

Variações de nutrientes e estado trófico em viveiros seqüenciais de criação de peixes

Carla Fernandes Macedo e Lúcia Helena Sipaúba-Tavares*

Centro de Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, Brasil, Via de Acesso Prof. Paulo D. Castellane s/n, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: sipauba@caunesp.unesp.br

RESUMO. O estudo avaliou o estado trófico e o aumento nas concentrações de nutrientes em viveiros seqüenciais em períodos de curta duração. Foram estudados seis viveiros de criação semi-intensiva de peixes que receberam efluentes de outros tanques em paralelo. As variáveis determinadas foram fósforo total, ortofosfato, amônia, nitrato, nitrito, clorofila-*a*, chumbo, cádmio, cobre, zinco, manganês, níquel, cromo, cálcio, ferro, potássio e magnésio, além do estado trófico dos viveiros. As amostras de água foram coletadas na nascente e entrada de cada viveiro nos períodos de chuva e seca. Foi encontrado um aumento no grau de trofia do primeiro em direção ao último viveiro e a distribuição seqüencial dos mesmos proporcionou um aumento gradativo nas concentrações de metais e clorofila-*a*. Os resultados obtidos no presente estudo indicam a necessidade de práticas de manejo ambiental através do desvio dos efluentes dos tanques em paralelo.

Palavras-chave: nutrientes, viveiros, estado trófico, clorofila-*a*, metais.

ABSTRACT. Nutrient and trophic state variations in continuous water flow fish ponds. This experiment evaluated trophic state and increase in nutrient concentrations in sequential fish ponds in short-term periods. Six semi-intensive fish ponds were studied and received effluents from other parallel ponds. The variables determined were: total phosphorus, orthophosphate, ammonia, nitrate, nitrite, chlorophyll-*a*, lead, cadmium, copper, zinc, manganese, nickel, chromium, calcium, iron, potassium and magnesium, in addition to the trophic state of the fish ponds. Water samples were collected in the well and at the inlet of each fish pond in rainy and dry periods. An increase in the trophic degree was found from the first to the last fishpond, and the sequential distribution provided a gradual increase in the concentrations of metals and chlorophyll-*a*. The results achieved in the present study indicate the need of environmental management practices through effluent deviation from parallel tanks.

Key words: nutrients, fish ponds, trophic state, chlorophyll-*a*, metals.

Introdução

A aqüicultura envolve uma variedade de técnicas de cultivo com várias espécies criadas sob diferentes condições e que podem ter conseqüências ambientais negativas, uma vez que algumas delas não possuem um manejo ambiental efetivo e sócio-econômico benéfico à população (Talbot e Hole, 1994; Kubitzka, 1998).

Nas últimas três décadas a aqüicultura tem se expandido e causado impacto nos ecossistemas naturais pela geração de resíduos metabólicos, fezes e alimentos não consumidos. A variação na concentração de nutrientes dissolvidos pode causar uma mudança na proporção N/P do ambiente, o que tem sido mencionado como causa provável para a

proliferação de algas com produção ou não de toxinas (Troell *et al.*, 1997; Gross *et al.*, 1998).

Os resíduos incluem todos os materiais utilizados ou produzidos durante o processo de criação que não são incorporados à biomassa durante a produção e despesca. Segundo McIntosh (2000), o alimento fornecido aos peixes é uma importante forma de poluição nos sistemas de criação, pelo aumento nas concentrações de matéria orgânica e nutrientes causado pelas perdas e excreção dos animais cultivados. Além dos resíduos com suas respectivas cargas de nutrientes, os demais problemas ambientais associados com a aqüicultura são a modificação do ambiente terrestre com a construção de tanques e viveiros e escape de espécies pelo efluente para os corpos d'água receptores (Boyd e Massaut, 1999).

O metal é considerado um dos contaminantes mais comuns nas águas, tendo origem natural (na composição do solo) ou antrópica (como efluentes industriais, domésticos ou lixiviação de produtos agrícolas), sendo que os fertilizantes podem representar a principal via de acesso dos metais cromo, cobre e chumbo aos ambientes aquáticos (Bizerril e Lima, 2000).

A renovação contínua da água em um viveiro de peixe pode diminuir o depósito de material no fundo e minimizar os efeitos da eutrofização. Entretanto, o fluxo contínuo pode acarretar problemas mais sérios nos viveiros subsequentes e no corpo de água receptor, no qual a amônia e o nitrito podem atingir concentrações tóxicas aos peixes (Sipaúba-Tavares, 1995).

