

**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA**

**PRODUÇÃO INTENSIVA DE TRUTAS: CARACTERIZAÇÃO DA
QUALIDADE DA ÁGUA E IMPACTO SOBRE O CORPO RECEPTOR**

Bernardo Pinto Caramel

Orientadora: Prof.^a Dra. Cacilda Thais Janson Mercante

Coorientadora: Dra. Yara Aiko Tabata

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

**São Paulo
Setembro - 2013**

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**PRODUÇÃO INTENSIVA DE TRUTAS: CARACTERIZAÇÃO DA
QUALIDADE DA ÁGUA E IMPACTO SOBRE O CORPO RECEPTOR**

Bernardo Pinto Caramel

Orientadora: Prof.^a Dra. Cacilda Thais Janson Mercante

Coorientadora: Dra. Yara Aiko Tabata

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

**São Paulo
Setembro - 2013**

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

C259p

Caramel, Bernardo Pinto

Produção intensiva de trutas : caracterização da qualidade da água e impacto sobre o corpo receptor / Bernardo Pinto Caramel. – São Paulo, 2013.
48f. ; il. ; graf. ; tab.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e Abastecimento.

Orientadora: Cacilda Thaís Janson Mercante

1. Poluição. 2. Truticultura. 3. Piscicultura intensiva. 4. Efluente.
I. Mercante, Cacilda Thaís Janson. II. Título.

CDD 639.211

Permitida a cópia parcial, desde que citada a fonte – O autor

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**“PRODUÇÃO INTENSIVA DE TRUTAS: CARACTERIZAÇÃO
DA QUALIDADE DA ÁGUA E IMPACTO SOBRE O CORPO
RECEPTOR”**

AUTOR: Bernardo Pinto Caramel

ORIENTADOR: Prof. Dra. Cacilda Thais Janson Mercante

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de
MESTRE EM AQUICULTURA E PESCA, Área de Concentração em
Aquicultura, pela Comissão Examinadora:



Prof.^a. Dr.^a. Cacilda Thais Janson Mercante

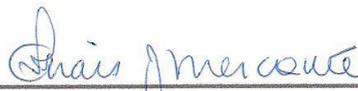


Prof.^a. Dr.^a. Andréa Tucci



Prof. Dr. Eduardo de Medeiros Ferraz

Data da realização: 02 de setembro de 2013



Presidente da Comissão Examinadora
Prof.^a. Dr.^a. Cacilda Thais Janson Mercante

Agradecimientos

Agradecimentos

À CAPES pela concessão da Bolsa de Mestrado.

Ao Programa de Pós Graduação em Aquicultura e Pesca.

Ao Instituto de Pesca pelo apoio logístico e de infra-estrutura.

À minha orientadora Dra. Cacilda Thais Janson Mercante pelos ensinamentos e dedicação.

À minha co-orientadora Dra Yara Aiko Tabata por transmitir sua experiência e grande conhecimento na área.

Ao Prof. Clóvis Ferreira do Carmo por todo apoio nas coletas e nas análises laboratoriais.

Sumário

Sumário

Agradecimentos.....	vii
Sumário.....	ix
Resumo geral.....	x
Abstract.....	xii
Introdução geral.....	2
Objetivos gerais.....	4
Área de estudo.....	4
Apresentação da dissertação.....	13
Referências bibliográficas.....	13
Produção bibliográfica durante o Mestrado (2012 - 2014).....	16
Capítulo I - Efeito de uma triticultura na descarga de fósforo sobre o corpo hídrico receptor.....	18
Resumo.....	19
Abstract.....	20
Introdução.....	20
Material e métodos.....	22
Resultados.....	24
Discussão.....	24
Conclusões.....	29
Agradecimentos.....	29
Referências bibliográficas.....	30

Capítulo II - Efeito de uma truticultura nas concentrações de sólidos totais em suspensão(STS) e suas concentrações inorgânicas e orgânicas.....	33
Resumo.....	34
Abstract.....	35
Introdução.....	35
Material e métodos.....	37
Resultados.....	40
Discussão.....	40
Conclusões.....	46
Agradecimentos.....	46
Referências bibliográficas.....	46
Considerações finais.....	48

PRODUÇÃO INTENSIVA DE TRUTAS: CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E IMPACTO SOBRE O CORPO RECEPTOR

Resumo Geral

Um dos principais desafios enfrentados pela piscicultura brasileira é sustentar um aumento contínuo na produção de peixes minimizando o impacto ao meio ambiente, permitindo o desenvolvimento sustentável da atividade. Desta forma este estudo teve como objetivo a caracterização do efluente de uma truticultura, em relação aos teores de sólidos totais em suspensão e concentração de fósforo total, com vistas à adequação de Boas Práticas de Manejo (BPM) buscando uma produção sustentável. O estudo foi realizado no período entre 01/09/2010 e 29/11/2010, as coletas foram realizadas semanalmente em triplicatas com início entre 8h00 e 10h00. A amostragem englobou 6 pontos distribuídos em áreas fora da influência e sob a influência do sistema de produção, distribuídos em : P1- no rio a montante do empreendimento; P2 - canaleta de abastecimento; P3 – saída do viveiro; P4 – efluente, após a passagem por uma lagoa de estabilização; P5 - na zona de mistura do efluente e P6 – no corpo receptor (rio), a 60 m de distância da zona de mistura. As variáveis analisadas foram selecionadas considerando-se o seu potencial impacto ambiental para os ambientes aquáticos adjacentes à planta de produção, sendo monitoradas as concentrações de fósforo total (PT); ortofosfato (PO_4^{-3}) e sólidos totais em suspensão (STS) nas frações inorgânicas e orgânicas. As concentrações de PT apresentaram média de $70 \pm 6,07 \mu\text{g.L}^{-1}$ na entrada e $100 \pm 16,07 \mu\text{g.L}^{-1}$ na saída do efluente. A taxa de exportação foi de $9,8 \text{ kg PT. mês}^{-1}$ alcançando um total de $120 \text{ kg PT. ano}^{-1}$. Em função da quantidade de ração fornecida estimou-se uma descarga de $13,21 \text{ g PT. Kg ração}^{-1}$. As concentrações de PO_4^{-3} apresentaram média de $71,11 \pm 5,14 \mu\text{g.L}^{-1}$ na entrada do sistema e $88,6 \pm 11,26 \mu\text{g.L}^{-1}$ na saída, que resultaram em uma descarga de $8,68 \text{ kg. mês}^{-1}$, alcançando 105 Kg. ano^{-1} e $11,70 \text{ g PO}_4^{-3} \cdot \text{Kg ração}^{-1}$. Os sólidos totais em suspensão apresentaram média de $0,38 \pm 0,17 \text{ mg.L}^{-1}$, na entrada do sistema e $1,32 \pm 0,63 \text{ mg.L}^{-1}$ na saída. Os dados indicam que após a passagem pela planta de produção houve um incremento nas concentrações de PT, PO_4^{-3} e STS incluindo as frações inorgânicas e orgânicas. O aumento dessas concentrações foi associado ao arraçoamento,

considerando-se que no período de monitorado foi adicionado ao sistema 2.225 kg de ração extrusada comercial (36 a 42% Proteína Bruta). O manejo aplicado na produção durante o período de estudo teve influência direta nas alterações das concentrações dos nutrientes liberados no corpo hídrico receptor; desta forma a implantação de Boas Práticas de Manejo (BPM), incluindo-se rações com formulações específicas e alta digestibilidade, devem contribuir para mitigar os impactos negativos oriundos dos processos de produção.

Palavras-chave: poluição; tricultura, piscicultura sustentável

INTENSIVE PRODUCTION OF TROUT: CHARACTERIZATION OF WATER QUALITY AND IMPACT ON THE RECEIVING HIDRIC BODY

Abstract

One of the main challenges faced by the Brazilian fish farming is to sustain a continuous increase in the production of fish while minimizing the impact to the environment, allowing sustainable development of the activity. Thus, this study aimed to characterize the effluent of trout farming, in relation to concentrations of total suspended solids and total phosphorus, with a focus on the adequacy of the Best Management Practices (BMP) seeking sustainable production. The study was performed between September 1st and November 29th, 2010, samples were collected weekly in triplicate starting between 8:00 a.m. and 10:00 a.m.. Sampling was composed by six points distributed in areas outside the influence and under the influence of the production system, distributed as follows: P1 - at the upstream of the trout farming; P2 - sourcing channel; P3 - exit; P4 - effluent, after passing by a pond stabilization; P5 - the mixing zone of the effluent and P6 - the receiving body (river), 60 m after mixing zone. The analyzed variables were selected considering their potential environmental impact to aquatic environments adjacent to the production plant, being monitored concentrations of total phosphorus (TP), orthophosphate (PO_4^{3-}), and total suspended solids (TSS) in inorganic and organic fractions. The concentration of TP presented a mean of $70 \pm 6.07 \text{ mg L}^{-1}$ at the entrance and $100 \pm 16.07 \text{ mg L}^{-1}$ at the exit of effluent. The export rate was $9.8 \text{ kg TP month}^{-1}$ reaching a total of $120 \text{ kg TP year}^{-1}$. Due to the amount of feed was estimated discharge of $13.21 \text{ g TP. kg}^{-1} \text{ feed}$. Concentrations of PO_4^{3-} presented mean of $71.11 \pm 5.14 \text{ mg L}^{-1}$ at the entrance of system and $88.6 \pm 11.26 \text{ mg L}^{-1}$ at the exit, resulting in a discharge of $8.68 \text{ kg month}^{-1}$, reaching 105 kg year^{-1} and $11.70 \text{ g PO}_4^{3-} \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ feed}$. The total suspended solids presented a mean of $0.38 \pm 0.17 \text{ mg L}^{-1}$ at the entrance system and $1.32 \pm 0.63 \text{ mg L}^{-1}$ at the output. The results indicated that after passage through the production plant there was an increase in the concentration of TP, PO_4^{3-} and TSS, including inorganic and organic fractions. The increase in these concentrations was associated with feeding, considering that in the monitoring period was added to the system 2225 Kg commercial extruded feed (36-42% raw protein). The management applied in

production during the study period had a direct influence on changes in concentrations of nutrients released into the receiving body; thus the implementation of the Best Management Practices (BMP)), including diets with specific formulations and high digestibility, should contribute to reduce the negative impacts arising from production processes.

Keywords: pollution; trout farming; sustainable fish farming

Introdução geral

Introdução geral

A aquicultura é o setor de produção animal que mais cresce em todo o mundo, com uma produção anual em 2010 de 59.9 milhões de toneladas, crescendo 7,5% ao ano e o seu crescimento deve ser promovido de forma sustentável (FAO, 2012). A produção de pescado do Brasil, para o ano de 2010, foi de 1.264.765 t, sendo que a pesca extrativa marinha foi a principal fonte de produção de pescado nacional, contribuindo com 42,4% do total de pescado, seguida pela aquicultura continental, com cerca de 31,2%, aproximadamente 394.340t. A pesca extrativa continental representou 19,7% e a aquicultura marinha 6,7%. A produção aquícola nacional de origem continental aumentou de forma significativa no triênio 2008-2010, resultado de um incremento de aproximadamente 40% durante este período (BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA, 2010).

Na aquicultura continental a produção de peixes (piscicultura) destaca-se em termos de volume em comparação aos demais organismos aquáticos produzidos. Segundo BOSCARDIN (2008), a piscicultura continental brasileira concentra-se: nas tilápias, produzidas principalmente nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste; nas carpas com maior ocorrência no Sul e Sudeste; nos peixes redondos como tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste; e no híbrido tambacu (tambaqui-fêmea x pacu *Piaractus mesopotamicus* – macho), cuja produção ocorre primordialmente no estado do Mato Grosso, região Centro-Oeste. Destaca-se também como peixe redondo, o pacu, que é cultivado principalmente no Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Desempenho similar em termos de crescimento foi observado na truticultura, dados apresentados no BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA (2010), indicaram um incremento de aproximadamente 39 % na produção de trutas, durante o triênio 2008-2010, sendo produzido cerca de 3.660 t em 2008; 4.381 t em 2009; e 5.122 t em 2010.

A truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), uma das espécies mais cultivadas da família Salmonidae, é natural da vertente Pacífica da América do Norte e da parte ocidental da Península de Kamchatka e Bacia de Okhotsk da Rússia (TABATA, 2008). A truta é um peixe exótico e de regiões frias, por isso

ela se adaptou bem nas regiões serranas do sul e sudeste do Brasil, onde as temperaturas são mais baixas. Nestas regiões, os rios apresentam baixa vazão de água, o que impede a implantação de grandes truticulturas no Brasil (TABATA, 2008).

O desenvolvimento da produção de peixes pode ser uma forma de promover o crescimento econômico de áreas rurais pouco desenvolvidas, levando renda e emprego local (PULATSU et al., 2004), em contrapartida, a piscicultura intensiva pode apresentar impactos ambientais negativos, acarretando problemas devido a descarga excessiva de nutrientes, levando a eutrofização dos corpos hídricos receptores e perturbação dos ecossistemas aquáticos (AMIRKOLAIE, 2011; AMIRKOLAIE, 2008 ; ALPASLAN e PULATSU, 2008, REID et al., 2006; PULATSU et al., 2004; BARTOLI et al., 2007 e GUO e LI , 2003).

O impacto de um sistema de produção ao meio ambiente esta associado a característica do seu efluente (SINDILARIU et al., 2009) e, depende do tamanho e da natureza do empreendimento, das práticas de manejo, do volume do efluente liberado e da capacidade de autodepuração do corpo hídrico receptor (CAO, et al., 2007; BOAVENTURA et al., 1996). O tipo e magnitude do impacto no meio ambiente estão altamente relacionados com as características biológicas, químicas e físicas do ecossistema receptor (BUREAU e HUA, 2010). Esta perturbação tem origem na ração introduzida ao sistema de criação, seja diretamente pela dispersão da ração ou pelos produtos metabólicos gerados pelos peixes em função do arraçoamento (AMIRKOLAIE, 2011; JAHAN et al., 2003). Os resíduos orgânicos gerados pelo arraçoamento juntamente com as excretas dos peixes podem promover o enriquecimento do meio por compostos nitrogenados e fosfatados (NOROOZRAJABI et al., 2013; STEPHENS e FARRIS, 2004).

O desafio da piscicultura e das demais produções em ambientes aquáticos continentais é mitigar os possíveis impactos gerados pelo sistema produtivo no ambiente adjacente. Segundo VALENTI (2008), a aquicultura sustentável pode ser definida como a produção lucrativa de organismos aquáticos, mantendo uma interação harmônica duradoura com os ecossistemas e as comunidades locais, devendo ser avaliada nas dimensões ambiental, econômica e social, as quais são indissociáveis e essenciais para

uma atividade perene.

A resolução CONAMA 430/2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes e complementa a resolução CONAMA 357/2005, com destaque ao artigo n°. 24 que estabelece: “Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis”. Portanto, estudos que avaliem o nível de poluição nos efluentes e nos corpos d’água receptores são de extrema importância para que se possa mitigar os impactos gerados pela aquicultura através da adequação de Boas Práticas de Manejo (BPM).

