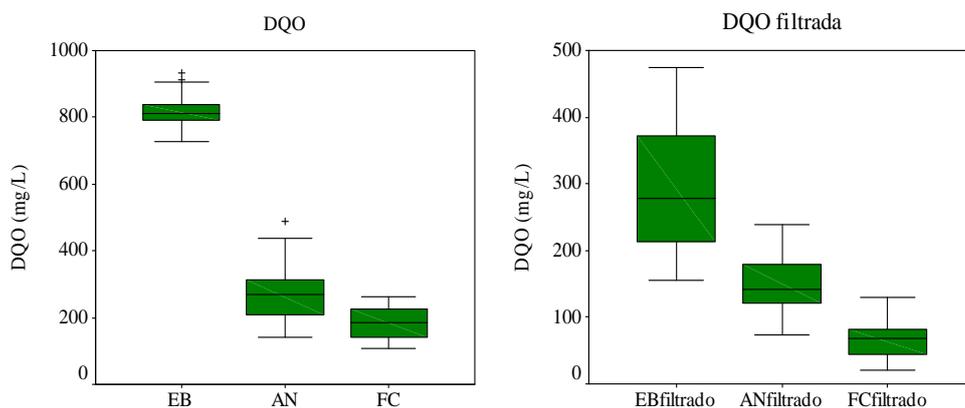


Figura 4: Gráfico BOX PLOT de distribuição dos valores de DQO (amostra bruta e amostra filtrada) obtidos na monitoração do EB e dos efluentes AN e FC da ETE.

A lagoa anaeróbia foi responsável por uma remoção de 83,13% dos SST e a lagoa facultativa contribuiu com um aumento de 4,35%, o que pode ser atribuído à biomassa de fitoplâncton presente na massa líquida da lagoa facultativa. O efluente final apresentou uma concentração média de 122 mgSST/L, elevada quando comparada com a faixa encontrada em outros sistemas de lagoas em série. No entanto, essa concentração pode ser admissível, para o lançamento do efluente em corpos receptores, levando em conta que as médias da DBO₅ e DQO filtradas do efluente da lagoa facultativa foram de 10 mg/L e 64 mg/L. A Figura 5 ilustra os gráficos do tipo BOX PLOT que representam a distribuição de frequência dos SST e sua fração SSV. Ao comparar esses gráficos pode-se observar a semelhança de comportamento da distribuição das duas variáveis e o aumento da concentração de sólidos suspensos no efluente FC em relação ao efluente AN.

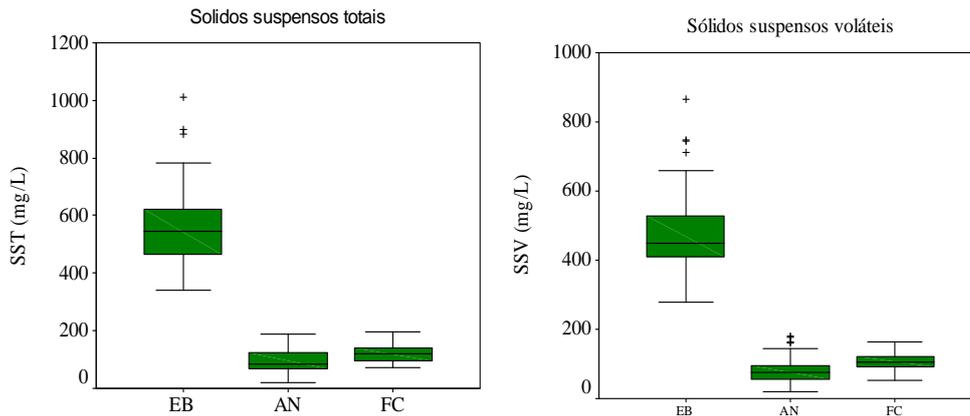


Figura 5: Gráfico BOX PLOT de distribuição dos valores de SST e SSV obtidos na monitoração do EB e dos efluentes AN e FC da ETE.

A condição de aerobiose na superfície da lagoa facultativa não se mostrou freqüente durante o período de monitoração. A concentração média de 0,12 mgOD/L indicou uma baixa aerobiose na lagoa, que pode ser consequência da presença de sólidos flutuantes, principalmente lixo e restos de plantas, e a freqüente presença de uma manta esverdeada na superfície da lagoa devido à superfloração de fitoplâncton, impedindo a passagem da radiação solar. A ausência de OD no efluente final, em grande parte das amostras coletadas, também pode ser atribuída ao período de aclimatação da lagoa. Só a partir do 14º dia de coleta foi que a lagoa começou a apresentar concentração não nula de OD, em alguns dias de coleta. A Figura 6 ilustra o gráfico BOX PLOT que mostra a distribuição de freqüência do conjunto de dados para o OD. Foi possível observar que os valores acima de 0,5 mgOD/L foram considerados discrepantes e 75% das concentrações foram inferiores a 0,17 mgOD/L evidenciando claramente a baixa concentração de OD no efluente final.

