

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA

**Indicadores de sustentabilidade do cultivo de
tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em
tanques-rede em um reservatório tropical**

**Renato de Almeida
Biólogo**

**JABOTICABAL, SP
2013**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CENTRO DE AQUICULTURA

**Indicadores de sustentabilidade do cultivo de
tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em
tanques-rede em um reservatório tropical**

Renato de Almeida

Orientadora: Prof^a Dra. Patricia Maria Contente Moraes Valenti

Co-orientadora: Dra. Margarete Mallasen

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

JABOTICABAL, SP

2013

Almeida, Renato de

A447i Indicadores de sustentabilidade do cultivo de tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede em reservatório tropical / Renato de Almeida. -- Jaboticabal, 2013

viii, 53 f. : il.; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2013

Orientadora: Patricia Maria Contente Moraes Valenti

Banca examinadora: Hécio Luis de Almeida Marques, Ronaldo Adriano Christofolletti

Bibliografia

1. Piscicultura. 2. Modelo de tanques-rede. 3. Sustentabilidade. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.31

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

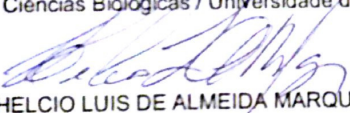
TÍTULO: Indicadores de sustentabilidade do cultivo de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede em um reservatório tropical

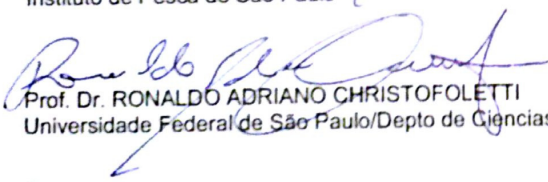
AUTOR: RENATO DE ALMEIDA

ORIENTADORA: Profa. Dra. PATRICIA MARIA CONTENTE MORAES VALENTI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Aqüicultura , pela Comissão Examinadora.


Profa. Dra. PATRICIA MARIA CONTENTE MORAES VALENTI
Depto de Ciências Biológicas 1 Universidade de Santo Amaro - UNISA


Prof. Dr. HELCIO LUIS DE ALMEIDA MARQUES
Instituto de Pesca de São Paulo


Prof. Dr. RONALDO ADRIANO CHRISTOFOLETTI
Universidade Federal de São Paulo/Depto de Ciências do Mar - Campus Baixada Santista

Data da realização: 19 de agosto de 2013.

Lista de Figuras

Figura 1. Cidade de Santa Fé do Sul e o reservatório de Ilha Solteira, noroeste do Estado de São Paulo, Brasil (fonte: Google Maps).....	10
Figura 2. Tanques-rede com 6 m ³ (2 x 2 x 1,5 m).....	11
Figura 3. Localização dos pontos de coleta na piscicultura (fonte: http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/sp/htm0/sp18_24.htm , escala 1:50.000). ..	14
Figure 4. Coleta de água usando uma garrafa de van Dorn a 1,5m de profundidade.	15
Figura 5. Coletores de Tripton com 23,55 L e 392.5 cm ² de superfície.....	17
Figura 6. Cadeia produtiva na região de Santa Fé do Sul, mostrando as interações entre grandes e pequenos produtores e a limitação de mercado dos pequenos produtores.	24
Figura 7. Principais custos de produção (%) em 2010, itens de baixo valor foram menores que 3%.	26
Figura 8. Principais custos de produção (%) em 2011, itens de baixo valor representam menos que 3%.	26
Figura 9. Resultados das análises de água em P1, P2 e P3. A. Oxigênio dissolvido (OD); B. Fósforo total (P); C. Nitrogênio total Kjeldahl (NTK); D. Amônia (NH ₃); E. Nitrito (N-NO ₂ ⁻); F. Nitrato (N-NO ₃ ⁻).	31
Figura 10. Concentração de fósforo em g/kg nos animais e na ração.	32
Figura 11. Concentração de nitrogênio em g/kg nos animais e na ração.....	32
Figura 12. Concentração de carbono em kg/kg nos animais e na ração.....	33
Figura 13. Concentração de energia em J/g nos animais e na ração.	33
Figura 14. Material em suspensão (mg/L) P1 e P2 em baixo e entre os tanques-rede coletados durante 24 horas de fixação dos coletores incluindo a sedimentação natural do reservatório.	34
Figura 15. Taxa de sedimentação (mg/cm ² /dia) P1 e P2 em baixo e entre os tanques-rede coletados durante 24 horas de fixação dos coletores incluindo a sedimentação natural do reservatório.	34

Lista de Tabelas

Tabela 1. Métodos usados no laboratório para as análises. <i>Análise nos animais e ração:</i> carbono nos animais (CA); carbono na ração (CR); fósforo nos animais (PA); fósforo na ração (PR); nitrogênio nos animais (NA); nitrogênio na ração (NR). <i>Análises na Água:</i> fósforo na água (PA); nitrogênio na água (NTK); amônia (N-amônia total); nitrato (N-nitrato); nitrito (N-nitrito). <i>Análises de sedimento:</i> Sedimentação (SD).....	16
Tabela 2. Investimento inicial para a instalação da produção de tilápias-do-nylo em tanques-rede com 128 tanques-rede.	25
Tabela 3. Médias anuais dos custos variáveis e fixos de produção em 2010 e 2011.	27
Tabela 4. Itens identificados como fator de risco.....	27
Tabela 6. Taxa interna de retorno % a.a. (TIR) simulação da análise de risco considerando a variação dos itens de produção (Valor de venda e valor da dieta).	29
Tabela 7. Projeção anual do fluxo de caixa da piscicultura em um horizonte de 10 anos.	29
Tabela 8. Parâmetros de água (media \pm desvio padrão) em dois pontos de coleta na piscicultura e um ponto externo. Os parâmetros foram temperatura (T), oxigênio dissolvido (OD), % saturação (%S), condutividade (CON), fósforo total (P), nitrogênio total (NTK) e na forma de amônia (N-NH ₃), nitrito (N-NO ₂ ⁻) e nitrato (N-NO ₃ ⁻).	30
Tabela 9. Material em suspensão e taxa de sedimentação nos pontos P1 (alevinos), P2 (fase final) e P3 (ponto externo) (média \pm desvio padrão).	35
Tabela 10. Balanço entre peso molhado e úmido dos peixes e dieta fornecida. ...	35
Tabela 11. Indicadores de sustentabilidade ambiental referente aos recursos usados. Área usada (AU), dependência de água (DA), utilização de fósforo (UP), utilização de nitrogênio (UN), utilização de carbono (UC) e utilização de energia (UE).....	36
Tabela 12. Indicadores de sustentabilidade referente à eficiência do uso dos recursos. A eficiência dos nutrientes contidos na dieta, como energia (EE), fósforo (EP), nitrogênio (EN) e carbono (EC) e a produção efetivamente utilizada (PEU).	36
Tabela 13. Indicadores de sustentabilidade ambiental que avaliam o balanço dos nutrientes da piscicultura e o potencial de poluição dos resíduos, fósforo (P), nitrogênio (N), carbono (C) e energia (E).....	37

