



## II-241 - CULTIVO DE TILÁPIA DO NILO (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) EM ESGOTOS SANITÁRIOS TRATADOS PROVENIENTES DE SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

**Andresa Cristina de Andrade**<sup>(1)</sup>

Engenheira Ambiental pela Universidade Católica de Brasília (UCB). Mestre em Engenharia Civil: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB). Consultora da Fundação Nacional de Saúde (Funasa) - Departamento de Engenharia de Saúde Pública (Densp) na Coordenação de Desenvolvimento Tecnológico em Engenharia Sanitária (Codet).

**Mauro Roberto Felizatto**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Mestre em Engenharia Civil: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB). Analista Operacional da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal exercendo o cargo de Coordenador de Gerência da Coordenadoria Operacional dos Sistemas Melchior, Samambaia e Brazlândia. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Paulista (UNIP-DF).

**Marco Antonio Almeida de Souza**

Engenheiro Químico pela UFPR. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP. PhD pela Universidade de Birmingham – Inglaterra. Professor Adjunto aposentado e Pesquisador Colaborador Sênior do Programa de Pós Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília (UnB).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Quadra 18 lote 09, apt 101 Comercial – Setor Leste - Gama - DF - CEP: 72460-180 - Brasil - Tel: +55 (61) 3556-1919 - e-mail: ancran5@yahoo.com.br.

### RESUMO

A pesquisa foi realizada na Estação de Tratamento de Esgotos de Samambaia, Brasília - DF, onde se encontra a Unidade de Piscicultura de Samambaia (UPS), composta por três tanques de piscicultura, com espelho d'água de 100m<sup>2</sup> e um volume aproximado de 171m<sup>3</sup> cada tanque. Devido ao elevado índice de amônia presente no efluente da lagoa de polimento final da ETE, foi realizada a alimentação do tipo batelada com o propósito de se manter a taxa fixada por Mara *et al.* (1993), nos tanques abastecidos com efluente da lagoa de polimento, de 4Kg NT/ha.dia. A espécie escolhida foi a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), por ser uma espécie altamente resistente a meios adversos. Os tanques receberam a seguinte nomenclatura: T1 – tanque abastecido com efluente da lagoa de polimento final módulo II, T2 – tanque abastecido com o efluente da lagoa de polimento final módulo II e um lote de peixes e T3 – tanque abastecido com água potável da Caesb mais um lote de peixes alimentados diariamente, com ração. Alocaram-se 220 peixes em T2. Os parâmetros de qualidade da água analisados foram: NTK, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>x</sub>, PO<sub>4</sub>, SST, Clorofila-a, Temperatura, Oxigênio Dissolvido, pH, Alcalinidade, Condutividade, Coliformes Totais e Termotolerantes, DBO e DQO. De posse dos resultados de qualidade da água, realizou-se análise estatística com a construção de gráficos *Box plot* e posteriormente verificou-se a normalidade da variável estudada, em T1 e T2, por meio da curtose e assimetria, e realizou-se a aplicação dos testes estatísticos (teste paramétrico *t* Student, para variável normal, e teste não paramétrico Mann-Whitney para variável não normal), adotando-se nível de significância de 5%, com o intuito de verificar se, a esse nível de significância, existia alguma diferença no efluente do tanque que possui a presença de peixes, seja ela menor ou maior, comparado com o tanque que não possui peixes, mas somente esgoto. Ao final do experimento, T2 foi esvaziado para contabilizar a sobrevivência, e se constatou sobrevivência de 85% dos exemplares alocados, sendo que as fêmeas estavam em período de reprodução. Foram separados 15 peixes de T2 e 10 peixes de T3 para análise microbiológica na carne dos peixes, e após análise, averiguou-se que, com relação à presença de *Salmonella sp.*, *E. Coli* e *Estafilococos coagulase positiva*, os peixes apresentaram condições higiênicas satisfatórias para consumo humano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Piscicultura; Reúso de Água; Tilápia do Nilo



## INTRODUÇÃO

À medida que diversas cidades brasileiras passam dificuldades em manter de forma estável e com qualidade o abastecimento de água de suas populações, o desenvolvimento de novos modelos de saneamento se impõe estrategicamente na busca de uma sociedade auto-sustentável. Soluções que preservam a quantidade e a qualidade da água passam necessariamente por uma revisão do uso da água nas residências, tendo com meta a redução do consumo de água potável e, conseqüentemente, da produção de águas residuárias. Uma alternativa que se tem apontado para o problema de escassez de água é o *reúso de água*, importante instrumento de gestão ambiental.

Observa-se que, nos países em desenvolvimento, o objetivo central do tratamento de águas residuárias deve ser a remoção de helmintos, protozoários, bactérias e vírus patogênicos, para evitar doenças endêmicas de veiculação hídrica. Já nos países desenvolvidos, pelo fato de não se observar casos de parasitismo humano, o principal objetivo é a remoção de matéria orgânica e de nutrientes. Nota-se que a opção de tratamento mais simples para se conseguir índices de patógenos zero são as lagoas de estabilização, quando concebidas para tal.

