

ANDERSON SARAIVA DE FREITAS

**UTILIZAÇÃO DE ESGOTOS SANITÁRIOS TRATADOS EM LAGOAS DE
POLIMENTO PARA A CRIAÇÃO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO –
ASPECTOS PRODUTIVOS E ECONÔMICOS**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós- Graduação em
Zootecnia, para obtenção do
título de “Magister Scientiae”

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

ANDERSON SARAIVA DE FREITAS

**UTILIZAÇÃO DE ESGOTOS SANITÁRIOS TRATADOS EM LAGOAS DE
POLIMENTO PARA A CRIAÇÃO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO –
ASPECTOS PRODUTIVOS E ECONÔMICOS**

Tese apresentada à
Universidade Federal de
Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, para
obtenção do título de “Magister
Scientiae”

APROVADA: 7 de março de 2006.

Prof. Rafael Kopschitz Xavier Bastos
(Conselheiro)

Prof. Sérgio Luiz de Toledo Barreto
(Conselheiro)

Prof. Ann Honor Munteer

Prof. Paulo Cesar Brustolini

Prof. Eduardo Arruda Teixeira Lanna
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, sem o qual nada seria possível.

A toda minha família, em especial meus pais Tadeu e Laêne, pelo amor, carinho, incentivo, apoio e, principalmente, formação de vida.

Aos meus irmãos Michelle e Willian e meu cunhado Bruno pelo carinho e apoio.

A minha noiva Raphaela pelo carinho, amor e confiança.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), através do Departamento de Zootecnia (DZO), pela acolhida e oportunidade de realização deste curso.

Ao professor orientador Eduardo Arruda Teixeira Lanna, pela orientação, amizade, incentivo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores, Sérgio Luiz de Toledo Barreto, Paulo Cesar Brustolini e Ann, pelas críticas e sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

Ao Professor Rafael Kopschtiz Xavier Bastos, pela amizade e pelos ensinamentos transmitidos, pelo incentivo e apoio durante o curso e na execução deste trabalho e de tantos outros.

Aos estagiários e funcionários da estação de tratamento de água da UFV, em especial ao pessoal do PROSAB.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia pela amizade durante todo o período do curso.

A todos os meus amigos e amigas, em especial a Marcos Bomfim, Maíra, Moisés, Felipe, Sanae, Alaor, Thiago, Vinícius de Souza, Silvano e Endrik pela ajuda, incentivo e leal amizade.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para execução deste trabalho e não foram citados.

BIOGRAFIA

ANDERSON SARAIVA DE FREITAS, filho de José Tadeu de Freitas e Laêne Maria Saraiva, nasceu em Viçosa, Estado de Minas Gerais, no dia 18 de dezembro de 1979.

Em 1999, ingressou no curso de graduação em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa - UFV, colando grau em 30 de janeiro de 2004.

Em março de 2004, foi admitido no programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, da Universidade Federal de Viçosa - UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Em março de 2006, submeteu-se aos exames finais de defesa de tese.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA	1
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9
UTILIZAÇÃO DE ESGOTOS SANITÁRIOS TRATADOS EM LAGOAS DE POLIMENTO PARA A CRIAÇÃO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO – ASPECTOS PRODUTIVOS E ECONÔMICOS...	12
UTILIZATION OF SANITARY SEWAGE TREATED IN POLISHING LAGOONS TO GROW NILE TILAPIA ALEVINS – PRODUCTIVE AND ECONOMIC ASPECTS.	13
INTRODUÇÃO	14
MATERIAL E MÉTODOS	17
RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
CONCLUSÃO.....	40
LITERATURA CITADA.....	41

LISTA DE TABELAS

	Página
001. Resultados físico-químicos do sistema de tratamento.....	21
002. Valores médio, mínimo e máximo de temperatura durante o período experimental.....	22
003. Valores médios de oxigênio dissolvido (mg/L) em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação de água.....	23
004. Valores médios de pH da água em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação de água.. ..	24
005. Concentração de amônia total (mg/L) em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação.....	27
006. Concentração de clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) na água em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação de água.....	28
007. Transparência da água (cm) em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação de água.....	29
008. Sólidos suspensos (mg/L) em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação.....	30
009. Ganho de peso médio (g) dos alevinos em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação de água.....	31
010. Ganho de biomassa (g) em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação de água.....	34
011. Mortalidade (%) de alevinos observada em relação à densidade de estocagem e a taxa de renovação de água.....	35
012. Preço do milheiro (R\$) de alevino de tilápia comercializado na Região de Muriaé – MG.....	38

LISTA DE FIGURAS

	Página
001. Vista do sistema de tratamento de esgotos: reator UASB + biofiltro aerado submerso e lagoas de polimento.....	17
002. Vista da unidade experimental de piscicultura.....	18
003. Ilustração esquemática da unidade experimental de piscicultura.....	18
004. Variação de OD ao longo de 24 h em função da taxa de renovação de água.....	23
005. Variação de OD ao longo de 24 h em função da densidade.....	24
006. Variação de pH ao longo de 24 h em função da taxa de renovação de água.....	26
007. Variação de pH ao longo de 24 h em função da densidade de estocagem.....	26
008. Ganho de peso de alevinos em função da densidade de estocagem.....	32
009. Ganho de biomassa em função da densidade de estocagem.....	34
010. Ganho de biomassa em função da taxa de renovação de água.....	36
011. Comprimento das tilápias alcançado na densidade de 10 peixes/m ³	38

RESUMO

FREITAS, Anderson Saraiva, M.S. Universidade Federal de Viçosa, março de 2006.
Utilização de esgotos sanitários tratados em lagoas de polimento para a criação de alevinos de tilápia do Nilo – aspectos produtivos e econômicos. Orientador: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Conselheiros: Rafael Kopschitz Xavier Bastos e Sérgio Luiz de Toledo Barreto

Objetivando-se de avaliar os efeitos da taxa de estocagem e da renovação de água sobre o desempenho de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) criados em efluente de esgotos sanitários tratados em lagoas de polimento, foram utilizados 1220 alevinos da linhagem tailandesa com peso médio inicial de $0,61 \pm 0,1g$. O experimento foi montado em delineamento em blocos ao acaso e seis blocos por tratamento. no esquema fatorial 4×4 , sendo quatro renovações de água (5, 10, 15 e 20%/dia) x quatro densidades de estocagem (10, 20, 30 e 40 alevinos/caixa). Levou-se em consideração para formação dos blocos um período experimental de um mês e dois blocos por período. O único alimento disponível era o plâncton desenvolvido nas lagoas de polimento, sem qualquer fornecimento adicional de ração. Avaliaram-se o ganho de peso, a taxa de mortalidade, os parâmetros físico-químicos da água (oxigênio dissolvido, pH, transparência, clorofila-a, amônia e sólidos suspensos); sendo a discussão complementada com uma breve avaliação econômica do empreendimento. Não houve nenhuma interação significativa ($P > 0,05$) entre a taxa de renovação de água e a densidade de estocagem dos alevinos. A elevação da densidade de estocagem influenciou significativamente ($P < 0,05$) apenas a concentração de amônia na água. A densidade de 10 peixes/m³ resultou em ganho de peso significativamente superior às demais ($P < 0,05$), mas inferiores às taxas de crescimento encontradas na literatura para o cultivo tradicional com o uso de ração. De qualquer forma, logra-se uma economia de insumos nada desprezível, com transformação de alimento natural em proteína animal.

ABSTRACT

FREITAS, Anderson Saraiva, M.S. Universidade Federal de Viçosa, March 2006.
Utilization of sanitary sewage treated in polishing lagoons to grow Nile tilapia alevins – productive and economic aspects. Adviser: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Committee Members: Rafael Kopschitz Xavier Bastos and Sérgio Luiz de Toledo Barreto

Aiming to evaluate the effects of stock rate and water renewal on the performance of alevins of the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), reared in effluent with sanitary sewage treated in polishing lagoons, 1220 alevins of Thai origin were used with initial mean weight of $0.61 \pm 0.1g$. The experiment was arranged in a randomized block design, with six blocks per treatment in a factorial scheme consisting of four water renewals (5, 10, 15 and 20%/day) x four stock densities (10, 20, 30 and 40 alevins/box). A one-month experimental period and two blocks per period were considered for block formation. Plankton was the only food available, developed in the polishing lagoons, without any additional ration supply. Weight gain, mortality rate, water physical-chemical parameters (dissolved oxygen, pH, transparency, chlorophyll-a, ammonia and suspended solids) were evaluated, with discussion being complemented with a brief economic evaluation. No significant interaction ($P>0.05$) was found between water renewal rate and alevin stock density. Increased stock density significantly influenced ($P<0.05$) only the ammonia concentration in the water. Density of 10 fish /m³ resulted in weight gain significantly higher, compared to the others but lower than the growth rates found in the literature for the traditional cultivation using ration. Anyhow, a considerable input gain is obtained from the transformation of natural food into animal protein.

I – Introdução e Revisão de Literatura

A escassez dos recursos hídricos, principalmente em regiões semi-áridas, e o elevado custo na construção de novos sistemas de abastecimento, fazem com que alternativas para a conservação dos recursos hídricos sejam implementadas. O Brasil dispõe de uma das maiores reservas de água doce do planeta, porém desigualmente distribuídas no território nacional. Nesse sentido, cresce no país a consciência da importância do uso racional da água, da necessidade de controle de perdas e desperdícios e da introdução da reciclagem da água na agência nacional (Bastos, 2003).

O uso de excreta humana em piscicultura constitui uma prática centenária, principalmente em alguns países da Ásia (Hejkal et al; 1983; Polprasert et al; 1984; Moscoso et al; 1992a e Shereif et al; 1995.). Porém a utilização de esgoto sanitário é menos freqüente, devido à própria precariedade da cobertura de serviços de esgotamento sanitário nos países em desenvolvimento (Edwards, 1992).

As experiências mundiais em matéria de utilização de esgotos tratados para a agricultura irrigada e para a criação de peixes têm apresentado resultados convincentes em termos dos benefícios diretos (econômicos) e indiretos, tais como a melhoria das condições de vida das populações mais pobres, pelo aumento da produção de alimentos e a redução de danos ambientais (Hespanhol, 2002).

