

CARACTERIZAÇÃO E TRATAMENTO DO EFLUENTE DAS ESTAÇÕES DE PISCICULTURA

**Evoy Zaniboni Filho^{*}, Norma Dulce Campos Barbosa⁺
e Sônia Maria Ramos Gonçalves⁺**

RESUMO. Este trabalho objetiva avaliar a deterioração da qualidade da água causada pela piscicultura, bem como a capacidade de melhoria desse efluente através de um sistema biológico de tratamento. Cada tanque de piscicultura foi tratado com adubo orgânico e/ou ração. Todo efluente desses tanques foi drenado até um lago, que funciona como um sistema de retenção de peixes e nutrientes. Ao longo de dois anos e três meses, foram coletados os dados de qualidade da água da canaleta de abastecimento dos tanques e do lago de tratamento. Esses dados foram comparados entre si e com valores de qualidade da água obtidos de diversos tanques de cultivo. A piscicultura altera significativamente ($p < 0,05$) a qualidade da água utilizada, apresentando um efluente eutrofizado, porém, a passagem desse pelo lago de tratamento proporcionou melhoria da qualidade da água, apresentando parâmetros semelhantes aos do afluente. O crescimento dos peixes retidos no lago garantiu a retirada de nutrientes e resultou em uma produção anual de 1,5 toneladas.

Palavras-chave: efluente, limnologia, piscicultura, poluição, tratamento.

CHARACTERIZATION AND TREATMENT FOR FISH STATION EFFLUENT

ABSTRACT. This work describes the impact of fish culture on water quality and presents a system to mitigate the negative effects. Each pond of the fish culture was treated with organic fertilizers or fish diet. The discharges of these ponds passed through an artificial lake which served as a retention system for fish escapees and nutrients. Over 2 years and 3 months water quality was investigated in the water intake of the fish culture, in the ponds, and in the lake. The fish culture caused significant

^{*} Departamento de Aqüicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, C.P. 476, 88040-900, Florianópolis-Santa Catarina, Brasil.

⁺ EPDA/VG, Cemig, C.P. 17, 38120-000, Conceição das Alagoas-Minas Gerais, Brasil.

Correspondência para Evoy Zaniboni Filho.

Data de recebimento: 10/04/96.

Data de aceite: 16/01/97.

($P < 0.05$) eutrophication but after passing the lake, water quality data were similar to the data of the intake. The growth of the fish escapees in the lake removed nutrients and resulted in an annual production of 1.5 t.

Key words: effluent, fish culture, limnology, pollution, treatment.

INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos mais importantes do planeta. Vários autores têm discutido a respeito das limitações desse recurso e traçado estimativas preocupantes quanto à disponibilidade de água para a população crescente. Em regiões que apresentam uma abundância da rede hídrica, como o Brasil, é esperada uma maior dificuldade para percepção da fragilidade e das limitações desse recurso, porém, para os países desenvolvidos ou em desenvolvimento localizados em regiões áridas ou semi-áridas, as limitações de água não se tratam de uma previsão alarmista, pois os recursos já se encontram sob forte estresse. Além do crescimento da população, o modelo de desenvolvimento adotado certamente continuará aumentando exponencialmente a demanda de água com o crescimento econômico.

O desenvolvimento da piscicultura está possibilitando ampliar a produção mundial de pescado, estabilizada a alguns anos pelos limites da produção pesqueira. Por outro lado, de acordo com Bastian (1991), é uma atividade causadora de potencial degradação ambiental. No Brasil, já começam a surgir alguns casos isolados para os quais a implantação de unidades de piscicultura encontra dificuldades junto aos órgãos ambientais, inclusive com a proibição de sua instalação, devido à qualidade do efluente produzido pelo cultivo. A caracterização do efluente gerado pelos sistemas intensivo e extensivo de piscicultura, bem como algumas alternativas de manejo e tratamento do efluente são apresentadas por Zaniboni Filho (1997).

Este trabalho objetiva avaliar a deterioração da qualidade da água causada pela atividade de uma unidade de piscicultura, bem como a capacidade de melhoria desse efluente através de um sistema biológico de tratamento.

METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado durante o período de abril/90 a julho/93 na Estação de Pesquisas e Desenvolvimento Ambiental de Volta Grande,

a jusante da Usina Hidrelétrica de Volta Grande, pertencente à Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig). A Estação está localizada no município de Conceição das Alagoas, MG, (Lat. 20° 01' 35"S e Long. 48° 13' 13"W) a uma altitude de 500m.

Os cerca de 150 tanques de piscicultura da Estação perfazem uma área inundada de aproximadamente 4,5ha, sendo abastecidos individualmente por gravidade com água oriunda do epilímnio do reservatório da hidrelétrica, cuja área é de 200km². Cada um dos tanques é tratado de acordo com a espécie cultivada e/ou a fase de desenvolvimento ontogenético dos peixes, sendo normalmente introduzida ração farelada ou peletizada e/ou adubo orgânico (esterco de frango). Todo efluente dos tanques de cultivo são drenados, por gravidade, até um lago com cerca de 24000m³ de volume (cerca de 3,0ha). Esse lago foi idealizado para funcionar como um filtro no aprisionamento de peixes que escapam dos tanques de cultivo, evitando assim a fuga indesejada de exemplares ao ambiente natural. Ao longo de sua utilização, foi verificado que atua também como sistema de retenção de nutrientes do efluente.

Visando caracterizar a influência do cultivo de peixes sobre a qualidade da água utilizada, bem como avaliar a capacidade de retenção de nutrientes do efluente por esse lago, foram realizadas análises limnológicas da água presente na canaleta de abastecimento dos tanques e do lago utilizado como filtro, com coletas realizadas três vezes por semana e ao longo de 27 meses. A obtenção de amostras de água do lago foi feita junto à saída, onde há um fluxo constante e reflete a característica da água devolvida ao ambiente natural.

A vazão média da água utilizada pela Estação, captada da barragem através da canaleta de abastecimento dos tanques é de 457m³/h. Considerando que toda a água que chega à Estação passa pelos tanques de cultivo e é drenada para o lago, podemos estimar que o tempo de residência da água nesse lago é de 53 horas.

Para representar a qualidade da água dos tanques de cultivo, foram utilizados os dados limnológicos de 25 tanques de piscicultura, com coletas igualmente em três vezes por semana e ao longo de cerca de 40 dias cada tanque. Esse período equivale ao tempo necessário para um ciclo de alevinagem, principal atividade da Estação. Os dados estão apresentados como o valor médio observado ao longo de todo o período de cultivo de cada tanque.

Os dados de qualidade de água foram coletados entre as 9 e as 10 horas. Nos tanques e no lago, a amostra foi retirada a 20cm de profundidade, junto

ao sistema de drenagem (lado oposto ao da entrada de água), com o auxílio de garrafa tipo Van Dorn. Na canaleta de abastecimento de água a coleta foi feita na superfície com o auxílio de becker. Dessas amostragens foram obtidos os valores de oxigênio dissolvido, temperatura, pH, condutividade, turbidez e clorofila “a”. O oxigênio dissolvido foi medido pelo método de Winkler adaptado pelo Standard Methods (1985) e a clorofila quantificada pelo método de determinação espectrofotométrica (Golterman *et al.* 1978) com a utilização de etanol como solvente.

As coletas para determinação de nitrogênio amoniacal foram realizadas entre as 15h30min e as 16 horas, igualmente com garrafa de Van Dorn a 20cm da superfície. Simultaneamente, eram medidos os valores de pH e temperatura da água. De cada amostra foram feitas réplicas e analisadas pelo método de Koroleff, descrito por Grasshoff (1976), sendo utilizada a média aritmética. A quantidade de nitrogênio amoniacal na forma livre (NH₃) foi calculado através da tabela de porcentagem de amônia não-ionizada (Trussel, 1972).

Os valores de cada parâmetro foram agrupados por ambiente e expressos pelo valor médio mensal e respectivo desvio padrão. Os dados de oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal, condutividade, turbidez e clorofila “a” foram analisados estatisticamente pela análise de variância e posteriormente pelo teste de Tukey, para identificação das diferenças significativas entre os tratamentos.