Uma das maneiras exequíveis da exploração das proteínas existentes nos efluentes de lagoas de estabilização é o cultivo de peixes fitoplancetófagos. Dessa forma, seria possível a utilização da energia química armazenada nas algas, através do consumo da carne dos peixes. Evidentemente, na medida em que o peixe consome as algas contidas nas águas, pode-se ter uma melhora na qualidade ambiental do efluente (Felizatto, 2000).

Desse modo, os efluentes tratados em lagoas de estabilização, quando usados na aquicultura, tornam-se uma fonte rica de nutrientes, permitindo alimento de baixo custo e diminuição de impactos nos cursos d'água, mediante a redução do lançamento de cargas de nutrientes.

De acordo com o que foi exposto, o presente trabalho almejou buscar alternativas de adequar o efluente da ETE Samambaia ao processo de reúso de água em piscicultura, utilizando espécies de tilápia do Nilo sem reversão sexual.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A parte experimental foi desenvolvida na Estação de Tratamento de Esgotos de Samambaia, de propriedade da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb). A ETE Samambaia é composta por tratamento preliminar e dois módulos de três lagoas cada, operando em paralelo, sendo cada módulo formado por reator anaeróbio acoplado à lagoa facultativa, lagoa de alta taxa e lagoa de maturação, tendo sido recentemente anexado ao processo o tratamento "terciário" compreendido por mistura rápida (calha Parshall) seguido de Floculação Mecânica e Flotação por Ar Dissolvido (FAD).

A Unidade de Piscicultura de Samambaia (UPS) é formada por três tanques com área de superfície de fundo de 100m<sup>2</sup> cada, respeitando o recomendado por Bocek (1996) cujo estudo verifica que esse é o valor mínimo para tanques piscícolas, do ponto de vista econômico-financeiro. A nomenclatura utilizada na pesquisa foi: (a) T1 – tanque alimentado com esgoto tratado da lagoa de polimento módulo II da ETE Samambaia, (b) tanque alimentado com esgoto tratado da lagoa de polimento módulo II da ETE Samambaia mais um lote de tilápias não revertidas sexualmente e (c) T3 – tanque abastecido com água potável da Caesb e um lote de tilápias não revertidas sexualmente alimentados por ração convencional, este chamado também, de tanque controle.

Escolheu-se trabalhar com espécie tilápia do Nilo, pois se trata de uma das espécies de água doce mais cultivada em cativeiro. No Brasil, a tilápia é o peixe mais cultivado, devido à rusticidade, rápido crescimento e carne de ótima qualidade (Borges, 2004). Aparentemente, a tilápia do Nilo apresenta uma grande habilidade em filtrar as partículas do plâncton (Kubitza, 2000). A densidade de estocagem trabalhada nessa pesquisa foi de, aproximadamente, 1,3 peixes/m<sup>2</sup>, estando de acordo com a faixa estabelecida por Bocek (1996).

Foi utilizada a espécie não revertida sexualmente, em virtude de tentar reduzir a mortandade observada em pesquisas anteriores, realizadas na UPS, e verificar o potencial de reprodução da tilápia em condições adversas e a possível produção de um lote mais resistente de peixes.



Primeiramente, os tanques de piscicultura foram limpos, pois estavam cheios de efluente tratado da lagoa de polimento. Após a limpeza, os tanques foram preenchidos com água potável, com o intuito de se ter um ponto inicial, e realizou-se a análise dessa água, aqui chamada de “ponto-zero”, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1: Parâmetros analisados nos tanques de cultivo abastecidos com água potável, antes do início da alimentação em batelada.**

Parâmetros	T1	T2
pH	7,4	7,6
Alcalinidade (mg/L)	32	32
DQO (mg/L)	25	27
DBO (mg/L)	54	53
NTK (mg/L)	2,14	1,91
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	1,74	1,35
SST (mg/L)	10	12
C.Termotolerantes (NMP/100 ml)	7,4E+00	8,5E+00

Por se tratar de água potável, não era para apresentar valores relativamente altos de nitrogênio amoniacal e de coliformes termotolerantes, porém isso deve ter ocorrido pelo fato de ter ficado vestígio de esgoto nos tanques mesmo após a limpeza.

A alimentação dos tanques piscícolas, em trabalhos realizados anteriormente na ETE Samambaia, foi em regime contínuo e observou-se um índice elevado de mortes. Nesta pesquisa, foi adotado o regime de alimentação em batelada, seguindo a taxa fixada por Mara *et al.* (1993), a qual deve manter no interior do tanque de cultivo uma taxa de 4 Kg NT/ha.dia.

Foram pesados e medidos 220 espécimes de peixes que foram alocados em T2. No entanto, decidiu-se seguir a recomendação de Kubitzka (2000) de não alimentar os peixes no mesmo dia da transferência. Em função disso, os peixes ficaram sete dias sem alimentação, com o objetivo de deixá-los famintos, para quando dessem a entrada de esgoto, eles se alimentariam mais facilmente do efluente da lagoa de polimento.