Sumário

Agradecimentos	1
Apoio Financeiro	3
Resumo.....	4
Abstract.....	5
1. INTRODUÇÃO	6
2. MATERIAIS E MÉTODOS	10
2.1. Local do estudo	10
2.2 Amostragem e análise	12
2.2.1 Dados Econômicos	12
2.2.2 Dados Ambientais	14
2.3. Indicadores de sustentabilidade	17
2.3.1 Indicadores de sustentabilidade econômica	17
2.3.1.1 Taxa Interna de Retorno (TIR).....	18
2.3.1.2 Valor Presente Líquido (VPL).....	18
2.3.1.3 Relação Benefício/Custo (RBC)	19
2.3.1.4 Relação Renda / Investimento (RRI).....	19
2.3.1.5 Taxa de risco (TR).....	19
2.3.1.6 Diversidade de Produtos (DP)	20
2.3.1.7 Diversidade de Mercados (DM)	20
2.3.1.8 Lucro (L)	20
2.3.1.9 Renda Anual (RA)	21
2.3.2 Indicadores de sustentabilidade Ambiental.....	21
2.3.2.1 Uso do Espaço	21
2.3.2.2 Dependência de Água	21
2.3.2.3 Uso da Energia (E)	21
2.3.2.4 Uso do Nitrogênio.....	21
2.3.2.5 Uso do Fósforo	21
2.3.2.6 Uso do Carbono	22
2.3.2.7 Eficiência de energia	22
2.3.2.8 Eficiência do nitrogênio	22

2.3.2.9 Eficiência do fósforo	22
2.3.2.10 Eficiência do carbono	22
2.3.2.11 Produção efetivamente utilizada.....	22
2.3.2.12 Potencial de Poluição Orgânica (PPO).....	22
2.3.2.13 Potencial de Assoreamento (PA).....	22
2.3.2.14 Potencial de poluição do nitrogênio.....	22
2.3.2.15 Potencial de poluição do fósforo.....	23
2.3.2.16 Potencial de poluição do carbono.....	23
2.3.2.17 Perda de energia	23
3. RESULTADOS.....	23
3.1 Resultados econômicos.....	23
3.2. Sustentabilidade Ambiental	30
4. DISCUSSÃO	37
5. CONCLUSÕES	41
6. REFERÊNCIAS.....	43

Dedicatória

Dedico esse trabalho a toda minha família e à Dra. Margarete Mallasen (em memória).

Agradecimentos

Este trabalho reflete em um conjunto de atividades e esforços coletivos que tornaram possível a realização de uma dissertação de mestrado, por isso, agradeço:

À Universidade Estadual Paulista – UNESP, campus de Jaboticabal e ao setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da Unesp – Caunesp, pela oportunidade de conceder espaço e recursos durante o trabalho.

Ao Prof. Wagner Cotroni Valenti, a quem admiro pela competência e dedicação com os alunos.

A Profa. Patrícia Valenti, que me orientou e a quem admiro pelo respeito e ajuda que deu no momento crucial deste trabalho.

A Dra. Margarete Mallasen (em memória), que me ensinou muito nas coletas de campo, trabalhando sempre com muita dedicação e afinco.

Minha família, Antônio Carlos, Lazara, Patrícia, Fábio e Beatriz, pelo amor incondicional e total apoio nas minhas decisões. Espero retribuir o carinho e orgulho que tenho de vocês.

Aos meus companheiros do ap, Zé Mario e Felipe (filhões), pela amizade e por fazerem parte da minha jornada e pela grande amizade.

Aos meus amigos de São Carlos, Dagui (Assado), Cris, Jé, Dão, Cleiton, Miojo, Draetão (que consegue ser mais alto que eu).

Aos meus amigos especiais, Rabelra (em especial pelas horas cedidas de auxílio no laboratório), Felipe, Fernanda, Zé Mario e Mudinho, pela convivência e pelas risadas e discussões sobre nossos trabalhos (e que discussões).

Aos companheiros de Carcino, Rafa, Baltazar, Novinha, Léster, Michelinha, Val, Bruninho, Tavani e especialmente ao técnico Roberto, por toda ajuda e amizade.

Por fim, agradecer a Marcella que sempre me apoiou e sempre esteve ao meu lado, te amo!

Apoio Financeiro

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de uma bolsa de mestrado, processo número: [153624/2011-6](#).