Anualmente, foi realizada uma pesca seletiva no lago, entre os meses de junho e julho, quando foram retirados cerca de 1500kg de peixes/ano. O principal objetivo dessa captura foi a obtenção de matéria prima para o arraçoamento do plantel de reprodutores da Estação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 e 3 estão apresentados os valores médios mensais de parâmetros limnológicos da água da canaleta de abastecimento da Estação e do lago de tratamento, respectivamente. Na Tabela 2 estão expressos os valores médios de qualidade de água de cada um dos 25 tanques de cultivo. A qualidade da água da canaleta reflete as características da água do reservatório da hidrelétrica que abastece a Estação, portanto, as alterações observadas na água dos tanques de piscicultura podem ser atribuídas à atividade de cultivo dos peixes.

Caracterização e tratamento do efluente da piscicultura

541

Tabela 1. Valores médios mensais e desvio padrão dos principais parâmetros limnológicos da água da canaleta de abastecimento dos tanques.

Tabela 2. Valores médios mensais e desvio padrão dos principais parâmetros limnológicos da água dos tanques de piscicultura.

Tabela 3. Valores médios mensais e desvio padrão dos principais parâmetros limnológicos da água do lago, que atua como filtro biológico e, na retenção de nutrientes.

Podemos ainda, considerar que essa unidade de piscicultura produziria um efluente com características semelhantes à água dos tanques de cultivo, com a passagem pelo lago, o efluente sofre alterações antes de ser devolvido ao ambiente natural. A Figura 1 apresenta uma comparação entre cinco parâmetros de qualidade da água (nitrogênio amoniacal, condutividade, clorofila “a”, oxigênio dissolvido e turbidez) desses três ambientes.

A estocagem da água nos tanques de cultivo, inclusão de nutrientes na forma de adubo e ração, e a própria presença dos peixes causa algumas alterações nas características da água. Numa comparação entre as Tabelas 1 (canaleta) e 2 (tanques), verificamos que a produção primária média, através da Clorofila “a”, é acrescida nos tanques em mais de sete vezes, passando de 1,5 para 11,0µg/l. Essa variação pode explicar em parte a discrepância dos valores de pH observados no período da tarde, com valores médios de 7,1 na canaleta e de 8,7 nos tanques de piscicultura. Vários autores têm observado uma elevação do pH da água, no período da tarde em ambientes ricos em fitoplâncton, atribuindo essa variação ao grande consumo de CO₂ pelos organismos fotossintetizantes.

A elevação dos valores médios de condutividade em mais de 40% e do nitrogênio amoniacal em 684%, também indicam a eutrofização da água quando é utilizada nos tanques de cultivo. Apesar dessa eutrofização, os valores de oxigênio dissolvido nos tanques se mantêm sempre acima de 50% de saturação e com média de 83,2%. Na canaleta de abastecimento, esse valor foi sempre maior que 93% de saturação, com média de 97,7%. No caso específico do oxigênio dissolvido, cabe ressaltar que nas canaletas de abastecimento a água se desloca com velocidade, passando por estruturas dissipadoras de energia cinética, com isso, sendo agitada e certamente facilitando a saturação da água com oxigênio. Outro aspecto que deve ser mencionado é o fato das coletas terem sido realizadas na superfície. Apesar do acima exposto, dados de qualidade de água da represa de Volta Grande, apresentados por Rolla *et al.* (1990), mostram que o valor médio de oxigênio dissolvido no epilímnio apresenta uma média anual de 8,1mg/l, bastante próxima à saturação.