Essa fase foi iniciada em 19/11/2007 com término em 07/04/2008, totalizando 128 dias de experimento. Com isso, conseguiu-se trabalhar com um ciclo de vida da tilápia do Nilo (cerca de quatro meses), podendo verificar o potencial de reprodução da espécie nas condições a que foram submetidas.

Inicialmente o tempo de alimentação nos tanques foi de 8 horas diárias. Na semana seguinte, e no restante do experimento a alimentação foi de seis horas diárias. Aos sábados o sistema ficava ligado por quatro horas e aos domingos não eram alimentados. A escolha do tempo de alimentação se deu em virtude da menor lâmina obtida no vertedouro que encaminha o esgoto tratado para os tanques T1 e T2 ser de 0,4 cm, fato ocasionado pelo registro usado (do tipo esfera), o que a depender do valor de nitrogênio total obtido na análise de laboratório excedia a taxa proposta por Mara *et al.* (1993), então foi uma forma de compensar a entrada a mais de nitrogênio no tanque ocorrida quando os valores de nitrogênio total fossem elevados.

A vazão de entrada dos tanques foi estimada pela equação do vertedouro proposta por Felizatto (2000), como visto na Equação 1. Foi montada uma planilha, na qual, com base nos valores de NTK e NO<sub>x</sub>, tinha-se o nitrogênio total e, por tentativa e erro, obteve-se a vazão correspondente à taxa de 4Kg NT/ ha.dia aproximadamente, seguindo a metodologia escolhida para essa pesquisa. No canal de alimentação, para controlar a vazão de entrada no valor calculado, mediu-se a altura da lâmina (H) do vertedouro com uma régua graduada de 20 cm.

$$Q = 0,01337 \times L \times H^{1,61002} \quad \text{equação (1)}$$

Sendo: Q = vazão (m<sup>3</sup>/dia), L = 29,5 cm (largura do vertedouro) e H = altura em cm do vertedouro – valor variável, a depender do valor de NTK obtido.



As análises de qualidade da água realizadas foram: NTK,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PO}_4$ , SST, Clorofila-a, Temperatura, Oxigênio Dissolvido, pH, Alcalinidade, Condutividade, Coliformes Totais e Temotolerantes, DBO E DQO.

Por volta de quatro meses após a alocação dos peixes nos tanques, foi realizada a coleta dos peixes para análise sanitária na carne e músculo dos peixes. Realizaram-se análises de Coliformes Fecais (técnica do número mais provável), *Salmonella sp.* (técnica da presença/ausência), *Estafilococos coagulase positiva* (técnica da contagem direta em placas). Nessa etapa também foi realizada a contagem para contabilizar a sobrevivência obtida após o cultivo.

De posse de todos os resultados de qualidade da água, foi feita a análise estatística, construindo os gráficos *Box-plot*, com a utilização do Programa SPSS® versão 7.0. Esse programa foi escolhido por melhor representar um conjunto de dados e ainda ser muito utilizado para simular dados nas ciências biológicas.

É relatado na literatura que a análise de dados para a verificação da influência dos peixes na melhoria da qualidade da água em tanques que recebem esgotos tratados por lagoas de estabilização em série, tem sido pautada nas diferenças existentes entre as médias ou medianas das amostras afluente e efluente desses tanques. Outro recurso, frequentemente, usado é a análise gráfica da sequência, sempre dispondo o par de amostras de maneira cronológica.

Para a interpretação dos resultados obtidos, foi verificada a normalidade de cada variável estudada para os tanques T1 e T2. A série foi considerada normal, para o programa SPSS®, quando, para ambas as relações calculadas, assimetria e curtose, seus valores forem divididos pelos respectivos erros padrões e estiverem compreendidos entre o mínimo de -2 e o máximo de +2 (Felizatto, 2000). Caso não fosse atendida a normalidade da série de dados, a opção seguinte era a transformação dos valores nos seus respectivos logaritmos. Essa transformação faz parte dos procedimentos estatísticos de mudança de escala, com a finalidade de estudar a normalidade dos escores, bem como a estabilização da variância (Felizatto, 2000; Callegari-Jacques, 2006 e Maroco, 2007).

Foram aplicados os testes *t*- Student, pois esse teste tem como pressuposto apenas a condição de que a variável dependente apresente distribuição normal nas duas populações. No caso de não atender à normalidade, nem após a transformação, foi aplicado o teste de Mann-Whitney como alternativa não paramétrica ao teste *t* - Student.

Essas verificações estatísticas foram executadas nos pares de escores (para T1 e T2), possibilitando o cálculo das diferenças entre as variáveis examinadas e mediante ao teste de hipóteses. A hipótese nula ( $H_0$ ) e a alternativa ( $H_1$ ) descrevem dois possíveis estados mutuamente excludentes, tendo em vista que as duas hipóteses não podem ser aceitas ou rejeitadas ao mesmo tempo. A hipótese nula é o valor aceito até a constatação das evidências de que esse valor não é mais correto, tal fato é uma afirmação ou ponto de partida do teste de hipótese. A hipótese alternativa será somente aceita se surgiram evidências de que o valor da hipótese nula não é mais correto. A variável testada é  $\mu_d$  - diferença das médias das populações entre dois parâmetros, o nível de significância ( $\alpha$ ) adotado é a medida do risco admitido no caso de rejeitar a hipótese nula sendo ela verdadeira, que neste caso foi de 5% ou 0,05.