Um claro atrativo para a utilização de esgotos sanitários é a oferta de água. Considerando uma contribuição per capita de esgotos de 150 – 200 L/hab.dia e uma demanda genérica de água para a piscicultura de 10 L/s.ha, consta-se que os esgotos produzidos por pessoa seriam suficientes para suprir uma área de cultivo de peixes de

1,7 a 2,3 m²; ou seja, uma população de 10.000 habitantes produziria “água” para o cultivo de peixes em 2 ha (Bastos 2003).

Os esgotos sanitários contêm nitrogênio e fósforo presentes nas fezes e na urina, nos restos de alimentos e nos detergentes, favorecendo o desenvolvimento de algas e de plâncton no meio aquático sendo estes a base da cadeia alimentar de todos os peixes. O esgoto bruto (sem tratamento) pode conter cerca de 30 a 50 mg de N/L e 10 a 20 mg de P/L; as formas nas quais o nitrogênio estará presente em efluentes tratados (orgânico, amoniacal, nitritos e nitratos) dependerão das técnicas de tratamento empregadas (Von Sperling, 2005). Porém, o lançamento de esgotos (brutos ou tratados) em corpos d’água pode provocar o fenômeno da eutrofização e, portanto, padrões de lançamento e limites nos corpos d’água são estabelecidos em legislação nacional: para nitrogênio, 20 mg de NH₃/L como padrão de lançamento; para fósforo total, de 0,02 a 0,15 mg/L no corpo d’água dependendo de sua condição de enquadramento e regime (lêntico ou lótico) segundo CONAMA (2005).

Assim sendo, a piscicultura com esgotos sanitários é uma forma de reciclagem de nutrientes, de controle de poluição e da eutrofização. De acordo com Haylor (1994), as unidades de piscicultura podem ainda contribuir na melhoria do efluente final no processo de tratamento, pois dentre outros aspectos, os peixes removem sólidos suspensos (plâncton) (Haylor, 1994).

Os custos da utilização de esgotos tratados para a produção de alimentos incluem aqueles referentes à construção e operação das unidades de tratamento, assim como sistemas de distribuição, treinamento de pessoal e medidas de proteção à saúde. Os riscos à saúde pública e ao meio ambiente são preocupações fundamentais quando se trata de reuso de água. Assim sendo, é necessário equilibrar as relações risco/benefício e custo/eficácia das tecnologias de tratamento, tendo em vista que, quanto mais nobre o

uso pretendido, mais alto o custo dos investimentos necessários à segurança do processo (Nardocci, 2003).

Em termos de processos de tratamento de esgotos, a associação lagoas de estabilização – piscicultura é particularmente interessante, pois sistemas de lagoas apresentam grande eficiência na estabilização da matéria orgânica, na remoção de patógenos e de amônia, além de favorecerem o desenvolvimento de plâncton.

O termo estabilização refere-se ao objetivo principal destes tipos de lagoas – a estabilização da matéria orgânica, ou, em outras palavras, a remoção da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e da Demanda Química de Oxigênio (DQO). Além das lagoas de estabilização, existem as lagoas de maturação, cuja principal função é a remoção de organismos patogênicos. Nas lagoas de maturação, projetadas com profundidades mais reduzidas, a penetração da luz solar na massa líquida é facilitada e a atividade fotossintética é acentuada, promovendo, de forma também acentuada, a produção de oxigênio dissolvido (OD), o consumo de CO₂ e, conseqüentemente, a elevação do pH. OD e pH elevados concorrem para a intensificação da ação bactericida e viricida dos raios UV (solares) (Von Sperling, 2002 e Von Sperling et al, 2003).

Nos últimos anos, ganharam destaque e aplicação os reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB), demonstrando uma elevada eficiência em remoção de matéria orgânica e de sólidos em suspensão. No entanto, essa eficiência é, na maior parte das vezes, insuficiente, exigindo pós-tratamento para o efluente anaeróbio para a remoção adicional de matéria orgânica, de nutrientes e de organismos patogênicos. Uma alternativa de pós-tratamento bastante atraente é representada pelas lagoas de polimento. Devido à elevada remoção de DBO que ocorre nos reatores anaeróbios, os problemas de sobrecarga orgânica na primeira lagoa da série são

reduzidos e, portanto, as lagoas de polimento podem ser dimensionadas como lagoas de maturação (Von Sperling, 2002 e Von Sperling et al., 2003).

As lagoas de polimento podem ser eficientes na remoção de nutrientes, desde que projetadas para tanto: baixas profundidades, acarretando intensa atividade fotossintética. Os principais mecanismos de remoção de nitrogênio amoniacal em lagoas de estabilização são a volatilização e a assimilação pelas algas. Durante o dia as algas realizando fotossíntese consomem CO_2 causando uma elevação do pH; em pH mais alto um percentual maior da amônia total estará sob a forma não ionizada (NH_3) que é mais tóxica aos peixes, porém como sua forma livre é volátil, se perde na atmosfera (Von Sperling, 2002; Von Sperling et al., 2003).

Um dos fatores mais importantes para o sucesso na produção de peixes é a utilização do alimento natural (fitoplâncton e zooplâncton), principalmente nos estágios iniciais de desenvolvimento. Apesar dos esforços para substituir totalmente o alimento natural por dietas artificiais, os piscicultores ainda são dependentes da produção e do emprego do plâncton na alimentação de diversas espécies de peixes. Isto porque mesmo que a alimentação artificial seja um fator determinante na otimização da produtividade, os peixes só se adaptam a ela após o desenvolvimento completo do trato digestivo e, em geral, o plâncton constitui, em qualquer estágio, importante fonte de alimento.

As células fitoplanctônicas são definidas como o primeiro nível de alimento acessível aos peixes, particularmente para o estágio larval de muitas espécies. São representados pelas microalgas, microorganismos e cianobactérias que possuem a habilidade de formarem agregados que são distribuídos na coluna d'água (Adler, 1997). Tavares (1995) cita valores de clorofila *a* em viveiros de peixes não-fertilizados e fertilizados, respectivamente, da ordem de 3 a $100\mu\text{g/L}$ e 100 a $800\mu\text{g/L}$. Em lagoas de estabilização facultativas, as concentrações de clorofila-*a* dependem da carga orgânica

aplicada e da temperatura, podendo-se citar valores na faixa de 500 a 3.000 g /L. A concentração de algas em lagoas de estabilização pode ser da ordem de 60 a 200 mg de sólidos em suspensão secos por litro (biomassa de fitoplâncton/L) ou 10^4 - 10^6 organismos por mL (Von Sperling, 2002). Edwards (1992) registra que em lagoas de estabilização tendem a predominar as algas verdes (ex.: *Ankistrodesmu*, *Chlamydomonas*, *Chlollera* e *Scenedesmus*,) e pigmentadas (ex.: *Euglena* e *Phacus*), porém em temperaturas mais elevadas podem se tornar dominantes as algas verde-azuladas ou cianobactérias, como, *Agnemellum*, *Microcysts* e *Oscillatoria Phormidium*.

O zooplâncton é um importante componente na dinâmica de um ambiente aquático; alguns gêneros e espécies são predadores de bactérias e outros consomem fitoplâncton. Utilizando zooplâncton produzido em lagoas de estabilização para alimentação de larvas de diversas espécies de peixe, Kibria et al. (1997) analisaram a composição bioquímica do plâncton coletado e ressaltaram o grande valor nutricional do alimento vivo para as primeiras fases de vida dos peixes. As últimas lagoas de tratamento de esgotos geralmente apresentam rotíferos e cladóceros em densidades cujos valores podem atingir 3000 e 300 indivíduos por litro, respectivamente (Guerrin, 1998 e Nandini, 1999).

É importante salientar que nem todas as espécies de zooplâncton conseguem sobreviver em águas residuárias, principalmente devido aos altos teores de amônia, compostos de enxofre e DBO destes sistemas (Laws, 1993). Arauzo (2003) observou que houve um significativo decréscimo na biomassa zooplanctônica em virtude dos efeitos da amônia não ionizada (NH_3 em níveis superiores a 2,5 mg/L) sendo o filo rotífera o mais afetado. Além disso, “blooms” de fitoplâncton levam a uma intensa atividade fotossintética aumentando o pH e os valores de amônia não ionizada, fazendo com que a biomassa de zooplâncton nas lagoas de tratamento de esgoto decresça.

Uma seleção criteriosa da espécie a ser cultivada é um fator chave para aproveitar o potencial das lagoas e com isso obter uma boa produtividade. Devido às condições climáticas e a constituição dos esgotos há uma grande variabilidade das condições do efluente das lagoas de estabilização e, portanto, a espécie de peixe deve ser capaz de suportar variações como: baixas concentrações de oxigênio dissolvido e elevadas concentrações de amônia.

Algumas espécies sugeridas para a criação neste tipo de sistema são: carpa da Índia, carpa de Israel, carpa prateada, carpa cabeça grande, carpa capim, carpa comum, catfish e tilápia (Schroeder, 1975; Moar et al; 1977 e Ghosh et al; 1985). A tilápia tem sido considerada a espécie com maior potencial, por ser tolerante a baixos níveis de oxigênio, variações na salinidade e a níveis de amônia relativamente elevados (Buras, 1987 e Jana, 1998). Peixes onívoros e de fundo consomem os detritos orgânicos em lagoas fertilizadas com esgoto e desse modo ajudam a diminuir a produção de gases indesejáveis, aumentando a aerobiose e reduzindo a mortalidade (Jana, 1998).

Diversos estudos têm demonstrado a viabilidade econômica e uma considerável produção de peixes com efluentes de lagoa de estabilização. Estudos com tilápias conduzidos por Moscoso et al. (1992b) e Pereira (2000), demonstraram que é possível a obtenção de produtividade de 4.400 e 3.900 kg/ha/safra, respectivamente, sem qualquer suplemento alimentício adicional. Ghosh et al. (1980) observaram que a produção de tilápias não foi afetada com níveis de nitrogênio amoniacal de 5,13 mg/L, pH-8,4 e oxigênio dissolvido de 4,4 mg/L, alcançando produções de 8.172 a 9.350 Kg/ha/ano. Em experimentos pilotos realizados em Bangcoc em quatro lagoas fertilizadas com esgoto, com a DBO variando de 75 a 150 kg/ha, a produtividade alcançada foi de 7.530 kg/ha/ano (Sharma et al. 1987). Resultados superiores a estes, utilizando também a produção de tilápias em lagoas, foram obtidos: 17 ton/ha/ano na Hungria (Olah, 1980);

10,6 ton/ha/ano na Índia (Srinivasan, 1980) e 16 a 20 ton /ha/ano na Tailândia (Edwards et. al. 1981).