Objetivos gerais

Caracterizar o efluente de uma truticultura, em relação aos teores de sólidos totais em suspensão e concentração de fósforo, com vistas à adequação de Boas Práticas de Manejo buscando a produção sustentável.

Materiais e métodos

Local de Estudo

O presente estudo foi realizado em um empreendimento comercial (Figura 1) localizado no Parque Nacional Serra da Bocaina (PNSB) a 35 km da cidade de Bananal, São Paulo, situado a 1155 m de altitude nas coordenadas. 22°50'03,92”S e 44°25'46,33”O.

O PNSB tem 104.000 ha de área total, entre as coordenadas 22°40'/ 23°20'S e 44°24'/44°54'O na divisa entre os Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo. Para os núcleos urbanos que circundam esse Parque, como Angra dos Reis, Mambucaba e Paraty, sua conservação é vital, uma vez que ele concentra grande parte das nascentes que fornecem ou podem fornecer água potável à população (BATISTA et al., 2009). O rio que abastece a truticultura, classificado como rio de 1° Ordem, encontra-se inserido na Bacia do Paraíba do Sul.



Figura 1- Foto com vista parcial do empreendimento comercial de criação de trutas, localizado na Serra da Bocaina-SP

Os dados obtidos na estação pluviométrica DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) localizada na Serra da Bocaina, 1180 metros altitude, 22°48'S e 44°28'W, entre os anos de 1992 a 2002, indicaram uma precipitação média anual de 1.707 mm (<http://www.daae.sp.gov.br/index.php>).

Sistema de Criação do Empreendimento

A criação estudada utilizou sistema de race-ways (adaptado), recebendo fluxo constante de água com uma vazão média estimada em 40 L/s, mantendo um tempo de residência em torno de 1 hora e 46 minutos em todo o sistema. Os tanques de alvenaria foram distribuídos em três setores,(Figura 2) com 4 tanques cada, totalizando um volume de 315 m³, com uma densidade média de 2,45 Kg.m⁻³ e capacidade de produção estimada em 3,5 t. ano⁻¹.

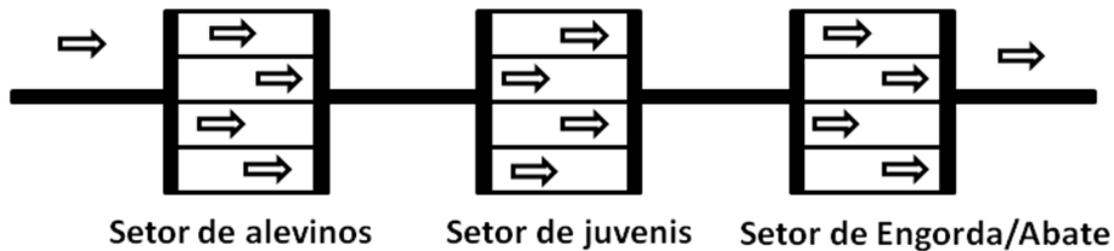


Figura 2- Desenho esquemático do empreendimento, localizado na Serra da Bocaina, organizado em três setores; alevinos; juvenis e engorda, divididos em quatro tanques cada setor. As setas indicam o fluxo da água de abastecimento para os tanques. Em preto as canaletas de abastecimento.

O estoque total no início do estudo foi de 50.000 trutas arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*) em diferentes estágios de crescimento, classificados em alevinos, juvenis e adultos estimado uma biomassa total inicial de 776 kg no empreendimento. A produção em regime intensivo de arraçamento utilizou ração extrusada comercial de 36 a 42% proteína bruta (PB), variando de 1,5 a 6% da biomassa dos peixes, totalizando 2225 kg ração.

A estimativa da biomassa dos peixes foi calculada pela amostragem de 100 indivíduos por tanque, totalizando 400 indivíduos por setor e extrapolada para todo o sistema de criação.

Periodicidade de Coleta

As coletas foram realizadas semanalmente, em seis pontos distintos em triplicatas, com início frequentemente entre 8h00 e 10h00, no período entre 01/09/2010 e 29/11/2010, mantendo-se o mesmo intervalo durante o horário de verão iniciado em 17/10/2010. A distribuição dos pontos de amostragem (Figura 3) seguiu a seguinte ordem: P1 – no rio à montante da truticultura (Figura 4); P2 - canaleta de abastecimento (Figura 5); P3 – saída do sistema de produção (Figura 6); P4 – efluente, após a passagem por uma lagoa de estabilização (Figura 7); P5 - na zona de mistura do efluente (Figura 8) e P6 – no corpo receptor (rio), a 60 metros de distância da zona de mistura (Figura 9), totalizando n=234

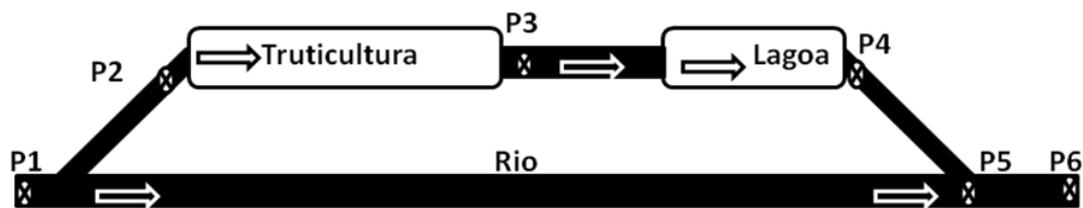


Figura 3- Desenho esquemático do empreendimento localizado na Serra da Bocaina -SP, P1 – no rio à montante do sistema de produção; P2 - canaleta de abastecimento; P3 – saída do sistema de produção; P4 – efluente do sistema de produção, após a passagem por uma lagoa de estabilização; P5 - na zona de mistura do efluente; P6 – no corpo receptor (rio), a 60 metros de distância da zona de mistura.

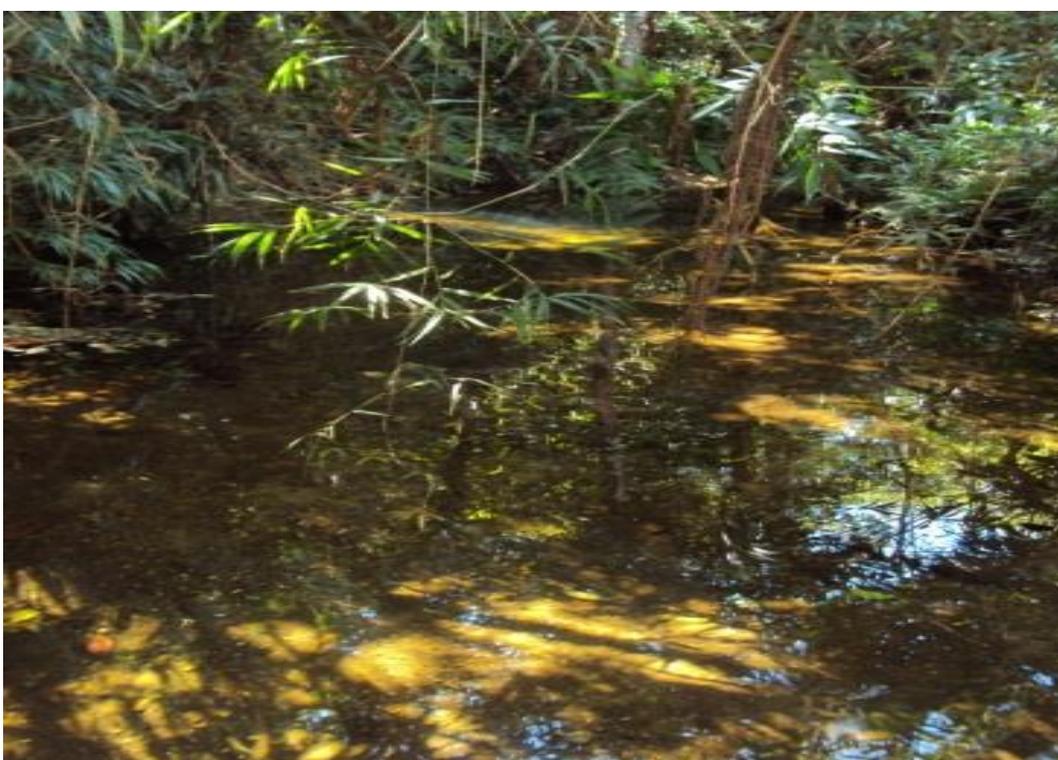


Figura 4- Foto com visão parcial do P1- no rio à montante do sistema de produção.



Figura 5 – Foto com visão parcial do P2 .- canaleta de abastecimento do sistema de produção.



Figura 6- Foto com visão parcial do P3- saída do sistema de produção



Figura 7- Foto com visão parcial do P4 - efluente do sistema de produção, após a passagem por uma lagoa de estabilização.



Figura 8- Foto com visão parcial do P5 - zona de mistura do efluente.



Figura 9- Foto com visão parcial do P6 - corpo receptor (rio), 60 m após a zona de mistura.

Hidrometria

Os dados de vazão e velocidade da corrente foram determinados segundo MARQUES e ARGENTO (1988) nos pontos P2 e P6. Considerou-se vazão o volume líquido que atravessa uma determinada secção por unidade de tempo, sua unidade apresenta a relação volume por tempo. A velocidade da água foi determinada pelo método do flutuador com 10 repetições. A área da secção transversal foi determinada por meio de medições diretas, estimando-se a área de escoamento.

A velocidade foi obtida pela equação:

$$v = \frac{E}{t} \quad (\text{equação 1})$$

sendo:

v = velocidade da corrente (m.s^{-1})

E = espaço percorrido (m)

t = tempo (s)

A velocidade média da coluna de água foi estimada semanalmente através da aplicação de fatores de correção da velocidade medida pelo flutuador, essa adequação levou em consideração a natureza do fundo e paredes laterais do leito de escoamento de acordo com a Tabela 1.

A vazão foi determinada multiplicando-se a velocidade média da coluna de água, pelo valor médio da área de escoamento.

A vazão foi definida por:

$$Q = A \times v \quad (\text{equação 2})$$

sendo:

Q = vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

A = área média da secção de escoamento (m^2)

v = velocidade média do fluxo (m/s)

TABELA 1: Fatores de correção usados na determinação da velocidade média da coluna de água. Fonte: MARQUES e ARGENTO 1988.

FATOR DE CORREÇÃO	NATUREZA DO LEITO
0.83	Com revestimento de cimento
0.70	Empedrado (pedras assentadas)
0.92	Com revestimento de madeira
0.82	Com revestimentos de tijolos
0.83	Leito argiloso
0.65	Leito arenoso
0.77	Cascalho fino
0.65 – 0.70	Paredes irregulares e vegetação
0.40 – 0.50	Rochoso

As vazões (m^3/s) foram calculadas para os pontos P2 com revestimento de cimento e P6 com leito empedrado (pedras assentadas). As descargas dos nutrientes lançadas pelo efluente foram determinadas através do produto da vazão do canal pela concentração do nutriente.

Determinação de Nutrientes e Sólidos totais em suspensão

No laboratório, as concentrações de fósforo total nas amostras de água bruta foram determinadas segundo método proposto por VALDERRAMA (1981), que consiste na adição de um reagente de oxidação (persulfato de potássio + hidróxido de sódio + ácido bórico) e posterior digestão em autoclave (120 - 130 °C) durante 45 minutos. O produto da oxidação: ortofosfato foi determinado por processos colorimétricos segundo STRICKLAND e PARSONS (1960).

A fração dissolvida do fósforo determinada na água filtrada seguiu a mesma metodologia de STRICKLAND e PARSONS (1960).

O processo de filtração da água coletada ocorreu logo após a amostragem em filtros Millipore AP-40, sendo os filtros separados para determinação dos Sólidos Totais em Suspensão (STS), uma alíquota da amostra bruta e filtrada foi acondicionada em frascos e congelada para posterior análise das concentrações de fósforo total (PT) e fosfato dissolvido (PO₄-3) na Unidade Laboratorial de Referência em Limnologia do Instituto de Pesca em São Paulo. Para determinação dos teores de STS as membranas filtrantes foram previamente pesadas (peso1) e utilizadas na filtração de um volume conhecido da amostra de água, em seguida foram secas em estufa (65°C) até a remoção da umidade e estabilidade do peso (peso 2), posteriormente foi realizado um processo de calcinação em mufla a 550 °C, por um período de quatro horas, e os filtros foram pesados novamente (peso 3). Relacionando-se as pesagens obteve-se a concentração dos sólidos totais em suspensão (STS) e as frações inorgânicas e orgânicas correspondentes (STRICKLAND e PARSONS ,1960).

Análises dos resultados

Aos resultados foi feita uma estatística descritiva encontrando valores mínimos, máximos, média e desvio padrão, em seguida foi aplicado o teste de Kruskal Wallis seguido de um teste Student-Newman-Keuls, SNK (ZAR, 2010), através do programa Bioestat 2005, para comparação dos pontos e interpretação das alterações provocadas no corpo hídrico receptor.

Apresentação da dissertação

Para facilitar a publicação dos resultados, a dissertação será apresentada em dois capítulos na forma de manuscrito. O capítulo I seguiu as normas da revista Journal of Aquaculture Society e o capítulo II as normas da revista Limnética. A produção bibliográfica (resumos apresentados em Congressos) gerada com os resultados desta dissertação está citada após o item Referências Bibliográficas.

Capítulo I - Efeito de uma truticultura na descarga de fósforo sobre o corpo hídrico receptor

O trabalho teve como objetivo estimar a descarga de fósforo total (PT) e ortofosfato (PO₄³⁻), contribuindo de forma pioneira, no Brasil para avaliação das alterações ambientais advindas da truticultura intensiva.

Capítulo II – Efeito de uma truticultura nas concentrações de sólidos totais em suspensão (STS) e suas concentrações inorgânicas e orgânicas

O presente trabalho se propôs a avaliar o impacto ambiental causado por uma criação comercial de trutas em relação aos teores de sólidos totais em suspensão na água com ênfase nas suas frações inorgânicas e orgânicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMIRKOLAIE K. A., 2011. Reduction in the environmental impact of waste discharged by fish farms through feed and feeding. Reviews in Aquaculture (3), 19–26

AMIRKOLAIE K. A., 2008. Environmental Impact of Nutrient Discharged by Aquaculture Waste Water on the Haraz river. Journal of Fisheries and Aquatic Sciecie (3)275-279

ALPASLAN A., PULATSU S., 2008. The Effect of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Cage Culture on Sediment Quality in Kesikköprü Reservoir, Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (8): 65-70

BATISTA E.R., SANTOS R.F., ANTONIO S.M.,2009.Construção e análise de cenários de paisagem em área do Parque Nacional da Serra da Bocaina R. *Árvore*, Viçosa-MG, 33 (6):1095-1108.

BARTOLI M., NIZZOLI D., LONGHI D, ALEX A., VIAROLI P., 2007. Impact of a trout farm on the water quality of an Apennine creek from daily budgets of nutrients *Chemistry and Ecology* 23 (1):1–11

BOAVENTURA R., ANA M., COIMBRA P. J., LENCASTRE E.,1996. Trout farm efluentes:Caracterization and impacto on the receiving streans. *Environmental Pollution*, 95(3):379-387

BOLETIM ESTATISTICO DA PESCA E AQUICULTURA, 2010. Disponível em: <sinpesq.mpa.gov.br/preps.../boletim.../boletim_estatistico_mpa_2010.pdf> Acesso em:12 de junho 2013.