## RESULTADOS

O resultado simplificado dos valores médios, máximos, mínimos e de desvio padrão da vazão de alimentação é mostrado na Tabela 2.

**Tabela 2: Valores utilizados nos cálculos da vazão de alimentação e da lâmina usada no vertedouro (médios, máximo, mínimo e desvio padrão) (N = 99).**

Estatística	H (cm)	Q* (L/s)	T (h/dia)	Q ( $\text{m}^3/\text{dia}/\text{tanque}$ )	NTK (mg/L)	$\text{NO}_x$ (mg/L)	NT (mg/L)	TAN (Kg/dia/ha)	TDH (dias)
Média	0,4	0,1	5,6	3,5	22,5	0,3	22,7	4,5	51,6
Máx	0,4	0,1	8,0	3,9	38,1	0,8	38,4	5,7	69,7
Mín	0,3	0,1	4,0	2,5	14,8	0,1	15,3	3,5	43,4
DesvPad	0,05	0,02	1,1	0,7	3,8	0,2	3,8	0,6	11,8

Legenda: (\*) Vazão calculada pela fórmula do vertedouro (Felizatto, 2000), T = tempo de alimentação diária em horas, N = tamanho amostral e TAN = Taxa de Aplicação de Nitrogênio diária em T1 e T2.



Observa-se que o valor de vazão média trabalhada foi de 3,5 m<sup>3</sup>/dia para cada tanque de cultivo (T1 e T2) o que corresponde a um tempo de detenção hidráulica (TDH) médio de 52 dias, esse valor é 4 vezes maior do usado por Felizatto (2000), que foi de 13 dias. Nota-se que apesar da Taxa de Aplicação de nitrogênio (TAN) ter sido maior em alguns dias do experimento, o valor médio obtido se encontra próximo do proposto por Mara *et al.* (1993), ficando em 4,5 Kg de NT/ha.dia.

## RESULTADO DE QUALIDADE DA ÁGUA E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Nesse artigo são destacados alguns parâmetros de qualidade da água analisados na pesquisa. Entre os parâmetros selecionados, tem-se: pH, sólidos suspensos totais, clorofila-a, temperatura, oxigênio dissolvido, NTK, NH<sub>3</sub>, DBO, DQO e *E. Coli*. Nas Figuras 1,2,3,4,5,6,7,8,9 e 10 são apresentados os gráficos *Box plot* dos parâmetros supracitados.

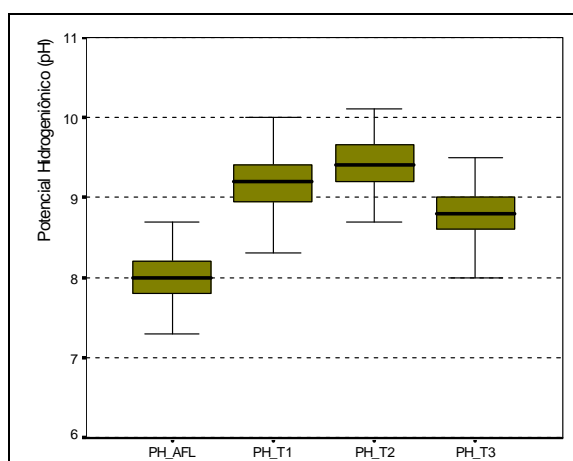


Figura 1: : *Box-plot* de pH em amostras do afluente e no interior dos tanques piscícolas

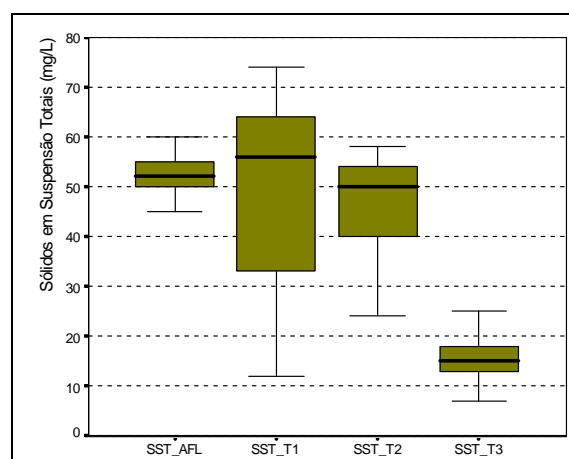


Figura 2: *Box-plot* de Sólidos em Suspensão Totais (mg/L) em amostra afluente e no interior dos tanques piscícolas

