



Utilização de efluente de frigorífico, tratado com macrófita aquática, no cultivo de tilápia do Nilo¹

Adilson Reidel²; Simone Damasceno³; Dilcemara C. Zenatti⁴;
Silvio C. Sampaio³; Aldi Feiden² & Manuel M. F. de Queiroz³

¹Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel

²CECE/UNIOESTE, Toledo, PR. CEP 85913-000. E-mail: reidel@unioeste.br; aldi@unioeste.br

³CCET/UNIOESTE, Cascavel, PR. CEP 85819-110. Fone: (45)32203155. E-mail: simoned@unioeste.br; ssampaio@unioeste.br; mfqueiroz@unioeste.br

⁴Mestranda em Engenharia Agrícola/UNIOESTE. E-mail: dilzenatti@yahoo.com.br

Protocolo 102

Resumo: O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o desenvolvimento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em efluente de frigorífico, tratado em sistema com a macrófita aquática *Eichhornia crassipes* (aguapé). O sistema de aguapé foi constituído de quatro calhas de 3m de comprimento por 0,40 m de largura e 0,20 m de profundidade. O cultivo da tilápia do Nilo foi realizado no efluente do sistema de aguapé, operado com tempo de detenção hidráulico de 10 dias, em aquários experimentais de 30 L (5 peixes/aquário), avaliando-se o desenvolvimento e a sobrevivência. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições. Os peixes foram alimentados três vezes ao dia. O efluente tratado demonstrou ser um meio de cultura optativo para o cultivo da tilápia do Nilo, devido à remoção do N-amoniacoal, que é o principal obstáculo do cultivo de peixes neste tipo de efluente agroindustrial, proporcionando rendimento semelhante ao do cultivo convencional da tilápia.

Palavras-chave: reuso de água, remoção de nutrientes, *Oreochromis niloticus*

Utilization of effluent of cold-storage plant, treated with aquatic macrophyte, in the Nile tilapia cultivation

Abstract: This research aimed to evaluate Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivation in the agroindustrial (slaughterhouse) effluent treated in a water hyacinth system. The water hyacinth system was built with four gutters of 3 m of length by 0.40 m of width and 0.20 m of depth. The Nile tilapia cultivation was accomplished in water hyacinth system effluent, operated at a ten days hydraulic detention time, in 30 L experimental aquariums (5 fishes per aquarium), considering development and survival. The experiment was carried out in a completely randomized statistical design, with six treatments and four replications. The fishes were fed three times a day. The treated effluent showed to be an alternative culture means for the Nile tilapia cultivation due to the removal of ammoniacal-N, since this is the main problem of fish cultivation in agroindustrial effluent. The culture using treated effluent provided similar yield compared to conventional Nile tilapia cultivation.

Key words: water reuse, nutrient removal, *Oreochromis niloticus*

INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial e os conseqüentes incrementos das áreas agricultáveis e da produção industrial demandaram o crescimento exponencial da exploração dos recursos hídricos. Como resultado desses processos, aliados à variedade de efeitos causados pelo desenvolvimento global, a procura por meios que substituíssem as reservas hídricas

ineficientes ou deterioradas, está sendo altamente incentivada (Vidal, 1997).

A necessidade do aumento da produção de bens de consumo para atender à demanda populacional gerou aumento na produção de resíduos, além de preocupação com o seu tratamento. A reutilização dos mesmos é uma alternativa eficaz para minimizar o problema e agregar valor ao produto final, cuja conseqüência é o decréscimo da poluição.

A agroindústria é hoje, um importante segmento da atividade econômica mundial, destacando-se o beneficiamento animal. Neste contexto, a região Oeste do Estado do Paraná representa um significativo pólo de produção de aves e suínos, onde são abatidos anualmente cerca de 366.000 t de aves e 188.000 t de suínos (Bracht et al., 2000).

As cadeias produtivas da suinocultura e da avicultura geram resíduos desde a criação até a industrialização. Durante o processamento dos animais, resíduos como sangue, ossos, peles, penas, vísceras e gorduras, são utilizados na obtenção de rações, além de serem matéria-prima para fabricação de cosméticos, dentre outros.