BOSCARDIN, N.R. 2008., A produção aquícola brasileira. In: OSTRENSKY, A. BORGHETTI J.R.,SOTO D. *Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer.* 27-72

BUREAU D. P. HUA K. 2010.Towards effective nutritional management of waste outputs in aquaculture, with particular reference to salmonid aquaculture operations *Aquaculture Research*,41: 777-792

CAO, L; WANG, W.; YANG, Y.; YANG, C.; YUAN Z.; XIONG, S.; DIANA, J., 2007. Environmental Impact of Aquaculture and Countermeasures to Aquaculture Pollution in China. *Env. Sci. Pollut. Res.* 14 (7): 452-462.

CONAMA-CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Classificação das águas doces, salobras e salinas do território Nacional. Resolução n. 357, de 17 de março 2005.

CONAMA-CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE.Complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n 430, de 13 de maio de 2011

- FAO FISHERIES DIVISION. State of World Aquaculture, 2012. Fisheries Technical paper, 500: 134
- GUO L., LI Z.,2003.Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China Aquaculture 226 :201–212
- JAHAN P., WATANABE T., KIRON V.,SATOH S.2003 Improved carp diets based on plant protein sources reduce environmental phosphorus loading Fisheries Science,69, (2):219-225.
- MARQUES , J. S. & ARGENTO, M. S. F. 1988. O uso de flutuadores para avaliação da vazão de canais fluviais. Geociências, (7):173-186.
- NOROOZRAJABI A., GHORBANI R., ABDI O., NABAVI E., 2013. The Impact of Rainbow Trout Farm Effluents on Water Physicochemical Properties of Daryasar Stream World Journal of Fish and Marine Sciences 5 (3): 342-346.
- PULATSU S., FERIT R F., KOKSAL G, AYDIN F, BENLI K.A.C, TOPÇU A., 2004. The Impact of Rainbow Trout Farm Effluents on Water Quality of Karasu Stream, Turkey Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (4): 9-15
- REID G. K., MCMILLAN I., RICHARD D., MOCCIA, 2006 Near-field loading dynamics of total phosphorus and short-term water quality variations at a rainbow trout cage farm in Lake Huron Journal of Environmental Monitoring,69 (3)213-217.
- STEPHENS, W., FARRIS, JL. 2004. A biomonitoring approach to aquaculture effluent characterization in channel catfish fingerling production. Aquaculture, 241: 319-330.
- STRICKLAND, J. D.; PARSONS, T. R. 1960. A manual of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Can., 125: 1-185.

SINDILARIU P. D., REITER R., WEDEKIND H. 2009. Impact of trout aquaculture on water quality and farm effluent treatment options *Aquat. Living Resour.* 22, 93–103.

TABATA Y., 2008. Biotecnología aplicada la cría de truchas *Rev Colomb Cienc Pecu*, 21:455-522.

VALDERRAMA J. C. 1981. The simultaneous analysis of nitrogen and total phosphorus in natural waters . *Marine Chemistry, Amsterdam*,10: 109-122.

VALENTI W. C. 2008. A aqüicultura Brasileira é sustentável? Palestra apresentada durante o IV Seminário Internacional de Aqüicultura, Maricultura e Pesca, *Aquafai*:1-11

ZAR'S 2010. *Biostatistical Analysis* Prentice-Hall/Pearson - Science

Produção bibliográfica durante o período do Mestrado (2011-2013):

1. MORAES M.A.B.,CAMEL B.P.,MERCANTE C.T.J.,CARMO C.F.,ISHKAWA C.M.,CERQUEIRA M.A.S.,OSTI J.A.,PEREIRA L.P.F.,COSTA B.A.,OKAWARA Y.2013. Avaliação nictimeral da concentração de sólidos totais em suspensão na água em um sistema intensivo de criação de trutas(*Oncorhynchus mykiss*).XX Encontro de Ictiologia

2. CAMEL B.P.,MERCANTE C.T.J.,CARMO C.F.,ISHIKAWA C.M.,CERQUEIRA M.A.S.,OSTI J.A.S., VAS-DOS-SANTOS A.M.,PEREIRA L.P.F.,.Influência de um sistema intensivo de criação de trutas (*Oncorhynchus Mykiss*) nas concentrações de nitrogênio na água. XX Encontro Brasileiro de Ictiologia, 2013.

3. MORAES M.A.B.,CAMEL B.P.,CARMO C.F.,TABATA Y.A.,ISHIKAWA C., OSTI J.A.S.,VAZ-DOS-SANTOS A.M.,MERCANTE C.T.J. Produção de Ortofosfato no cultivo de trutas e sua influência sobre a qualidade da água. Apresentação oral. XX Encontro Brasileiro de Ictiologia, 2013.

4. MORAES, M. A. B., CAMEL B.P., CARMO, C. F., TABATA Y.A., OSTI J.A.S.,ISHIKAWAC.,MERCANTE C.T.J. Dinâmica de fósforo em sistema

intensivo de criação de trutas. 11ºRecip-Reuniao Cientifica Instituto de Pesca, 2013.

5. MORAES, M. A. B. ; MERCANTE, C. T. J. ; TABATA, Y. A. ; CARMO, C. F. ; RIGOLINO, M. ; CAMEL, B. P. ; FARIA-PEREIRA, L. P. Avaliação de impacto ambiental através da descarga de nutrientes em sistema intensivo de truticultura - Campos do Jordão (SP). IV Encontro de Pós-graduandos do Instituto de Pesca-EPgIP, 2012.

6. CAMEL, B.P. ; MORAES, M. A. B. ; CARMO C.F., MERCANTE, C. T. J. ; LOMBARDI, J. V ; OSTI J.S.TABATAY.A. ; RIGOLINO M., VAZ-DOS-SANTOS A.M. . Truticultura: Descarga de Fosforo e taxa de conversão alimentar aparente (SERRA DA BOCAINA SP). X Congresso Brasileiro de Ecologia, 2012.

7. CAMEL B.P.,CARMO C.F.,MERCANTE C.T.J.,LOMBARDI J.V.,OSTI J.A.S.,VAZ-DOS-SANTOS A.M.,ISHIKAWA C.M.,CERQUEIRA M.A.S.,LOPRETE B.C., PEREIRA L.P.F.Influencia de um sistema intensivo de truticultura nas concentrações de material particulado orgânico e inorgânico na água.V Congresso da Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012.

8. CAMEL B.P.,MORAES M.A.B.,CARMO C.F.,MERCANTE C.T.J.,LOMBARDI J.V.,OSTI J.A.S.,TABATA A.Y.,RIGOLINO M.,VAS-DOS-SANTOS A.M., Truticultura:descarga de fósforo e taxa de conversão alimentar aparente(Serra da Bocaina/SP).V Congresso da Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012.

9. MERCANTE, C. T. J. ; CARMO, C. F. ; CAMEL B.P. ; LOMBARDI, J. V. ; OSTI J.S., TABATA Y.A.,RIGOLINO M., ISHIKAWA C., VAZ-DOS-SANTOS, A.M., Trout intensive system: Estimating the effect the of phosphorus and ammonium concentrations of the effluent on the receiving water body, Serra da Bocaina, Brazil. WAS, 2011.

10. MERCANTE, C. T. J. ; LOMBARDI, J. V. ; CARMO, C. F. ; OSTI, J.S. ; CAMEL B.P. ; PEREIRA, S.2011. Environmental impact assessment through concentrations and loads of phosphorus in different production systems of aquatic organisms,tropical region,Sao Paulo, Brazil. WAS, 2011.

11. CAMEL B.P. ; MERCANTE, C. T. J. ; CARMO, C. F. ; ISHIKAWA C., CERQUEIRA M.,PEREIRA L. Estudo preliminar de algumas variáveis de

qualidade de água em um sistema intensivo de truticultura. V Encontro de Pós-graduandos do Instituto de Pesca-EPgIP , 2011.

12. CAMEL B.P.,MERCANTE C.T.J.,ISHIKAWA C.M.,CERQUEIRA M.A.S.,PEREIRA L.,ROSAL C.. Efeito de um sistema intensivo de truticultura na carga de fósforo. X Congresso de Ecologia do Brasil , 2011.

13. NORAT-GUIMARÃES P.F.A.,LOMBARDI J.V.,MERCANTE C.T.J.,CARMO C.F.,PEREIRA L.P.,CAMEL B.P. Metodologia para implementação de ensaios ecotoxicológicos como ferramenta de avaliação de impacto no lançamento de efluentes de truticultura. V Encontro de Pós-graduandos do Instituto de Pesca-EPgIP, 2011

Capítulo I

Formatado nas normas da Revista World Aquaculture Society

Efeito do efluente de uma truticultura na descarga de fósforo sobre o corpo hídrico receptor

Bernardo Pinto CAMEL¹, Yara Aiko TABATA², Cacilda Thais Janson
MERCANTE¹

¹ Centro de Recursos Hídricos - Instituto de Pesca/APTA/SAA. Av. Francisco Matarazzo, 455, Parque da Água Branca - São Paulo - SP, Brasil.

² Agência Paulista de Tecnologia e Agronegócios - APTA Regional Vale do Paraíba, Campos do Jordão - São Paulo - SP, Brasil.

Resumo

A preocupação em mitigar o impacto negativo gerado pela descarga de nutrientes no corpo hídrico receptor é um desafio para o desenvolvimento sustentável da piscicultura brasileira. Desta forma, o presente estudo teve por objetivo caracterizar o efluente de uma truticultura em relação as concentrações de fosforo total (PT). O estudo foi realizado no período entre 01/09/2010 e 29/11/2010, e as coletas foram realizadas semanalmente em triplicatas com início entre 8h00 e 10h00. A distribuição dos pontos de amostragem seguiu a seguinte ordem: P1 -no rio a montante do empreendimento; P2- canaleta de abastecimento; P3 – saída; P4 – efluente, após a passagem por uma lagoa de estabilização; P5 - na zona de mistura do efluente e P6 – no corpo receptor (rio), a 60 metros de distância da zona de mistura. As taxas de exportação foram estimadas pelo produto da vazão e concentração, seguindo modelo de caixa preta. As concentrações de fósforo total apresentaram média de 70 µg/L na entrada e 100 µg.L-1 na saída do efluente. As taxas de exportação foram de 9,8kg PT. mês⁻¹ e 120 kg PT.ano⁻¹. Estimou-se uma descarga de 13,21 g PT.Kg ração⁻¹, em função da quantidade de ração fornecida. As concentrações de ortofosfato apresentaram média de 69 µg.L-1 na entrada do sistema e uma concentração média na saída de 88,6 µg.L⁻¹, estimando uma descarga de 8,68 kg.mês⁻¹, 105Kg.ano⁻¹ e 11,70 g PO₄-3.Kg ração⁻¹. Concomitante ao período de monitoramento foi adicionado ao sistema 2225 kg de ração. Os resultados indicaram que após a passagem da água pela truticultura ocorreu um incremento nas variáveis de PT e PO₄, sendo possível observar o impacto no rio após 60 m da saída do efluente.

Palavras-chave: Descarga fósforo, efluente, truticultura

Effect of Trout Farming in the discharge of phosphorus on the receiving hidric body

ABSTRACT

The concern to mitigate the negative impact generated by the discharge of nutrients in receiving body is a challenge for sustainable aquaculture development in Brazil. Thus, the present study aimed to evaluate the environmental impact caused by the intensive commercial breeding of trout in relation to levels of total phosphorus (TP) in water. The study was performed between September 1st and November 29th, 2010, samples were collected weekly in triplicate starting between 8:00 a.m. and 10:00 a.m. Sampling was composed by six points distributed in areas outside the influence and under the influence of the production system, distributed as follows: P1 - at the upstream of the trout farming; P2 - sourcing channel; P3 - exit; P4 - effluent, after passing by a pond stabilization; P5 - the mixing zone of the effluent and P6 - the receiving body (river), 60 meters after mixing zone. Export rates were estimated by the product of outflow and concentration following black box model. The concentrations of total phosphorus presented an average of 70 g L⁻¹ at the entrance and 100 mg L⁻¹ at the exit of the effluent. Export rates were 9.8 kg TP month⁻¹ and 120 kg TP year⁻¹. It was estimated discharge of 13.21 g of TP Kg feed⁻¹, according to the amount of feed. The concentrations of orthophosphate presented an average of 69 g L⁻¹ at the entrance of the system and an average concentration of 88.6 mg L⁻¹ at the exit, estimating a discharge of 8.68 kg months⁻¹, 105 Kg year⁻¹ and 11.70 g of PO₄⁻³ kg feed⁻¹. Concomitant to the monitoring period was added to the system 2225 kg of feed. The results indicated that after the passage of water by the trout farming occurred an increase in variables TP and PO₄⁻³, it being possible to observe the impact on the river after 60 m of the effluent.

Keywords: Discharge phosphorus; effluent; trout farm

Introdução

O setor de produção animal que mais cresce em todo o mundo, atualmente é a Aquicultura, apresentando uma produção anual em 2010 de 59.9 milhões de toneladas, crescendo 7.5 % ao ano (FAO, 2012), acarretando em problemas ambientais devido a descarga excessiva de nutrientes, levando a eutrofização dos corpos hídricos receptores e degradação dos ecossistemas aquáticos. (AMIRKOLAIE,2011; AMIRKOLAIE,2008; ALPASLAN e PULATSU 2008; REID *et al.* 2006; PULATSU *et al.* 2004; BARTOLI *et al.* 2006; GUO e LI, 2003).

Os dados obtidos no Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura (2010), indicaram um incremento de 40 % na produção de trutas no período de 2008-

2010, sendo produzida cerca de 3.660 toneladas em 2008; 4.381 toneladas em 2009; e 5.122 toneladas em 2010. A truta é um peixe exótico de regiões frias, por isso ela se adaptou bem nas regiões serranas do sul e sudeste do Brasil, onde as temperaturas são mais baixas. Nestas regiões, os rios apresentam um volume pequeno de água, o que impede grandes empreendimentos, de forma que a maioria das truticulturas no Brasil são consideradas de pequeno porte (TABATA, 2008).

A piscicultura, como outras criações de animais promove um impacto ao meio ambiente (SINDILARIU *et al.* 2009), e apresenta uma potencial tendência de eutrofização da água continental devido a descarga excessiva de nutrientes, podendo ser encontrado PT e PO_4^{-3} em excesso no seu efluente (NOROOZRAJABI *et al.* 2013; GREGOR *et al.* 2006; SUGIURA *et al.* 2006). O efeito deste efluente ao ecossistema ocorre em função do acúmulo e tipo de poluente e da capacidade de assimilação do corpo hídrico receptor (PIEDRAHITA, 2003), podendo variar em função do sistema de cultivo, das práticas de manejo e tipo de alimento fornecido (CAO *et al.* 2007 BOAVENTURA *et al.* 1996).