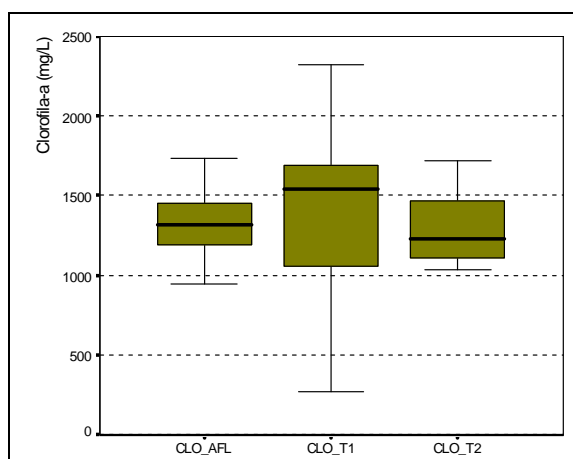


Figura 3: *Box-plot* de Clorofila-a (µg/L) amostra do afluente e no interior de T1 e T2

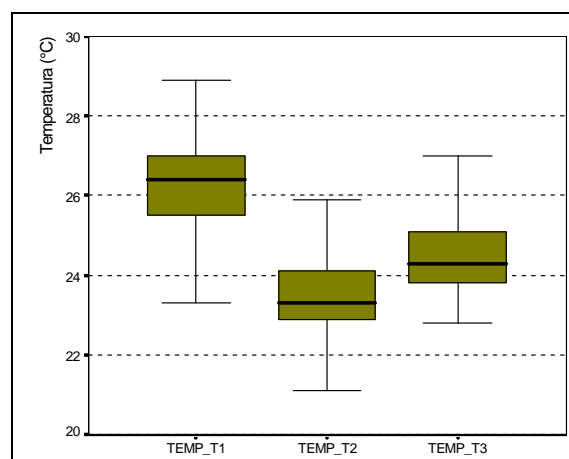
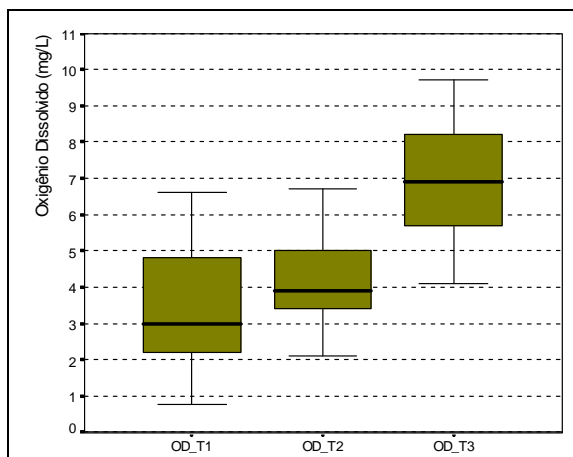
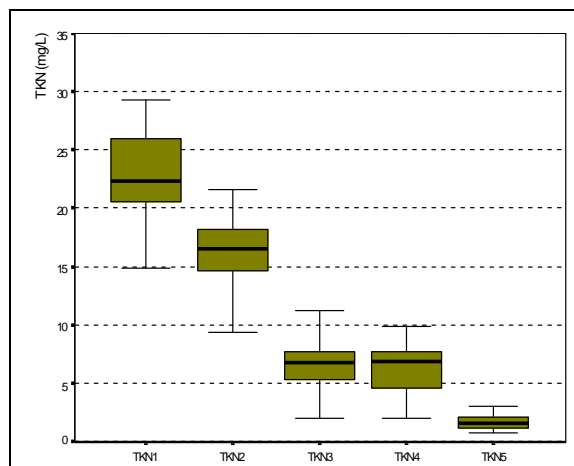


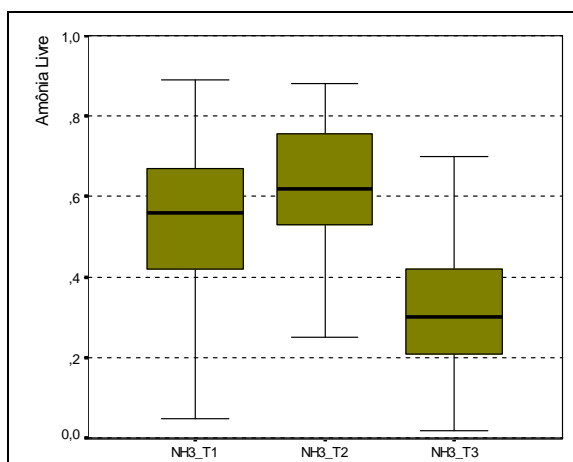
Figura 4: *Box-plot* de temperatura (°C) média diária no interior dos tanques piscícolas



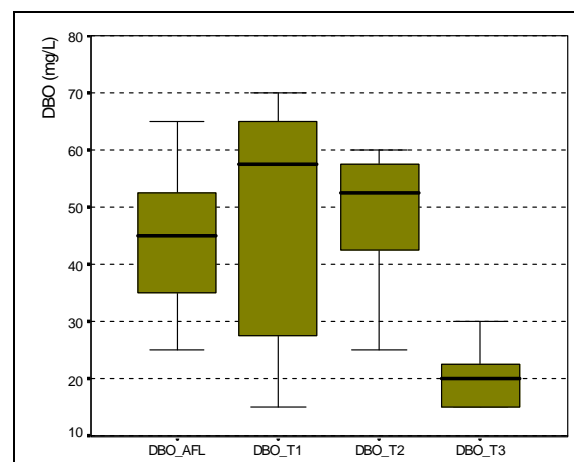
**Figura 5: Box-plot das concentrações de OD (mg/L) no interior dos tanques de piscicultura.**