Resumo

O crescimento da aquicultura tem feito com que essa atividade seja apontada como a principal alternativa na produção de alimentos para suprir a crescente demanda mundial. Porém, a atividade depende da boa qualidade de água, um recurso vital e deve crescer de maneira sustentável. Para avaliar a sustentabilidade foram aplicados indicadores de sustentabilidade econômica e ambiental em uma piscicultura de tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), localizada em um reservatório tropical no noroeste do estado de São Paulo, na cidade de Santa Fé do Sul e as coletas ocorreram em março, maio e agosto de 2012. A piscicultura conta com 128 tanques-rede sendo 120 com 6 m³ e 8 com 18 m³. Os indicadores da análise econômica mediram a eficiência dos recursos financeiros utilizados e os indicadores de análise ambiental mediram a quantidade e eficiência dos recursos naturais usados e o potencial de poluição da atividade. Os resultados econômicos obtidos sugerem que o modelo estudado não é viável economicamente. Ações no sentido de obter melhor remuneração para o produtor tornaria o projeto viável. Os resultados ambientais sugerem que o modelo de produção estudado pode causar pequenas alterações na qualidade da água do entorno dos tanques-rede e produzir uma grande quantidade de sedimentos. Estes são principalmente de natureza orgânica, o que poderia comprometer a capacidade de carga do ambiente. A recuperação de nutrientes e de energia é baixa, sugerindo que o sistema é ineficiente com relação a esses aspectos.

Palavras chave: Piscicultura, sustentabilidade, Modelo de tanques-rede.

Abstract

The growth of aquaculture has made this activity is indicated as the main alternative in food production to meet growing global demand. However, the activity depends on good quality of water, a vital resource and should grow sustainably. To assess the sustainability indicators were applied economic and environmental sustainability in a fish farming of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), located in a tropical reservoir in the northwest of the state of São Paulo, in the city of Santa Fe do Sul and the collections were in March, May and August 2012. Fish farming has 128 net cages and 120 net cages with 6 m³ and 8 to 18 m³. Indicators of economic analysis measured the efficiency of financial resources used and the indicators of environmental analysis measured the amount and efficiency of resource use and pollution potential of the activity. The economic results obtained suggest that the model studied is not economically viable. Actions to get better pay for the producer would make the project viable. The results suggest that environmental production model can cause small changes in the water quality of the surrounding cages and produce a large amount of sediment. These are primarily organic in nature, which could compromise the load carrying capacity of the environment. The recovery of nutrients and energy is low, suggesting that the system is inefficient with respect to these aspects.

Keywords: Fish culture, sustainability, net cage model.

1. INTRODUÇÃO

Aquicultura é a produção de organismos aquáticos em cultivo, que vem sendo apontada como uma das soluções para suprir a demanda mundial de alimentos (FAO, 2010). Atualmente, é responsável por 40,1% de todo pescado mundial, com 62,7 milhões de toneladas em 2011(FAO, 2012). Os peixes são o grupo com maior contribuição, com cerca de 41,6 milhões de toneladas produzidas em 2011, seguido pelo grupo dos moluscos, com cerca de 14,4 milhões de toneladas, 34% menos que a produção de peixes. O Continente Asiático lidera a produção mundial de peixes com 88,5% do total produzido na aquicultura. O Continente Americano é responsável por 4,7% da produção de peixes, sendo o segundo continente com maior produção em 2011 (FAO, 2012). O Chile é o principal produtor no Continente Sul-Americano com 954.845 toneladas, aproximadamente 1,5% da produção mundial. O Brasil é o segundo maior produtor da América do Sul e vem se destacando no cenário mundial, subindo duas posições na lista dos maiores produtores, de 14^º com 475.561 toneladas em 2010, para 12^º com 629.301 toneladas em 2011 com 1 % de toda produção mundial (FAO, 2012).

Das espécies cultivadas no Brasil, a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), ou tilápia referida nesse artigo, foi a principal com 253.820 t, crescendo aproximadamente 39% entre 2010 e 2011. A tilápia é um peixe tropical, nativo da África e amplamente cultivado em todo mundo. Sua produção apresenta uma série de vantagens como: boa adaptação ao ambiente, rápido crescimento, capacidade de filtração, conversão alimentar aparente satisfatória e alta rusticidade (ZIMMERMANN *et al.*, 2001). São conhecidos diversos sistemas de produção de tilápia (ZIMMERMANN *et al.*, 2001), entretanto os sistemas mais comuns são a produção em viveiro escavado ou de fundo natural, ou a produção em tanques-rede ou gaiolas. A produção em viveiros de fundo natural pode variar em função da produtividade desejada, disponibilidade hídrica e quantidade de dieta fornecida. Sistemas em viveiros escavados eutrofizados que tenham como fonte de alimento apenas o fitoplâncton e baixa renovação de água podem produzir de 1 a 3,7 t/ha/ano. Sistemas em viveiros escavados que tenham além

do fitoplâncton e suplementação alimentar por meio de dieta balanceada, podem atingir entre 5 a 16 t/ha/ano (KUBITZA, 2011).

Além do sistema de produção em viveiros de fundo natural, o sistema de produção em tanques-rede ou gaiolas é comumente encontrado em países tropicais com grandes fontes de recursos hídricos, que possuam grandes renovações de água. Esse sistema permite produzir altas densidades de peixes em pequenos volumes de água (ZIMMERMANN *et al.*, 2001).

Os tanques-rede apresentam uma série de vantagens em relação aos demais sistemas, como o baixo custo de investimento inicial, a fácil manipulação dos peixes, despesca rápida, produtividade de 30 a 300 kg/m³/ciclo e menor ocorrência de “*off-flavor*” (KUBITZA, 2011). No entanto, o sistema de tanques-rede limita o acesso dos peixes ao alimento natural, sendo a dieta a única responsável pela alimentação e nutrição. Além disso, o alto custo da ração e a ineficiência dos nutrientes são as principais limitações desse sistema. Ainda nesse contexto, outro fator importante seria o impacto econômico, causado pela dependência de rações industrializadas.

A ineficiência na incorporação dos nutrientes é um fator preocupante na produção de organismos aquáticos. Isso gera liberação de grande parte desses nutrientes para o ambiente aquático (GOWEN *et al.*, 1987). A liberação desses nutrientes pode promover a eutrofização, ou “*bloom*” de algas tóxicas, o aumento na turbidez, a queda na concentração de oxigênio, a perda na diversidade e a grande concentração de amônia no ambiente de cultivo (BEVERIDGE *et al.*, 1997).