Um dos principais impactos negativos ao meio ambiente está na poluição gerada, que tem origem na ração introduzida ao sistema de criação, seja diretamente pela dispersão da ração não ingerida ou pelos produtos metabólicos gerados pelos peixes (AMIRKOLAIE, 2011, SINDILARIU *et al.* 2009; JAHAN *et al.* 2003). A ração produzida no Brasil utiliza resíduos de beneficiadoras de pescado, desta forma ela possui baixos teores de proteína e altos teores de cinzas. Em função da característica da matéria prima, há grande quantidade de matéria mineral que é proveniente dos ossos e escamas (TEIXEIRA *et al.* 2006). O fósforo depois do cálcio é o mineral mais importante na estrutura óssea dos peixes, (QUINTERO-PINTO *et al.* 2011; SARKER e SATOH, 2007). Por ser um mineral essencial para o metabolismo animal sua inclusão é prevista na formulação das rações, entretanto, como acontece com os demais nutrientes, nem todo o fósforo oferecido é incorporado a biomassa do peixe. (STEFFENS, 1987). WANG *et al.* (2012) monitorando uma fazenda de salmonídeos na Noruega estimaram que 70% de todo o fósforo introduzido pela alimentação foi liberado no meio ambiente. Considerando que o excesso de fósforo pode promover o processo de eutrofização, o presente estudo teve

por objetivo avaliar o efeito da truticultura no ambiente aquático a partir da descarga de fósforo sobre o corpo hídrico receptor.

Materiais e Métodos

O presente estudo foi realizado em um empreendimento comercial localizado no Parque Nacional Serra da Bocaina (PNSB) a 35 km da cidade de Bananal, São Paulo, situado a 1155 m de altitude nas coordenadas. 22°50'03,92"S e 44°25'46,33"O.

O PNSB tem 104.000 ha de área total, entre as coordenadas 22°40'/23°20'S e 44°24'/44°54'O na divisa entre os Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo. Nos núcleos urbanos que circundam esse Parque, como Angra dos Reis, Mambucaba e Paraty, sua conservação é vital, uma vez que ele concentra grande parte das nascentes que fornecem ou podem fornecer água potável à população (Batista *et al.* 2009). O rio que abastece a truticultura, classificado como rio de 1° Ordem, encontra-se inserido na Bacia Paraíba do Sul.

A criação estudada utilizou sistema de race-ways (adaptado), recebendo fluxo constante de água com uma vazão média estimada em 40 L.s⁻¹, mantendo um tempo de residência em torno de 1 hora e 46 minutos em todo o sistema. Os tanques de alvenaria foram distribuídos em três setores (Fig 1) com 4 tanques cada, totalizando um volume de 315 m³, com uma densidade média de 2,45 Kg.m⁻³ e capacidade de produção estimada em 3,5 ton.ano⁻¹

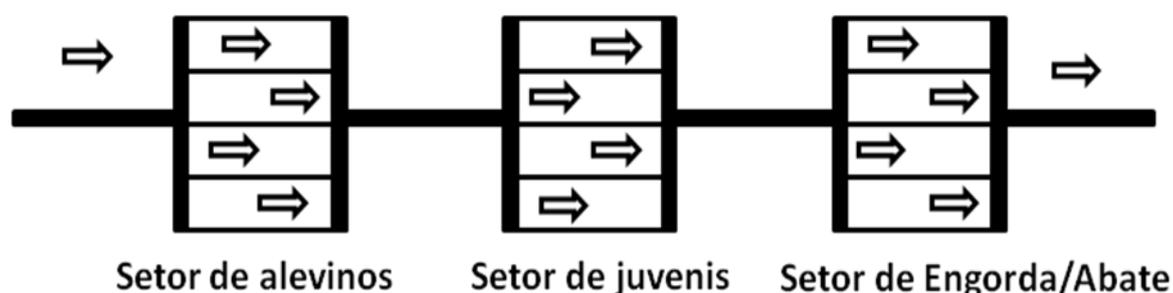


Fig 1 - Desenho esquemático do empreendimento localizado na Serra da Bocaina-SP, organizado em três setores; alevinos; juvenis; engorda divididos em quatro tanques cada setor. As setas indicam o fluxo da água de abastecimento para os tanques. Em preto a canaleta de abastecimento.

Os dados obtidos na estação pluviométrica DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) localizada na Serra da Bocaina, 1180 metros altitude, 22°48'S e 44°28'W, entre os anos de 1992 a 2002, indicaram uma precipitação media anual de 1.707 mm (<http://www.dae.sp.gov.br/index.php>).

O estoque total no início do estudo foi de 50.000 trutas arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*) em diferentes estágios de crescimento, constituídos de alevinos, juvenis e adultos, sendo estimada uma biomassa total inicial de 776 kg no empreendimento. A produção em regime intensivo de arraçoamento utilizou ração extrusada comercial de 36 a 42% proteína bruta (PB), variando de 1,5 a 6% da biomassa dos peixes. A estimativa da biomassa dos peixes foi calculada pela amostragem de 100 indivíduos por tanque, totalizando 400 indivíduos por setor, e extrapolada para todo o sistema de criação.

As coletas foram realizadas semanalmente, em seis pontos distintos em triplicatas, com início frequentemente entre 8h00 e 10h00, no período entre 01/09/2010 e 29/11/2010. A distribuição dos pontos de amostragem seguiu a seguinte ordem: P1 - no rio à montante do sistema de produção; P2 - canaleta de abastecimento; P3 – saída do sistema de produção; P4 – efluente, após a passagem por uma lagoa de estabilização ; P5 - na zona de mistura do efluente e P6 – no corpo receptor (rio), a 60 metros de distância da zona de mistura(Fig 2) . Totalizando um n=234.

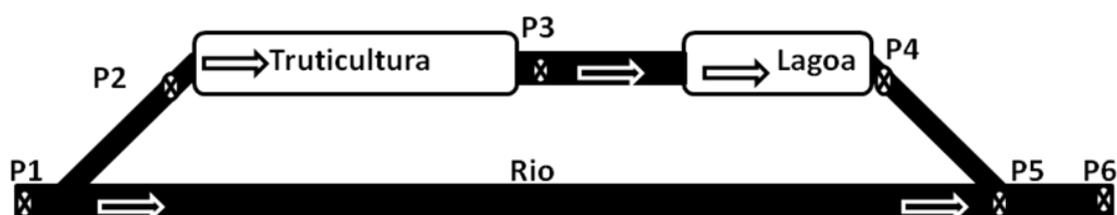


Fig 2- Desenho esquemático do local de estudo, localizado na Serra da Bocaina-São Paulo com os pontos amostrados: P1 -no rio à montante do empreendimento; P2 - canaleta de abastecimento; P3 – saída do sistema de produção; P4 – efluente, após a passagem por uma lagoa de estabilização; P5 - na zona de mistura do efluente e P6 – no corpo receptor (rio), a 60 metros de distância da zona de mistura. As setas indicam o sentido da água passando pela truticultura e retornando ao rio que abastece a criação.

O processo de filtragem ocorreu logo após a amostragem em laboratório improvisado no próprio local. Foram empregados filtros Millipore AP-40, sendo que uma alíquota da amostra bruta e filtrada foram acondicionadas em frascos e congeladas para posterior análise das concentrações de fósforo total (PT) e

fosfato dissolvido (PO_4^{3-}) na Unidade Laboratorial de Referência em Limnologia do Instituto de Pesca em São Paulo.

No laboratório, as concentrações de fósforo total nas amostras de água bruta foram determinadas segundo método proposto por Valderrama (1981), que consiste na adição de um reagente de oxidação (persulfato de potássio + hidróxido de sódio + ácido bórico) e posterior digestão em autoclave (120 - 130 °C) durante 45 minutos. O produto da oxidação: ortofosfato foi determinado por processos colorimétricos segundo STRICKLAND e PARSONS, (1960). A fração dissolvida do fósforo determinada na água filtrada seguiu a mesma metodologia de STRICKLAND e PARSONS (1960).

O rio que abastece a truticultura, classificado como rio de 1º Ordem, encontra-se inserido na Bacia Paraíba do Sul. A vazão média foi de 0,097 m³/s e velocidade média de correnteza de 0,2m/s. Segundo a legislação vigente Conama 357/2005, a água deste rio se enquadra em água de Classe I.

A vazão foi calculada entre o produto da seção do canal e velocidade média da água, avaliada pelo método do flutuador (Marques e Argento 1988). A temperatura durante o período de monitoramento variou entre 13°C e 19°C com média de 15°C, valores dentro do tolerado para a espécie cultivada. As descargas do efluente lançado foram determinadas através dos produtos da vazão pela concentração dos nutrientes.

Aos resultados foi aplicado uma estatística descritiva para encontrar valores mínimos, máximos, média, e desvio padrão. Para verificar o efeito dos resíduos da piscicultura sobre o corpo hídrico receptor, as concentrações médias de PT e PO_4^{3-} em cada ponto foram comparadas entre si através de um teste de Kruskal Wallis seguido de um teste Student-Newman-Keuls, SNK (ZAR, 2010).

Resultados e Discussão

A vazão durante o período de monitoramento variou de 29,5 L.s⁻¹ a 50L.s⁻¹ com uma descarga média diária de 3169,56 m³/dia. A biomassa apresentou uma variação média de 778 kg entre despesca e engorda dos peixes. A quantidade total de ração fornecida foi de 2225 Kg. Os valores mínimos, máximos, médios, e desvio padrão estão descritos na tabela 1.

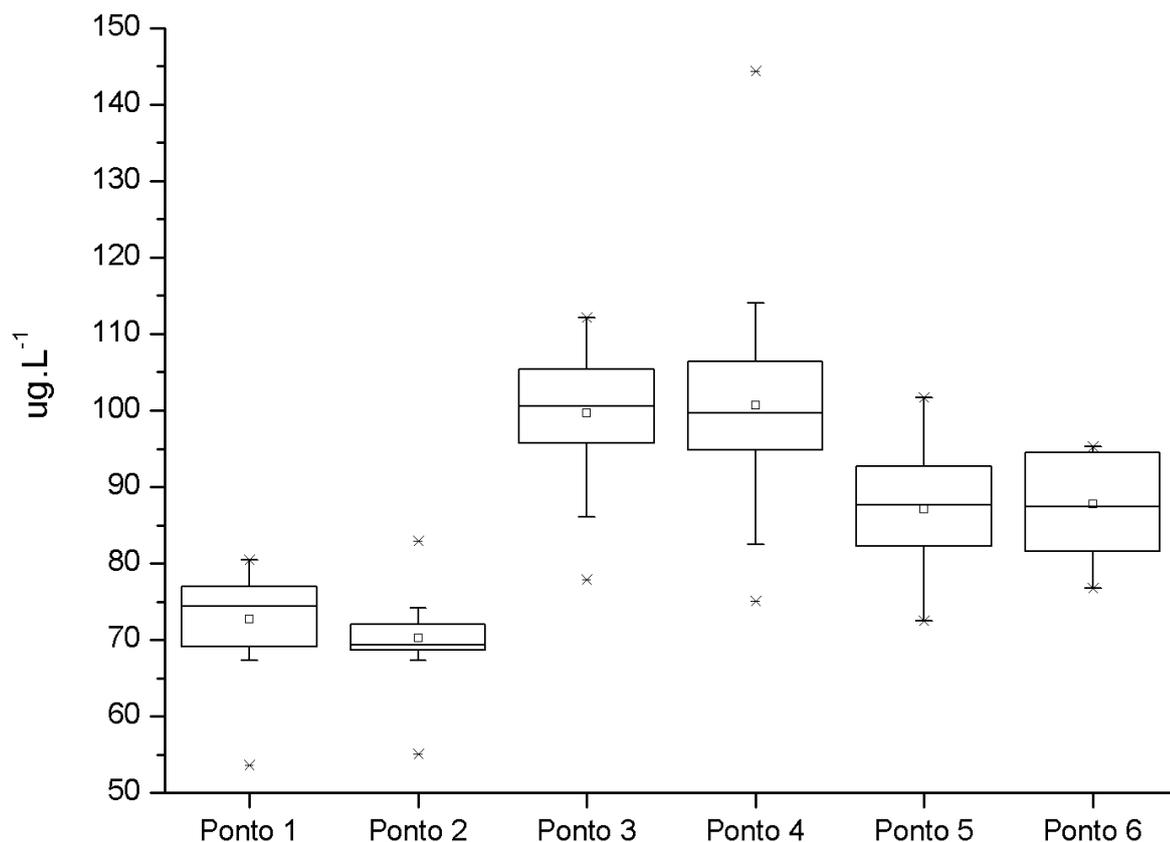
Tabela 1- Descrição dos valores mínimos, máximos, médios, e desvio padrão das variáveis ($\mu\text{g/L}$) PT; PO_4^{-3} nos seguintes pontos P1 – no rio à montante do empreendimento; P2 - canaleta de abastecimento; P3 – saída do sistema de produção; P4 – efluente, após a passagem por uma lagoa de estabilização; P5 - na zona de mistura do efluente e P6 – no corpo receptor (rio), a 60 metros de distância da zona de mistura amostrados em truticultura localizada na Serra da Bocaina –SP durante o período de setembro a novembro de 2010.

		P	P	P	P	P	P
		onto 1	onto 2	onto 3	onto 4	onto 5	onto 6
T ($\mu\text{g/L}$)	P						
	M	5	5	7	7	7	7
	ínimo	5,07	1,06	7,81	5,01	2,46	6,71
	M	8	7	1	1	1	9
	áximo	2,96	4,42	12,15	44,34	01,72	5,24
O_4^{-3} ($\mu\text{g/L}$)	M	7	7	9	1	8	8
	édia	0,31	1,97	9,98	00,52	6,93	7,24
	D						
	esvio	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	padrão	6,07	7,15	9,15	16,07	8,57	7,04
O_4^{-3} ($\mu\text{g/L}$)	P						
	M	6	6	7	6	7	7
	ínimo	2,27	0,86	2,35	8,72	1,54	2,55
	M	7	7	1	1	9	1
	áximo	9,4	7,99	07,82	16,49	9,56	01,57
O_4^{-3} ($\mu\text{g/L}$)	M	7	6	9	8	8	8
	édia	1,11	9,28	1,34	8,66	6,15	6,58
	D						
	esvio	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	padrão	5,14	4,76	8,16	11,26	7,39	8,34

As médias de PT apresentaram mínima de $55,07 \mu\text{g.L}^{-1}$ na entrada e máxima de $144,34 \mu\text{g.L}^{-1}$ na saída do efluente. AUBIN *et al.* (2011), monitorando 20 truticulturas na França, encontraram valores entre $40 \mu\text{g.L}^{-1}$ a $109 \mu\text{g.L}^{-1}$ de PT na saída dos efluentes. Segundo a legislação vigente no Brasil conama 357/2005, para ambientes classe 1 (lótico) fica determinado o limite

máximo permissível de $100 \mu\text{g.L}^{-1}$ de PT no efluente, de forma que o sistema de cultivo apresentou valores no limite do tolerado, verificado em P4 na saída do empreendimento.

As concentrações médias de PT em P3 e P4 foram estatisticamente semelhantes, porém diferentes dos pontos de entrada P1 e P2 ($p < 0.05$), indicando que após a passagem pela planta de manejo ocorreu um incremento significativo nas concentrações .