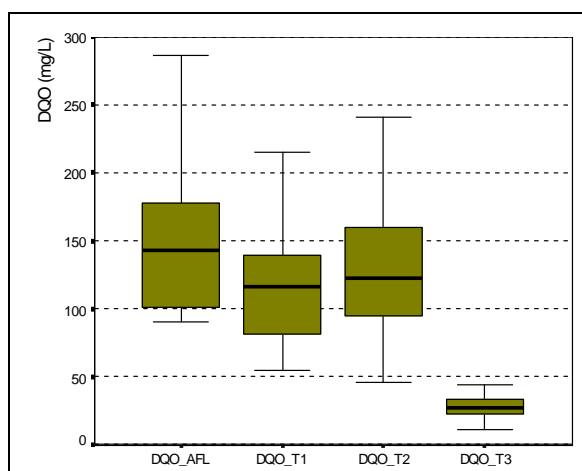
**Figura 6: Box-plot das concentrações de TKN (mg/L) afluente e no interior dos tanques.**  
**Legenda: Afluente (TKN1), Afluente filtrado (TKN 2), T1 (TKN 3), T2 (TKN 4) e T3 (TKN 5)**



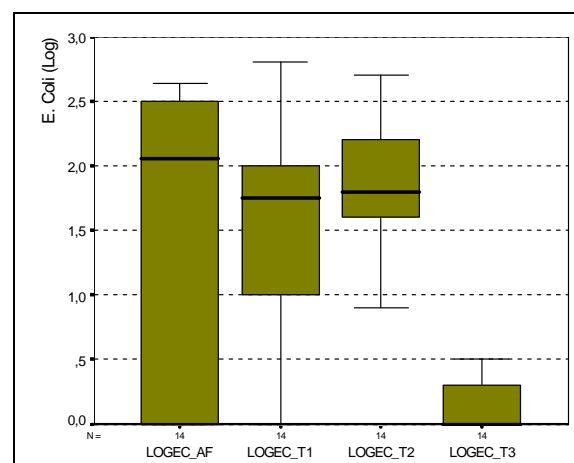
**Figura 7: Box-plot das concentrações calculadas de amônia livre (NH<sub>3</sub>) (mg/L) no interior dos tanques de cultivo.**



**Figura 8: Box-plot das concentrações de DBO (mg/L) afluente e no interior dos tanques.**



**Figura 9: Box-plot das concentrações de DQO (mg/L) em amostras do afluente e no interior dos tanques.**



**Figura 10: Box-plot de E. Coli (Log) em amostra do afluente e no interior dos tanques piscícolas.**





Nota-se pela Figura 1 que os valores de pH encontrados para T1 e T2 ficaram acima do recomendado por Boyd (1990) para piscicultura (6,5 a 9,0). Observou-se também que ocorreu aumento de pH no interior dos tanques se comparado com o afluente. T3 também apresentou valores altos de pH, todavia, os valores atendem ao recomendado na literatura técnica e, nesse tanque, o valor de pH não era fator limitante, uma vez que o valor de amônia não era alto (água potável). Para o parâmetro pH o teste estatístico resultou em rejeitar a hipótese nula, ou seja, a um nível de significância de 5%, os tanques T1 e T2 apresentaram diferença significativa, fato que pode ser explicado pelo acúmulo de *Lemna minor* em T1 que reduziu os valores de pH nesse tanque para a faixa ácida (abaixo de 7).

Na Figura 2 é mostrado o gráfico *Box plot* da variável Sólidos Suspensos Totais (SST), observa-se que os valores médios obtidos foram menores que os reportados por Felizatto (2000), fato que pode ser explicado pelo sistema de alimentação adotado (batelada) diferente da pesquisa anterior que foi contínuo, os valores de T3 foram menores, o que já era esperado por se tratar de água potável. Não foi observada qualquer influência dos peixes no parâmetro SST. O teste *t* Student mostrou que não houve diferença significativa para SST, ou seja, aceita a hipótese nula. Pelos valores médios não foi possível saber se os peixes influenciaram de forma positiva ou negativa na qualidade do efluente, ao contrário do relatado por Felizatto (2000), onde o tanque que havia peixes apresentou redução de SST, mostrando que o peixe auxilia na melhora do efluente.

Como pode ser visto na Figura 3 os valores medianos obtidos para Clorofila-a em T1 e T2 foram próximos, sendo que T2 apresentou uma média pouco menor. Contudo, apesar de T1 ter ficado coberto por *Lemna minor* durante praticamente toda a pesquisa, esse valor é um indicativo de que o peixe influencia de forma positiva nesse parâmetro. Entretanto, o teste estatístico mostrou que não há diferença significativa entre T1 e T2, apesar de T2 ter apresentado valor mediano inferior.