O estudo avaliou o estado trófico e o aumento nas concentrações de nutrientes em viveiros seqüenciais em períodos de curta duração, visando verificar o possível efeito de acumulação.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido em viveiros de cultivo semi-intensivo de peixes do Centro de Aqüicultura da Unesp. Os viveiros apresentaram-se em forma seqüencial, onde a água de um passou diretamente para o outro, e receberam água proveniente de outros tanques e viveiros menores dos setores de nutrição, ranicultura, piscicultura e carcinicultura. O efluente de todo o conjunto de viveiros (Figura 1) deságua no córrego Jaboticabal, afluente do rio Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo (Figura 1).

Os peixes matrinxã (*Brycon cephalus*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), piaçu (*Leporinus macrocephalus*) e tilápia (*Oreochromis niloticus*) foram mantidos numa densidade de 1 kg/m² nos viveiros e tanques de fundo natural. As amostras de água

foram coletadas na nascente e na entrada de cada viveiro com um balde de 10 L e acondicionadas em galões com capacidade de 5 litros para análise dos nutrientes em laboratório. A amostragem foi realizada no início da manhã durante um mês em dias alternados nos períodos chuva e seca. Foram amostrados nove pontos, nascente (W) e entrada de cada um dos seis viveiros (F1-F6), sendo que os viveiros 3 e 5 apresentaram duas entradas denominadas F3a, F3b, F5a e F5b, respectivamente.

Variáveis limnológicas e Índice de Estado Trófico

As metodologias utilizadas nas variáveis nitrito, nitrato, amônia, ortofosfato, fósforo total, clorofila-a, ferro, potássio, magnésio, chumbo, cádmio, cobre, zinco, manganês, níquel e cromo são apresentadas na Tabela 1.

O Índice de Estado Trófico (IET) de Carlson (1977) foi calculado utilizando-se os valores de fósforo total e a clorofila-a.

Tabela 1. Sumário das variáveis amostradas, unidades de referência e métodos utilizados.

Variável	Unidade	Equipamento	Referência
Fósforo total	µg/L	Espectrofotômetro	Murphy e Riley, (1962)
Ortofosfato	µg/L	Espectrofotômetro	Murphy e Riley, (1962)
Nitrato	µg/L	Espectrofotômetro	Mackereth <i>et al.</i> (1978)
Nitrito	µg/L	Espectrofotômetro	Mackereth <i>et al.</i> (1978)
Amônia	µg/L	Espectrofotômetro	Mackereth <i>et al.</i> (1978)
Metais e cálcio	mg/L	Absorção atômica	Greenberg <i>et al.</i> (1992)
Clorofila-a	µg/L	Espectrofotômetro	Nush, (1980)

Análise estatística

Para as variáveis com distribuição não-paramétrica os períodos de chuva e seca foram comparados pelo teste U de Mann-Whitney e os viveiros pelo teste Friedman e foi utilizada ANOVA para as variáveis com distribuição paramétrica (Siegel, 1975). O nível de significância adotado foi de 5%.

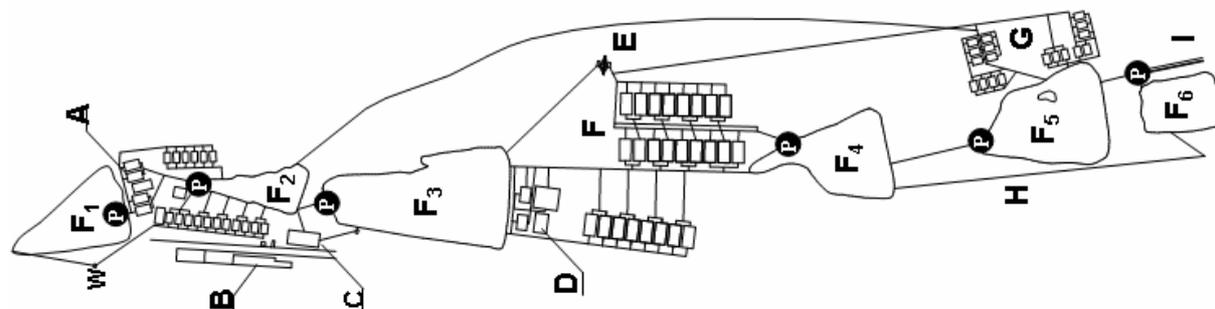


Figura 1. Seqüência dos viveiros. P=Pontos de Coleta, F₁ - F₆=Viveiros, W=Nascente, A= Peixes Ornamentais, B=Limnologia e Produção de Plâncton, C=Nutrição, D=Patologia, E=Ranicultura, F=Piscicultura, G=Carcinicultura, H=Saída de Água, I= Biofiltro.