.Fig 3- Blox-plot das concentrações médias de PT, com valor mínimo; primeiro quartil; segundo quartil; e valor máximo; □ média;* valores extremos (outliers). Nos pontos P1 – no rio à montante do empreendimento; P2 – canaleta de abastecimento; P3 – saída; P4 – efluente, após a passagem por uma lagoa de estabilização; P5 - na zona de mistura do efluente e P6 – no corpo receptor (rio), a 60 metros de distância da zona de mistura, amostrados em truticultura localizada na Serra da Bocaina –SP durante o período de setembro a novembro de 2010.

As concentrações médias de PT nos pontos de saída (P5 e P6) são maiores que os pontos de abastecimento, (P1 e P2), indicando que a truticultura impactou o ambiente adjacente a planta de manejo, em função do incremento de PT. Na zona de mistura, (P5) foi igual a P6 ($p > 0,05$), demonstrando que a distância de 60 m foi insuficiente para observar a

atividade de resiliência do corpo hídrico receptor (fig 3). *NOROOZRAJABI et al.* (2013), monitorando o efluente de uma truticultura em quatro pontos após a saída do efluente no rio (35 m; 125m; 400m; 760 m respectivamente) encontraram uma tendência de diminuição das concentrações de PT, atribuindo esse comportamento a absorção pelas macrófitas aquáticas.

Durante o período de monitoramento foram verificados no empreendimento estudado uma exportação de 9,8 Kg PT.mês⁻¹ e 120 Kg PT.ano⁻¹ e uma descarga de 13,21 g PT.Kg ração⁻¹, ou seja, para cada Kg de ração fornecida aos peixes 13,21 g de PT foi lançado no meio ambiente para um volume de arraçamento de 25 kg.dia⁻¹. *BARTOLI et al.* (2006) monitorando uma truticultura com fluxo de 190 L. s⁻¹ e volume de arraçamento de 75 kg.dia⁻¹, obtiveram uma taxa de exportação de 22.8 Kg PT.mês⁻¹ e 277 Kg PT.ano⁻¹ considerando-se os resultados apresentados pelos autores estimou-se uma descarga de 10,13 g PT.Kg⁻¹ração. *PULATSU et al.* (2004), monitorando o efluente de 5 truticulturas na Turquia, encontraram um coeficiente médio de exportação de 333 kg.mes⁻¹, 1.200 kg PT.ano⁻¹ com uma descarga de 8 g PT.Kg⁻¹ ração. De acordo com *BOYD e QUEIROZ*,(2001) a média de descarga de PT por Kg de ração esta em torno de 4,6-5,7 g PT.Kg⁻¹ração. *TEKYNAY et al.* (2009) monitorando uma truticultura com produção anual de 700 ton.ano⁻¹ encontraram 5.3 g PT.Kg⁻¹ração em uma truticultura na Turquia. *WANG et al.* (2012) encontraram uma exportação de 9400 t PT.ano⁻¹ para as fazendas de Salmão na Noruega e uma volume total de 1,17X10⁶t ração.ano⁻¹,considerando esses dados estimou-se um coeficiente de 8,03 g PT.Kg⁻¹ração. *DALSGAARD e PEDERSEN*, (2011) avaliando três dietas diferentes com ração comercial estimaram uma exportação de 5,6 g PT kg⁻¹ ração em juvenis de truta com peso entre 50-100 gramas (Tabela 2).

Tabela 2- Descrição dos valores de vazão (L.s⁻¹) produção (t.ano⁻¹),arracoamento (t.ano⁻¹),e coeficiente de exportação de fósforo em função da quantidade de ração fornecida (g PT. Kg⁻¹) encontrados pelos respectivos autores, e do presente estudo.

	Va	Prod	Arra	A	g PT	g.Kg ⁻¹	Autor	
zão	u	ção	çoamento	ração				
62L.s ⁻¹	17	1300	175	,35	8,09g	PT.Kg ⁻¹	PULATSU	et
0L.s ⁻¹	19	15–	27	,35	10,13g		BARTOLI	et
00L.s ⁻¹	20	700	750	,07	9,7g	PT.Kg ⁻¹	TEKYNAY	et

Analisando os resultados descritos na tabela 2, pode se inferir que a magnitude do impacto ambiental esta relacionada à produtividade do empreendimento, ou seja, quanto mais eficiente a produção, menor o impacto em relação a descarga de fósforo.

As concentrações médias de ortofosfato (PO₄⁻³) e desvio padrão nos pontos amostrados foram: P1 de 71,11±5,14 µg./L⁻¹; P2 de 69,28±4,76 µg./L⁻¹; P3 de 9,341±8,16 µg./L⁻¹;P4 de 88,66±11,26 µg./L⁻¹;P5 de 86,15±7,39 µg./L⁻¹; P6 de 86,58±8,34 µg./L⁻¹ (Tabela 1).

Nos pontos de entrada (P1 e P2) as concentrações médias (PO₄⁻³) foram significativamente diferentes dos pontos P3 e P4 na saída do empreendimento (p<0,05) demonstrado na figura 4.

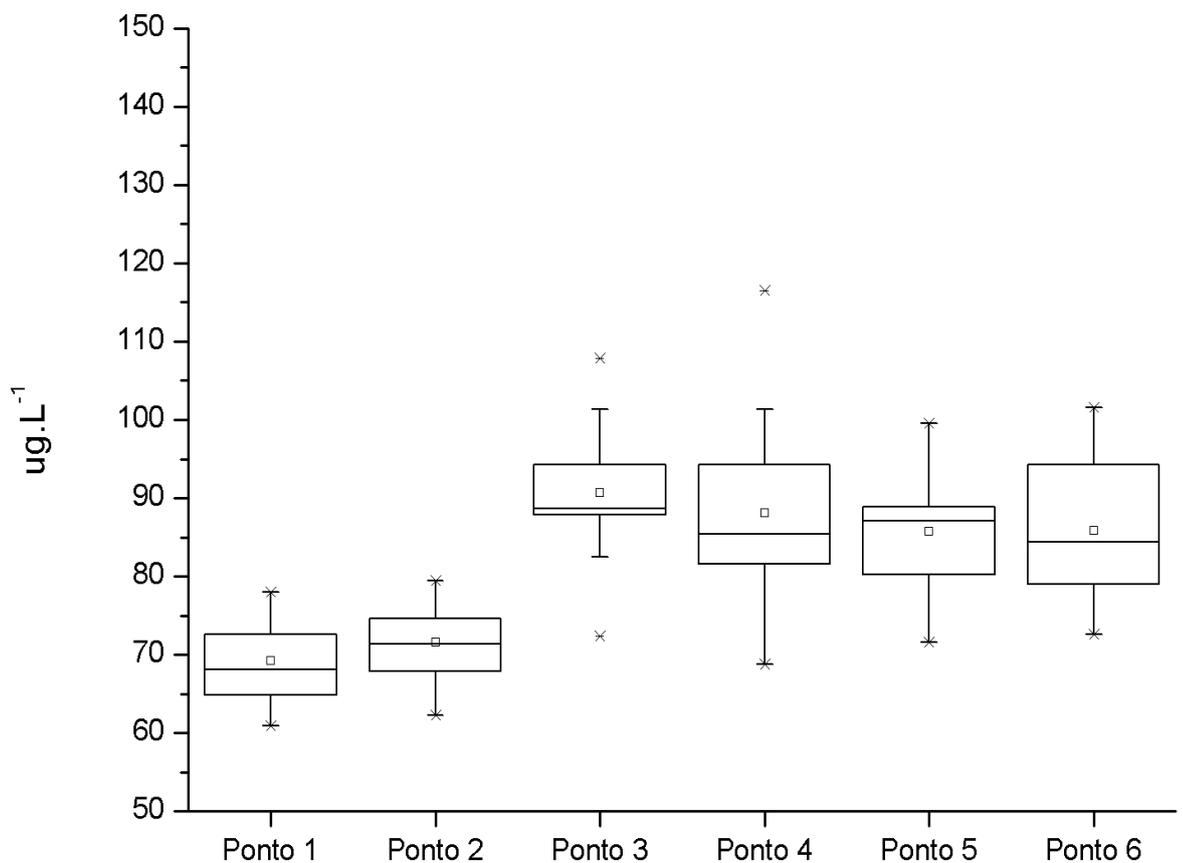


Fig4- Blox-plot das concentrações médias de PO₄⁻³, com valor mínimo; primeiro quartil; segundo quartil; e valor máximo; □ média;* valores extremos (outleirs). Nos pontos P1 – no rio à montante do empreendimento; P2 – canaleta de

abastecimento; P3 – saída; P4 – efluente, após a passagem por uma lagoa de estabilização; P5 - na zona de mistura do efluente e P6 – no corpo receptor (rio), a 60 metros de distância da zona de mistura, amostrados em triticultura localizada na Serra da Bocaina –SP durante o período de setembro a novembro de 2010.

No presente estudo as concentrações de PO_4^{-3} após a passagem pela planta de manejo apresentaram incremento em relação a água de abastecimento. MIRRASOLI *et al.* (2012) monitorando duas triticulturas no Irã encontraram aumento significativo nas concentrações de PO_4^{-3} , após a passagem da água pelas triticulturas. FADAEIFARD *et al.* (2012) monitorando sete triticulturas em um mesmo rio encontraram aumento significativo de 13,83 mg/L para 16,16 mg/L na entrada e saída, respectivamente, dos empreendimentos.

Segundo POXTON (1990), quando a porcentagem de PO_4^{-3} em relação ao PT for < 10% indica o acúmulo de P no fitoplâncton e detritos. No presente estudo a porcentagem de PO_4^{-3} em relação ao PT foi > 90% indicando que este elemento foi exportado diretamente no efluente. As concentrações médias após a passagem pela planta de manejo (P3) não apresentaram diminuição na zona de mistura (P5) e em (P6) ($p > 0,05$), demonstrando que a distância de 60 m foi insuficiente para observar a atividade de resiliência do corpo hídrico receptor. O presente estudo estimou o coeficiente de exportação de 8,68 Kg $\text{PO}_4^{-3} \cdot \text{mês}^{-1}$ e 105 Kg $\text{PO}_4^{-3} \cdot \text{ano}^{-1}$ e a descarga de 11,70 g $\text{PO}_4^{-3} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{ração}$ em função do volume de ração fornecida aos peixes. BOAVENTURA *et al.* (1996) monitorando 3 triticulturas com capacidade de produção de 15 t.ano⁻¹; 55 t.ano⁻¹; 500 t.ano⁻¹ com um volume de arraçoamento de 50-100 Kg ração.dia; 400-500 Kg ração.dia⁻¹; 3500-4000 kg ração.dia⁻¹ respectivamente encontraram uma descarga de 533 g $\text{PO}_4^{-3} \cdot \text{dia}^{-1}$; 1297 g $\text{PO}_4^{-3} \cdot \text{dia}^{-1}$; 31227 g $\text{PO}_4^{-3} \cdot \text{dia}^{-1}$; sendo estimado um coeficiente médio de 7,10 g $\text{PO}_4^{-3} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{ração}^{-1}$; 2,88 g $\text{PO}_4^{-3} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{ração}^{-1}$; 8,32 g $\text{PO}_4^{-3} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{ração}^{-1}$ respectivamente para cada empreendimento.

Conclusão

Após a passagem da água pela planta de manejo, ocorreu incremento nas concentrações de fósforo total e PO_4^{-3} , esse incremento relacionou-se à

biomassa de peixes, ao volume de arraçoamento e ao tempo de residência da água, podendo inferir que a eficiência da produção de trutas reflete na magnitude do impacto ambiental.

Agradecimentos

À FAPESP (Fundação para o Amparo da Pesquisa no Estado de São Paulo) pela concessão do auxílio financeiro utilizado na realização deste estudo, conforme os Processos nº. 2010/07658-3. A CAPES pela concessão de uma bolsa de auxílio.

Referências

ALPASLAN A., PULATSU S., 2008. The Effect of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Cage Culture on Sediment Quality in Kesikköprü Reservoir, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 8: 65-70

AMIRKOLAIE K. A., 2011. Reduction in the environmental impact of waste discharged by fish farms through feed and feeding. *Reviews in Aquaculture* (3):19–26

AMIRKOLAIE K. A., 2008. Environmental Impact of Nutrient Discharged by Aquaculture Waste Water on the Haraz river. *Juornal of Fisheries and Aquatic Sciecie* 3(5):275,279

AUBIN J.; TOCQUEVILLE A., KAUSHIK S. J., 2011. Characterisation of waste output from flow-through trout farms in France: comparison of nutrient mass-balance modelling and hydrological methods *Aqua Living Resour.* 24:63–70

BATISTA E.R., SANTOS R.F., ANTONIO S.M., 2009. Construção e análise de cenários de paisagem em área do Parque Nacional da Serra da Bocaina *Revista Árvore* 33 (6):1095-1108.

BARTOLI M., NIZZOLID., LONGHI D, ALEX A., VIAROLI P. 2006. Impact of a trout farm on the water quality of an Apennine creek from daily budgets of nutrients. *Chemistry and Ecology* ,23 (1):1–11

BOYD C.E, QUEIROZ J.F., 2001. Nitrogen, phosphorus loads vary by system. *The Advocate*, 84-86.

BOAVENTURA R., ANA M., COIMBRA P. J., LENCASTRE E. 1996. Trout farm efluentes: Caracterization and impacto on the receiving streans. *Environmental Pollution*, 95(3): 379-387

BOLETIM ESTATISTICO da PESCA e AQUICULTURA, 2010. Disponível em: sinpesq.mpa.gov.br/preps.../boletim.../boletim_estatistico_mpa_2010.pdf Acesso em: 12 de junho 2013.

CAO, L; WANG, W.; YANG, Y.; YANG, C.; YUAN Z.; XIONNG, S.; DIANA, J., 2007. Environmental Impact of Aquaculture and Counter measures to *Aquaculture Pollution in China*: 452-462.

CONAMA-Conselho Nacional do Meio Ambiente. Classificação das águas doces, salobras e salinas do território Nacional. Resolução n. 357, de 17 de março 2005.

DALSGAARD J., PEDERSEN P.B., 2011. Solid and suspended/dissolved waste (N, P, O) from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) *Aquaculture* 313: 92–99

FADAEIFARD I.F., RAISSY M., FAGHANI M., MAJELESI A., FARANHANI G.N., 2012. Evaluation of physicochemical parameters of waste water from rainbow trout fish farms and their impacts on water quality of Koohrang stream *International Journal of Fisheries and Aquaculture*. 4(8): 170-177

FAO 2012-Food and Agriculture Organization of the United Nations ,The State of world fisheries and Aquaculture Web site: www.fao.org/icalog/inter-e.htm

GREGOR K.R.,MCMILLAN I., MOCCIA R.D., 2006 . Near-field loading dynamics of total phosphorus and short-term water quality variations at a rainbow trout cage farm in Lake Huron. *Journal of Environmental Monitoring*

GUO L., LI Z., 2003. Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China *Aquaculture* 226, 201–212

JAHAN P.,WATANABET., KIRON V., SATOH S., 2003. Improved carp diets based on plant protein sources reduce environmental phosphorus loading *Fisheries Science*, 69(2):219-225

MARQUES J.S., e ARGENTO M. S. F., 1988. O uso de flutuadores para avaliação da vazão de canais fluviais. *Geociências*, (7): 173-186.