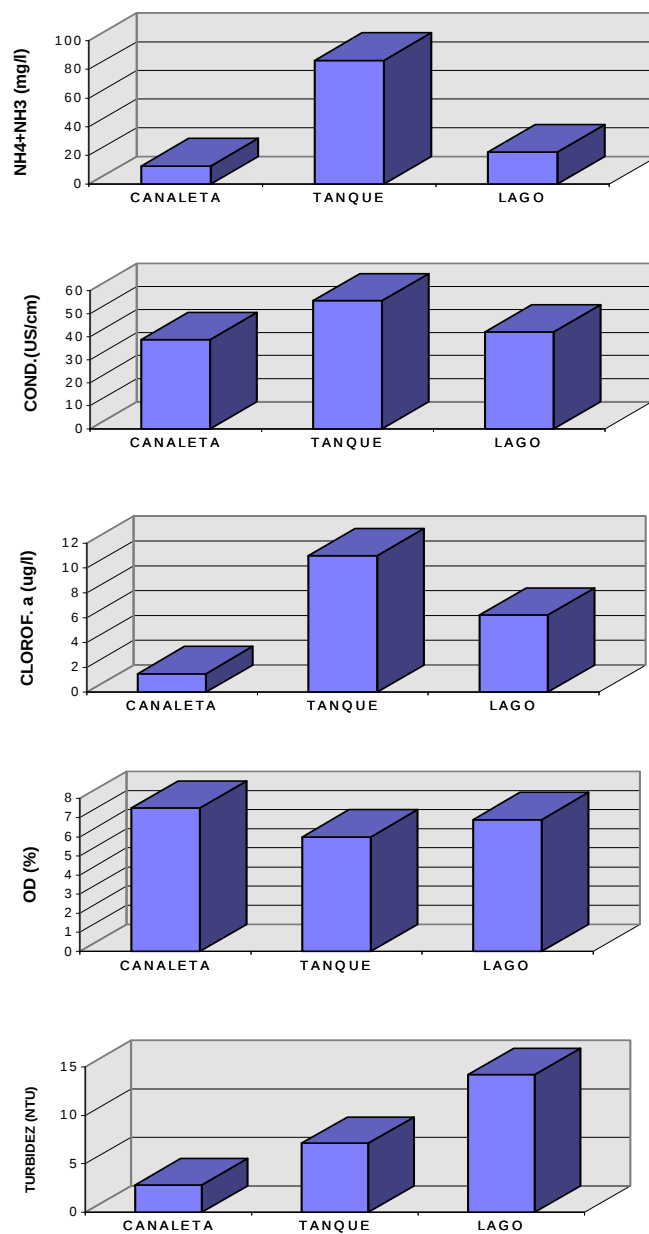


Figura 1. Representação gráfica dos valores médios observados na água da canaleta de abastecimento, dos tanques de piscicultura e do lago de tratamento.

A qualidade da água dos tanques de piscicultura foi significativamente ($p < 0,05$) influenciada pela atividade de cultivo, com incremento das concentrações de nitrogênio amoniacal, da turbidez e redução dos valores de oxigênio dissolvido, quando comparado com a água da canaleta, semelhante ao observado por Ceschia *et al.* (1988) que avaliaram a qualidade do efluente de várias unidades de piscicultura, confrontando com a do afluente.

Os efeitos da piscicultura sobre a eutrofização da água podem ser claramente observados neste trabalho, mesmo nesse caso, no qual o sistema de cultivo adotado pela Estação é do tipo semi-intensivo. De acordo com a legislação brasileira, segundo a qual os mananciais hídricos são classificados de acordo com suas características, a água utilizada para qualquer fim deverá ser devolvida ao ambiente com qualidade semelhante, sendo mantida a mesma qualidade da classe utilizada como fonte. Com base nessa premissa, a água dos tanques de cultivo deste trabalho deveriam passar por uma unidade de tratamento antes de retornar ao rio, buscando devolver as características originais da água utilizada.

Enquanto as análises de qualidade da água da canaleta e do lago foram realizadas de maneira contínua ao longo do período de estudo, os tanques foram avaliados durante intervalos aproximados de 40 dias. Essa diferença na metodologia de coleta foi necessária devido ao grande número de tanques drenados a cada ciclo de alevinagem, impossibilitando uma amostragem contínua e ao mesmo tempo representativa do efluente gerado.

A grande amplitude de variação dos parâmetros de qualidade da água dos tanques de cultivo (Tabela 2), reflete a diferença do manejo realizado em cada unidade de cultivo. Tanques quase sem renovação de água são fortemente adubados para o desenvolvimento da cadeia trófica, enquanto outros são tratados com ração e submetidos a elevada taxa de renovação de água. Essa heterogeneidade poderia reduzir a credibilidade de uma análise baseada na média dos tanques, porém, neste trabalho, é importante estimar a qualidade do efluente gerado por uma unidade de piscicultura.