Resultados

As concentrações médias de clorofila-*a* variaram do ponto da água de abastecimento ao viveiro 6 entre 0,5 $\mu\text{g/L}$ a 138 $\mu\text{g/L}$, respectivamente, no período de chuva. Já as concentrações médias de fósforo total foram elevadas nos viveiros 4 e 5 no período de chuva e o ortofosfato alcançou 25 $\mu\text{g/L}$ no viveiro 3 no período de chuva e nos demais viveiros apresentou valores médios que variaram de 3 $\mu\text{g/L}$ a 19 $\mu\text{g/L}$ e 2 $\mu\text{g/L}$ a 44 $\mu\text{g/L}$ nos períodos de chuva e seca, respectivamente. Os nutrientes e a clorofila-*a* não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os períodos de chuva e seca, porém, foram significativamente diferentes entre os viveiros ($p < 0,05$) (Figura 2).

Dentre os compostos nitrogenados, a amônia apresentou um padrão similar nos dois períodos, com concentrações mais elevadas nos viveiros 4 e 5, alcançando 838 $\mu\text{g/L}$ no período de chuva. O nitrito apresentou concentrações baixas ao longo do sistema e

variou de 0,8 $\mu\text{g/L}$ a 25 $\mu\text{g/L}$ e 0,4 a 30 $\mu\text{g/L}$ nos períodos de chuva e seca, respectivamente. O nitrato foi a forma predominante, em geral acima de 225 $\mu\text{g/L}$, e as maiores concentrações foram obtidas no viveiro 5 (1742 $\mu\text{g/L}$) no período de chuva e no viveiro 6 (899 $\mu\text{g/L}$) no período de seca (Figura 3).

A maior concentração de chumbo foi observada no viveiro 4 com 180 $\mu\text{g/L}$ e 160 $\mu\text{g/L}$ nos períodos de chuva e seca, respectivamente, enquanto os menores valores foram encontrados na nascente com 50 $\mu\text{g/L}$ no período de chuva e no viveiro 5 com 20 $\mu\text{g/L}$ no período de seca. O cromo só foi encontrado no período de seca, momento em que variou de 10 a 20 $\mu\text{g/L}$, já o cádmio foi encontrado somente no período de chuva (0 a 10 $\mu\text{g/L}$). O níquel apresentou maiores concentrações no período de chuva, variando de 40 $\mu\text{g/L}$ a 70 $\mu\text{g/L}$. Os metais cobre, zinco e manganês foram detectados em concentrações que variaram de 0 a 80 $\mu\text{g/L}$.