Entretanto, parece existir uma determinada fase de desenvolvimento na qual o alimento natural pode não proporcionar ganhos de peso satisfatório, quando comparados ao cultivo convencional com fornecimento de ração. Almazan & Boyd (1978), citados por Edwards et al. (1981), indicaram a existência de uma relação entre a concentração de fitoplâncton e o crescimento das tilápias, e que esta relação se mantém linear até 70 mg/L de fitoplâncton. Edwards et al (1981) acrescenta que a diminuição na taxa de crescimento após atingir este ponto se deve ao déficit de oxigênio, principalmente no período da noite. Conduzindo experimento com tilápias, Pereira (2000), observou que no estágio inicial de crescimento dos peixes o ganho de peso nos tratamentos com efluentes foi comparável ao cultivo com fornecimento de ração, porém, à medida que os peixes ganhavam biomassa, o ganho de peso dos peixes alimentados com ração foi superior.

Outros fatores que podem influenciar na queda da produtividade são a taxa de estocagem dos peixes (densidade), que pode estar acima da capacidade de produção do alimento natural para a sua demanda nutricional, e a taxa de renovação de água, influenciando na disponibilidade de alimento (plâncton).

Elevadas densidades, com a manutenção das taxas de crescimento, dependem da disponibilidade e qualidade do alimento e das condições ambientais da água do viveiro (Proença & Bittencourt, 1994). A capacidade de adaptação a altas densidades e tolerância ao estresse são fatores específicos da espécie utilizada. Quando a taxa de estocagem é alta, há diminuição das oportunidades de alimentação dos indivíduos (competição) e aumento da excreção. O aumento da excreção causa decréscimo da

qualidade da água de cultivo e conseqüente decréscimo da taxa de crescimento individual (Hepher & Pruginin, 1985).

Bastos et al (2003) utilizaram uma taxa de renovação de água nos tanques de 10% ao dia e verificaram que durante o primeiro estágio de alevinagem, com densidade de 10 peixes por metro cúbico, o tratamento que recebeu efluente de lagoas de estabilização apresentou ganho de peso superior ao grupo controle, o qual recebeu ração comercial.

No Brasil são relativamente escassas as informações sobre piscicultura com esgotos sanitários, logo, idealizou-se este trabalho objetivando-se avaliar os efeitos da taxa de estocagem e da renovação de água sobre o desempenho de tilápias do Nilo cultivadas em efluente de lagoas de polimento.

O artigo a seguir foi editorado com base nos critérios da Revista Brasileira de Zootecnia, publicada pela Sociedade Brasileira de Zootecnia, com adaptações às normas para redação da tese (UFV, 2000).

Referências Bibliográficas

- ADLER, R. Superprocesses and plankton dynamics, in: Monte Carlo Simulation in Oceanography, '**Aha Huliko**' a **Hawaiian Winter Workshop**. *Proceedings...* University of Hawai at Manoa. 1997.
- ARAUZO, M. Harmful effects of unionized ammonia on the zooplankton community in a deep waste treatment pond. **Water Research**, 37, p.1048–1054, 2003.
- BASTOS, R.K.X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, p. 267, 2003.
- BASTOS, R. K. X.; FREITAS, A. S.; SALARO, A. L.; LANNA, E. A. T.; BEVILACQUA, P. D. 2003. Avaliação da produção de tilápia do Nilo com efluente de lagoa de estabilização. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22., 2003, Joinville-SC. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 2003. CD-ROM.
- BURAS, N. L.; DUEK, L.; NIV, S.; HEPHER, B.; SANDBANK, E. Microbiological aspects of fish grown in treated wastewater. **Water Research**, v.21, n.1, p.1-10, 1987.
- CONAMA. - **Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução Conama**. n..357, 2005.
- EDWARDS, P., SINCHUMAPSAK, O., TABUCANON, M. The harvest of microalgae from the effluent of sewage fed high rate stabilization pond by *Tilapia nilotica* Part I, II and III. **Aquaculture**, v.23, p.107-147, 1981.
- EDWARDS, P. **Reuse of human wastes in aquaculture**. A technical review. UNDP – World Bank Water Research Program. Washington D.C. The World Bank, 1992, 350p.
- GHOSH, A., RAO, L.H., SAHA, S.K. Culture prospects of *Sarotherodon mossambicus* in small ponds fertilized with domestic sewage. **J. Inland Fish. Soc.** India, v.12, p.74–80, 1980.
- GHOSH, A., SAHA, S.K., CHAKRABORTY, P.K. Carp production using domestic sewage. **Aquaculture Extension Manual**, Barrackpore, India: Central Inland Fisheries Research Institute, 1985.
- GUERRIN, F. **Valorization of wastewater treatment ponds zooplankton as a basis to feed larvae and juveniles of cyprinids**. Bulletin Francaise Peche et Piscicultur, n.311, 1998, p.113–125.

- HAYLOR, G. S. Fish production from engineered water system in developing countries. **Recent advances in aquaculture V**. Cornwall. UK: Blackwell Science Ltd, 1994.
- HEJKAL, T. W., GERBA, C. P., HENDERSON, S., FREEZE, M. Bacteriological, virological and chemical evaluation of wastewater – aquaculture system. **Water Research**. v.17, p.1749 -1755, 1983.
- HEPHER, B. & PRUGININ, Y. **Cultivo de Peces Comerciales**. México: Editora Limusa S.A., 1985.
- HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil. Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.7, n.4, p. 75-95, 2002.
- JANA, B.B. Sewage-fed aquaculture: The Calcutta model. In: **Ecological Engineering**, v.11, p.73-85, 1998.
- KIBRIA, G.; NUGEGODA, D.; FAITCLOUGH, R.; LAM, P.; BRADLY, A. Zooplâncton: Its biochemistry and significance in aquaculture. **Naga, The Iclarm Quarterly**, v.20, n.2, 1997.
- LAWS, E. A. Sewage treatment. In: **Aquatic pollution: an introductory text**. Wiley, New York, p. 125–156, 1993.
- MOAR, R. G., WOHLFORTH, G. W., SCHROEDER, G. L., HULATA, G. I., BARASH, H. Intensive polyculture of fish in freshwater ponds. I. Substitution of expensive feeds by liquid cow manure. **Aquaculture**, v.10, p. 25–43, 1977.
- MOSCOSO, J. C., NAVA, H., FLORÉZ, A. M. **Reuso en acuicultura de las aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización de San Juan**. Sección I. Acuicultura. Lima, Peru: CEPIS, 1992a.
- MOSCOSO, J. C., NAVA, H., FLORÉZ, A. M. **Reuso en acuicultura de las aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización de San Juan**. Sección III. Acuicultura. Lima, Peru: CEPIS, 1992b.
- NANDINI, S. Variations in physico-chemical parameters and plankton community structure in a series of sewage stabilization ponds. **Revista Biología Tropical**, v. 47, (Suppl. 1), p.149–156, 1999.
- NARDOCCI, A. C. Avaliação de riscos em reúso de água. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (ed.). **Reuso de água**. São Paulo: Manole, p. 403-431, 2003.
- OLAH, J. Structural and functional quantification in a series of Hungarian hypertrophic shallow lakes. **Hypertrophic Ecosystems**. The Hague, Netherlands Junk, p.191-202, 1980.

- PEREIRA, C. M. **Avaliação do uso de peixes planctófagos como auxiliares do tratamento de efluentes.** Santa Catarina: Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado), 2000.
- POLPRASERT, C., UDOM, S., CHOUDRY, K. H. Septage disposal in waste recycling ponds. **Water Research**, v.18, p.519–528, 1984.
- PROENÇA, C. E. M. & BITTENCOURT, P. R. L. **Manual de Piscicultura Tropical.** Brasília: IBAMA, 1994.
- SCHROEDER, G. L. Some effects of stocking fish in waste treatment ponds. **Water Research**, v.9, p.591–593, 1975.
- SHARMA, H. P., POLPRASERT, C., BHATTARAI, K. K. Physico-chemical characteristics of ponds fed with septage. **Resour. Conserv.**, v.13, p. 207-215, 1987.
- SHEREIF, M. M., EASA, M. E., EL-SAMRA, M. I., MANCY, K. H. A demonstration of wastewater treatment for reuse applications in fish production and irrigation in Suez, Egypt. **Water Science and Technology**, v.32, p.137–144, 1995.
- SRINIVASAN, A. Fish production in some hypertrophic ecosystems in South India. **Hypertrophic Ecosystems.** The Hague, Netherlands Junk, v.25, p.191-202, 1980.
- TAVARES, L.H.S. **Liminologia aplicada à aquicultura.** Jaboticabal: FUNEP, 1995, 70p.
- VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**, 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2002, 196 p.
- VON SPERLING, M., JORDÃO, E. P., KATO, M. T., ALÉM SOBRINHO, P., BASTOS, R. K. X., PIVELLI, R. P. Lagoas de estabilização. In: FRANCI, R.G. (Coord.). **Desinfecção de efluentes sanitários.** São Carlos: RiMa Artes e Texto, 2003, p. 275-336.
- VON SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005, 452 p.