O efluente líquido gerado, antes de ser disposto no ambiente, normalmente é tratado por meio de sistemas de lagoas de estabilização que, na maioria das vezes, não retiram por completo o excesso de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, provocando sérios problemas de eutrofização e dificultando algumas vezes, o reúso em atividades como a piscicultura, devido aos elevados teores de N amoniacal.

Com a redução da quantidade de nutrientes e da carga orgânica e com o incremento de oxigênio dissolvido nos efluentes de frigoríficos, aumenta a possibilidade de cultivo de organismos aquáticos nesses efluentes. A piscicultura, que também é atividade de destaque na região Oeste do Paraná, poderia ser beneficiada com o uso desses efluentes que, após tratamento, podem constituir-se em um meio de cultivo optativo para os peixes.

De acordo com Galli & Torloni (1999) a piscicultura é o melhor meio para o incremento da produção de alimentos ricos em proteína de primeira qualidade, visto ser a mais econômica das atividades zootécnicas, por propiciar o aproveitamento de áreas improdutivas ou de baixo rendimento agropecuário, transformando-as e elevando sensivelmente sua produtividade.

Dentro dos limites de tolerância, as tilápias são reconhecidamente espécies de peixes que melhor se adaptam às diferentes condições de qualidade de água. São particularmente bastante tolerantes ao baixo teor de oxigênio dissolvido, convivem com uma faixa mais ampla de acidez e alcalinidade na água, crescem e até mesmo se reproduzem em águas salobras e salgadas e ainda toleram concentrações de amônia tóxica maiores, quando comparadas com a maioria dos peixes cultivados (Kubitza, 2000).

Uma alternativa de pós-tratamento para a remoção de nutrientes é representada pela utilização de sistemas contendo macrófitas aquáticas, que tratam-se de plantas que apresentam intensa absorção de nutrientes (Costa et al., 2000).

Apesar de diversas plantas aquáticas realizarem filtração, degradação e assimilação de poluentes minerais e orgânicos, Reidel et al. (2003) destacam que o aguapé se sobressai por possuir a capacidade de fixar, nos seus tecidos, nutrientes em quantidades superiores às necessidades de seu metabolismo, além de elementos químicos estranhos a sua nutrição.

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em efluente de frigorífico, tratado em sistema com a macrófita aquática aguapé (*Eichhornia crassipes*).

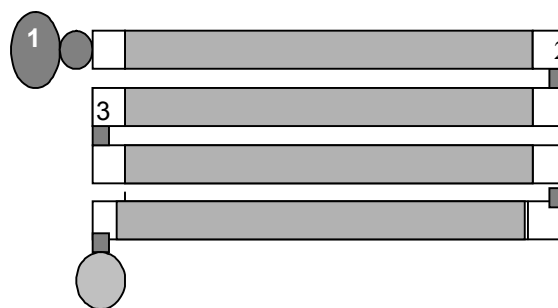
MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Aqüicultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus de Toledo, PR, Brasil, no período de junho a setembro de 2003.

Tratamento do efluente para o cultivo dos peixes

O efluente utilizado no presente estudo foi proveniente da lagoa de polimento final de um frigorífico de abate de suínos e aves da região de Toledo, PR.

O sistema de tratamento foi constituído de uma bateria de 4 tanques, em forma de calha de PVC, cujas dimensões foram de 3,00 m de comprimento; 0,40 m de largura e 0,20 m de profundidade, com volume útil de 120 L cada um (Figura 1).



Pontos de coleta: (1) reservatório; (2) final da primeira calha; (3) final da segunda calha; (4) final da terceira calha; (5) final da quarta calha

Figura 1. Esquema do sistema de tratamento com aguapé e pontos de coleta de amostras

O sistema foi alimentado em fluxo contínuo passando de um tanque para outro, por gravidade. A partida do sistema se deu com tempo de detenção hidráulico inicial de sete dias, baseado nos resultados obtidos por Arantes (2002).