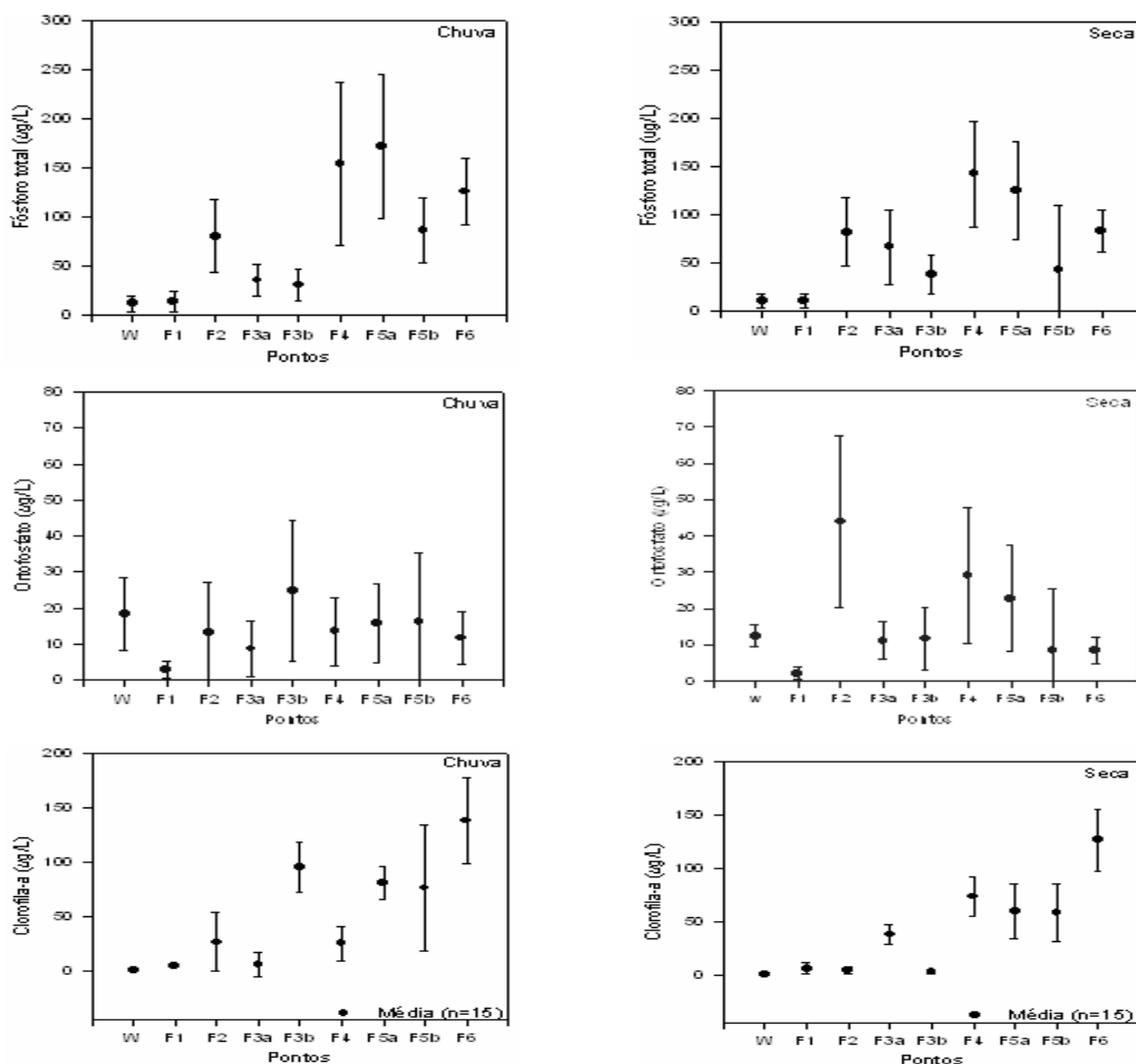


Figura 2. Fósforo total, ortofosfato e clorofila-*a* nos períodos de chuva e seca, sendo: W = nascente; F₁ - F₆ = entrada dos viveiros estudados.