Resumo

FREITAS, Anderson Saraiva, M.S. Universidade Federal de Viçosa, março de 2006.
Utilização de esgotos sanitários tratados em lagoas de polimento para a criação de alevinos de tilápia do Nilo – Aspectos Produtivos e Econômicos. Orientador: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Conselheiros: Rafael Kopschitz Xavier Bastos e Sérgio Luiz de Toledo Barreto

Objetivando-se avaliar os efeitos da taxa de estocagem e da renovação de água sobre o desempenho de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) criados em efluente de esgotos sanitários tratados em lagoas de polimento, foram utilizados 1220 alevinos da linhagem tailandesa com peso médio inicial de $0,61 \pm 0,1g$. O experimento foi montado em delineamento em blocos ao acaso e seis blocos por tratamento no esquema fatorial com quatro renovações de água (5, 10, 15 e 20 %/dia) x quatro densidades de estocagem (10, 20, 30 e 40 alevinos/caixa). Levou-se em consideração para formação dos blocos um período experimental de um mês e dois blocos por período. O único alimento disponível era o plâncton desenvolvido nas lagoas de polimento, sem qualquer fornecimento adicional de ração. Avaliaram-se o ganho de peso, a taxa de mortalidade, os parâmetros físico-químicos da água (oxigênio dissolvido, pH, transparência, clorofila-a, amônia e sólidos suspensos); sendo a discussão complementada com uma breve avaliação econômica do empreendimento. Não houve nenhuma interação significativa ($P > 0,05$) entre a taxa de renovação de água e a densidade de estocagem dos alevinos. A elevação da densidade de estocagem influenciou significativamente ($P < 0,05$) apenas a concentração de amônia na água. A densidade de 10 peixes/m³ resultou em ganho de peso significativamente superior às demais, mas inferiores às taxas de crescimento encontradas na literatura para o cultivo tradicional com o uso de ração. De qualquer forma, logra-se uma economia de insumos nada desprezível, com transformação de alimento natural em proteína animal.

Palavras Chaves: densidade de estocagem, piscicultura, proteína animal, reciclagem de nutrientes, reutilização de água.

Abstract

FREITAS, Anderson Saraiva, M.S. Universidade Federal de Viçosa, March 2006.
Utilization of sanitary sewage treated in polishing lagoons to grow Nile Tilapia Alevins – Productive and Economic Aspects. Adviser: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Committee Members: Rafael Kopschitz Xavier Bastos and Sérgio Luiz de Toledo Barreto

Aiming to evaluate the effects of stock rate and water renewal on the performance of alevins of the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), reared in effluent with sanitary sewage treated in polishing lagoons, 1220 alevins of Thai origin were used with initial mean weight of 0.61 ± 0.1 g. The experiment was arranged in a randomized block design, with six blocks per treatment in a factorial scheme consisting of four water renewals (5, 10, 15 and 20%/day) x four stock densities (10, 20, 30 and 40 alevins/box). A one-month experimental period and two blocks per period were considered for block formation. Plankton was the only food available, developed in the polishing lagoons, without any additional ration supply. Weight gain, mortality rate, water physical-chemical parameters (dissolved oxygen, pH, transparency, chlorophyll-a, ammonia and suspended solids) were evaluated, with discussion being complemented with a brief economic evaluation. No significant interaction ($P > 0.05$) was found between water renewal rate and alevin stock density. Increased stock density significantly influenced ($P < 0.05$) only the ammonia concentration in the water. Density of 10 fish /m³ resulted in weight gain significantly higher, compared to the others but lower than the growth rates found in the literature for the traditional cultivation using ration. Anyhow, a considerable input gain is obtained from the transformation of natural food into animal protein.

Keywords: stock density, pisciculture, animal protein, water re-utilization, nutrient recycling.

1. Introdução

O Brasil dispõe de uma das maiores reservas de água doce do planeta, porém desigualmente distribuídas no território nacional. Nesse sentido, cresce no país a consciência da importância do uso racional da água, da necessidade de controle de perdas e desperdícios e da introdução definitiva da reciclagem da água na agenda nacional (Bastos, 2003).

O uso de excreta na piscicultura constitui uma prática centenária, principalmente em alguns países da Ásia, porém a utilização de esgoto sanitário é aparentemente menos frequente, talvez pela própria precariedade da cobertura de serviços de esgotamento sanitário nos países em desenvolvimento (Edwards, 1992).

As experiências mundiais em matéria de utilização de esgotos tratados para a agricultura irrigada e para a criação de peixes têm apresentado resultados convincentes em termos dos benefícios diretos (econômicos) e indiretos tais como: a melhoria das condições de vida das populações mais pobres, pelo aumento da produção de alimentos e a redução de danos ambientais (Hespanhol, 2002).

Os custos da utilização de esgotos tratados para a produção de alimentos incluem aqueles referentes à construção e operação das unidades de tratamento, assim como sistemas de distribuição, treinamento de pessoal e medidas de proteção à saúde. Os riscos à saúde pública e ao meio ambiente são preocupações fundamentais quando se trata de reuso de água. Assim sendo, é necessário equilibrar as relações risco/benefício e custo/eficácia das tecnologias de tratamento, tendo em vista que, quanto mais nobre o uso pretendido, mais alto o custo dos investimentos necessários à segurança do processo (Nardocci, 2003).

O tratamento de esgotos sanitários em sistema de lagoas é capaz de fornecer efluentes propícios à piscicultura. Os nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) presentes no esgoto favorecem o estabelecimento de um ambiente eutrófico, proporcionando a proliferação de plâncton, sendo este considerado a base da cadeia alimentar de todos os peixes.

Embora a alimentação artificial seja um fator determinante na otimização da produtividade, os peixes só se adaptam a ela após o desenvolvimento completo do trato digestivo e, em geral, o plâncton constitui em qualquer estágio, importante fonte de alimento. Como todos os peixes normalmente são planctófagos na fase larval e, ao crescerem, algumas espécies continuam se alimentando de plâncton, como planctófagos obrigatórios ou facultativos (Tavares, 1995), a piscicultura com esgotos sanitários tratados pode constituir fonte alternativa de produção de proteína a baixo custo e, ainda, uma forma de reciclagem de nutrientes contribuindo para o controle da poluição e eutrofização dos corpos receptores.

Diversos estudos têm demonstrado a viabilidade econômica e uma significativa produção de peixes em efluentes de lagoa de estabilização. Estudos com tilápias conduzidos por Moscoso et al. (1992) e Pereira (2000), demonstraram que é possível a obtenção de produtividade de 4.400 e 3.900 kg/ha/safra, respectivamente, sem qualquer suplemento alimentício adicional, em sistema de cultivo com efluente de lagoa de estabilização.

Entretanto, parece existir uma determinada fase de desenvolvimento na qual o alimento natural pode não proporcionar ganhos de peso satisfatório, quando comparados ao cultivo convencional com fornecimento de ração.

Pereira (2000) conduzindo experimento com tilápias, observou que no estágio inicial de crescimento dos peixes o ganho de peso nos tratamentos com efluentes foi

comparável ao cultivo com fornecimento de ração, porém, à medida que os peixes ganhavam biomassa, o ganho de peso dos peixes alimentados com ração foi superior.

Outros fatores que podem influenciar na queda na produtividade são a taxa de estocagem dos peixes (densidade), que pode estar acima da capacidade de produção do alimento natural para a sua demanda nutricional, e a taxa de renovação de água, influenciando na disponibilidade de alimento (plâncton).

Bastos et al (2003) utilizaram uma taxa de renovação de água nos tanques de 10% ao dia e verificaram que durante o primeiro estágio de alevinagem e com densidade de 10 peixes por metro cúbico, o tratamento que recebeu efluente de lagoas de estabilização apresentou ganho de peso superior ao grupo controle, o qual recebeu ração comercial.

No Brasil são relativamente escassas as informações sobre piscicultura com esgotos sanitários, idealizou-se este trabalho objetivando-se avaliar os efeitos da taxa de estocagem e da renovação de água sobre o desempenho de tilápias do Nilo cultivadas em efluente de lagoas de polimento. Procurou-se ainda avaliar aspectos econômicos inerentes a este sistema de criação.

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de dezembro de 2004 a abril de 2005 na Unidade Integrada de Tratamento e Utilização de Esgotos da Viçosa (Viçosa-MG), instalada no âmbito do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB), financiado pela FINEP, sob a coordenação do Departamento de Engenharia Civil da UFV e com a participação do Departamento de Zootecnia. A unidade de tratamento é constituída por um reator UASB e um Biofiltro Aerado Submerso (UASB + BF), ambos em escala real e pré-fabricados em aço, seguidos de três lagoas de polimento em série e uma quarta em paralelo à terceira, em escala piloto e pré-fabricadas em fibra de vidro (Figura 1).



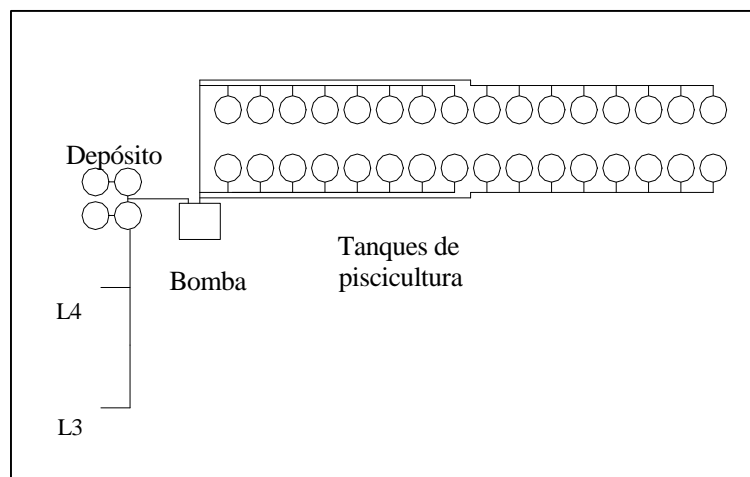
Figura 1 – Vista do sistema de tratamento de esgotos: reator UASB + biofiltro aerado submerso e lagoas de polimento

Os efluentes das lagoas 3 e 4 alimentavam a unidade de piscicultura, constituída por 32 caixas de fibra de vidro, com capacidade de 1.000 L e volume utilizado de 500 L, dotados de sistemas individuais de abastecimento de água e escoamento de fundo. As caixas foram divididas em 4 grupos, sendo cada grupo constituído de 8 caixas. O que permitiu trabalhar com 4 taxa de renovação de água diferente. A renovação de água nas

caixas era realizada no período da manhã (08:00h) utilizando-se uma bomba de água de ¼ CV (Figuras 2 e 3). O tempo em que a bomba permanecia ligada, foi calculado e variou de acordo com o volume a ser renovado em cada caixa. Cada grupo de 8 caixas tinha um tempo diferente conforme as taxas de renovação testadas, e eram abastecidos com o efluente das lagoas de polimento um de cada vez.