A passagem do efluente da Estação pelo lago garantiu uma melhoria das condições de qualidade da água. Uma análise comparativa dos valores apresentados nas Tabelas 2 (tanques) e 3 (lago), evidenciam as modificações da qualidade da água do efluente após a estocagem no lago

de retenção. De maneira geral, praticamente todos os parâmetros analisados mostram uma melhoria em relação à água do tanque, embora com valores ainda superiores aos da água de abastecimento da Estação (canaleta). Comparando os valores médios de oxigênio dissolvido, verificamos que a água chega à Estação com 97,7% de saturação, ao passar pelos tanques de cultivo esse valor é reduzido para 83,2%, voltando a elevar-se no lago para 90,7%, quando é devolvida ao ambiente. O inverso é observado em relação aos valores de condutividade, com valores médios de $38,7\mu\text{Scm}^{-1}$ na água de abastecimento (canaleta), passando a $55,6\mu\text{Scm}^{-1}$ nos tanques e reduzida a $42,0\mu\text{Scm}^{-1}$ no lago de retenção. Os valores de nitrogênio amoniacal são acrescidos em mais de seis vezes na água dos tanques de piscicultura, apresentando em média $86,3\mu\text{g/l}$, após a passagem pelo lago, a concentração é reduzida e o efluente desse carrega apenas $22,2\mu\text{g/l}$. Uma exceção é verificada nos valores de turbidez, nos quais a água chega a Estação com uma média de 2,8 NTU, passa a 7,1 NTU nos tanques e ainda é elevada para 14,2 NTU no lago. Os maiores valores de turbidez da água do lago ocorrem durante os meses de junho e julho, coincidindo com o período em que foram passadas redes de arrasto para a captura dos peixes. A utilização desse aparelho de pesca provoca a suspensão do sedimento e conseqüente elevação dos valores de turbidez. Porém, mesmo em outros meses, os valores continuam sendo superiores aos dos tanques de cultivo, que pode ser justificado pela presença de peixes no lago (filtro biológico), inclusive espécies iliófagas ou bentófagas. A ausência de adubação ou inclusão de ração no lago, certamente provoca uma escassez de alimento, estimulando a busca de nutrientes junto ao sedimento e causando a maior suspensão de partículas finas. Os valores de turbidez apresentaram diferenças significativas ($p<0,05$) entre a água da canaleta e dos tanques de cultivo, e igualmente entre esses e o lago de tratamento.

Embora os valores médios de clorofila “a” apresentem uma grande diferença nos três ambientes analisados, se mostraram semelhantes ($p<0,05$) devido a grande variação observada ao longo do período amostral. Os valores de oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal e condutividade da água do lago não apresentaram diferenças significativas ($p<0,05$) com a água da canaleta, comprovando a melhoria da qualidade do efluente gerado pela piscicultura. A simples recuperação da qualidade

do efluente já justificaria a implantação de um lago para a retenção dos nutrientes, embora esse lago ainda apresente vantagens adicionais. O desenvolvimento da piscicultura mundial e brasileira está baseado no cultivo de espécies normalmente exóticas ou alóctones a região de cultivo, provocando a contaminação do ambiente pela fuga acidental dos peixes cultivados ou até por parasitos. Esse é um dos graves problemas enfrentados pela piscicultura, uma vez que o manejo convencional dos tanques de cultivo facilitam a fuga. No caso deste trabalho, o piscicultor precisa tomar um cuidado especial contra a fuga de peixes apenas no lago, ao invés de necessitar fazê-lo para cada um dos 150 tanques utilizados na produção. Há que ser considerada também a produção anual de 1.500kg de pescado, que pode ser destinado ao consumo humano e/ou para a alimentação dos peixes cultivados.

A recuperação do efluente produzido pela piscicultura é uma necessidade para permitir a sustentabilidade da atividade, devendo ser desenvolvidos outros trabalhos que permitam avaliar o impacto dos diferentes sistemas de cultivo sobre o efluente, bem como a eficiência dos diversos métodos de tratamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTIAN, R. EPA prefers effluents to be recycled. *Water Farming J.*, 28:7-10, 1991.
- CESCHIA, G., BONETTA, L. & GIORGETTI, G. Situation of trout farm effluents in Italy. 1. Sess. of the EIFAC working party on fish farm effluents. The Hague (Netherlands), 1988. 48-54p.
- GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S. & OHNSTAD, M.A.M. *Methods for physical and chemical analysis of freshwater*. IBP. London, Black Well, 1978. 213 p.
- GRASSHOFF, K. *Methods of seawater analysis*. New York, Veriag Chemie, 1976. p. 117-181.
- ROLLA, M.E., DABÉS, M.B.G.S., FRANÇA, R.C. & FERREIRA, E.M.V.M. Aspectos limnológicos do Reservatório de Volta Grande, Minas Gerais/São Paulo. *CETEC. Acta Limnol. Brasil*, 3:219-244, 1990.
- TRUSSEL, R.P. The percent un-ionized ammonian aqueous ammonia solution at different pH levels and temperature. *J. Fish. Res. Board. Can.*, 29:1505-1507. 1972.
- ZANIBONI FILHO, E. O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade de água. *Rev. Bras. Biol.*, 57(1):3-9, 1997.