MIRRASOLI E.,NEZAMI S.,GHORBANI R., KHARA H., TALEB M., 2012.The Impact of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Farm Effluents on Water Quality *World J. Fish & Marine Sci.*, 4 (4): 330-334

NOROOZJABIA., GHORBANI R., ABDI O., NAVABI E., 2013 .The Impact of Rainbow Trout Farm Effluents onWater Physicochemical Properties of Daryasar Stream. *World Journal of Fish and Marine Sciences* 5 (3): 342-346

POXTON, M.G., 1990. A review of water quality for intensive fish culture European. *Aquaculture Society* (12)285–303

PULATSU S., FERIT R F., KOKSAL G, AYDIN F, BENLI K.A.C, TOPCU A., 2004. The Impact of Rainbow Trout Farm Effluents on Water Quality of Karasu Stream, Turkey *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 4: 09-15

PIEDRAHITA H.R. 2003. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation *.Aquaculture* 226, 1–4

QUINTERO-PINTO L.G. PARDO-GAMBOA B.S.,QUINTERO-PARDO A.M.C., Pezzado L.E.,2011.Exigências e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápia, *Veterinaria Zootec.* 5(2): 30-43

REID G.,K., MCMILLAN I., RICHARD D., MOCCIA A., 2006. Near-field loading dynamics of total phosphorus and short-term water quality variations at a rainbow trout cage farm in Lake Huron *.Journal of Environmental Monitoring*

SARKER A.M.S., SATOH S.,2007.Influence of Dietary Phosphorus and Zinc Levels on Whole Body Mineral, Liver Mineral, and Liver Vitamin-C Contents of Fingerling Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss Agric Rural* 135-142

SINDILARIU P. D., REITER R., WEDEKIND H.,2009. Impact of trout aquaculture on water quality and farm effluent treatment options, *Aqua Living Resour.* 22: 93–103

SUGIURA S.H., MARCHANT D., KELSEY K., WIGGINS T,FERRARIS P.R.,2006. Effluent profile of commercially used low-phosphorus fish feeds *Environmental Pollution* 95 -101

STEFFENS W.,1987. Principios fundamentales de la alimentación de los peces. Zaragoza: *Editora Acribia*, 272.

STRICKLAND, J. D.; PARSONS, T. R.1960. A manual of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 125: 1-185.

TABATA Y. A., 2008. Biotecnología aplicada la cría de truchas *Rev Colomb Cienc Pecu*,(21):455-522

TEKYNAY A.A., GUROY D., ÇEVYK N., 2009.The Environmental Effect of a Land-Based Trout Farm on Yuvarlakçay, *Turkey Ekoloji*, 65-70

TEIXEIRA E.A., V. CREPALDI V. D., FARIA P.M.C., RIBEIRO L.P., MELO D.C., EULER A.C.,SALIBA E.O.S. 2006. Substituição de farinha de peixes em rações para peixes *Revista Brasileira Reprodução Animal* 30(3):118-125.

VALDERRAMA J. C. 1981. The simultaneous analysis of nitrogen and total phosphorus in natural waters . *Marine Chemistry* (10): 109-122.

WANG X., OLSEN M.L., REITAN K.L.,OLSEN Y., 2012. Discharge of nutrient wastes from salmon farms:environmental effects, and potential for integrated

multi-trophic aquaculture. *Aquacult ure Envorimenment Interactions* (2): 267–283

ZAR J.H., 2010. Biostatistical Analysis, *Fifth Edition*: 420-426

CAPITULO 2

(Formatado nas normas da Revista Limnetica)

EFEITO DE UM SISTEMA INTENSIVO DE CRIAÇÃO DE TRUTAS NAS CONCENTRAÇÕES DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO (STS) E SUAS FRAÇÕES INORGÂNICAS E ORGÂNICAS

Bernardo Pinto CAMEL*, Clovis Ferreira do CARMO, Yara TABATA, Marcos RIGOLINO, Andre Martins VAZ-DOS SANTOS; Cacilda Thais Janson MERCANTE

Instituto de Pesca APTA, SAA/SP- Avenida Francisco Matarazzo, numero 455- São Paulo 05001-900 – Brasil

*email autor: bpcaramel@hotmail.com

RESUMO

EFEITO DE UM SISTEMA INTENSIVO DE CRIAÇÃO DE TRUTAS NAS CONCENTRAÇÕES DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO (STS) E SUAS FRAÇÕES INORGÂNICAS E ORGÂNICAS

Um dos principais desafios enfrentados pela piscicultura é sustentar um aumento contínuo na produção de peixes minimizando o impacto sobre o meio ambiente. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o impacto ambiental causado por um sistema intensivo de criação comercial de trutas em relação aos teores de sólidos totais em suspensão (STS) e suas frações inorgânicas e orgânicas na água. O estudo foi realizado no período entre 01/09/2010 e 29/11/2010, e as coletas foram realizadas semanalmente em triplicatas com início entre 8h00 e 10h00. A amostragem englobou 6 pontos distribuídos em áreas fora e sob a influência do sistema de produção, distribuídos em: P1- no rio à montante do empreendimento; P2- canaletas de abastecimento; P3 – saída; P4 – efluente, após a passagem por uma lagoa de estabilização; P5 - na zona de mistura do efluente e P6 – no corpo receptor (rio), à 60 metros de distância da zona de mistura. Para determinação dos teores de STS as membranas filtrantes foram previamente pesadas, sendo utilizadas na filtração de um volume conhecido da amostra de água, determinando-se a fração total, em seguida foi realizado um processo de calcinação em mufla a 550 °C, por um período de quatro horas, obtendo-se as frações orgânicas e inorgânicas correspondentes. Os resultados obtidos demonstraram que após o sistema de produção ocorreu um incremento nas concentrações de STS, (incluindo as frações inorgânicas e orgânicas) na água, apresentando valores médios a montante e na zona de mistura iguais a $0,38 \pm 0,17$ mg/L e $0,93 \pm 0,53$ mg/L, respectivamente. O incremento alcançou 141% nos teores de STS após a passagem pela planta de manejo, indicando que o monitoramento desta variável pode ser uma ferramenta na avaliação do impacto ambiental gerado pela truticultura.

Palavras-chave: truticultura; efluente; resiliência

ABSTRACT

EFFECT OF INTENSIVE TROUT FARMING SYSTEM IN CONCENTRATIONS OF TSS AND ITS ORGANIC AND INORGANIC FRACTIONS IN WATER

One of the main challenges faced by the fish farming is to sustain a continuous increase in the production of fish while minimizing the impact on the environment. Thus, the present study aimed to evaluate the environmental impact caused by the intensive commercial breeding of trout in relation to concentrations of total suspended solids (TSS) and its inorganic and organic fractions in water. The study was performed between September 1st and November 29th, 2010, samples were collected weekly in triplicate starting between 8:00 a.m. and 10:00 a.m. Sampling was composed by six points distributed in areas outside the influence and under the influence of the production system, distributed as follows: P1 - at the upstream of the trout farming; P2 - sourcing channel; P3 - exit; P4 - effluent, after passing by a pond stabilization; P5 - the mixing zone of the effluent and P6 - the receiving body (river), 60 meters after mixing zone. To determine the concentrations of the TSS filtering membranes were first weighed, and used for the filtration of a known volume of water sample by determining total fraction, then was performed a calcination process in muffle at 550 ° C during four hours to yield the corresponding inorganic and organic fractions. The results showed that the production system caused an increase in the concentrations of TSS in the river that supplies the trout farming, with mean values upstream (P1) and the mixing zone (P5) equal to 0.38 ± 0.17 mg/L and 0.93 ± 0.53 mg/L, respectively. The inorganic and organic fractions showed the same behavior. The change reached 141% increase in the concentrations of TSS in the mixing zone, indicating that monitoring of this variable can be used as a tool in evaluating the environmental impact generated by fish farming.

Keywords: trout farm; effluent; resilience

INTRODUÇÃO

A aquicultura é o setor de produção animal que mais cresce em todo o mundo, com uma produção anual em 2010 de 59.9 milhões de toneladas, crescendo 7.5% ao ano (FAO, 2012), acarretando em problemas ambientais devido a descarga excessiva de nutrientes, levando a eutrofização dos corpos hídricos receptores e degradação dos ecossistemas aquáticos (AMIRKOLAIE, 2011; AMIRKOLAIE, 2008; ALPASLAN e PULATSU, 2008; REID *et al.*, 2006; PULATSU *et al.*, 2004; BARTOLI *et al.*, 2006; GUO e LI, 2003).

A produção de trutas no Brasil durante o período de 2008-2010 apresentou um crescimento de 40%, sendo produzida cerca de 3.660 t em 2008; 4.381 t em 2009; e 5.122 t em 2010 (BOLETIM ESTATISTICO DA PESCA E AQUICULTURA 2010). A truta é um peixe exótico e de regiões frias, por isso ela se adaptou bem nas regiões serranas do sul e sudeste do Brasil, onde as temperaturas são mais baixas. Nestas regiões, os rios apresentam

pequeno volume de água, o que impede grandes truticulturas, de forma que a maior parte dos empreendimentos no Brasil são consideradas de pequeno porte (TABATA, 2008).

A truticultura, como outras criações de animais promove impacto ao meio ambiente (SINDILARIU *et al.*, 2009). Na produção intensiva de peixes ocorre considerável aumento de resíduos, incluindo material orgânico, nutrientes e sólidos em suspensão, que pode acelerar o processo de eutrofização no corpo d'água receptor (BUREAU e HUA, 2010; LIN e YI, 2003).

Os dejetos produzidos pela atividade de piscicultura podem ser separados em dissolvidos e sólidos, a parte dissolvida advém das trocas metabólicas pelas brânquias e urina dos peixes e os sólidos tem origem principalmente nas fezes excretadas e no alimento não ingerido (AMIRKOLAIE, 2011).

A quantidade de sólidos produzidos depende de vários fatores, destacando-se a espécie cultivada, a densidade de estocagem, a frequência e a composição da alimentação (BOUJARD *et al.*, 2002; ZHU *et al.*, 2001). A taxa de sólidos em suspensão vai depender da turbulência da água e da velocidade de afundamento das partículas (BRINKER *et al.*, 2005).

Em geral, 25-30% da ração consumida pelos peixes é excretada como fezes (AXLER *et al.*, 1997). Na excreta, cerca de 7-32% do nitrogênio total (NT) e 30 - 84% de fósforo total (PT), e até 27% do total de carbono estão ligados na fração particulada e o restante é dissolvido nos efluentes (BERGHEIM *et al.*, 1993). DALSGAARD e PEDERSEN (2011), monitorando diferentes dietas em juvenis de truta estimaram que 43,2% do fósforo ingerido foram excretados na forma sólida. BARTOLI *et al.*, (2006), monitorando o efluente de uma truticultura encontrou 67% do PT e 32% do NT exportado na forma particulada, advindo do sistema de criação. AZEVEDO *et al.*, (2011) em dois anos de monitoramento de uma truticultura em tanques rede, encontrou 61% do fósforo exportado na forma particulada e, ressalta a preocupação ambiental com compostos sólidos, devido ao seu potencial de degradação relacionado aos altos níveis de nutrientes.

No rio, o STS está presente de forma natural, e sua origem depende de sua classificação tributária. Rios de 1° a 3° ordem recebem material advindo do

escoamento superficial e deposição direta de material vegetal e detritos oriundos da mata ciliar. Na coluna d'água este material sofre ação da turbulência e de bactérias e animais fragmentadores, que reduzem o tamanho da partícula até alcançarem o tamanho que permita a flutuação, desta forma o STS tem origem predominantemente alóctone. Os rios de 4° a 7° ordem apresentam este material em processo avançado de fragmentação, predominando ainda a origem alóctone. A partir da 8° até 12° ordem começa a produção primária autóctone (algas e macrófitas aquáticas) (TUNDISI, 2008).

Segundo DALSGAARD e PEDERSEN (2011), a maior parte dos estudos que tratam da avaliação dos sólidos totais em suspensão não descrevem as suas frações inorgânicas e orgânicas. Devido a sua contribuição na descarga de nutrientes, a estimativa da concentração de sólidos totais em suspensão (STS) advindos do sistema de criação pode ser uma variável adequada para avaliar o efluente de uma piscicultura. Desta forma, o presente estudo se propôs a avaliar o impacto ambiental causado por uma criação comercial de trutas em relação aos teores de sólidos totais em suspensão em suas frações inorgânicas e orgânicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em um empreendimento comercial localizado no Parque Nacional Serra da Bocaina (PNSB) a 35 km da cidade de Bananal, São Paulo, situado a 1155 m de altitude nas coordenadas. 22°50'03,92"S e 44°25'46,33"O.

O PNSB tem 104.000 ha de área total, entre as coordenadas 22°40'/23°20'S e 44°24'/44°54'O na divisa entre os Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo. Nos núcleos urbanos que circundam esse Parque, como Angra dos Reis, Mambucaba e Paraty, sua conservação é vital, uma vez que ele concentra grande parte das nascentes que fornecem ou podem fornecer água potável à população (BATISTA *et al.*, 2009). O rio que abastece a truticultura, classificado como rio de 1° Ordem, encontra-se inserido na Bacia Paraíba do Sul.

A criação estudada utilizou sistema de race-ways (adaptado), recebendo fluxo constante de água com uma vazão média estimada em 40 L/s, mantendo

o tempo de residência em torno de 1 hora e 46 minutos em todo o sistema. Os tanques de alvenaria foram distribuídos em três setores (Figura 1) com 4 tanques cada, totalizando um volume de 315 m³, com uma densidade média de 2,45 Kg/m³ e capacidade de produção estimada em 3,5 t/ano.

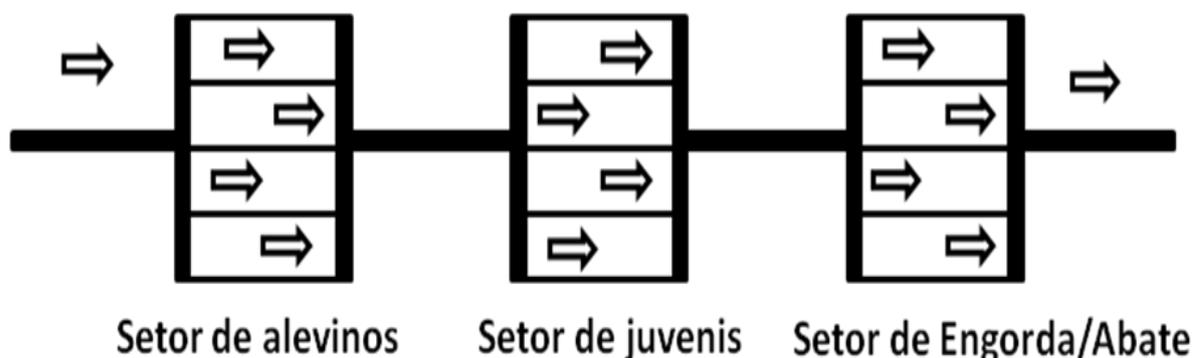


Figura 1 - Desenho esquemático do empreendimento localizado na Serra da Bocaina/SP, organizado em três setores; alevinos; juvenis e engorda, divididos em quatro tanques cada setor. As setas indicam o fluxo da água de abastecimento para os tanques. Em preto a canaleta de abastecimento.