Figura 2 – Vista da unidade experimental de piscicultura



L4 – Lagoa 4
L3 – Lagoa 3

Figura 3 – Ilustração esquemática da unidade experimental de piscicultura

Foram utilizados 1.220 alevinos revertidos de tilápia (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso médio inicial em torno de $0,61 \pm 0,1g$. O experimento foi montado em esquema fatorial com 4 densidades (10, 20, 30 e 40 peixes/m³) x 4 taxas de renovação de água (5, 10, 15 e 20%/dia) no delineamento em blocos ao acaso, composto por seis blocos (repetições) por tratamento. Para formação dos blocos foi levado em consideração um período experimental de trinta dias, num total de três, sendo que, para cada período, foram avaliadas duas repetições para cada tratamento.

Foram aferidos semanalmente os seguintes parâmetros físico-químicos da água: oxigênio dissolvido (OD), amônia total, pH, transparência da água, sólidos suspensos e clorofila-a. As coletas foram realizadas individualmente em cada caixa, a uma profundidade de 35 cm e às 8:00h. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade da Água da Divisão de Água e Esgotos da UFV, conforme os procedimentos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998). A temperatura da água foi aferida diariamente, às 7:30 e 17:30 horas. Quinzenalmente foram realizados perfis de 18 horas (06:00, 12:00, 18:00 e 24:00 horas) de oxigênio dissolvido (OD) e pH, medidos a 30cm de profundidade.

Foram avaliados os ganhos de peso(g) e de biomassa(g) e a taxa de mortalidade (%).

Os resultados físico-químicos do sistema de tratamento (esgoto bruto até lagoas) foram gerados através de monitoramento semanal realizado pela equipe de bolsistas do PROSAB – Programa de Saneamento Básico, financiado pelo FINEP/CNPq.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, segundo o modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + D_j + RD_{ij} + B_k + \varepsilon_{ijk}$$

em que

Y_{ijk} = valor observado para variável estudada;

μ = média geral da característica;

R_i = efeito da renovação i , sendo $i = 5, 10, 15$ e 20% ;

D_j = efeito da densidade j , sendo $j = 10, 20, 30$ e 40 peixes/m³;

RD_{ij} = interação densidade x taxa de renovação;

B_k = efeito do bloco k , sendo $k = 1, 2, 3, 4, 5$ e 6 ;

ε_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

Os dados foram interpretados por meio de análises de variância e regressão (linear, quadrático), em nível de 5% de probabilidade, conforme o melhor ajustamento obtido para cada variável, com base na significância dos coeficientes de regressão pelo teste F, no coeficiente de determinação, na soma de quadrado dos desvios e no fenômeno em estudo.

3. Resultados e discussão

3.1 – Qualidade da água

3.1.1 – O Sistema de tratamento do esgoto

O sistema de tratamento apresentou excelente desempenho durante o período experimental, com remoção de 91,1% de DBO, 76,9% de DQO, 70% de SS e 55,6% de NH₃. As próprias características do sistema de lagoas – escala piloto com baixa profundidade propiciaram intensa produção de algas, e a elevação significativa do pH e OD ajudaram a explicar a elevada remoção de amônia. Ocorreu ainda uma remoção adicional de 93,9% de amônia do efluente das lagoas para as caixas da unidade de piscicultura.

Tabela 1 – Resultados físico-químicos do sistema de tratamento

	DBO	DQO	N-NH ₃	SS	Clorofila	pH
Esgoto Bruto	282	658	18	234	191	6,7
Reator Anaeróbico	39	144	31	54	251	6,7
Biofiltro	31	113	30	53	251	6,9
Lagoa 1	21	97	26	41	368	7,6
Lagoa 2	21	95	20	46	-	7,8
Lagoa 3	24	137	10	57	-	8,4
Lagoa 4	25	152	8	70	-	8,8
Tanques - peixe	-	-	0,49	108	193	9,5

DBO – Demanda Biológica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

SS – Sólidos Suspensos

3.1.2 – Temperatura

A temperatura da água durante o período experimental manteve-se dentro dos valores recomendados para a espécie de peixe estudada (Tabela 2). Temperaturas inferiores a 20°C podem afetar o metabolismo, provocando diminuição do apetite e queda na produtividade. A temperatura que proporciona uma maior produtividade no cultivo de tilápias está entre 29°C e 31°C e havendo oferta regular de alimento, o crescimento nesta faixa de temperatura pode ser até 3 vezes maior do que a 20°C (Popma & Lovshin, 1995)

O fitoplâncton e os zooplâncton presentes nos viveiros são importantes para a tilápia, sendo que o desenvolvimento desses organismos é influenciado pela disponibilidade e equilíbrio dos nutrientes e também pela temperatura da água.

Tabela 2 – Valores médio, mínimo e máximo de temperatura durante o período experimental

Temperatura (° C)		
Mínima	Média	Máxima
21,0 ± 0,90	26,0 ± 1,60	33,0 ± 2,60

3.1.3. Oxigênio e pH

Não foi verificado efeito significativo de bloco ($p>0,05$) para nenhum dos parâmetros de qualidade da água, como também para os desempenho zootécnico avaliado .

Não houve interação significativa ($p>0,05$) entre a densidade de estocagem e a taxa de renovação de água. Verificou-se também efeito não significativo ($p>0,05$) da densidade de estocagem e da taxa de renovação de água sobre a concentração de oxigênio dissolvido (Tabela 3).

Tabela 3 Valores médios de oxigênio dissolvido (mg/L) em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação de água

Densidade (alevinos /m ³)	Renovação (%)				Média
	5	10	15	20	
10	12,85	17,93	18,09	14,26	15,78
20	18,16	14,97	14,74	16,85	16,18
30	15,44	18,27	19,10	15,67	17,12
40	18,61	16,47	15,78	17,67	17,13
Média	16,26	16,91	16,93	16,11	

Coefficiente de variação: 26,6%

As fontes de oxigênio em um viveiro de criação de tilápia são: o contato com o ar, o fitoplâncton, a renovação de água. Os elevados valores de oxigênio durante o pico de intensidade luminosa podem ter contribuído para os elevados resultados médios obtidos. Outra possível hipótese seria de que o oxigênio foi medido a aproximadamente 25 cm da superfície, e nessa região se concentra uma intensa atividade fotossintética.

Nas Figuras 4 e 5, pode-se observar a oscilação de OD ao longo de 18 horas, em função da taxa de renovação de água e da densidade de estocagem, respectivamente.

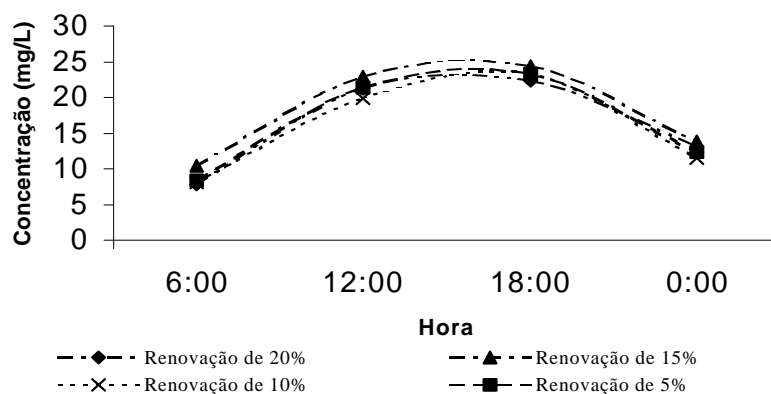


Figura 4 – Variação de OD ao longo de 24 h em função da taxa de renovação de água

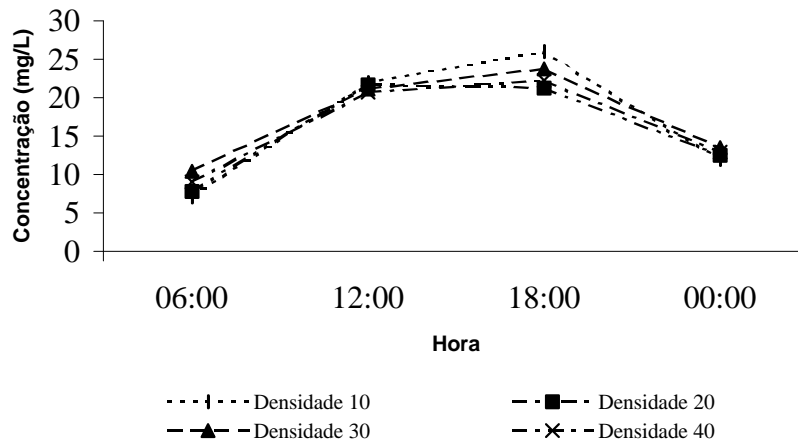


Figura 5 - Variação de OD ao longo de 24 h em função da densidade

Os elevados valores de OD coincidiram com os picos de fotossíntese realizada pelas algas e à medida que vai diminuindo a intensidade luminosa os valores de oxigênio tendem a decrescer, pela diminuição da fotossíntese e do consumo de oxigênio pelas algas (respiração). Mesmo os menores valores de OD, registrados às 06:00, estiveram dentro da faixa recomendada para o cultivo de tilápias.

Não foi observado efeito interativo entre a variação na densidade de estocagem e na taxa de renovação de água, bem como efeito da densidade sobre o pH ($p > 0,05$). Entretanto, a elevação da taxa de renovação de água provocou a redução de pH ($p < 0,01$), segundo uma função linear (Tabela 4).

Tabela 4 Valores médios de pH da água em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação de água

Densidade (alevinos/m ³)	Renovação(%)				Média
	5	10	15	20	
10	9,85	9,61	9,45	9,00	9,48
20	9,67	9,51	9,20	9,42	9,45
30	9,48	9,86	9,57	9,43	9,58
40	9,54	9,39	9,31	9,37	9,40
Média ¹	9,63	9,59	9,38	9,30	

1- Efeito Linear ($p < 0,05$): $Y = 9,77901 - 0,240375X$ $R^2 = 0,94$
 Coeficiente de variação: 4,5%

Em taxas de renovação mais elevadas, talvez, algas não aproveitadas como alimento pelos peixes tenham sido descartadas, diminuindo assim as concentrações de pH com a diminuição da fotossíntese. Entretanto, esta eventual diminuição na produção fotossintética não pôde ser observada pelos valores de oxigênio, provavelmente pelo elevado coeficiente de variação (Tabela 5).