Tabela 1. Valores médios mensais e desvio padrão dos principais parâmetros limnológicos da água da canaleta de abastecimento dos tanques.

Mês	Temp. (°C) manhã/tarde		pH manhã/tarde		OD (mg/l)/(%sat)		NH ₄ ⁺ +NH ₃ (µg/l)	NH ₃ (µg/l)	Conduct. (µScm ⁻¹)	Turb. (NTU)	Clor. “a” (µg/l)
jan	28,3±0.84	28,9±0.94	7,3±0.28	7,2±0.58	6,9±0.46	96,0±6.23	7.7±1.00	0,23±0.26	24,5±5.93	2,5±2.32	1,7±1.95
fev	27,8±0.75	28,1±1.07	7,3±0.32	6,9±0.36	7,3±0.35	100,0±4.45	12,0±1.01	0,15±0.14	38,4±5.12	7,9±4.73	1,3±3.07
mar	28,0±0.71	28,5±1.12	7,4±0.33	7,0±0.39	7,3±0.45	100,3±6.76	14,5±2.56	0,10±0.06	41,8±4.04	3,6±1.07	1,1±1.09
abr	27,5±0.60	27,8±0.82	7,2±0.17	7,4±0.39	7,3±0.31	99,6±4.29	20,3±1.00	0,33±0.66	45,0±7.26	3,9±3.03	0,7±0.64
mai	25,4±0.86	25,9±1.16	7,2±0.39	7,0±0.51	7,4±0.39	97,4±5.35	8,0±1.02	0,10±0.14	41,9±1.86	2,7±1.60	1,7±1.40
jun	23,6±0.95	24,1±1.00	7,0±0.28	7,1±0.24	7,6±0.46	94,1±6.11	9,0±1.00	0,06±0.07	39,8±5.66	1,9±0.39	2,1±1.69
jul	21,9±1.36	22,2±0.63	7,0±0.36	6,8±0.50	7,9±0.59	98,1±7.69	13,9±1.00	0,11±0.33	38,4±0.66	1,6±0.47	1,4±1.66
ago	21,3±0.75	21,9±0.96	7,1±0.26	6,9±0.57	8,1±1.06	98,5±4.15	15,3±1.00	0,38±1.45	40,8±3.24	1,7±1.14	1,0±0.75
set	22,8±0.79	23,8±1.87	7,0±0.21	6,9±0.42	8,0±0.36	100,4±4.19	6,0±1.02	0,05±6.02	39,0±4.65	1,7±0.32	1,1±0.51
out	24,9±1.02	26,1±1.90	7,2±0.36	6,9±0.40	7,4±0.41	96,8±4.39	15,6±1.00	0,20±0.39	37,9±1.80	1,6±0.51	1,0±1.13
nov	26,5±0.71	28,1±1.14	7,4±0.36	7,3±0.63	7,1±0.39	93,9±3.36	18,1±1.00	0,73±1.14	37,6±6.78	2,5±0.88	2,4±3.67
dez	27,8±0.96	28,3±0.95	7,6±0.42	7,6±0.43	7,1±0.57	96,9±6.99	13,4±1.00	0,72±1.33	37,0±3.92	2,2±0.64	2,8±3.83
Média	25,5	26,1	7,2	7,1	7,5	97,7	12,8	0,26	38,5	2,8	1,5

Tabela 2. Valores médios mensais e desvio padrão dos principais parâmetros limnológicos da água dos tanques de piscicultura.