Os resíduos gerados pela aquicultura preocupam ambientalistas por todo mundo e colocam em dúvida a atividade como prática sustentável. Os impactos gerados podem trazer prejuízos irreversíveis ao longo do tempo, para o ambiente e para comunidades locais. O potencial de eutrofização é apontado como principal fator de risco, promovendo a proliferação de algas que podem ser prejudiciais à saúde humana e comprometer o uso da água para outros fins, chegando mesmo a inviabilizar a atividade da aquicultura (ELER *et al.*, 2007).

Além da ineficiência dos nutrientes fornecidos na dieta, o uso de hormônio na reversão sexual de alevinos tem sido questionado como potencial de poluição.

Esta prática utiliza hormônio masculinizante 17 α -metil testosterona na dieta de alevinos durante 30 dias logo após a absorção do saco vitelínico, buscando melhores rendimentos, uma vez que machos apresentam um ganho de peso maior em relação às fêmeas. Essa prática consegue reverter aproximadamente 99% dos alevinos. (KUBITZA, 2011). Atualmente, não existe legislação que proíba essa prática, no entanto há restrição de mercado em alguns países consumidores, que evitam a compra de tilápias que passaram por esse processo.

A dependência de ração industrializada e o excesso de alimentação industrializada não são exclusivos na produção de tilápias, mas sim na aquicultura de um modo geral, podendo trazer não somente impactos ambientais, mas também impactos econômicos. Silva *et al.*,(2007) mostraram que em cultivo de tambaquis (*Colossoma macropomum*) a alimentação foi responsável por 60% dos custos operacionais. Uma alternativa, proposta por pesquisadores é que se desenvolvam pesquisas com objetivo de melhorar a qualidade da dieta, possibilitando maiores assimilações dos nutrientes, reduzindo significativamente a quantidade de resíduos e os custos operacionais (GONDWE *et al.*, 2011).

O desenvolvimento social das comunidades afetadas pela atividade é outro fator importante. As unidades de beneficiamento, principal mercado para os pescados produzidos por pequenos e médios produtores da região aproveitam praticamente 100% da biomassa, gerando riquezas e concentrando rendas. A concentração de renda limita o desenvolvimento social, não trazendo benefícios às comunidades locais, este cenário é comum em países subdesenvolvidos, onde grandes empresas geram trabalhos assalariados (VEIGA, 1998).

Os aspectos acima são exemplos de como a aquicultura, vista como uma alternativa sustentável na produção de alimentos, pode apresentar situações insustentáveis. A aquicultura sustentável pode ser definida como produção lucrativa de organismos aquáticos, interagindo com ecossistemas e comunidades locais (VALENTI, 2008). Entretanto, o grande desafio encontrado por pesquisadores em todo mundo, é avaliar os vários sistemas adotados na produção de organismos aquáticos, dentro do contexto da sustentabilidade.

Os principais métodos usados para medir a sustentabilidade da aquicultura no mundo são: Análise Emergética, Pegada Ecológica, Análise do Ciclo de Vida,

Resiliência e Conjuntos de Indicadores (DALSGAARD *et al.*, 1995; LIGHTFOOT *et al.*, 1996; DALSGAARD & OFICIAL, 1997; FAO, 1998; CAFFEY *et al.*, 2001; GONZÁLEZ *et al.*, 2003; STEVENSON *et al.*, 2005; BOYD *et al.*, 2007; PULLIN *et al.*, 2007; TIPRAQSA *et al.*, 2007; DEY *et al.*, 2007; EVAD, 2008; VALENTI, 2008). Cada um com características próprias. O método da Análise Emergética fornece uma visão holística do processo e considera as interações internas e externas do sistema produtivo. Esse método tem como limitações a dificuldade de obtenção dos dados necessários para a análise e a difícil interpretação dos resultados. A Pegada Ecológica e a Análise do Ciclo de Vida focam principalmente a sustentabilidade ambiental. A interpretação dos resultados é relativamente simples, mas os inventários de dados são difíceis de serem obtidos. A Análise da Resiliência permite avaliar a capacidade dos sistemas se perpetuarem ao longo do tempo. No entanto, ainda não há um método adequado para medir a resiliência nos sistemas de aquicultura. Os conjuntos de indicadores têm sido desenvolvidos para avaliar a sustentabilidade da aquicultura (BOYD *et al.*, 2007; EVAD, 2008; VALENTI, 2008; VALENTI *et al.*, 2011). Esses conjuntos são variáveis definidas para refletirem de forma simplificada um fenômeno ou um processo e que podem medir um atributo de um sistema. Desse modo, pode-se obter uma visão merística, possibilitando a análise de cada parte do sistema produtivo em separado.

Embora a produção de tilápias em tanques-rede esteja crescendo muito no Brasil e pareça ser uma atividade bem estabelecida, faltam estudos que demonstrem sua sustentabilidade. Com isso, esse trabalho teve como objetivo, avaliar a sustentabilidade econômica e ambiental da atividade, por meio do uso de indicadores utilizando como modelo o monocultivo de tilápias (*O. niloticus*) em tanques-rede em um reservatório tropical e descrever os aspectos que influenciaram os resultados. Neste trabalho testou-se a hipótese de que a piscicultura estudada apresente baixa sustentabilidade econômica e ambiental.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Local do estudo

A piscicultura estudada está situada na cidade de Santa Fé do Sul (**Figura 1**), banhada pelo reservatório de Ilha Solteira, no noroeste do estado de São Paulo. O reservatório foi construído em 1978, com o objetivo de gerar energia à Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira. Este reservatório é considerado o terceiro maior do país e o maior do Estado de São Paulo com uma área aproximada de 1.195 km² de superfície (CESP, 2013). A Usina Hidrelétrica representa uma grande importância econômica para a região, pois além da geração de energia, o reservatório atrai turistas para atividades de recreação e pesca esportiva.