Nas Figuras 6 e 7, pode-se observar a oscilação de pH ao longo de 24 horas, coerente com as variações de OD, pois nas horas de maior produção fotossintética ocorre um maior consumo de CO₂, reduzindo os teores de H₂CO₃ no meio. Valores de pH acima de 9, como os encontrados, são desejáveis, uma vez que quanto maior o pH maior a porcentagem de NH₃ não ionizada, que por ser volátil se perde na atmosfera. Além disso, pH o elevado contribui para a remoção de patógenos. Durante a madrugada é de se esperar que o pH seja mais baixo, devido a uma maior presença de CO₂ proveniente da respiração.

Vale ressaltar que as pequenas lâminas d'água das caixas certamente favoreceram os elevados valores de pH OD registrados.

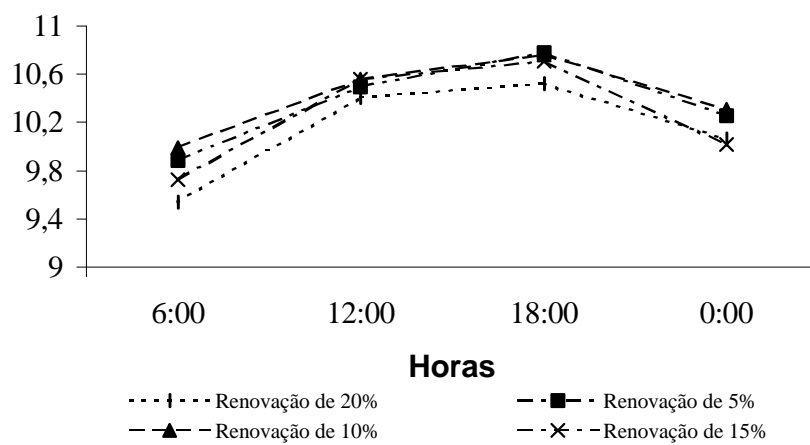


Figura 6 – Variação de pH ao longo de 24 h em função da taxa de renovação de água

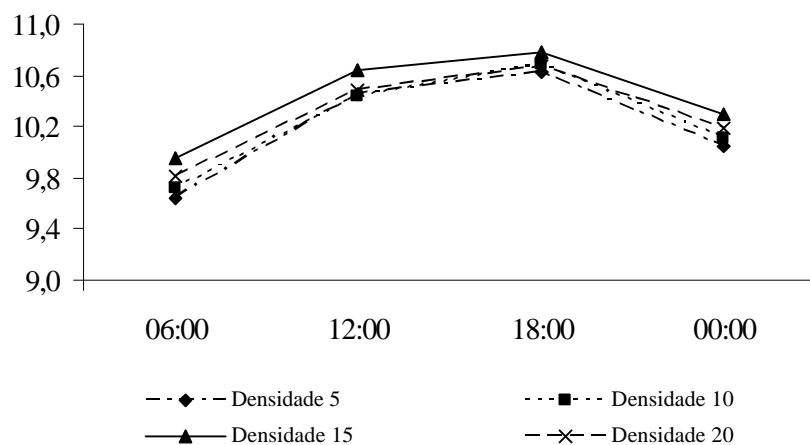


Figura 7 - Variação de pH ao longo de 24 h em função da densidade de estocagem

3.1.4 – Amônia

Não foi observado efeito interativo entre a densidade de estocagem e a taxa de renovação de água, bem como efeito da densidade de estocagem ($p > 0,05$) para a concentração de amônia na água. Entretanto, a elevação da taxa de renovação aumentou ($p < 0,01$) de forma linear a concentração de amônia na água consistentemente com o maior aporte dos efluentes das lagoas (Tabela 5).

Tabela 5 Concentração de amônia total (mg/L) em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação

Densidade (alevinos/m ³)	Renovação(%)				Média
	5	10	15	20	
10	0,49	0,41	0,61	0,75	0,56
20	0,49	0,28	0,64	0,64	0,51
30	0,22	0,56	0,32	0,61	0,43
40	0,31	0,48	0,62	0,38	0,45
Média ¹	0,38	0,43	0,55	0,59	CV=61,5

1- Efeito Linear: $Y = 0,296703 + 0,0152455X$ $R^2 = 0,97$

Coefficiente de variação : 61,5%

Os valores observados na Tabela 5 correspondem à amônia total ($\text{NH}_4 + \text{NH}_3$). A concentração de amônia tóxica aos peixes (NH_3) é calculada levando-se em conta a temperatura e o pH da água. Quanto maior o pH e a temperatura da água, maior porcentagem da amônia estará na sua forma tóxica. Para os valores de pH registrados (sempre acima de 9), estima-se que entre 50% e 80% da amônia se apresentasse na forma livre, tóxica. Entretanto, as concentrações de amônia em todos os tratamentos estiveram abaixo de 2,0 mg/L, considerado o limite tóxico para as tilápias (Vinatea, 1997; Kubitza, 2000). Esses resultados indicam a boa eficiência de remoção de amônia alcançada pelo sistema integrado lagoas + tanques de piscicultura. Todavia, deve-se

destacar o ambiente extremamente favorável à volatilização da amônia nas caixas/viveiros de peixes devido a reduzida lâmina d'água.

3.1.5 - Transparência e Clorofila-a

Os dados de concentração de clorofila-a nos tratamentos (Tabela 6) ajudam a discutir os resultados de ganho de peso apresentados. Provavelmente o fator limitante ao crescimento dos peixes tenha sido o tipo de alimento e sua disponibilidade nas caixas, já que os ganhos de biomassa foram relativamente pequenos e os teores de clorofila-a não diferiram nos tratamentos ($p > 0,05$). Os resultados de clorofila-a fornecem uma estimativa da quantidade de fitoplâncton presente, mas não a de zooplâncton. Pode ser que a população de zooplâncton tenha sido baixa e os peixes tenham maior preferência por estes em relação aos fitoplâncton, ou que determinadas espécies de fitoplâncton, que são mais aproveitadas pelos peixes, não estivessem em quantidades suficientes para atender a necessidade dos mesmos.

Tabela 6 – Concentração de clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) na água em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação de água.

Densidade (alevinos/m ³)	Renovação (%)				Média
	5	10	15	20	
10	272,76	216,61	132,79	181,53	200,92
20	164,78	204,38	161,02	146,74	169,23
30	233,17	161,16	139,06	230,60	191,00
40	147,23	270,17	205,72	220,58	210,92
Média	204,48	213,08	159,65	194,86	

Coefficiente de variação: 49,9%

Em experimentos realizados por Moscoso et al (1992), utilizando efluentes de lagoas de estabilização para abastecer tanques com tilápia, os autores constataram a predominância dos gêneros *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus* e *Chlamydomonas*

durante o inverno (temperaturas de 16 a 22°C); durante o verão (temperaturas de 23 a 28°C), além dos gêneros já mencionados, predominaram também *Euglena* e cianobactérias (*Microcysts*). Com relação ao zooplâncton, os autores observaram a proliferação de ciliados, rotíferos, copépodes e cladóceros, todos citados como importante fonte de alimento para peixes.

Cavalcanti (2003), citado por Bastos (2003), monitorando um sistema de lagoas de estabilização na Paraíba, entre abril e maio, com temperaturas médias de 25°C encontrou a predominância dos gêneros *Euglena* (40%), *Chlorella* (60%) e *Phacus*, em menores proporções *Chlorococcum*, *Chlamydomonas*, *Pyrobotrys*, além da cianobactéria *Oscillatoria*.

Em relação à transparência da água (Tabela 7), não foi verificada diferença significativa nos tratamentos estudados ($p > 0,05$).

Tabela 7 Transparência da água (cm) em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação de água

Densidade (alevinos/m ³)	Renovação(%)				Média
	5	10	15	20	
10	23	23	24	24	23
20	24	25	22	24	24
30	21	26	25	22	23
40	22	22	23	23	23
Média	23	24	23	23	

Coefficiente de variação: 11%

A leitura da transparência, feita por disco de Secchi, mede o grau de fertilização em que se encontra um ambiente aquático. Transparências menores que 20cm indicam que a adubação dos tanques de piscicultura deve ser suspensa, indicando um provável excesso de plâncton (Proença & Bittencourt, 1994), o que pode levar a uma baixa concentração de OD no período noturno e chegar a níveis letais para os peixes. Apesar da baixa transparência encontrada nos tratamentos, a concentração de oxigênio não

atingiu níveis críticos, o que pôde ser constatado através dos perfis de 24 horas realizados.

O esperado era que com uma maior densidade de estocagem dos alevinos, maior seria a capacidade de filtração na caixa, ou seja, os peixes ao consumirem o alimento natural contribuiriam para aumentar a transparência, porém mesmo a maior densidade testada não alterou significativamente este parâmetro.

3.1.6 - Sólidos Suspensos

Não foi verificado efeito interativo entre a densidade de estocagem e taxa de renovação de água, bem como para a taxa de renovação de água ($p > 0,05$). Entretanto, a elevação da densidade de estocagem aumentou ($P < 0,05$) de forma linear os teores de sólidos suspensos (Tabela 8).

Tabela 8 Sólidos suspensos (mg/L) em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação

Densidade (alevinos/m ³)	Renovação (%)				Média ¹
	5	10	15	20	
10	81,75	99,37	113,35	97,49	97,99
20	100,85	108,14	115,91	100,81	106,43
30	124,53	93,98	132,46	108,68	114,91
40	115,40	114,34	123,17	99,94	113,21
Média	105,63	103,96	121,22	101,73	

1- Efeito Linear: $Y = 94,5977 + 0,108304X$ $R^2 = 0,83$
 Coeficiente de variação : 27,8%

Em lagoas de polimento, os sólidos suspensos são representados essencialmente pelo plâncton e a presença de peixes pode provocar modificações na comunidade planctônica. Nas caixas, às maiores densidades corresponderam maiores teores de sólidos. Bastos et al. (resultados ainda não publicados) estudaram o efeito do

peixamento nas mesmas lagoas de polimento destes experimentos, registrando aumentos significativos nas concentrações de sólidos suspensos e clorofila-a antes e após a introdução dos peixes. A comunidade planctônica também foi monitorada, constatando-se diminuição do número de organismos zooplanctônicos /m³, principalmente do gênero *Cladocera* (*Daphnia* sp.) após o peixamento. O zooplâncton é grande predador de fitoplâncton e, dessa forma, os peixes ao se alimentarem do zooplâncton poderiam causar um aumento na população de fitoplâncton, aumentando com isso as concentrações de sólidos suspensos e de clorofila-a.