Tanque	Temp. (°C) manhã/tarde		pH manhã/tarde		OD (mg/l)/(%sat)		NH ₄ +NH ₃ (µg/l)	NH ₃ (µg/l)	Conduct. (µScm ⁻¹)	Turb. (NTU)	Clor. "a" (µg/l)
1	26,8±1,2	-	7,6±1,1	-	6,1±2,5	82,3±33,9	82,3±131,8	6,1±14,5	59,0±6,2	-	108,7±199,4
2	28,1±0,7	30,4±1,0	7,0±0,5	8,5±0,8	6,1±1,0	84,3±14,1	23,7±30,9	9,3±8,3	51,6±2,3	3,9±1,5	6,0±3,6
3	26,8±1,3	-	7,5±1,0	-	4,9±3,2	66,9±43,9	107,5±165,1	3,1±4,2	70,1±16,7	-	2,9±6,5
4	27,1±1,2	-	7,2±1,0	-	4,8±2,8	65,5±37,6	129,2±193,6	1,4±1,3	61,9±6,9	-	10,5±4,7
5	27,9±1,7	-	6,9±0,6	-	4,3±2,3	58,1±31,5	198,6±220,4	7,5±19,8	65,6±13,7	-	6,9±12,9
6	28,7±0,8	30,7±1,5	7,9±1,0	8,9±0,8	6,7±2,7	89,9±33,6	35,1±49,7	14,9±14,9	56,8±4,9	7,2±3,8	9,9±7,0
7	28,0±1,6	-	7,0±0,5	-	5,3±1,9	73,9±27,4	150,4±229,6	1,3±1,6	56,3±9,8	-	6,0±10,8
8	28,2±1,1	30,3±1,2	7,0±0,3	8,7±0,6	6,3±1,1	86,8±14,8	15,1±25,4	6,8±10,1	48,9±3,8	8,7±2,6	7,0±6,5
9	27,1±1,2	-	7,5±1,0	-	5,8±2,7	78,3±36,1	104,3±162,6	3,1±5,2	58,0±6,1	-	14,1±11,9
10	28,5±1,0	30,6±1,0	7,3±0,9	8,6±0,8	5,5±1,9	76,0±27,0	40,9±85,2	9,1±10,3	52,0±5,2	6,5±2,3	6,6±7,0
11	28,2±1,0	-	7,2±0,8	-	5,7±1,8	79,5±25,3	183,3±218,0	7,5±19,8	49,6±3,4	-	6,9±13,0
12	28,7±0,8	30,5±1,3	7,8±1,1	9,0±0,8	6,7±2,7	94,1±38,3	23,2±43,0	9,9±15,3	56,8±4,9	7,2±3,8	9,9±7,0
13	28,4±0,9	30,9±1,3	7,1±0,4	8,6±0,7	6,6±1,2	90,8±15,7	22,6±30,7	4,9±8,2	47,7±4,3	5,9±1,8	5,7±6,2
14	28,0±1,2	31,0±1,1	7,1±0,7	8,1±0,9	5,0±1,8	69,0±23,6	24,7±31,1	3,3±6,6	56,7±8,3	7,3±2,7	7,2±2,3
15	28,0±1,6	-	7,0±0,9	-	4,1±2,7	55,8±37,0	212,6±273,2	3,1±3,9	67,9±11,5	-	3,1±5,6
16	28,6±1,0	31,7±2,6	7,1±0,6	7,9±1,3	6,6±0,8	91,5±11,8	18,6±28,8	0,4±0,7	42,5±6,6	9,3±1,2	2,4±1,9
17	28,4±1,2	30,3±1,3	6,9±0,4	8,4±0,9	6,0±1,1	83,6±16,2	27,0±35,5	6,0±9,3	50,9±2,1	2,8±1,1	4,7±4,0
18	28,3±0,8	29,9±1,7	8,0±0,8	8,6±1,0	7,4±1,9	102,6±26,0	69,1±119,9	22,8±65,6	52,2±3,6	11,0±2,7	9,4±8,3
19	28,5±0,8	30,7±1,0	7,8±0,7	9,3±0,5	7,3±0,9	101,5±13,5	29,2±34,5	12,5±13,9	49,3±2,8	7,1±2,1	7,6±7,7
20	27,2±1,2	-	7,1±1,1	-	5,4±2,9	73,5±39,4	228,0±266,1	3,4±4,8	63,0±9,2	-	8,1±11,9
21	28,2±1,7	-	7,7±1,3	-	5,3±4,0	74,4±56,4	286,9±322,2	67,1±168,3	71,1±7,9	-	6,5±6,8
22	28,3±0,6	30,7±0,9	7,7±0,9	8,9±0,8	7,1±2,2	98,3±31,1	39,4±77,7	21,9±54,6	49,5±6,3	7,4±2,9	5,6±6,5
23	28,2±0,7	30,6±1,4	7,9±0,6	9,0±0,4	7,7±1,5	106,5±21,8	28,2±53,2	19,6±38,5	48,9±5,4	7,3±3,0	4,9±5,2
24	28,0±1,0	30,5±1,4	7,8±0,8	9,2±0,5	7,3±1,4	100,4±19,7	50,0±110,6	18,4±30,2	54,0±5,8	8,2±2,1	12,4±9,7
25	27,7±0,5	30,1±1,0	7,4±0,7	9,0±0,6	7,1±1,3	97,7±18,7	27,7±61,7	24,0±50,9	50,6±4,9	6,5±2,4	0,9±1,0
Média	28,0	30,6	7,4	8,7	6,0	83,2	86,3	11,5	55,6	7,1	11,0