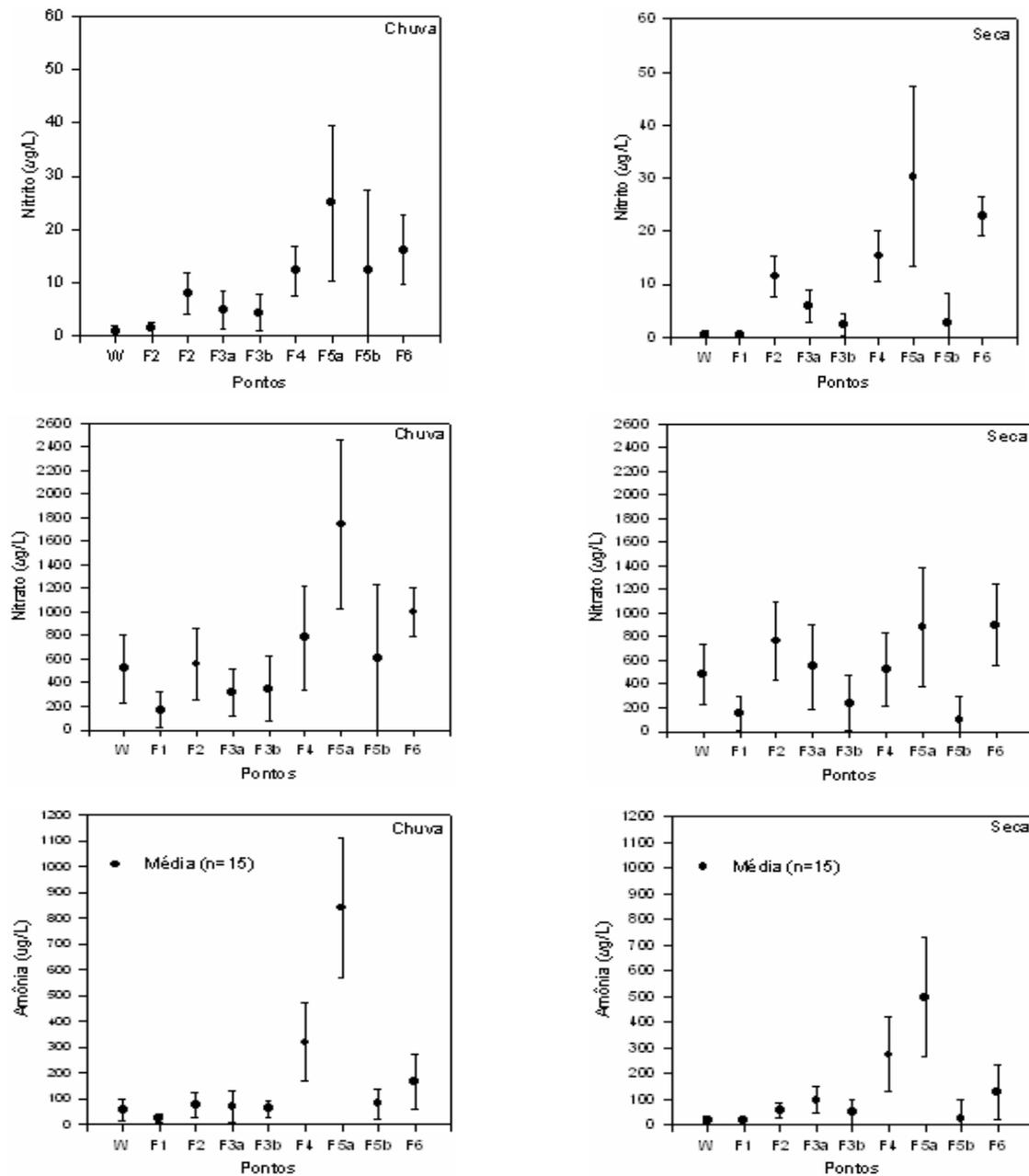


Figura 3. Nitrito, nitrato e amônia, nos períodos de chuva e seca, sendo: W = nascente; F₁ - F₆ = entrada dos viveiros estudados.

Quanto aos outros metais, o cálcio alcançou 140 µg/L e 115 µg/L no viveiro 5 nos períodos chuva e seca, respectivamente. As concentrações médias mais elevadas de ferro foram encontradas no viveiro 4, onde alcançaram 755 µg/L e 659 µg/L nos períodos chuva e seca, respectivamente. As concentrações médias de potássio foram maiores no viveiro 3 no período de seca e alcançaram 64 µg/L no viveiro 6. O magnésio foi mais elevado nos viveiros 5 e 6 no período de chuva, com concentrações médias de 16 µg/L,

enquanto no período de seca valores elevados foram observados na nascente e no viveiro 5 (Figura 4).

Houve um aumento no grau de trofia em direção aos últimos viveiros, sendo que o primeiro (F1) foi oligotrófico e os viveiros 4 e 6 hipereutrófico em relação ao IET para o fósforo total. Em relação à clorofila-*a*, os três primeiros viveiros foram oligotróficos, o viveiro 5 eutrófico e os viveiros 4 e 6 se apresentaram como hipereutrófico (Figura 5).