Os dados obtidos na estação pluviométrica DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) localizada na Serra da Bocaina, 1180 metros altitude, 22°48'S e 44°28'W, entre os anos de 1992 a 2002, indicaram uma precipitação média anual de 1.707 mm (<http://www.daee.sp.gov.br/index.php>).

O estoque total no início do estudo foi de 50.000 trutas arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*) em diferentes estágios de crescimento, classificados na escala de alevinos, juvenis e adultos. O peso foi utilizado como parâmetro para classificação, sendo estimado a biomassa total inicial de 776 kg no empreendimento. A produção em regime intensivo de arraçamento utilizou ração extrusada comercial de 36% a 42% proteína bruta (PB), variando de 1,5% a 6% da biomassa dos peixes, totalizando 2225 Kg. A estimativa da biomassa dos peixes foi calculada pela amostragem de 100 indivíduos por tanque, totalizando 400 indivíduos por setor, e extrapolada para todo o sistema de criação.

As coletas foram realizadas semanalmente, em seis pontos distintos em triplicatas, com início frequentemente entre 8h00 e 10h00, no período entre 01/09/2010 e 29/11/2010, mantendo-se o mesmo intervalo durante o horário de verão iniciado em 17/10/2010. A distribuição dos pontos de amostragem seguiu a seguinte ordem: P1 - no rio à montante do sistema de produção; P2 -

canaleta de abastecimento; P3 – saída do sistema de produção ; P4 – efluente, após a passagem por uma lagoa de estabilização ; P5 - na zona de mistura do efluente e P6 – no corpo receptor (rio), a 60 metros de distância da zona de mistura (Figura 2) .

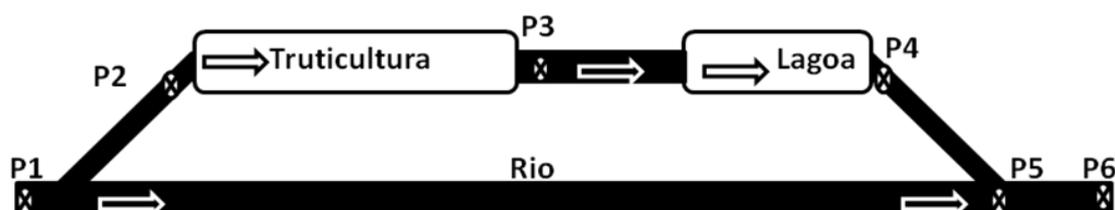


Figura 2- Desenho esquemático do local de estudo, com os pontos P1 - no rio á montante do empreendimento; P2 - canaleta de abastecimento; P3 – saída do sistema de produção ; P4 – efluente, após a passagem por uma lagoa de estabilização ; P5 - na zona de mistura do efluente e P6 – no corpo receptor (rio), a 60 metros de distância da zona de mistura As setas indicam o sentido da água passando pela truticultura, retornando ao rio.

O processo de filtragem ocorreu logo após a amostragem em filtros Millipore AP-40, sendo os filtros separados para determinação dos Sólidos Totais em Suspensão (STS) na Unidade Laboratorial de Referência em Limnologia do Instituto de Pesca em São Paulo.

Para determinação dos teores de STS as membranas filtrantes foram previamente pesadas (peso1) e utilizadas na filtração de um volume conhecido da amostra de água, em seguida foram secas em estufa (65°C) até a remoção da umidade e estabilidade do peso (peso 2), posteriormente foi realizado processo de calcinação em mufla a 550 °C, por um período de quatro horas, e os filtros foram pesados novamente (peso 3). Relacionando-se as pesagens obteve-se a concentração dos sólidos totais em suspensão (STS) e as frações orgânicas e inorgânicas correspondentes (STRICKLAND e PARSONS,1960).

O rio que abastece a truticultura, classificado como rio de 1º Ordem, encontra-se inserido na Bacia Paraíba do Sul. A vazão média foi de 0,097 m³/s e velocidade média de correnteza de 0,2m/s. Segundo a legislação vigente Conama 357/2005, a água deste rio se enquadra em água de Classe I (lótico).

Aos resultados foi feita análise estatística descritiva encontrando valores máximos, mínimos, média e desvio padrão. Para verificar o efeito da truticultura no corpo hídrico receptor, aos valores de STS, fração inorgânica e orgânica

foram comparadas entre si através de um teste de Kruskal Wallis seguido de um teste Student-Newman-Keuls, SNK (ZAR, 2010). Os 'outliers' detectados através de box-plot foram excluídos desta análise, padronizando a retirada dos 3 valores extremos em cada ponto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A menor concentração de STS foi de 0,17 mg/L obtida na entrada do empreendimento (P1) e a mais elevada de 3,50 mg/L na saída do efluente (P4). Os valores mínimos, máximos, médios e desvio padrão estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Valores mínimos, máximos, médios e desvio padrão, sem os três valores extremos das concentrações de sólidos totais em suspensão (STS) e as frações inorgânicas e orgânicas em mg/L, dos pontos amostrados; P1 – no rio à montante do empreendimento; P2 - canaleta de abastecimento; P3 – saída do sistema de produção; P4 – efluente, após a passagem por uma lagoa de estabilização; P5 - na zona de mistura do efluente e P6 – no corpo receptor (rio), a 60 metros de distância da zona de mistura amostrados em truticultura localizada na Serra da Bocaina –SP durante o período de setembro a novembro de 2010.

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
STS (mg/L)						
Mínimo	0,17	0,15	0,20	0,35	0,25	0,19
Máximo	0,08	1,01	3,30	3,50	1,96	1,49
Média	0,38	0,38	1,32	1,32	0,93	0,75
Desvio padrão	±0,17	±0,25	±0,99	±0,63	±0,53	±0,32
Fração Inorgânica (mg/L)						
Mínimo	0,05	0,02	0,08	0,06	0,02	0,02
Máximo	0,61	0,67	1,80	2,45	1,37	1,37
Média	0,23	0,21	0,76	0,83	0,49	0,41
Desvio padrão	±0,09	±0,14	±0,58	±0,66	±0,31	±0,24
Fração Orgânica (mg/L)						
Mínimo	0,02	0,02	0,06	0,05	0,06	0,06
Máximo	0,43	0,41	1,33	1,52	1,29	0,89
Média	0,16	0,15	0,38	0,50	0,41	0,32
Desvio padrão	±0,12	±0,13	±0,27	±0,39	±0,30	±0,20

As concentrações dos sólidos totais em suspensão em P3 e P4 foram estatisticamente semelhantes, porém diferentes dos pontos de entrada P1 e P2 ($p < 0.05$), indicando que após a passagem pela planta de manejo ocorreu incremento significativo nas concentrações de STS na água. Em sistemas de criação com boas práticas de manejo, a principal fonte de material em suspensão tem origem nas fezes dos peixes (BRINKER *et al* 2005; BRINKER e ROLAND, 2004), desta forma, pode-se estabelecer que o aumento das concentrações de STS no sistema estudado esteve associado as práticas de arraçamento, relacionadas com frequência, densidade, qualidade e quantidade de ração que interferem nas taxas de excreção. No presente estudo o ponto de saída da piscicultura (P3) quadruplicou a concentração média de STS em relação ao P2, partindo de $0,38 \pm 0,25$ mg/L alcançando $1,32 \pm 0,99$ mg/L (Figura 3).

Em P5 e P6 sob influencia do efluente, as concentrações médias de STS foram maiores em relação a P1 e P2 (Figura 3), indicando que houve perturbação ao sistema. Em contra partida as concentrações de P6 a 60 metros da zona de mistura foram menores que P5 podendo observar a capacidade de auto recuperação do corpo hídrico receptor, embora não tenha sido suficiente para retornar aos valores antes da passagem pela planta de manejo. FADAEIFARD *et al.*, (2012), monitorando sete truticulturas, avaliaram a autodepuração do rio Koorang, localizado no sudoeste do Irã, estabelecendo que um novo empreendimento poderia ser construído a 1500 m de distância, levando em consideração as condições específicas do rio.

AUBIN *et al.* (2011) monitorando 20 truticulturas, observou um incremento médio de 39% em relação ao sólido total em suspensão no rio após a descarga do efluente. PULATSU *et al.*, (2004), avaliando o efluente de 5 truticulturas, encontraram aumento médio de 41% na concentração de sólidos totais em suspensão no rio receptor. FADAEIFARD *et al.*, (2012) encontraram contribuição média de 49 % na saída do efluente de sete truticulturas monitoradas no Irã. No presente estudo, o incremento advindo da piscicultura na fração de STS alcançou 141% no P5, que representa a zona de mistura do efluente no rio, reduzindo esta contribuição diminuiu para 50% no P6, evidenciando a capacidade de autodepuração do sistema lótico para esta variável. MAILLARD *et al.*, (2005) monitorando 3 truticulturas encontrou um

aumento de 81% ;76% e 97% de STS para cada empreendimento respectivamente. BRINKER *et al.*, (2005) otimizando o tratamento do efluente de uma truticultura com fluxo de 60 L/s também encontrou incremento de STS com valores médios e desvio padrão em torno de $0,8 \pm 0,48 \text{ mg.L}^{-1}$ na entrada dos tanques e $8,9 \pm 6,37 \text{ mg/L}$ na saída dos tanques.

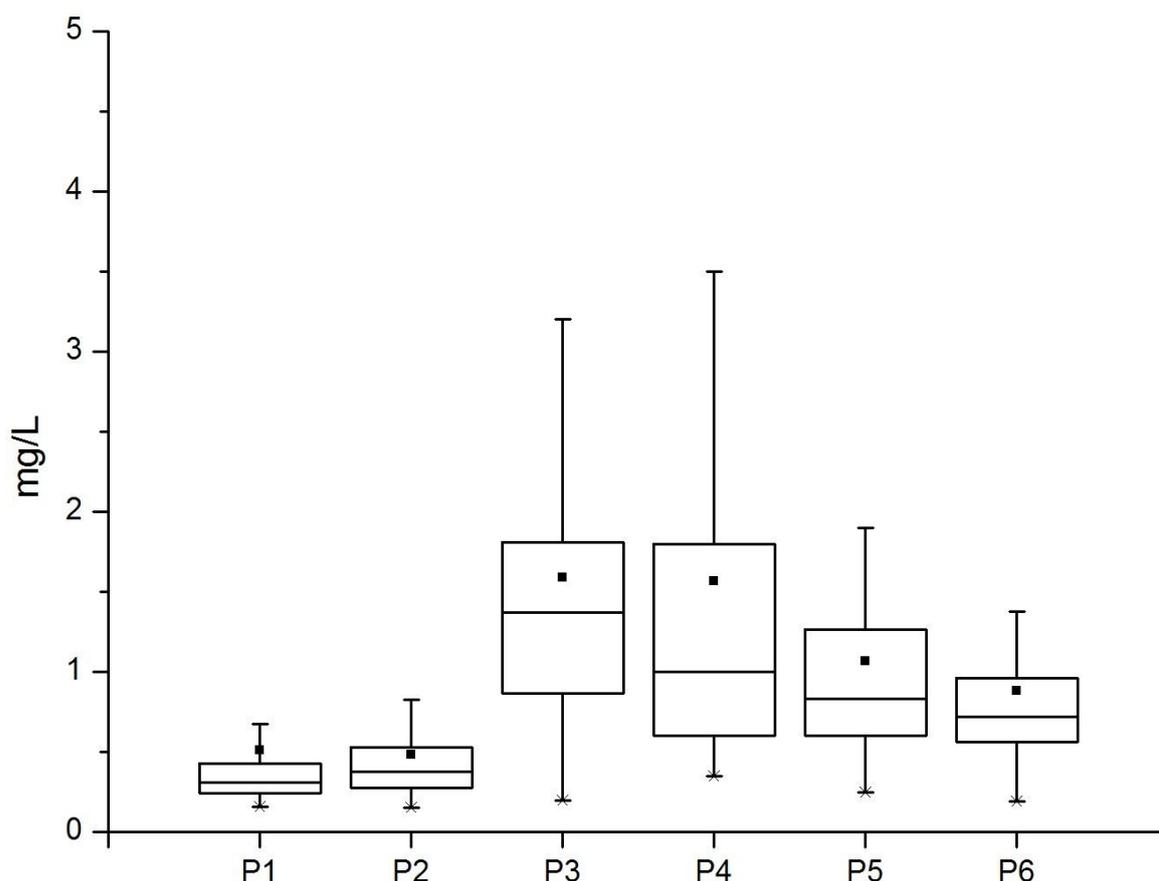


Figura 3 - *Box-plot* das concentrações médias de sólidos totais em suspensão, com valor mínimo; primeiro quartil; segundo quartil; valor máximo; ■ média, dos pontos amostrados em truticultura, localizada Serra da Bocaina-SP ; P1 – no rio à montante do empreendimento; P2 – canaleta de abastecimento; P3 – saída; P4 – efluente, após a passagem por uma lagoa de estabilização; P5 - na zona de mistura do efluente e P6 – no corpo receptor (rio), a 60 metros de distância da zona de mistura.

Com relação à lagoa de estabilização (P4) a passagem da água até o lançamento no corpo receptor (P5) não provocou efeito de mitigação referente a retenção e ou diluição da concentração do STS (Figura 3), de forma não ocorreu o entulhamento deste material, relacionado ao curto tempo de residência da água.

Para BEVERIDGE *et al.*, (1997), sistema de água doce com curto tempo de renovação apresentam efeitos ambientais mais intensos quando comparados aos sistemas com longo tempo de residência da água. Nesse contexto o trutário estudado apresenta fluxo contínuo e elevada taxa de renovação da água (residência da água de em torno de 1h46min), caracterizando sua interferência nas condições ambientais como frequente e associada ao processo produtivo.

A fração inorgânica do STS apresentou uma contribuição maior em relação à fração orgânica em todos os pontos, com valores mínimos, máximos, médios e desvio padrão detalhados na tabela 1.

As concentrações médias em P3 e P4 foram significativamente semelhantes, porém diferentes dos pontos de entrada P1 e P2 ($p < 0.05$) e , de P5 e P6, localizados no rio, indicando que após a passagem pela truticultura ocorreu um incremento nas concentrações de STS fração inorgânica na água. Considerando que a única entrada de material no manejo desta piscicultura esteve no arraçamento e segundo TEIXEIRA *et al.*, (2006), a ração produzida no Brasil utiliza resíduos de beneficiadoras de pescado com baixos teores de proteína e altos teores de cinzas, resultando em grande quantidade de matéria mineral proveniente dos ossos e escamas, pode-se inferir que este excesso foi liberado no efluente na forma de material sólido advindo das fezes dos peixes.

No presente estudo, após saída da piscicultura (P3) a concentração média de STS fração inorgânica triplicou em relação ao P2, partindo de $0,21 \pm 0,14$ mg/L alcançando $0,76 \pm 0,58$ mg/L, respectivamente (Figura 4).