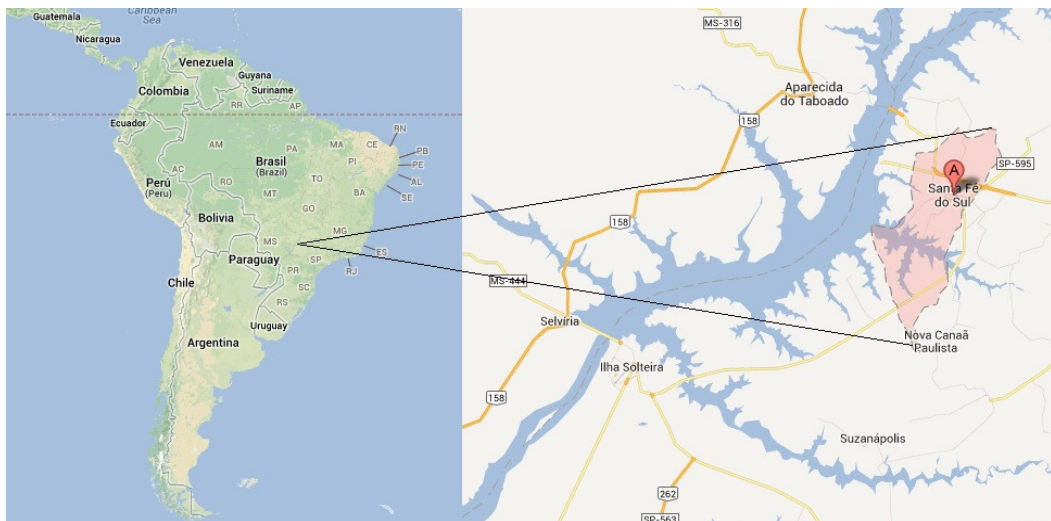


Figura 1. Cidade de Santa Fé do Sul e o reservatório de Ilha Solteira, noroeste do Estado de São Paulo, Brasil (fonte: Google Maps).

A aquicultura é uma atividade que cresce na região de grandes reservatórios, com a concessão dos parques aquícolas. Os parques aquícolas são espaços físicos contínuos em meio aquáticos delimitados, destinado a projetos de aquicultura individuais e coletivos. Segundo o MPA (2011), seis reservatórios possuem parques aquícolas, Itaipu (PR); Castanhão (CE); Ilha Solteira (MS, MG e SP); Furnas (MG); Três Marias (MG); Tucuruí (PA). Esses seis reservatórios contam com 42 parques aquícolas que somam uma lâmina

d'água de 28.500 ha, com uma produção anual máxima estimada em de 269 mil toneladas. A área de estudo está instalada no Reservatório de Ilha Solteira (20° 15'649'' S e 50° 57'246''W). A piscicultura possui uma área delimitada de aproximadamente 1 ha, porém não possuem outras pisciculturas próximas ao entorno do modelo estudado.

A atividade de piscicultura teve início em 2005, financiada pela Secretária de Pesca e Aquicultura do Governo Federal (SEAP), atual Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), que fomentou as Unidades Demonstrativas de Piscicultura Sustentáveis em tanques-rede. Os trabalhadores envolvidos no processo, sendo estes: pescadores profissionais artesanais, pequenos produtores rurais, trabalhadores carentes e técnicos, passaram inicialmente por um Programa de Capacitação na atividade. Ao final do projeto, os trabalhadores fundaram uma cooperativa na região que atualmente conta com 48 cooperados. A piscicultura possui 120 tanques-rede de 6 m³ cada (2 x 2 x 1,5 m) e 8 tanques-rede com 18 m³ cada um (3 x 3 x 2 m) (**Figura 2**).



Figura 2. Tanques-rede com 6 m³ (2 x 2 x 1,5 m).

Os alevinos são adquiridos de fornecedores especializados e passam pelo processo de reversão sexual por indução hormonal na dieta antes de serem comercializados. Os animais chegam com aproximadamente 0,5 g e passam por um processo de quarentena com sal. Depois da quarentena, são estocados em altas densidades e são divididos em três etapas no decorrer do ciclo. A etapa

inicial ocorre no povoamento até os alevinos atingirem 50 g em aproximadamente 7 semanas, a etapa intermediária ocorre até os alevinos atingirem 100 g em aproximadamente 9 semanas e a etapa final até os alevinos atingirem o peso ideal para despesca com aproximadamente 800 g com aproximadamente 24 semanas de cultivo. Na etapa inicial, são estocados 4.000 alevinos por tanques-rede em uma densidade de aproximadamente 660 alevinos/m³. Ao atingirem o peso desejado na fase inicial, os alevinos são separados e distribuídos em outros tanques-rede a uma densidade de aproximadamente 220 alevinos/m³, processo esse denominado “repicagem”. A seguir, os animais ficam confinados na fase intermediária até atingirem 100 g. Na etapa final de repicagem, os peixes são classificados por tamanho com o objetivo de obter um lote homogêneo e a seguir, são estocados a uma densidade aproximada de 65 alevinos/m³. Com isso deve-se considerar que a temperatura média anual do reservatório permite a realização de dois ciclos completos por ano, não variando de acordo com as mudanças de estação. Com esse manejo, a produtividade média pode-se manter linear, atingindo aproximadamente 100 toneladas/ano.

2.2 Amostragem e análise

2.2.1 Dados Econômicos

As análises econômicas foram baseadas em dados fornecidos pelos cooperados e em observações feitas no local, com posterior cotação de preços. A movimentação financeira continha informações referentes aos anos de 2010 e 2011. Nossas observações ocorreram de março a agosto de 2012 (28/03/2012, 31/05/2012 e 14/08/2012). Foram levantados todos os equipamentos, utensílios, insumos e manejos usados na produção. A partir destes dados, foi feita uma projeção por um período de 10 anos, usando as receitas e despesas obtidas nos períodos de 2010 e 2011, alternadamente do ano 1 ao 10. Após a projeção, foi determinado o fluxo de caixa e a aplicação de indicadores econômicos de sustentabilidade. As análises de custo-retorno e fluxo de caixa foram realizadas

de acordo com os conceitos da economia neoclássica apresentados por Shang (1990).