Tabela 3. Valores médios mensais e desvio padrão dos principais parâmetros limnológicos da água do lago que atua como filtro biológico e na retenção de nutrientes.

Mês	Temp. (°C) manhã/tarde		pH manhã/tarde		OD (mg/l)/(‰sat)		NH ₄ +NH ₃ (µg/l)	NH ₃ (µg/l)	Conduct. (µScm ⁻¹)	Turb. (NTU)	Clor. “a” (µg/l)
jan	28,4±0,8	30,8±0,7	7,3±0,4	7,4±0,2	6,4±0,3	88,8±3,3	14,9±12,1	0,31±0,2	42,9±5,3	13,0±6,2	4,7±2,3
fev	28,5±0,8	30,2±0,4	7,2±0,2	7,1±0,2	6,4±0,6	89,2±9,2	16,3±13,1	0,33±0,3	39,9±2,9	15,3±9,5	4,0±1,6
mar	28,3±0,7	30,1±1,6	7,2±0,1	6,9±0,4	6,7±0,2	92,2±1,4	22,0±18,1	0,46±0,5	43,7±9,6	13,9±6,9	7,7±3,1
abr	27,7±0,4	29,8±0,6	7,2±0,3	7,2±0,4	6,9±0,2	96,1±2,8	22,3±21,5	0,30±0,3	47,6±9,4	13,3±6,6	12,0±7,6
mai	25,0±0,8	26,7±0,9	7,3±0,6	7,3±0,8	6,9±0,5	90,0±7,2	23,9±29,7	0,26±0,4	42,0±6,3	15,7±8,5	2,8±2,5
jun	22,7±0,6	24,9±0,1	6,9±0,2	7,2±0,6	6,8±0,7	83,3±6,8	22,7±20,8	0,28±0,3	41,6±6,7	19,6±12,3	10,2±12,9
jul	20,9±1,6	23,5±1,3	7,1±0,2	7,0±0,7	7,4±0,3	90,2±2,6	29,4±19,4	0,54±0,4	37,9±4,9	20,4±10,8	1,7±1,6
ago	21,6±2,1	22,9±1,8	7,4±0,1	7,1±0,1	7,6±0,05	93,7±2,9	18,8±0,3	0,38±0,2	42,7±6,5	13,0±5,0	2,5±1,1
set	23,1±2,3	24,6±1,9	7,5±0,3	7,5±0,3	7,7±0,1	97,4±5,9	7,8±1,6	0,41±0,3	41,9±3,8	11,0±2,6	2,2±1,7
out	25,4±2,2	28,7±1,1	7,4±0,0	7,8±0,8	7,5±0,2	98,2±1,3	17,8±2,5	2,9±3,1	42,5±5,0	10,5±1,5	5,7±2,3
nov	26,2±1,0	30,4±1,9	7,2±0,5	7,7±0,8	6,3±0,7	83,6±8,3	33,4±18,4	4,0±0,2	40,8±5,6	11,1±2,6	18,6±20,8
dez	28,1±0,2	30,7±0,9	7,4±0,5	7,5±0,6	6,2±0,1	85,4±2,3	37,2±35,7	1,9±1,5	40,6±2,3	13,5±1,5	2,4±0,1
Média	25,5	27,8	7,3	7,3	6,9	90,7	22,2	1,0	42,0	14,2	6,2