Avaliaram-se três tempos de detenção hidráulico (5, 7 e 10 dias), determinando-se a eficiência de remoção de nutrientes em cada condição, visando à obtenção de efluente com qualidade mínima para possibilitar o cultivo de peixes.

Em cada calha, as macrófitas da espécie *Eichhornia crassipes* foram distribuídas a uma densidade de 5,9 kg de plantas por metro quadrado de superfície líquida (Denículi et al., 2000). No decorrer do experimento, as macrófitas foram retiradas por estimativa, na qual se media uma área e se pesavam as plantas nela existentes. Este dado serviu de cálculo para o peso total na calha e assim se retirava o excesso de plantas, semanalmente, mantendo-se a densidade inicial.

As amostras foram coletadas nos pontos 1, 2, 3, 4 e 5 (Figura 1). Diariamente, determinou-se a temperatura do ar e da água do sistema e semanalmente, avaliou-se o pH, OD (Oxigênio Dissolvido), DQO (Demanda Química de Oxigênio), N-total, N-amoniacal e fósforo total e, em duas campanhas de coleta de amostras para o tempo de detenção de 10 dias, avaliaram-se o nitrito (NO_2^-) e o nitrato (NO_3^-).

Para determinação da temperatura, utilizou-se termômetro com coluna de mercúrio. Na determinação dos demais parâmetros utilizaram-se os métodos descritos por Standard

Methods (1995), sendo eles: pH e Oxigênio dissolvido - Potenciométrico; N-amoniaco - Fenato; N-total, nitrato, nitrito - Colorimétrico; P-total - Ácido ascórbico; DQO - Espectrofotométrico.

Avaliação da sobrevivência e do desenvolvimento dos peixes

Paralelamente à avaliação do último tempo de detenção (10 dias) do sistema com aguapé, avaliou-se o desenvolvimento e a sobrevivência da tilápia do Nilo no efluente tratado, no período de 25 dias.

Nesta avaliação, utilizaram-se 120 alevinos distribuídos em 24 aquários de 30 L de volume útil, munidos de aeração e aquecimento constante. O delineamento experimental foi totalmente casualizado com 6 tratamentos e 4 repetições sendo os tratamentos: a) Branco (água potável + ração); b) efluente tratado (efluente do sistema de filtro de aguapé + ração); c) 25% de efluente bruto + 75% de água potável + ração; d) 50% de efluente bruto + 50% de água potável + ração; e) 75% de efluente bruto + 25% de água potável + ração e f) efluente bruto + ração.

As tilápias utilizadas no estudo foram adquiridas em uma estação de piscicultura da região, cuja idade variou entre 28 e 30 dias e o peso inicial médio foi de 0,23 g (após período de reversão sexual). A densidade de estocagem foi de 1 peixe para cada 6 L (5 peixes por aquário), de acordo com Boscolo (2003).

A ração foi formulada segundo a recomendação do NRC (1993) e Hayashi et al. (2002) (Tabela 1) e foi fornecida três vezes ao dia na proporção de 10% do peso vivo do lote. Devido a água estar sendo aquecida, o experimento também primou pelo cuidado com a temperatura, a qual foi mantida a 26 °C (Boscolo, 2003).

Tabela 1. Composição percentual da ração utilizada para alimentação da tilápia do Nilo

Alimentos (%)	Quantidade (%)
Antioxidante (BHT)	0,02
Calcário calcítico	0,79
Fosfato bicálcico	2,02
Farelo de soja	59,99
Milho	34,74
Óleo de soja	0,94
Suplemento mineral + vit ¹	1,00
Sal	0,50

¹Níveis de garantia por quilograma do produto (Romix peixes): Vit. A, 500.000UI; Vit. D3, 200.000UI; Vit. E, 5.000mg; Vit. K3, 1.000 mg; Vit. B1, 1.500 mg; Vit. B6, 1.500 mg; Vit. B12, 4.000 mg; Ác. Fólico, 500 mg; Pantotenato Ca, 4.000 mg Vit. C, 15.000 mg; Biotina, 50 mg; Inositol, 10.000 mg; Nicotinamida, 7.000 mg; Colina, 40.000 mg; Co, 10 mg; Cu, 500 mg; Fe, 5.000 mg; I, 50 mg; Mn, 1500 mg; Sc, 10 mg; Zn, 5.000 mg.