O investimento inicial inclui tanques-rede, barco, motor, estaleiro, depósitos e outros itens de custo menor. Os valores monetários foram obtidos por meio de orçamentos junto a fornecedores e a depreciação foi calculada pelo método linear de acordo com a vida útil do equipamento (SHANG, 1990). O fluxo de caixa foi determinado pela relação entre entradas e saídas com base no método apresentado por Jolly e Clonts (1993). O ano zero (0) da projeção incluiu o investimento inicial e o capital de giro para o primeiro ciclo de produção. Entre os anos 1 e 9 foram incluídos as receitas, os custos operacionais e re-investimentos. No ano 10, incluíram-se as receitas, os custos operacionais, o valor residual dos equipamentos e o retorno do capital de giro. As receitas foram informadas pelo produtor baseadas nas vendas dos anos de 2010 e 2011. Assumiu-se que a inflação dos produtos será compensada pela mesma nos preços obtidos com a venda dos peixes.

A análise de custo-retorno avaliou a viabilidade econômica da atividade e foi definida pela estimativa dos custos de produção e receitas. Os custos de produção foram definidos pela soma dos custos fixos e variáveis. De acordo com Shang (1990), os custos fixos não mudam em função do volume produzido em um curto período, ao passo que os custos variáveis mudam. Os custos fixos anuais foram determinados pela manutenção dos equipamentos, mão de obra fixa com um empregado, depreciação e custo de oportunidade (6% a.a.). A remuneração do empresário foi considerada zero, uma vez que os cooperados trabalham em outras atividades e não recebem receitas da piscicultura. Os custos variáveis anuais foram impostos, energia, telefone, serviços com contador, dieta, alevinos, mão de obra variável, despesas gerais (5% dos custos variáveis, sendo possíveis custos que eventualmente não foram fornecidos pelos produtores) e juros sobre o capital circulante (6% a.a.). Todos os custos foram fornecidos pelos cooperados ou produtores. A receita líquida foi calculada considerando a produtividade e o preço de venda médio de R\$ 3,04/kg. O lucro foi calculado pela diferença entre a receita líquida e os custos de produção. As externalidades são efeitos negativos e/ou positivos, causados pela aquicultura ao meio ambiente e comunidades

humanas (PIGOU, 2005). As possíveis externalidades causadas pela piscicultura foram investigadas.

2.2.2 Dados Ambientais

Os pontos de coletas foram definidos pela disponibilidade dos tanques-rede no reservatório, os tanques-rede com alevinos e juvenis ficam separados dos tanques-rede contendo peixes adultos. Foram determinados três pontos de coleta, sendo: Próximo aos tanques-rede com peixes em estágio de alevinos e juvenis (P1, 20°15'647" S e 50°57'177" W); próximo aos tanques-rede com peixes em estágio adulto (P2, 20°15'749" S e 50°57'226" W); um ponto externo com 167 m de distância dos tanques-rede, considerado como controle (P3, 20°15'838" S e 50°57'226" W) (**Figura 3**).

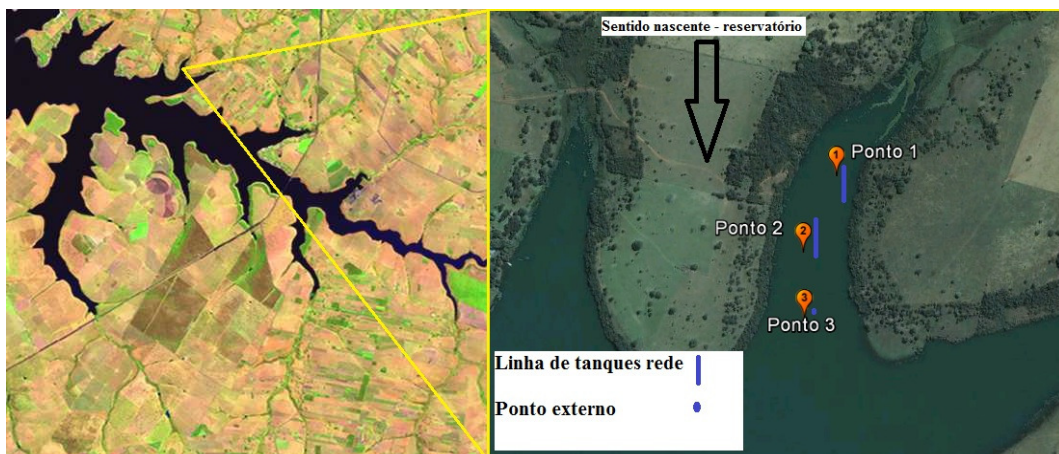


Figura 3. Localização dos pontos de coleta na piscicultura (fonte: http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/sp/htm0/sp18_24.htm, escala 1:50.000).

As análises ambientais foram obtidas de duas maneiras, *in situ* e por meio de coleta de amostras de água, que foram analisadas em laboratório. Todas as análises *in situ* e amostragens foram feitas a 1,5 m, que é a profundidade dos tanques-rede e ocorreram entre 9:00 e 11:00 horas. As coletas ocorreram em três períodos (28/03/2012, 31/05/2012 e 14/08/2012), como a produção não varia no decorrer do ciclo anual, as análises foram suficientes para que fossem aplicados

os indicadores. Os parâmetros medidos *in situ* foram: temperatura, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, condutividade elétrica, pH através de sonda multiparametros YSI ProPlus e a transparência foi obtida por meio de um disco de Secchi. As amostras de água foram coletadas com uma garrafa de van Dorn (**Figura 4**) em amostras combinadas e armazenadas em garrafas de polietileno. As amostras foram conduzidas ao Centro de Aquicultura da Unesp, e analisadas no laboratório de Ecologia Aquática, do Setor de Carcinicultura, em Jaboticabal – SP. Os parâmetros analisados foram: fósforo total, nitrogênio total, amônia, nitrito e nitrato. A média dos dados foram submetidas a análise de variância (ANOVA) por meio do software “Minitab 15”, depois comparadas com o teste de Tukey-Kramer.



Figure 4. Coleta de água usando uma garrafa de van Dorn a 1,5m de profundidade.