3.2 - Desempenho zootécnico

Não foi observado efeito interativo entre a variação da taxa de renovação de água e da densidade de estocagem, bem como efeito da taxa de renovação de água ($p > 0,05$) sobre o ganho de peso. Contudo, a elevação da densidade de estocagem reduziu ($p < 0,01$) de forma linear o ganho de peso dos alevinos (Tabela 9 e Figura 8).

Tabela 9 - Ganho de peso médio (g) dos alevinos em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação de água

Densidade (alevinos/m ³)	Renovação (%)				Média ¹
	5	10	15	20	
10	7,52	8,00	7,34	7,93	7,7
20	5,24	4,92	4,79	3,95	4,7
30	2,58	4,14	3,06	2,88	3,2
40	2,29	2,65	2,20	2,02	2,3
Média	4,4	4,9	4,3	4,2	

¹ Efeito linear ($p < 0,05$): $Y = 8,99 - 0,177x$ $R^2 = 0,93$
coeficiente de variação : 26,6%

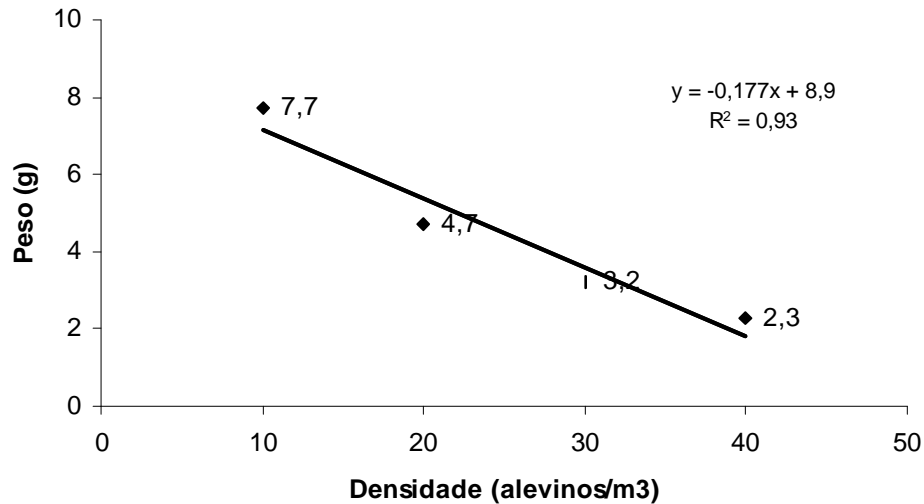


Figura 8 –Ganho de peso de alevinos em função da densidade de estocagem

O menor ganho de peso associado a maior densidade, pode estar relacionado com a disponibilidade de alimento (plâncton), ou seja, em maiores densidades a quantidade de alimento disponível para cada peixe foi menor, o que resultou na queda do ganho de peso. Estes resultados assemelham-se aos encontrados por Pereira (2004) que avaliando as taxa de estocagem de 3 e 7 peixes/m³ em tanques abastecidos com efluente de lagoas de estabilização, encontrou menor ganho para a maior densidade de criação.

Diversos autores têm demonstrado a influencia da densidade de estocagem sobre o ganho de peso. Dambo e Rana (1992), acompanhando o desempenho de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), estocadas em densidades de 1, 2, 5, 10, 15 e 20 alevinos/L por um período de 33 dias, observaram que com o aumento de densidade ocorreu uma redução no comprimento total, no peso médio e na taxa de crescimento específico e no aumento no coeficiente de variação em comprimento, além de queda moderada de sobrevivência. Sanches e Hayashi (1999), também conduzindo experimento com larvas

de *O. niloticus*, verificaram que o aumento da densidade resultou em menor peso e comprimento médio final, indicando o uso de dois alevinos/L.

Haylor (1991), testando as densidades de 50, 100 e 150 alevinos/L para o bagre africano (*Clarias gariepinus*), observou que o aumento da densidade resultou em crescimento mais lento dessa espécie. Nascimento e Melo (1989), em experimento com 3 densidades de estocagem (100, 200 e 400 larvas/m³) de larvas de carpa comum (*Cyprinus carpio*), por 30 dias, em tanques de 64m³, observaram quedas no incremento em peso e em sobrevivência com o aumento de densidade.

Edwards et. al (1981) cultivaram tilápia do Nilo em tanques abastecidos com efluente de tratamento de esgoto e obtiveram melhores resultados de ganho de peso com densidade de estocagem de 10 peixes/m³.

No presente estudo, mesmo o maior valor de ganho de peso encontrado (0,3g/peixe/dia) está abaixo da taxa de crescimento considerada adequada para a espécie nesta fase de crescimento: 0,9 g/peixe/dia em cultivo tradicional com uso de rações completas (Kubitza, 2000).

Com relação à renovação de água, a taxa de 20% ao dia pode não ter fornecido quantidade suficiente de alimento para proporcionar ganhos de peso superiores à menor taxa de renovação testada.

Na seqüência dos testes estatísticos não foi verificada diferença significativa da interação entre taxa de renovação e densidade de estocagem para o ganho de biomassa ($p > 0,05$). Porém, a elevação da densidade de estocagem e da taxa de renovação de água influenciaram ($p < 0,05$) de forma quadrática o ganho de biomassa (Tabela 10 e Figura 9 e 10).

Tabela 10- Ganho de biomassa (g) em função da densidade de estocagem e da taxa de renovação de água

Densidade	Renovação (%)				Média ¹
	5	10	15	20	
10	75,16	53,43	63,98	77,88	67,61
20	82,83	63,38	85,52	82,27	78,50
30	59,60	63,57	82,70	76,83	70,67
40	66,45	56,30	73,99	78,99	68,93
Média ²	71,01	59,17	76,55	78,99	

Coefficiente de variação : 20,7%

1- Efeito Quadrático (p<0,05): $Y = -0,0316X^2 - 1,54X + 56,608$ $R^2 = 0,57$

2- Efeito Quadrático (p<0,05): $Y = 0,1428X^2 - 2,7436X + 78,95$ $R^2 = 0,58$

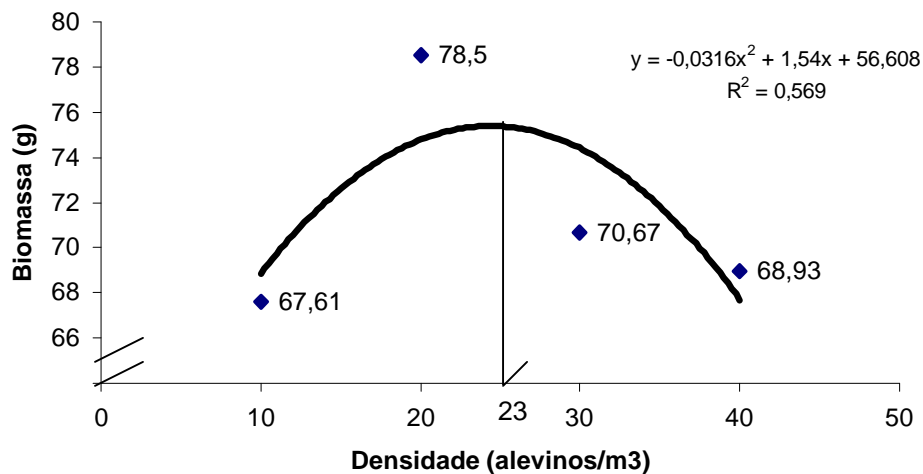


Figura 9 - Ganho de biomassa em função da densidade de estocagem

Verifica-se que a capacidade suporte foi atingida na densidade de 23 peixes/m³. A partir daí o alimento pode ter sido o fator limitante, o que resultou em menores ganhos de biomassa mesmo quando a densidade foi aumentada. A capacidade suporte é a máxima biomassa de peixe capaz de ser sustentada em uma unidade de produção e é determinada segundo Kubitza (2000), pela quantidade e qualidade de alimento disponível; pelos níveis críticos de oxigênio dissolvido e pela concentração de amônia, gás carbônico e nitrito.

O menor ganho de biomassa observado para a taxa de renovação de 10% ao dia, pode ser explicado pela maior mortalidade ocorrida neste tratamento (Tabela 11).

Tabela 11 - Mortalidade (%) de alevinos observada em relação à densidade de estocagem e a taxa de renovação de água

Densidade (alevinos/m ³)	Renovação (%)				Média ¹
	5	10	15	20	
10	0	27	7	0	8
20	16	25	7	2	12
30	12	30	3	4	13
40	17	28	7	3	13
Média ²	11	27	6	2	

Coeficiente de variação: 113%

1- Efeito Linear (p<0,05): $Y = 0,16X + 7,5$ $R^2=0,75$

2- Efeito Quadrático (p<0,05): $Y = 0,2X^2 + 4,04X - 1,5$ $R^2=0,59$

Para a mortalidade observada na taxa de renovação 10% não se encontra explicação plausível, de ordem biológica ou em efeitos relacionados ao tratamento, pode-se especular que, como a linha de caixas que recebia a renovação de 10% do seu volume diário era sempre a última a ser completada ao início de cada etapa do experimento, pode ser que uma maior concentração inicial de amônia nessas caixas, juntamente com o estresse associado ao transporte dos peixes possa ter acarretado tal índice de mortalidade diminuindo assim o ganho de biomassa (Figura 10). Como a transparência da água não permitia a visualização dos peixes, a mortalidade só foi detectada ao final do experimento com o esvaziamento total das caixas.