No ato da instalação do experimento, os lotes foram pesados e a cada cinco dias realizadas novas pesagens, para correção da quantidade de ração a ser fornecida.

Diariamente foi acompanhada a temperatura da água, feita a troca de aproximadamente 50% do volume e retirada de fezes e restos alimentares. A reposição do volume se deu com água potável para o tratamento A e com os respectivos substratos para os demais tratamentos.

A cada cinco dias foi acompanhado a qualidade da água, considerando-se os parâmetros pH, oxigênio dissolvido (mg

L⁻¹) e condutividade elétrica ($\mu\text{Sm cm}^{-1}$), seguidos de biometrias (pesagem dos lotes). Ao final do cultivo, realizou-se a pesagem dos lotes de peixes dos diferentes tratamentos, ocorrendo em seguida, a avaliação do ganho de peso (desempenho) e do número de indivíduos vivos (sobrevivência). Ao final do experimento os dados foram analisados pelo teste t de Student.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desempenho do filtro biológico de aguapé

Foram registrados valores médios de DQO no efluente da lagoa de polimento da indústria (ponto 1) de 174,51 mg L⁻¹ e redução de DQO de 73,88, 72,76 e 87,4% no sistema com aguapé, para os tempos de detenção hidráulico de cinco, sete e dez dias, respectivamente.

Nos tempos de detenção de cinco, sete e dez dias, foram observadas eficiências de remoção média do N-total de 80, 94,96 e 95,91%, respectivamente. A concentração média de N total no efluente da lagoa de polimento final da indústria (ponto 1 da Figura 1) foi de 201,09 mg L⁻¹.

Autores como Somiya & Fujii (1984) e Kawai & Grieco (1983) relatam em seus trabalhos, a influência do tempo de detenção na eficiência da remoção de nitrogênio.

Com relação ao N-amoniaco, o efluente da indústria apresentou concentração média de 79,85 mg L⁻¹. As reduções de N-amoniaco obtidas foram de 58,89% para o tempo de detenção de cinco dias, 86,14% para sete dias e 97,74% para dez dias, constatando-se aumento da eficiência de remoção com o aumento do tempo de detenção hidráulico.

Thipathi & Shukla (1991) notaram reduções consideráveis de amônia em condições de laboratório, no tratamento de esgoto doméstico e industrial, utilizando um tanque com aguapé seguido de um tanque de alga e, finalmente, de um terceiro tanque com aguapé, resultado este condizente com o encontrado no presente estudo.

Para nitrito e nitrato, que foram analisados somente durante a operação do sistema no tempo de detenção de dez dias, obtiveram-se reduções de 90 e 100%, respectivamente.

Observou-se no presente estudo, que a amônia foi removida pela biomassa do sistema, não se transformando em nitrito nem nitrato, tendo em vista o fato das concentrações dessas formas nitrogenadas terem diminuído da entrada para a saída do sistema com aguapé.

A concentração de fósforo total no efluente da indústria (ponto 1 da Figura 1) apresentou concentração média de 20,1 mg L⁻¹. O valor máximo de redução para o fósforo foi de 81% para o tempo de detenção de dez dias, reduzindo com a diminuição do tempo de detenção hidráulico, para 79 e 39% para 7 e 5 dias, respectivamente.

Arantes (2002) obteve baixas taxas de remoção de fósforo total para um sistema de pós-tratamento de efluente doméstico utilizando aguapé, cujo resultado foi justificado pela não retirada de plantas já envelhecidas e que, ao se decomporem, liberaram os nutrientes retidos.