Amostras de peixes e rações foram coletadas e congeladas para análises em laboratório. Os peixes foram coletados diretamente dos tanques-rede em três tamanhos diferentes: alevinos com 1,5 g, juvenis com 75 g e adultos com 810 g. As amostras de rações foram: ração farelada com 50% de proteína bruta e ração extrusada com 32% de proteína bruta, com *pellets* médios (2-4 mm) e grandes (4-6 mm). Os animais e rações serviram para calcular as cargas de fósforo, nitrogênio, carbono e energia do sistema e o que ficou incorporado na biomassa dos animais. Foram usados métodos conhecidos para análises em laboratório

Tabela 1.

Tabela 1. Métodos usados no laboratório para as análises. *Análise nos animais e ração:* carbono nos animais (CA); carbono na ração (CR); fósforo nos animais (PA); fósforo na ração (PR); nitrogênio nos animais (NA); nitrogênio na ração (NR). *Análises na Água:* fósforo na água (PA); nitrogênio na água (NTK); amônia (N-amônia total); nitrato (N-nitrato); nitrito (N-nitrito). *Análises de sedimento:* Sedimentação (SD).

Variáveis	Métodos	Referência	Código
Animais e dieta			
CA e CR	Peso seco	AOAC 1995	920.153
PA e PR	Titulação	AOAC 1995	969.31
NA e NR	Digestão de ácido sulfúrico	AOAC 1995	928.08
Água			
P (P-Ortofosfato solúvel)	Digestão de persulfato	APHA 2005	4500-PB5
	Cloreto de estanho	APHA 2005	4500-P D
NTK (N-total)	Persulfato, redução de cádmio.	APHA 2005	4500-N C
N-nitrato	Redução de cádmio.	APHA 2005	4500 - NO3 - E
N-nitrito	Colorimétrico	APHA 2005	4500 - NO2 - B
N-amônia total	Fenato, colorimétrico.	APHA 2005	4500 - NH3
Sedimento			
SD	Gravimétrico	MUDROCH E MACKNIGHT (1991), ADAPTED BY WETZEL E LIKENS (1991)	

A taxa de sedimentação e o material em suspensão foram determinados usando coletores de tripton (**Figura 5**). O volume dos coletores é de 23,55 L e 392,5 cm² de área de superfície. As amostras foram coletadas com duplicatas em P1, P2 e P3. Os coletores foram fixados por 24 horas. Nos pontos P1 e P2, os coletores foram fixados abaixo dos tanques-rede, próximo ao fundo dos mesmos e entre dois tanques-rede a 50% de profundidade do ponto (P1, 14 m e P2, 14,6 m de profundidade). No ponto P3, foi fixado a 50% da profundidade do local (17,4 m de profundidade). Antes da fixação, os coletores foram preenchidos com água destilada, assegurando-se de que toda a sedimentação coletada tenha sido proveniente da piscicultura e do corpo hídrico.



Figura 5. Coletores de Tripton com 23,55 L e 392.5 cm² de superfície.

O material em suspensão foi determinado pelo método gravimétrico (MUDROCH & MACKNIGHT, 1991), com adaptação proposta por Wetzel & Likens (1991). A sedimentação foi determinada pela relação entre o volume dos coletores (L), a concentração de material em suspensão (mg/L), a superfície dos coletores (cm²) e o tempo de coleta (dias). A sedimentação do ponto P3 foi considerada como sedimentação natural do reservatório por não sofrer influência da piscicultura, assim, os valores obtidos nos pontos P1 e P2 subtraíram o valor obtido em P3.

Os resíduos de N, P, liberados no ambiente foram determinados pela diferença entre a concentração fornecida pela alimentação e a concentração obtida na biomassa seca dos animais na despesca.

2.3. Indicadores de sustentabilidade

2.3.1 Indicadores de sustentabilidade econômica

A análise de viabilidade do investimento foi feita com base em métodos comuns utilizados na aquicultura, de acordo com Shang (1990) e Jolly *et al.*, (1993). A taxa interna de retorno utilizou-se a taxa mínima de atratividade de 8,10% a.a. (referente à taxa de juros Selic no ano de 2012, tendo como fonte:

[http://www.receita.fazenda.gov.br/pagamentos/jrselic.htm#Taxa de Juros Selic](http://www.receita.fazenda.gov.br/pagamentos/jrselic.htm#Taxa_de_Juros_Selic),
acessado 01/05/2013).

2.3.1.1 Taxa Interna de Retorno (TIR)

$$\sum_{i=0}^n \frac{B_i - C_i}{(1 + TIR)^i} = 0$$

Sendo:

B_i = Benefício total no ano i , (receitas + externalidades positivas)

C_i = Custo total no ano i (capital + despesas operacionais + externalidades negativas);

n = horizonte do projeto.

Uma análise de sensibilidade (WICKINS & LEE, 2002) foi desenvolvida medindo a TIR com diferentes cenários levando em conta o valor de venda dos peixes e valor da dieta, a qual representou maior importância nas despesas operacionais.

2.3.1.2 Valor Presente Líquido (VPL)

$$VPL = \sum_{i=0}^n \frac{B_i - C_i}{(1 + r)^i}$$

Sendo:

B_i = Benefício total no ano i , (receitas + externalidades positivas);

C_i = Custo total no ano i (capital + despesas operacionais + externalidades negativas);

r = taxa de desconto do projeto (taxa de atratividade);

n = horizonte do projeto;

$i = 0, 1, 2, \dots, n$.

2.3.1.3 Relação Benefício/Custo (RBC)

$$RBC = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{Y_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=0}^n \frac{K_i}{(1+r)^i}}$$

Sendo:

Y_i = Benefício líquido anual no ano i (receita bruta + externalidades positivas - despesas operacionais - externalidades negativas);

K_i = Capital investido no ano i (investimento inicial + reinvestimentos);

r = taxa de desconto (taxa de atratividade);

n = horizonte da análise.

2.3.1.4 Relação Renda / Investimento (RRI)

Mede a renda gerada por unidade de capital investido.

RRI = Renda Anual / Investimento Inicial

Empreendimentos com investimento inicial menor e que gerem a mesma renda líquida são mais sustentáveis, pois correspondem a um uso mais eficiente do recurso capital.