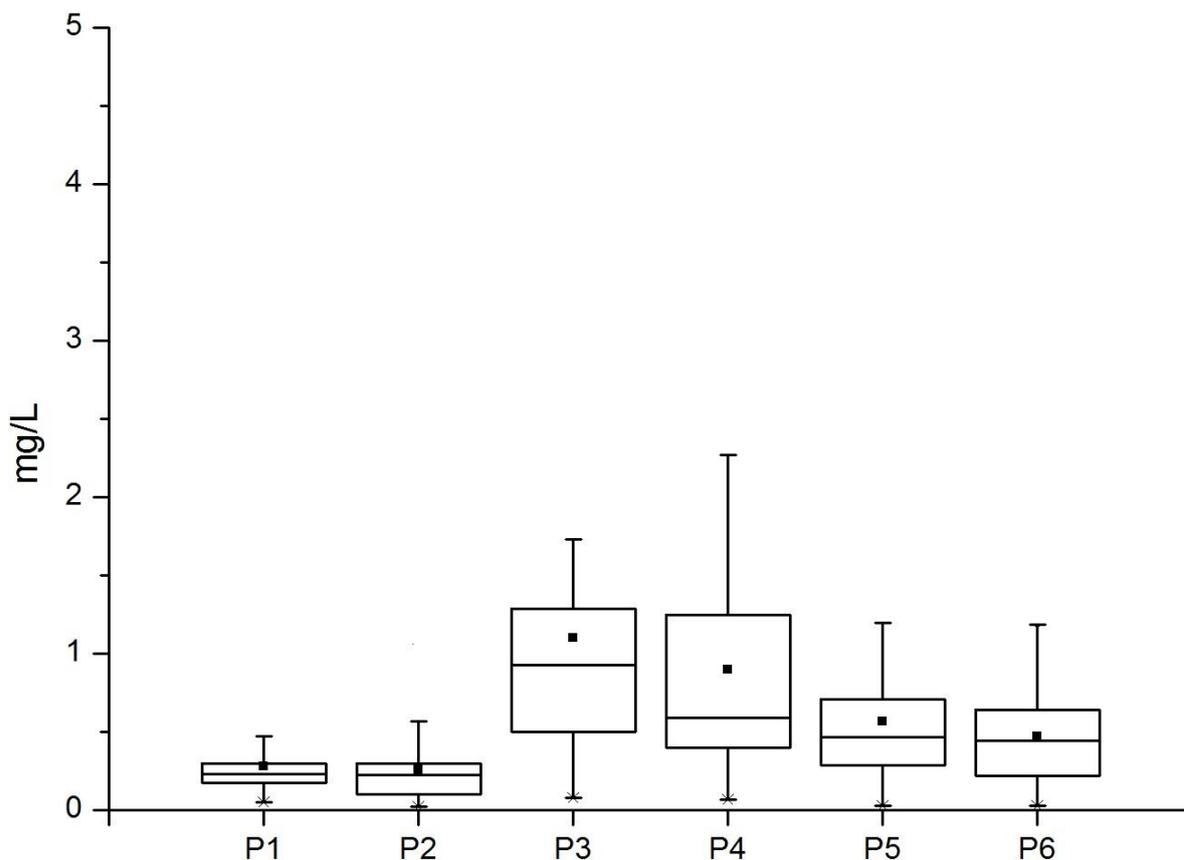


Figura 4- *Box-plot* das concentrações médias da fração inorgânica de sólidos totais em suspensão, com valor mínimo; primeiro quartil; segundo quartil; valor máximo; ■ média, dos pontos amostrados em truticultura, localizada Serra da Bocaina-SP; P1 – no rio à montante do empreendimento; P2 - canaleta de abastecimento; P3 – saída; P4 – efluente, após a passagem por uma lagoa de estabilização; P5 - na zona de mistura do efluente e P6 – no corpo receptor (rio), a 60 metros de distância da zona de mistura.

Com relação aos valores das frações orgânicas (tabela 1), P3 e P4, foram estatisticamente semelhantes ($p < 0,05$), e mais elevados em relação aos demais pontos. Este resultado indicou a influência do sistema produtivo no incremento da fração orgânica, com uma elevação de 2,5 vezes em relação a água de abastecimento (Figura 5).

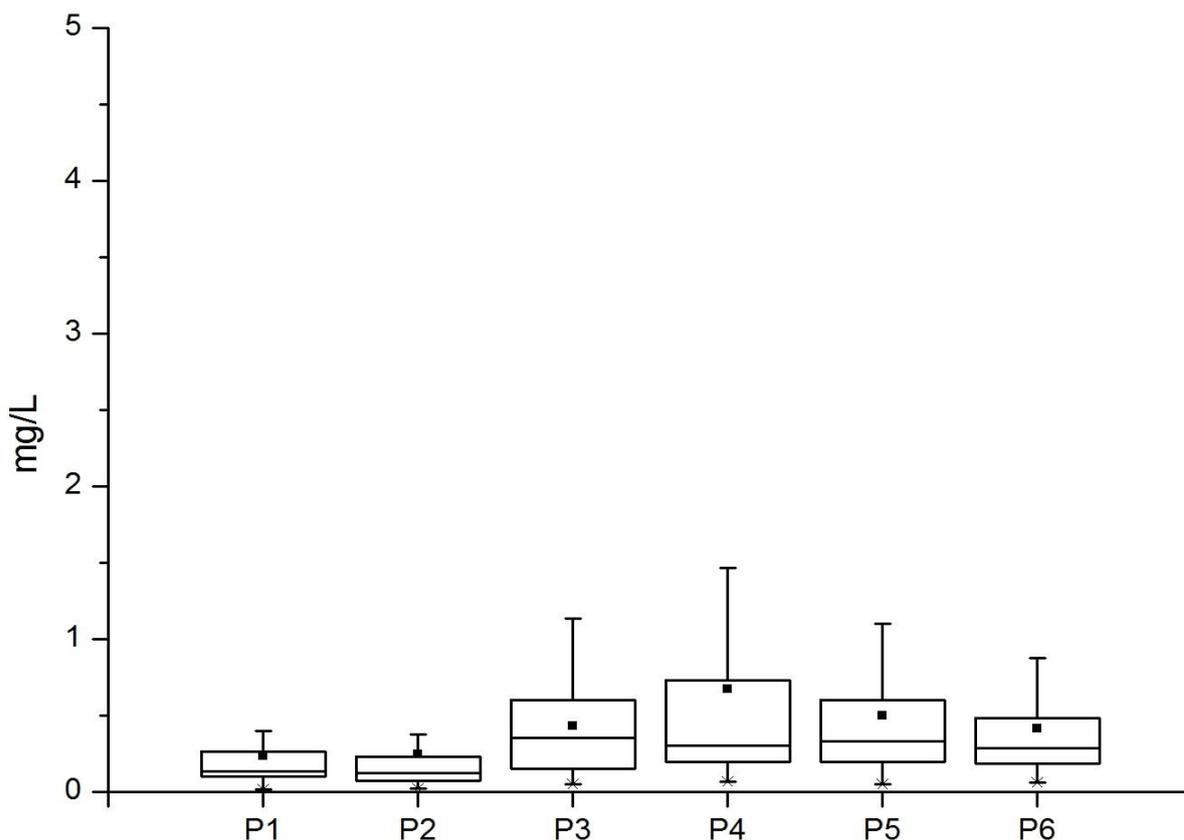


Figura 5- *Box-plot* das concentrações médias da fração orgânica de sólidos totais em suspensão, com valor mínimo; primeiro quartil; segundo quartil; valor máximo; ■ média, dos pontos amostrados em truticultura, localizada Serra da Bocaina-SP ; P1 – no rio à montante do empreendimento; P2 - canaleta de abastecimento; P3 – saída; P4 – efluente, após a passagem por uma lagoa de estabilização; P5 - na zona de mistura do efluente e P6 – no corpo receptor (rio), a 60 metros de distância da zona de mistura

No rio, o P6 apresentou um incremento nas concentrações médias de STS quando comparadas a água de abastecimento P1, mas após a saída da truticultura as concentrações diminuíram no P6, em relação a saída do efluente P3, com uma redução de 39% para a fração orgânica e 56% para fração inorgânica, podendo inferir que o ambiente aquático estudado foi mais suscetível a carga orgânica, de forma que esta variável pode ser considerada na avaliação do impacto de uma piscicultura.

CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu concluir que o manejo de uma truticultura, através do arraçoamento, contribuiu para o incremento nas concentrações de STS, podendo constatar que o ambiente estudado apresentou uma resposta de autorrecuperação diferente para as frações inorgânicas e orgânicas, sendo mais suscetível à fração orgânica, de forma que esta variável pode ser usada como ferramenta na avaliação do impacto ambiental causado pela truticultura.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP (Fundação para o Amparo da Pesquisa no Estado de São Paulo) pela concessão do auxílio financeiro utilizado na realização deste estudo, conforme os Processos nº. 2010/07658-3. A CAPES pela concessão de uma bolsa de estudo.

Referências Bibliográficas

AMIRKOLAIE K. A., 2011. Reduction in the environmental impact of waste discharged by fish farms through feed and feeding. *Reviews in Aquaculture* 3, 19–26

AMIRKOLAIE K. A., 2008. Environmental Impact of Nutrient Discharged by Aquaculture Waste Water on the Haraz river. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 3(5):275-279

AUBIN J., TOCQUEVILLE A. KAUSHIK S. J., 2011. Characterisation of waste output from flow-through trout farms in France: comparison of nutrient mass-balance modelling and hydrological methods. *Aquat. Living Resour.* 24, 63–70

ALPASLAN A., PULATSU S., 2008. The Effect of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Cage Culture on Sediment Quality in Kesikköprü Reservoir, Turkey *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 8: 65-70

AZEVEDO P.A., PODEMSKI C.L., R.H. HESSLEIN R.H., KASIAN S.E.M., D.L. FINDLAY D.L., BUREAU D.P. 2011. Estimation of waste outputs by a rainbow trout cage farm using a nutritional approach and monitoring of lake water quality. *Aquaculture* 311, 175–186

AXLER R.P., TIKKANEN C., HENNECK J., SCHULDT M., MCDONALD E., 1997. Characteristics of effluent and sludge from two commercial rainbow trout farms in Minnesota. *The Progressive Fish-Culturist* 59:161-172.

BARTOLI M., NISSOLI D., LIONGHI D., LAINI A., PIERLUIGI V., 2006. Impact of a trout farm on the water quality of an Apennine creek from daily budgets of nutrients *Chemistry and Ecology* . 23 No. (1):1–11

BATISTA E.R., SANTOS R.F., ANTONIO S.M., 2009. Construção e análise de cenários de paisagem em área do Parque Nacional da Serra da Bocaina *Revista Árvore* 33(6):1095-1108.

BEVERIDGE M.C.M., PHILLIPS M.J. MACINTOSH D.J., 1997. Aquaculture and the environment: the supply and demand for environmental goods and services by Asian aquaculture and the implications for sustainability. *Aquaculture* (28): 797-807.

BOUJARD T., LABBLE L., AUPERIN.B., 2002. Feeding behavior, energy expenditure and growth of rainbow trout in relation to stocking density and food accessibility. *Aquaculture Research* 33:1233-1242.

BOLETIM ESTATISTICO DA PESCA E AQUICULTURA, 2010. Disponível em: <sinpesq.mpa.gov.br/preps.../boletim.../boletim_estatistico_mpa_2010.pdf> Acesso em: 12 de junho 2013.

BUREAU D. P. HUA K., 2010. Towards effective nutritional management of waste outputs in aquaculture, with particular reference to salmonid aquaculture operations *Aquaculture Research* 41, 777-792

BRINKER A., ROLAND R., 2004. Factors determining the size of suspended solids in a flow-through fish farm *Aquacultural Engineering* 33 1–19

BRINKER A., KOPPE W. ROSSCH R., 2005. Optimizing Trout Farm Effluent Treatment by Stabilizing Trout Feces: A Field Trial *North American Journal of Aquaculture* 67:244–258

DALSGAARD J., PEDERSEN P.B., 2011. Solid and suspended/dissolved waste (N, P, O) from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) *Aquaculture* 313 92–99

FADAEIFARD I.F., RAISSY M., FAGHANI M., MAJLESI A., FARANHANI G.N., 2012. Evaluation of physicochemical parameters of waste water from rainbow trout fish farms and their impacts on water quality of Koohrang stream *International Journal of Fisheries and Aquaculture* 4(8) 170-177

FAO, 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of world fisheries and Aquaculture

GUO L., LI Z., 2003. Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China *Aquaculture* 226 201–212

LIN C.K., YI, Y. 2003. Minimizing environmental impacts of freshwater aquaculture and reuse of pond effluents and mud. *Aquaculture*. 226, 57–68.

MAILLARD V. M., BOARDMAN G.D., NYLAND J.E., KUHN D., 2005. Water quality and sludge characterization raceway-system trout farms. *Aquacultural Engineering* 33, 271–284

PULATSU S. RAD F., KOKSAL G., AYDIN F., BENLI A. C.K., TOPÇU A., 2004. The Impact of Rainbow Trout Farm Effluents on Water Quality of Karasu Stream, Turkey *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 4: 09-15

REID G. K., MCMILLAN I., RICHARD D., MOCCIA A., 2006. Near-field loading dynamics of total phosphorus and short-term water quality variations at a rainbow trout cage farm in Lake Huron. *Journal of Environmental Monitoring*

SINDILARIU P. D., REITER R., WEDEKIND H. 2009. Impact of trout aquaculture on water quality and farm effluent treatment options *Aquat. Living Resour.* 22, 93–103

STRICKLAND J. D.; PARSONS, T. R. 1960. A manual of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 125: 1-185.

TABATA Y. A., 2008. Biotecnología aplicada la cría de truchas *Rev Colomb Cienc Pecu* ; 21:455-522

TUNDISI J.G. 2008. *Liminologia*, Oficina de Textos, 365-380

ZAR J.H., 2010. *Biostatistical Analysis*, Fifth Edition 420-426

ZHU, S.C., HARDY R.W. BARROWS F.T. 2001. Digestibility, growth and excretion response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) to feeds of different ingredient particle sizes. *Aquaculture Research* 32:885-893.

Considerações finais da Dissertação

- ✓ O desenvolvimento e aprimoramento tecnológico da piscicultura necessitam de uma parceria entre os produtores e a pesquisa científica. Esta colaboração dos produtores pode ser no sentido de apoiar a pesquisa permitindo a entrada dos técnicos na propriedade para realizar estudos que visem não só melhorar a produtividade e o lucro, mas também a mitigação do impacto ao meio ambiente.
- ✓ A atividade necessita de mão de obra qualificada, e a incorporação de Boas Práticas de Manejo para acompanhar a modernização do setor.
- ✓ A análise do efluente para o monitoramento ambiental não pode acarretar em grandes custos para o produtor por que vai inviabilizar a atividade e encarecer o produto final para o consumidor, desta forma este estudo contribuiu com uma necessidade do setor, investigando sobre o manejo e a qualidade da água da produção trazendo informações que poderão auxiliar no controle do impacto ambiental e melhoria na produtividade .
- ✓ Como proposta futura sugere-se pesquisas que visem à formulação de alimento de melhor qualidade com melhor digestibilidade e adequado para cada espécie cultivada.