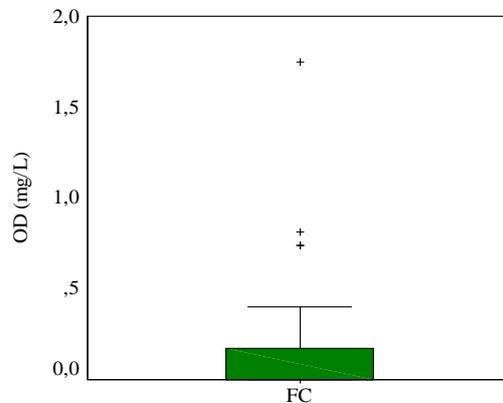


Figura 6: Gráfico BOX PLOT de distribuição dos valores de OD obtidos na monitoração do efluente final (FC) da ETE.

Em termos de coliformes termotolerantes o esgoto bruto apresentou uma concentração média de $7,8 \times 10^7$ UFC/100mL e os efluentes AN e FC concentrações médias de $3,78 \times 10^6$ e $4,17 \times 10^5$ UFC/100mL, respectivamente. O sistema apresentou uma eficiência média na remoção de 99,46%. Na ETE estudada a redução, de uma ordem de grandeza, típica de lagoas de estabilização, realmente ocorreu em cada uma das lagoas, no entanto, a concentração média final é bastante elevada. Isto significa um efluente final com elevado nível de contaminação fecal. A Figura 7 ilustra a distribuição de freqüência, representada pelo gráfico BOX PLOT, podendo ser observado o decaimento gradual da concentração de coliformes de uma ordem de grandeza a cada unidade de tratamento.

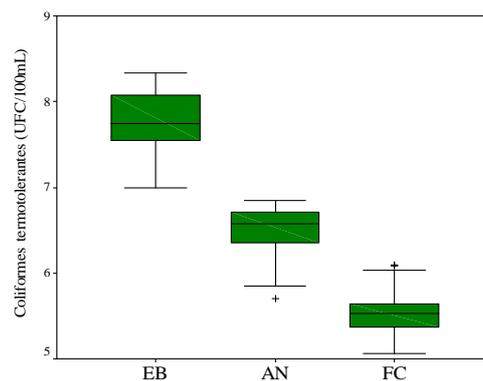


Figura 7: Gráfico BOX PLOT de distribuição das concentrações de coliformes termotolerantes obtidas na monitoração do EB e dos efluentes AN e FC da ETE .

CONCLUSÕES

A monitoração da ETE mostrou que o sistema composto por uma lagoa anaeróbia seguida de uma facultativa secundária, apresenta um desempenho na remoção de material orgânico e coliformes fecais semelhante ao de outros sistemas de configuração similar na região, como a ETE da cidade de Guarabira, no estado da Paraíba, estudada por Florentino (1992).

As características operacionais mostraram que as unidades de tratamento estão funcionando no limite de suas condições de operação. Apesar de o sistema ter apresentado um bom desempenho, esse comportamento tenderá a diminuir, pois, na medida em que novas contribuições forem acrescidas à vazão afluente, as condições de operação da ETE irão se tornar mais críticas.

Do modo como foi projetada (carga orgânica alta e profundidade de 2m) é provável que a lagoa facultativa secundária passe a operar sob condições totalmente anaeróbias. As concentrações de OD nas amostras do efluente final foram, na maioria, nulas, demonstrando que a lagoa estava funcionando sob condições estressantes.

A construção da ETE na Zona Leste da Cidade de Campina Grande representou uma intervenção importante no ciclo de transmissão de doenças de veiculação hídrica, particularmente as da via feco-oral, e também uma significativa melhoria na qualidade das águas do corpo receptor. Porém, o sistema não produziu um efluente de boa qualidade sanitária, visto que a concentração de coliformes termotolerantes foi indicativa de uma alta contaminação fecal. Portanto, é necessário destacar a importância do planejamento de uma ou mais unidades de tratamento subsequentes com vistas à melhoria da qualidade sanitária do efluente final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington, D.C: American Public Health Association, 1998.
2. ARAÚJO, R. E. C. L. Estudo do desempenho de um sistema de lagoas de estabilização no tratamento de águas residuárias de bairros populares (Glória I, Glória II, Jardim América e Belo monte) da cidade de Campina Grande, Paraíba. Campina Grande, 2007. Dissertação de Mestrado. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, 2007.
3. FLORENTINO, I. Q. B. Caracterização do Sistema de lagoas de estabilização do município de Guarabira-PB. Campina Grande, 1992. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, 1992.
4. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.
5. MARA, D. D. Sewage Treatment in Hot Climates. Chichester: John Wiley & Sons, 1976.
6. MENDONÇA, S.R. Sistemas de Lagunas de Estabilización: Cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de regadío. Colômbia: McGraw-Hill, 2000.