Pôde-se verificar incremento de OD do primeiro ao quinto ponto de coleta de dados, para todos os tempos de detenção, sendo de 1,23 mg L⁻¹ (ponto 1) para 4,4 mg L⁻¹ (ponto 5) no tempo de detenção de 5 dias, 1,30 mg L⁻¹ para 4,57 mg L⁻¹ no

tempo de detenção de 7 dias e de 1,35 mg L⁻¹ para 5,65 mg L⁻¹ no tempo de detenção de 10 dias, demonstrando que o sistema promoveu considerável aumento nos níveis de OD.

Bons resultados de aumento da concentração de OD foram observados por Arantes (2002) utilizando lagoas com *E. crassipes* no tratamento terciário de efluente doméstico.

Desenvolvimento e sobrevivência da tilápia do Nilo

O efluente do sistema de aguapé operado no tempo de detenção de dez dias, foi utilizado no sistema de cultivo de peixes, devido o efluente do pós-tratamento ter apresentado os parâmetros físico-químicos nos teores mais apropriados para uso na piscicultura.

Nos tratamentos C, D, E e F observou-se que os peixes não resistiram por mais de três horas devido provavelmente à elevada concentração de amônia encontrada no efluente industrial, mesmo após diluição. Devido a isso somente os tratamentos A e B foram monitorados até o final do experimento.

Os valores médios dos parâmetros físico-químicos determinados durante o cultivo da tilápia do Nilo nos tratamentos A e B estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros físico-químicos determinados durante o cultivo da tilápia do Nilo (*O. niloticus*)

Parâmetros	Tratamentos	
	A	B
Temperatura média (°C)	26,4 ± 1,60	26,4 ± 1,70
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	7,17 ± 0,60	7,18 ± 0,90
Condutividade Elétrica (µS cm ⁻¹)	227,48 ± 36	1779,7 ± 68
pH	8,44 ± 0,12	7,40 ± 0,35

Tratamentos: (A) controle (água potável + ração); (B) efluente tratado (efluente do sistema de filtro de aguapé + ração)

Apesar de haver diferença entre os valores dos parâmetros físico-químicos dos tratamentos A e B, eles se acham dentro da faixa aceitável para criação de peixes de clima tropical (Boyd, 1990).

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios de desempenho e sobrevivência dos alevinos cultivados em água potável e no efluente da agroindústria, tratado em sistema de aguapé, bem como os valores do desvio padrão e do teste t de Student.

Na tabela t-Student, ao nível de significância de 5% e com 6 graus de liberdade, o valor de $t_{\alpha/2} = 2,447$. Como os valores de T calculados para os parâmetros analisados foram todos inferiores ao valor tabelado, concluiu-se que, em média, não

Tabela 3. Valores médios de desempenho e sobrevivência de alevinos de tilápia do Nilo, cultivados com água potável e efluente tratado

Variáveis	Tratamento A		Tratamento B		Teste t-Student T calculado
	média	σ	média	σ	
Peso inicial (indivíduo) (g)	0,235 a	43,267	0,232 a	46,113	0
Biomassa inicial (aquário) (g)	1,172 a	2,426	1,160 a	1,901	0,01
Peso final (indivíduo) (g)	1,391 a	42,269	1,054 a	45,582	0,009
Biomassa final (aquário)	5,280 a	38,890	4,300 a	45,721	0,028
Sobrevivência (%)	75 a	80,467	80 a	25,819	0,08

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem significativamente pelo teste t de Student ao nível de 5% de significância

houve diferenças significativas quanto ao desenvolvimento e à sobrevivência dos peixes cultivados em água potável (Tratamento A) ou cultivados no efluente da agroindústria, tratado em sistema com aguapé (Tratamento B).

Trabalho semelhante a este foi desenvolvido por Costa-Pierce (1998), que utilizou um sistema de tratamento de efluente doméstico constituído de uma lagoa facultativa, seguida de uma lagoa com aguapés (*E. crassipes*) e esta por um tanque para o cultivo de tilápia do Nilo, onde o autor também obteve bons resultados.