As temperaturas médias obtidas para os tanques de cultivo estão abaixo do reportado na literatura técnica e não apresentaram muita diferença entre os tanques com esgoto e o tanque com água limpa (Figura 4). Entretanto, com a aplicação do teste estatístico observou-se diferença significativa entre T1 e T2. Nesse caso, o tanque que havia os peixes apresentou temperatura média mais baixa se comparada com o tanque que só havia esgoto tratado da lagoa de polimento em torno de 2°C, fato que não pode ser reputado a presença de peixes, porque T1 foi tomado por lentilha d'água o que deve ter influenciado no aumento de temperatura nesse tanque.

Pode-se notar pela Figura 5 que o valor mediano de OD em T2 foi maior do que em T1, o que pode ter facilitado a sobrevivência dos peixes, sendo que em T2 não foi observada concentração inferior a 2,1 mg/L de OD. O baixo valor de OD obtido para T1 (próximos de zero) pode ser explicado, pelo fato do tanque ter ficado coberto por lentilha d'água o que dificultou a entrada de luz solar e, consequentemente, provocou a redução do processo de fotossíntese. T3 apresentou valor médio próximo da saturação, provavelmente por se tratar de água potável. O teste estatístico comprovou a diferença significativa entre T1 e T2.

Para a variável NTK (Figura 6), T1 e T2 apresentaram medianas semelhantes, o que mostra que o sistema de alimentação por batelada foi eficiente, e que a distribuição do efluente para os tanques foi equilibrada. O teste mostrou que, para um nível de significância de 5%, as diferenças entre as médias de T1 e T2 não foi representativa. Os valores encontrados para T3 foram, possivelmente, decorrente da ração e excreta dos peixes desse tanque.

Nota-se pela Figura 7 que T1 apresentou valores de  $\text{NH}_3$  próximos de zero, o que pode ser explicado pela presença fortuita de *Lemna minor* nesse tanque, planta aquática responsável por remover nutrientes. O tanque 3 apresentou valores baixos por se tratar de água potável, devendo-se observar que alguns picos de amônia livre nesse tanque podem estar associados às excretas dos peixes. Analisando os dados do teste estatístico, pode-se verificar que, para a amônia livre as médias de T1 e T2 foram diferentes, para um nível de significância de 5%.

Não foi observada remoção de DBO (Figura 8) nos tanques em que havia esgoto. As medianas para DBO e DQO (Figura 9) em T1 e T2 foram próximas, e não apresentam diferença significativa comprovada pelos testes estatísticos. Os valores de T3 têm influência dos dejetos dos peixes e da decomposição da ração remanescente que fica no tanque. Pode-se inferir que o reúso de água em piscicultura tem a vantagem de não causar impacto negativo ao meio ambiente, ou seja, a presença de peixes não aumenta os teores de matéria orgânica no interior dos tanques piscícolas.

Para a *E. Coli* foi observado que o efluente da ETE Samambaia apresenta valores abaixo do limite preconizado pela literatura para a criação de peixes ( $< 10^4$  NMP/100 mL), no interior dos tanques de piscicultura, não havendo contaminação por coliformes da carne do peixe o que impossibilitaria o consumo humano dessa carne. O teste estatístico indicou, para um nível de significância de 5%, que as médias entre T1 e T2 não são significativas.

## RESULTADO DOS PARÂMETROS DE PISCICULTURA

Como não foi realizado monitoramento ao longo do experimento, não foi possível acompanhar a evolução biométrica mês a mês. Porém, ao esvaziar T2 para verificar a sobrevivência e coletar os exemplares que seriam encaminhados para análise microbiológica, foi considerado importante realizar a pesagem e medição dos peixes que sobreviveram para se ter uma idéia de quanto eles se desenvolveram no período da pesquisa. A escolha de amostragem foi aleatória (não havendo favorecimento de exemplares maiores ou mais pesados).

Ao final do experimento foram pesados e medidos 66 peixes, pouco mais de 1/3 do total. O peso e tamanho, médios obtidos foram de 123,2 g e 19,2 cm respectivamente. Dos valores obtidos de biometria final, pode-se notar que o tamanho médio alcançado nessa pesquisa foi semelhante ao encontrado por Felizatto (2000), porém, o peso adquirido foi ligeiramente superior (132,2 g) contra 107g obtido por Felizatto (2000). Essa superioridade não era esperada, uma vez que foi trabalhada com espécie não revertida sexualmente. Esse resultado não confirma o benefício da reversão tão disseminada na literatura.

Quanto à sobrevivência, foi possível observar que 85% dos exemplares inicialmente alocados sobreviveram, sendo que as fêmeas estavam todas em período de desova (Figura 11) o que comprova que o sistema de alimentação por batelada mantendo no tanque uma taxa média de 4,5 kg NT/ha.dia foi eficaz para a criação de tilápia do Nilo na ETE Samambaia.