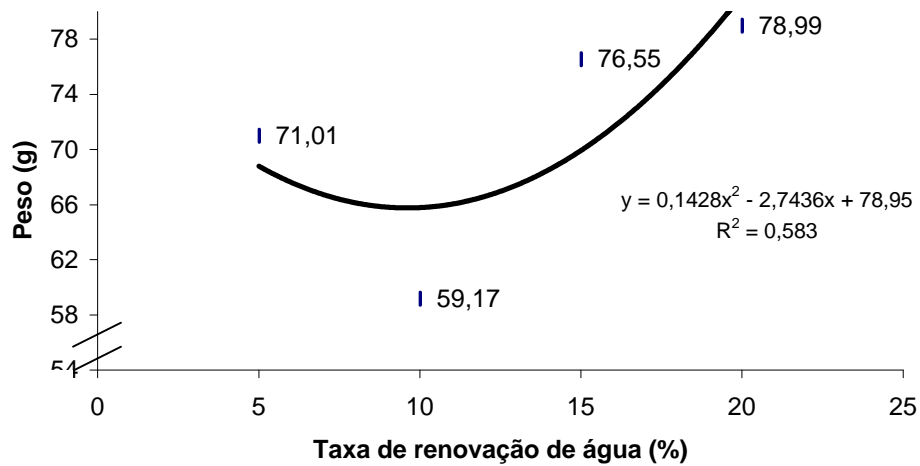


Figura 10 – Ganho de biomassa em função da taxa de renovação de água

Pelo gráfico acima podemos verificar uma diferença de aproximadamente 10% para o ganho de biomassa entre a taxa de renovação de 5 e 15 % , e praticamente nenhuma diferença entre a de 15 e 20%, ou seja, se não fosse pelas mortalidades ocorridas na taxa de renovação de 10%, provavelmente não seriam encontradas diferenças significativas para o ganho de biomassa. Isto reforça a suspeita de que as taxas de renovação testadas não forneceram alimento (plânctons) suficiente para atender as necessidades nutricionais dos peixes.

3.3 – Análise econômica

A reciclagem de nutrientes é um dos aspectos mais relevantes na utilização de esgoto tratado em piscicultura, pois além de minimizar impactos ambientais decorrentes do lançamento em corpos receptores, possibilita a geração de renda com a produção de peixes a baixo custo.

O Brasil possui inúmeros criadores de alevinos espalhados por todo País, desde aqueles que se valem de técnicas mais rudimentares até os que contam com avançados pacotes tecnológicos e infra-estrutura sofisticada.

Na piscicultura intensiva a adubação de tanques e viveiros é uma prática essencial para aumentar a biomassa planctônica. O alimento natural produzido é de alto valor nutricional, podendo contribuir com o suprimento de proteína, energia, vitaminas e minerais, reduzindo os custos com alimentação.

A qualidade do alimento oferecido às larvas e alevinos é importantíssima e os piscicultores não devem descuidar desse fator. As larvas, após consumirem o saco vitelínico, possuem capacidades digestivas limitadas. Dessa maneira, é importante o fornecimento de alimentos digestíveis e de qualidade, que promovam o crescimento e o desenvolvimento do sistema digestório desses animais.

A grande disponibilidade de plâncton no efluente de lagoas de polimento seria, em tese, capaz de promover o crescimento inicial das larvas, fazendo com que essas cheguem até a fase de alevinos mais preparados fisiologicamente para receber as rações comerciais. Além disso, a disponibilidade de plâncton é a custo zero, ou seja, sem a necessidade de gasto com adubos. Assim sendo, o atrativo econômico da utilização de esgotos tratados na criação de alevinos parece evidente.

Os alevinos foram estocados inicialmente com peso médio de $0,61 \pm 0,1g$ e comprimento de 2,5 a 3,0 cm e ao final do experimento atingiram comprimento médio de 9 cm na densidade de 10 peixes/ m^3 (Figura 11).



Figura 11 – Comprimento das tilápias alcançado na densidade de 10 peixes/ m^3

Durante a fase de alevinagem os tanques geralmente têm 1 metro de profundidade e, portanto, em 1 ha são $10.000 m^3$ de água. Se considerarmos a densidade de 10 peixes/ m^3 seria possível colocar 100.000 alevinos por hectare. O milheiro de alevino de tilápia é comercializado com preços diferenciados de acordo com o comprimento desejado pelo comprador. Na tabela 12 estão listados os preços dos alevinos comercializados na região de Muriaé (MG) na safra de 2004/2005.

Tabela - 12 Preço do milheiro (R\$) de alevino de tilápia comercializado na Região de Muriaé - MG

Espécie	Tamanho (cm)		
	2 a 3	4 a 6	8 a 10
Bagre americano	-	-	390,00
Tilápia tailandesa	80,00	70,00	150,00
Tambacu	-	140,00	240,00
Matrinchã	-	-	400,00

Fonte: Agridata – informativo conjuntural julho/2005

Se em vez de vender o alevino por R\$ 80,00, o produtor optar por mantê-los por mais um mês em tanques abastecidos com efluentes de lagoas de polimento, poderia vendê-los por R\$ 150,00 o milheiro sem gasto adicional algum com insumos (adubo e ração). Dessa maneira, obteria uma remuneração de aproximadamente R\$7.000,00 por hectare. E Naturalmente esta é uma análise superficial, não sendo computados diversos itens de custo, por exemplo o do tratamento dos esgotos. Entretanto, o pressuposto aqui não é o de tratar esgotos para a prática da piscicultura, mas ode sugerir uma aplicação produtiva para os esgotos tratados.

A produtividade ficou abaixo da encontrada no cultivo tradicional com o uso de rações, mas, de qualquer forma, os resultados obtidos indicam que se pode alcançar economia de insumos e rentabilidade consideráveis, com transformação de alimento natural (“gratuito”) em proteína animal.

Os resultados demonstram ainda que sistemas de lagoas de polimento podem produzir efluentes com qualidade adequada à prática de piscicultura e que as unidades de piscicultura podem contribuir para um polimento adicional dos efluentes. Sugere-se, entretanto, a continuidade de pesquisas no sentido de acentuar a produção de plâncton nas lagoas, de alcançar maior produtividade na fase de alevinagem e de averiguar a viabilidade de se estender o processo produtivo até a fase de engorda

4 – Conclusão

As taxas de renovação de água testadas não alteraram significativamente os resultados de desempenho zootécnico. Sugere-se então, se por motivo de economia, a viabilidade do emprego de uma taxa de 5% do volume diário do tanque. A densidade que proporcionou maior ganho de peso foi a de 10 peixes/m³. No entanto a maior produtividade em termos de biomassa foi conseguida na densidade de 23 peixes/ m³.

5 – Literatura Citada

- APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20^a ed. Washington, DC: APH, 1998.
- BASTOS, R.K.X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, p. 267, 2003.
- DAMBO, W. B.; RANA, K. J. Effect of density on growth and survival of *Oreochromis niloticus* (L.) fry in the hatchery. *Aquacult. Fish. Manag.*, Oxford, v.23, p.71-80, 1992.
- EDWARDS, P. **Reuse of human wastes in aquaculture .A technical review**. UNDP – World Bank Water Research Program. Washington D.C. The World Bank, 1992. 350p
- EDWARDS, P., SINCHUMAPSAK, O. and TABUCANON, M. The harvest of microalgae from the effluent of sewage fed high rate stabilization pond by *Tilapia nilotica* Part I, II and III. *Aquaculture*, v.23, p.107-147, 1981.
- GHOSH, A., RAO, L.H., SAHA, S.K. Culture prospects of *Sarotherodon mossambicus* in small ponds fertilized with domestic sewage. **J. Inland Fish. Soc**, v.12, p.74–80, 1980.
- HAYLOR, G. S. Controlled hatchery production of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822): growth and survival of fry at high stocking density. *Aquacult. Fish. Manag.*, Oxford, v.22, n.4, p.405-422, 1991.
- HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil. Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista brasileira de Recursos Hídricos**, v.7, n.4, p. 75-95, 2002.
- Informativo Conjuntural. **Centro de Análise e Estudos Estratégicos**. EMATER/MG, n. 4, 2005.
- MATHEUS, C. E. Utilização de peixes para melhorar o desempenho de lagoas de estabilização. **Revista DAE** – v. 46, p. 87 – 101, 1987.
- MOSCOSO, J.C.; NAVA,H.;FLORÉZ, A.M. **Reuso en acuicultura de las aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización de San Juan**. Sección III. Acuicultura. Lima, Peru: CEPIS, 1992.

- NARDOCCI, A.C. Avaliação de riscos em reuso de água. In: MANCUSO, P.C.S. & SANTOS, H.F. ed. **Reuso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 403-431.
- NASCIMENTO, V. M. C.; MELO, J. S. C. Comparação entre três densidades de estocagem da carpa comum *Cyprinus carpio* L; nos primeiros trinta dias. Simpósio Latino Americano de Aquicultura, 6, 1989, Florianópolis. **Anais..** Florianópolis: Associação Brasileira de Aquicultura. 1989. p. 123.
- PEREIRA, C. M. **Avaliação do uso de peixes planctófagos como auxiliares do tratamento de efluentes**. Santa catarina: Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado), 2000.
- PEREIRA, C. M. **Avaliação do potencial do efluente de lagoas de estabilização para utilização na piscicultura**. Santa catarina: Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de (Doutorado), 2004.
- POPMA, T.; LOVSHIN, L. World prospects for commercial production of tilápia. Auburn University. **Panorama da Aquicultura**. Jan/fev., p. 8-13, 1995
- PROENÇA, C. E. M. DE & BITTENCOURT, P. R. L. **Manual de Piscicultura Tropical**. Brasília: IBAMA, 1994.
- SANCHES, L. E. F.; HAYASHI, C. Densidade de estocagem no desempenho de larvas de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), durante a reversão sexual. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.21, n.3, p.619-625, 1999.
- SHARMA, H.P., POLPRASERT, C. AND BHATTARAI, K.K. Physico-chemical characteristics of ponds fed with septage. **Resour. Conserv.**, v.13, p. 207-215, 1987.
- SRINIVASAN, A. Fish production in some hypertrophic ecosystems in South India. In: J. Barica and L.R. Mur (Eds.), *Hypertrophic Ecosystems*. Junk, **The Hague**, Netherlands, p. 191-202, 1980.
- TAVARES, L.H.S. **Liminologia aplicada à aquicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1995, 70p.
- VINATEA ARANA, L. **Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1997.