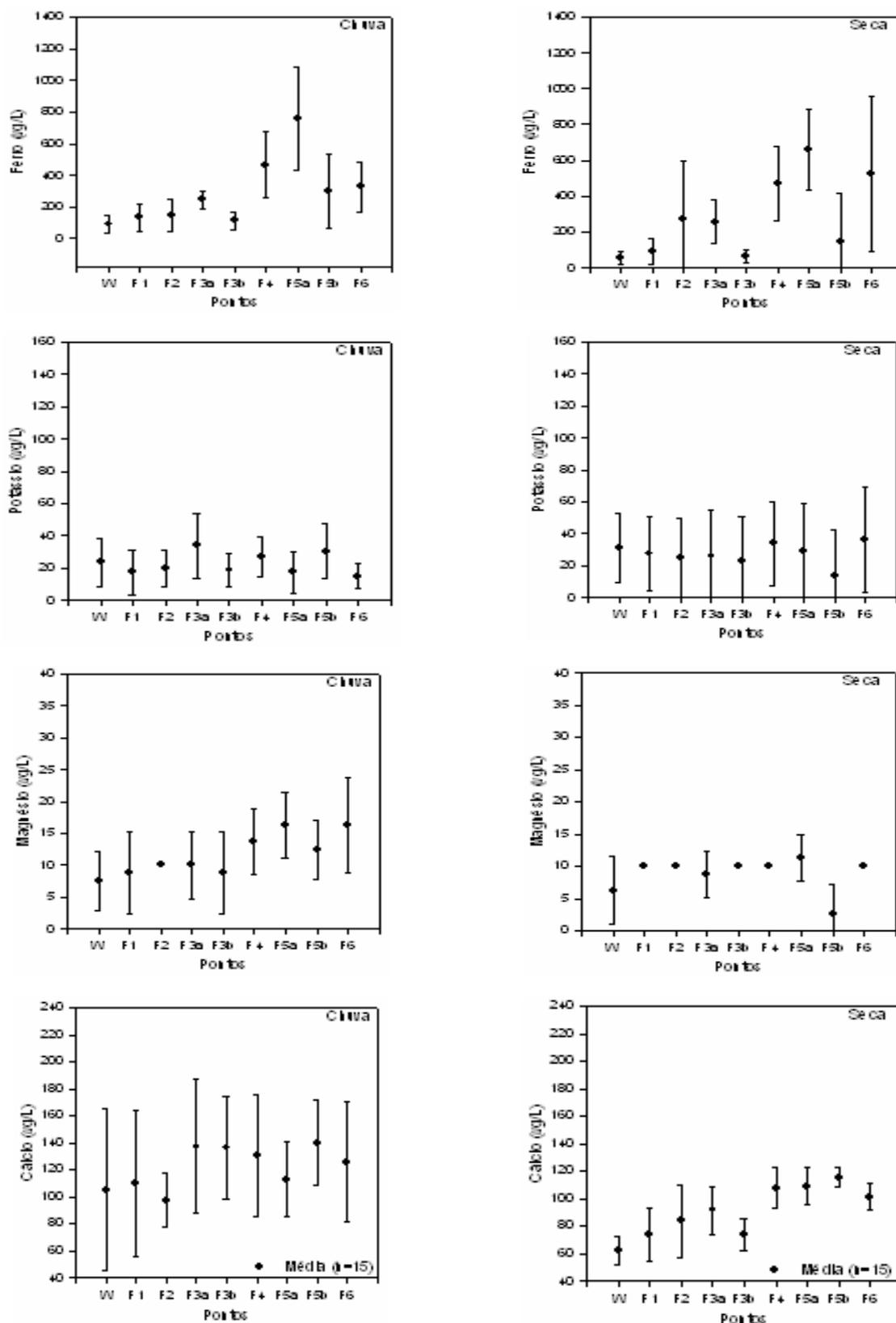


Figura 4. Ferro, potássio, magnésio e cálcio nos períodos de chuva e seca, sendo: W = nascente; F₁ - F₆ = entrada dos viveiros estudados.

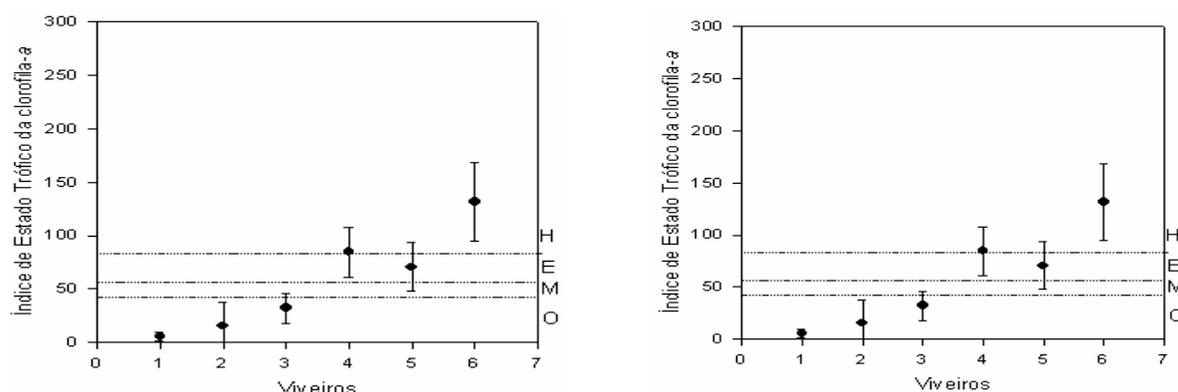


Figura 5. Índice de Estado Trófico do fósforo total e da clorofila-*a* nos viveiros estudados.

Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os períodos chuva e seca para as variáveis clorofila-*a*, ortofosfato, fósforo total, nitrito, amônia, magnésio, ferro (Tabela 2), assim como para o zinco e manganês. Foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os viveiros para o ortofosfato, fósforo total, clorofila-*a*, nitrito, amônia, magnésio, ferro (Tabela 3), assim como para o nitrato, níquel, manganês e cálcio.

Tabela 2. Valores das variáveis com distribuição não-paramétrica dos dados para os períodos chuva (mn_A) e seca (mn_B), valores dos escores reduzidos (z) e o teste de Mann-Whitney (U).

Parâmetros	mnA	mnB	Z	U
Amônia	112,40	82,76	-0,87	$P > 0,05$
Nitrito	10,56	14,08	-1,65	$P > 0,05$
Ortofosfato	7,52	14,71	-1,87	$P > 0,05$
Fósforo total	94,41	88,29	-0,12	$P > 0,05$
Clorofila- <i>a</i>	55,73	42,03	-0,44	$P > 0,05$
Magnésio	0,01	0,01	-1,62	$P > 0,05$
Ferro	0,22	0,28	-0,62	$P > 0,05$

Tabela 3. Valores medianos das variáveis com distribuição não-paramétrica dos dados nos seis viveiros (mnF₁, mnF₂, mnF₃, mnF₄, mnF₅, mnF₆), os valores dos escores (Z_r^2) e o teste de Friedman ($Z_{0,05}^2$).