Jana (1998) utilizou duas lagoas anaeróbias em paralelo, seguidas de mais duas lagoas facultativas em paralelo; destas, o efluente passou para uma única lagoa de algas que, em seguida, abasteceu três tanques em linha para o cultivo de tilápias do Nilo, também obtendo resultados satisfatórios.

Resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho, com relação ao desempenho e sobrevivência da tilápia do Nilo, foram observados por Boscolo (2003), em condições experimentais semelhantes.

CONCLUSÕES

A macrófita aquática *E. crassipes*, no pós-tratamento do efluente frigorífico, foi eficiente quanto à redução de nutrientes, principalmente formas nitrogenadas (N-total e N-amoniacal) e fósforo total e ao incremento de oxigênio dissolvido no efluente tratado.

A tilápia do Nilo cultivada em efluente de frigorífico, tratado com macrófita aquática *E. crassipes*, apresentou crescimento semelhante ao obtido em cultivo convencional.

LITERATURA CITADA

- Arantes, L.A. Utilização de lagoas de maturação com aguapé (*Eichhornia crassipes* (Mart. Solms)) no tratamento terciário de efluentes domésticos de uma comunidade rural. Botucatu: UNESP, 2002. 122p. Dissertação Mestrado.
- Boscolo, W.R. Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Maringá: UEM, 2003. 83p. Tese Doutorado.
- Boyd, C. Water quality in ponds for aquaculture. London: Birmingham Publishing Co., 1990. 482p.
- Bracht, M.J.; Silva, L. da; Noce, A.F.S. Projeto estratégico de desenvolvimento agroalimentar. Cascavel: Edunioeste, 2. ed., 2000. 145p.

- Costa, C.A.; Schneider, I.A.H.; Rubio, J. Plantas aquáticas secas: uma alternativa moderna para remoção de metais pesados em efluentes industriais. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.5, n.1 e 2, p.19-24, 2000.
- Costa-Pierce, B.A. Preliminary investigation of an integrated aquaculture-wetland ecosystem using tertiary-treated municipal wastewater in Los Angeles County, California. *Ecological Engineering*, v.10, p.341-354, 1998.
- Denículi, W.; Oliveira, R.A.; Itaborahy, C.R.; Cecon, P.R. Uso de aguapé na redução de sólidos totais de águas residuárias da suinocultura. *Engenharia na Agricultura*, v.8, n.1, p.38-53, 2000.
- Galli, L.F.; Torloni, C.E.C. Criação de peixes. São Paulo: Nobel, 1999. 116p.
- Hayashi, C.; Boscolo, W.R.; Soares, C.M.; Meurer, F. Exigências de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante a reversão sexual. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Maringá, v.31, n.2, p.823-828, 2002.
- Jana, B.B. Sewage-fed aquaculture: the Calcutta model. *Ecological Engineering*. v.11, p.73-85, 1998.
- Kawai, H.; Grieco, V.M. Utilização do aguapé para tratamento de esgoto doméstico: estabelecimento de critérios de dimensionamento de lagoa de aguapé e abordagem de alguns problemas operacionais. *Revista DAE*, São Paulo, v.43, n.135, p.79-90, 1983.
- Kubitza, F. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí: edição do autor, 1.ed., 2000. 289p.
- NRC - National Research Council. Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestic animals. Washington: National Academy Press; 1993. 114p
- Reidel, A.; Güths, R.; Feiden, A.; Damasceno, S.; Cunha, F.; Signor, A.A. Produção de biomassa de aguapé (*Eichhornia crassipes* (Mart. Solms.)) fertilizados com diferentes adubos. *Revista Varia Scientia*, Cascavel, v.3, n.6, p.95-101, 2003.
- Somiya, I.; Fujii, S. Material balances of organics and nutrients in an oxidation pond. *Water Research*, v.18, n.3, p.325-333, 1984.
- Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 19 edition. 1995.
- Thipathi, B.D.; Shukla, S.C. Biological treatment of wastewater by selected aquatic. *Environmental Pollution*, v.69, p. 69-78, 1991.
- Vidal, C.L.R. Gestão de aquíferos – generalidades. *A água em revista*. v.5, p.10-13, 1997.