**Figura 11: Fêmeas em período de reprodução, com ovos incubados na boca, retirada do T2**

Das 33 mortes contabilizadas, só foi possível recolher seis exemplares, pois foram os únicos que ficaram boiando na superfície do tanque (fato que reforça a presença de aves predadoras no local). Nos peixes mortos recolhidos observou-se que eles apresentavam, brânquias vermelhas não indicando qualquer sinal de Hidropisia Infecciosa como relatado por Felizatto (2000).

As análises de qualidade sanitária na carne dos peixes, em termos de *Salmonella sp.*, *Estafilococos coagulase positiva* e *E. Coli*, apresentaram qualidade sanitária satisfatória para consumo humano em todos os peixes analisados de acordo com a RDC nº 12 da Anvisa de janeiro de 2001.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O sistema de alimentação por batelada e diluição (tentando manter a taxa de Mara *et al.*, 1993) mostrou-se eficaz e com resultados mais favoráveis do que a alimentação por fluxo contínuo, que havia sido aplicada em pesquisas anteriores no mesmo local com as mesmas condições.

Pelas análises de qualidade da água, pela aplicação dos testes estatísticos *t*-Student e Mann Whitney, concluiu-se que, para os parâmetros SST, Clorofila-a, NTK, DBO, DQO e *E. Coli* deve-se aceitar a hipótese nula, ou





seja, para um nível de significância de 5% não há diferença significativa entre as médias do tanque T1 (alimentado com esgoto tratado sem cultivo de peixes) e do tanque T2 (alimentado com esgoto tratado com cultivo de peixes).

Já para os parâmetros pH, Temperatura, OD e  $\text{NH}_3$  os testes apontaram, a um nível de significância de 5%, para a rejeição da hipótese nula. Observou-se que, desses parâmetros, o tanque T2 apresentou média superior, se comparado com T1, para pH,  $\text{NH}_3$ , e OD, e média inferior para temperatura.

Essa forma de acondicionamento do efluente nos tanques de cultivo permitiu observar um índice de sobrevivência na ordem de 85%, em T2, bem superior aos obtidos por Felizatto (2000) e Machado (2006).

Notou-se também que o cultivo de peixes sem reversão sexual foi bem sucedido, uma vez que, ao final do experimento, ao esvaziar o tanque T2 (tanque com efluente da lagoa de polimento) para verificar a taxa de sobrevivência, as fêmeas estavam em período de desova, mostrando que, apesar das condições adversas a que foram submetidas, se mostraram favoráveis à reprodução da tilápia do Nilo;

Por outro lado, o fato de estar trabalhando com indivíduos não revertidos sexualmente, em T3 (tanque com água potável e ração) foi observado um descontrole da quantidade de peixes, não podendo, com isso, comparar a produtividade entre os dois sistemas. Outro fator que chamou a atenção foi que nesse tanque os peixes “adultos” ao final do experimento não foram encontrados, levando a acreditar que pode ter ocorrido furto desses peixes por pessoas não autorizadas, ou mesmo predação de aves, fato muito comum no local.

Pelas análises microbiológicas realizadas na carne dos peixes cultivados no esgoto, pode-se observar que, em relação aos parâmetros analisados (*E. Coli*, *Estafilococos coagulase positiva* e *Salmonella sp.*), os peixes apresentaram condições higiênico-sanitárias satisfatórias para consumo humano, lembrando que, apesar desse resultado, não se aconselha o consumo de tal alimento cru. Tal resultado também foi obtido para os peixes cultivados com água potável e ração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, A. C. de. Cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em efluente do sistema de lagoas de estabilização da Estação de Tratamento de Esgotos de Samambaia-DF. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília (UnB), 2008.
2. BOCEK, A. Introduction to fish culture in ponds. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Auburn University, Alabama, USA (1996). Homepage: <http://www.ag.auburn.edu/fish/international/intrpond.htm>, acessado em 12 de abril de 2007 às 15:05h.
3. BORGES, A. M. Efeito da temperatura da água na produção de populações monosséxo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da linhagem chitralada. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Agronomia e Medicina da Universidade de Brasília (UnB), 2004.
4. BOYD, C. E. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agriculture Experiment Station, 1990.
5. CALLEGARI-JAQUES, S. M. Bioestatística: princípios e aplicações. Editora: Artmed, Porto Alegre – RS, 2006.
6. FELIZATTO, M. R. Reúso de água em piscicultura no Distrito Federal: potencial para pós-tratamento de águas residuárias associado à produção de pescado. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília (UnB), 2000.
7. KUBITZA, F. Tilápia – Tecnologia e Planejamento na Produção Comercial. Editora Acqua & Imagem, Jundiaí – SP, 2000.
8. MACHADO, B. C. Avaliação da Qualidade dos Efluentes das Lagoas de Estabilização em Série da Estação de Tratamento de Esgotos de Samambaia – DF para o cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*). Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília (UnB), 2006.
9. MARA, D. D.; EDWARDS, P.; CLARK, D. e MILLS, S. W. A rational approach to the desing of wastewater-fed fishponds. *Water Research*, 27 (12), 1797-1799, 1993.
10. MAROCO, J. Análise Estatística – com utilização do SPSS. Edições Silabo, Lda. Portugal – Lisboa, 2007.