Parâmetros	MnF ₁	MnF ₂	MnF ₃	mnF ₄	MnF ₅	mnF ₆	Z_r^2	$Z_{0,05}^2$
Amônia	12,92	42,00	64,36	319,22	581,95	125,00	46,38	$P < 0,05$
Nitrito	0,70	10,13	4,78	14,08	23,60	17,78	49,77	$P < 0,05$
Ortofosfato	1,72	29,50	11,14	21,28	18,64	8,21	30,98	$P < 0,05$
Fósforo Total	6,90	71,30	37,50	116,75	102,00	110,19	38,62	$P < 0,05$
Clorofila- <i>a</i>	4,98	6,55	32,19	78,81	74,63	134,61	52,76	$P < 0,05$
Magnésio	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	11,73	$P < 0,05$
Ferro	0,09	0,12	0,27	0,42	0,52	0,22	45,60	$P < 0,05$

Discussão

Os efluentes dos tanques em paralelo dos setores de nutrição, carcinicultura, piscicultura e ranicultura podem ter proporcionado um aumento gradativo nas concentrações de nutrientes, metais e clorofila-*a* nos viveiros de criação de peixes com distribuição seqüencial. O processo de escoamento contínuo de água, devido à presença de vertedouros sempre

abertos, acarretou uma menor concentração de material em suspensão e nutrientes no primeiro viveiro (F1) e o aumento nos viveiros subsequentes.

De acordo com Boyd e Gautier (2000), o fluxo contínuo da água pode causar uma menor sedimentação em sistemas rasos e acelerar a liberação de fosfato do sedimento, disponibilizando-o para a coluna d'água. No presente estudo, os nutrientes oriundos dos primeiros viveiros e de aportes laterais influenciaram nas elevadas concentrações de fósforo total e ortofosfato nos viveiros subsequentes.

A localização e disposição dos viveiros pode ter favorecido o carreamento e a entrada de material alóctone para dentro dos viveiros no período de alta precipitação. Os resultados obtidos no presente estudo podem ter sido influenciados pelo aporte de fezes e nutrientes gerados pelas garças (*Egretta* sp.), que possuem ninhos em árvores próximas ao viveiro 4, e por gansos e ovelhas próximos aos tanques em paralelo do setor de piscicultura.

Aldon e Buendia (1998) observaram que alimento em excesso nos sistemas de criação de peixes causaram uma elevada descarga de nitrogênio e fósforo para os efluentes e nos corpos de água receptores. De acordo com Avnimelech (1998), uma pequena proporção dos constituintes do alimento é acumulada na biomassa dos peixes, ao redor de 25% a 26,8% para o nitrogênio e de 20% a 30,1% para o fósforo em viveiros de carpas (*Cyprinus* sp.) e "catfish" (*Ictalurus punctatus*), respectivamente. No presente estudo, o arraçoamento nos tanques em paralelo que daságuas nos viveiros contribuíram para o aumento nas concentrações dos compostos nitrogenados, principalmente amônia e nitrato nos últimos viveiros.

Os metais são considerados contaminantes comuns nas águas, podem ser naturais ou de origem antrópica e podem ser considerados como elementos essenciais para os animais, tais como zinco e cobre, tornando-se tóxicos somente em concentrações

ambientais elevadas. Os metais são acumulados nos tecidos dos peixes e na água ou alimento, sendo a bioacumulação diferente entre tipos de metais e espécies cultivadas (Howgate, 1998, Gladyshev *et al.*, 2001).

No presente estudo foram encontrados valores de metais pesados mais baixos do que Rietzler *et al.* (2001) encontraram na pesquisa da represa da Pampulha (MG), principalmente em relação ao cromo (0,89 mg/L), manganês (0,43 mg/L) e ferro (15,25 mg/L). De acordo com Mitchell (1998), os peixes normalmente têm uma boa tolerância ao ferro solúvel em concentrações abaixo de 1 mg/L e, no presente trabalho foram encontrados valores bem menores.

Os metais podem ter sido originados do manejo alimentar dos peixes dos viveiros e tanques menores do sistema estudado, visto que a ração possui ferro (em torno de 0,74 mg/L) como um de seus constituintes básicos, além do manganês (em torno de 0,086 mg/L) e zinco (em torno de 0,087 mg/L). Tendo em vista que a Faculdade de Ciências Agrárias possui setores da fazenda de gado e caprino localizados próximos à nascente, as concentrações de metais e nutrientes encontradas na água de abastecimento podem ter sido originadas também pelo aporte na água das chuvas e possíveis infiltrações.

O viveiro 1, fonte de abastecimento de todo o sistema, foi classificado como oligotrófico por não ser influenciado pelos efluentes de outros tanques em paralelo. Os outros viveiros que são utilizados para criação de peixes e recebem efluentes de tanques em paralelo foram classificados como eutrófico ou hipereutrófico, os quais deverão receber maior atenção quanto ao manejo empregado no sistema em série.

Com os resultados obtidos pode-se concluir que a distribuição seqüencial dos viveiros de criação de peixes estudada favoreceu a um aumento gradativo das concentrações de nutrientes do viveiro 1 para o viveiro 6, e conseqüentemente, aumentando o grau de eutrofização desses sistemas. Desta maneira, recomenda-se o desvio e o tratamento dos efluentes dos tanques em paralelo.

Referências

ALDON, E.T.; BUENDIA, R.Y. Environment-friendly practices in the aquafarm. *SEAFDEC Asian Aquacult.*, Bangkok, v. 20, n. 2, p. 22-27, 1998.

AVNIMELECH, Y. Minimal discharge from intensive fish ponds. *World Aquacult.*, Baton Rouge, v. 1, p. 32-37, 1998.

BIZERRIL, C.F.; LIMA, N.W. Metais pesados no sedimento de dois rios da bacia do rio Paraíba do Sul – RJ. *Bios, Cadernos*

do Departamento de Ciências Biológicas da PUC Minas, Belo Horizonte, v. 8, n. 8, p. 9-18, 2000.

BOYD, C.E.; MASSAUT, L. Risks associated with the use of chemicals in pond aquaculture. *Aquac. Eng.*, v. 20, p. 113-132, 1999.

BOYD, C.E.; GAUTIER, D. Effluent composition & water quality Standards: Implementing GAA's Responsible Aquaculture Program. *The Advocate*, v. 35, n. 5, p. 61-66, 2000.

CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.*, Waco, v. 22, p. 361-369, 1977.

GLADYSHEV, M.I. *et al.* Metal concentrations in the ecosystem and around recreational and fish-breeding Pond Bugach. *Water Resources*, v. 28, n. 3, p. 288-296, 2001.

GREENBERG, A.E. *et al.* *Standart methods for examination of water and wastewater*. 18thed. Washington, DC: American Public Health Association, 1992, cap. 9, p. 3-39.

GROSS, A. *et al.* Phosphorus budget of channel catfish ponds receiving diets with different phosphorus concentrations. *J. World Aquacult. Soc.*, Baton Rouge, v. 29, n. 1, p. 31-39, 1998.

HOWGATE, P., Review of the public heath safety of products from aquaculture. *Int. J. Food Sci. Technol.*, v. 33, p. 99-125, 1998.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes. *Pan. Aquic.*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 46, p. 35-41, 1998.

MACKARETH, F.J.H. *et al.* *Water analysis*. Ambleside: Freshwater Biological Association Sci. Publ. 36, 1978.

McINTOSH, R. P. Changing paradigms in shrimp farming: Low protein feeds and feeding strategies. *The Advocate*, v. 1, p. 48-50, 2000.

MITCHELL, A. Testing for water quality problems. *Aquaculture Magazine*, v. 4, p. 78-82, 1998.

MURPHY, J.; RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters, *Anal. Chim. Acta*, Amsterdam, v. 27, p. 31-36, 1962.

NUSH, E. A. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigments determination. *Arch. Hydrobiol.*, Stuttgart, v. 14, p. 14-36, 1980.

RIETZLER, A.C. *et al.* Heavy metals in tributaries of Pampulha Reservoir, Minas Gerais. *Braz. J. Biol.*, São Carlos, v. 61, n. 3, p. 363-370, 2001.

SIEGEL, S. *Estatística não paramétrica para as ciências do comportamento*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Influência da luz, manejo e tempo de resistência sobre algumas variáveis limnológicas em um viveiro de piscicultura. *Biotemas*, Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 61-71, 1995.

TALBOT, C.; HOLE, R. Fish diets and the control of eutrophication resulting from aquaculture. *J. Appl. Ichthyol.*, Berlin, v. 10, p. 258-270, 1994.

TROELL, M. *et al.* Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 156, p. 45-61, 1997.

Received on August 03, 2004.

Accepted on August 11, 2005.