2.3.1.5 Taxa de risco (TR)

Proporção de fatores de risco para aquicultura presentes no empreendimento. Serão considerados 17 fatores que elevam os riscos e os impactos negativos sobre a aquicultura:

1. Falta de Plano de Negócios na fase de planejamento para instalação.
2. O proprietário não tem capacitação técnica e/ou administrativa.
3. Há deficiências administrativas, sobretudo na logística e na solução de problemas.
4. Falta de fluxo comercial bem estabelecido para o produto, ou seja, o produtor precisa abrir o mercado.
5. Fazenda está instalada em Área de Proteção Permanente ou em outro local inadequado, sujeito a enchentes, poluição urbana, rural e industrial etc.
6. Falta de técnico responsável em tempo parcial ou integral.
7. Técnico responsável tem pouca experiência ou há alta rotatividade dos técnicos.

8. Não tem funcionários capacitados e não terceiriza serviços para melhorar a produção e administração ou para solucionar problemas.
9. A fazenda e os assessores técnicos não são capazes de lidar com enfermidades.
10. Falta de acesso dos proprietários e técnicos às informações técnicas, econômicas e de mercado.
11. Inexistência de supervisão noturna e nos finais de semana.
12. Falta de vigilância e sem sistemas de segurança contra furtos.
13. Prática de sistema intensivo, que usam muitos insumos e energia e operam próximos da capacidade de suporte do sistema aquícola.
14. Falta de sistemas de emergência para prevenir a interrupção do fornecimento de energia elétrica nas fazendas que dependem dessa energia para operar equipamentos vitais como aeradores.
15. Instabilidade institucional: há mudanças contínuas nas regras legais e nas agências de fomento, regulamentação e fiscalização.
16. Aglomeração: há proximidade de outras fazendas produzindo o mesmo organismo, o que gera o uso dos mesmos serviços ambientais e produz o mesmo tipo de poluição.
17. A fazenda enfrenta conflitos com a comunidade local e/ou ONGs.

TR = 1 – (nº. de fatores de risco presentes / nº. de fatores analisados).

Quanto maior for o valor do indicador, maior será a sustentabilidade.

2.3.1.6 Diversidade de Produtos (DP)

Número de produtos oferecidos pelo empreendimento.

DP = {1, 2, 3, 4, 5, 6, ..., n}.

2.3.1.7 Diversidade de Mercados (DM)

Número de mercados que absorvem a produção.

DM = {1, 2, 3, 4, 5, 6, ..., n}.

2.3.1.8 Lucro (L)

$L = RB - CT$

Receita Bruta (RB) menos o Custo de produção (CT = Custos fixos + Custos variáveis).

2.3.1.9 Renda Anual (RA)

Corresponde à Receita Bruta (RB), deduzidas as Despesas Operacionais da produção (DO), a Depreciação (D), os Impostos (I) e Taxas (T), ou seja, RA corresponde ao Lucro somado ao Custo de Oportunidade, Impostos e Taxas. O custo de oportunidade inclui: remuneração do proprietário, juros sobre capital fixo e circulante, e remuneração da terra.

$$RA = RB - DO - D - I - T$$

2.3.2 Indicadores de sustentabilidade Ambiental

Os indicadores de sustentabilidade ambiental foram aplicados de acordo com Boyd *et al.*, (2007), Valenti (2008), Valenti *et al.*, (2011). Os indicadores foram aplicados com base no uso, aproveitamento e eficiência dos recursos.

2.3.2.1 Uso do Espaço

Área usada por unidade de produção

$$E = \text{área usada} / \text{produção}$$

2.3.2.2 Dependência de Água

Volume de água usado por unidade de produção

$$A = \text{volume usado} / \text{produção}$$

2.3.2.3 Uso da Energia (E)

Mede o total de energia aplicada no sistema em suas várias formas (exemplo: alimento, fertilização, elétrica, combustível fóssil) por unidade de produção. Para a mão de obra foi considerado 500 kcal^{-h} (MELLO, 1986).

$$E = \text{energia aplicada} / \text{produção}$$

2.3.2.4 Uso do Nitrogênio

$$N = \text{massa de nitrogênio aplicada} / \text{produção}$$

2.3.2.5 Uso do Fósforo

$$P = \text{massa de fósforo aplicada} / \text{produção}$$

2.3.2.6 Uso do Carbono

C= massa de carbono aplicada / produção

2.3.2.7 Eficiência de energia

EE = Energia recuperada / energia aplicada

2.3.2.8 Eficiência do nitrogênio

EN= Nitrogênio recuperado / massa de nitrogênio aplicada

2.3.2.9 Eficiência do fósforo

EF= Fósforo recuperado / massa de fósforo aplicada

2.3.2.10 Eficiência do carbono

EC= Massa de carbono recuperado / massa de carbono aplicada

2.3.2.11 Produção efetivamente utilizada

Fração da massa de pescado produzida que é aproveitada para consumo humano ou usada de outras formas.

PEC = massa do pescado não consumida / massa total

2.3.2.12 Potencial de Poluição Orgânica (PPO)

PPO = Carga de Matéria Orgânica = massa de mat. org. liberada nos efluentes / massa do pescado produzido

2.3.2.13 Potencial de Assoreamento (PA)

PA = Carga de Material em Suspensão = massa de material em suspensão liberada nos efluentes / massa do pescado produzido

2.3.2.14 Potencial de poluição do nitrogênio

PN = (massa de nitrogênio aplicada – massa de nitrogênio recuperada) / massa produzida

2.3.2.15 Potencial de poluição do fósforo

PP = (massa de fósforo aplicada – massa de fósforo recuperada) / massa produzida

2.3.2.16 Potencial de poluição do carbono

PC = (massa de carbono aplicada – massa de carbono recuperada) / massa produzida

2.3.2.17 Perda de energia

PE = (massa de energia aplicada – massa de energia recuperada) / massa produzida

3. RESULTADOS

3.1 Resultados econômicos

Os indicadores de sustentabilidade reduziram a complexidade do sistema de produção adotado como modelo e permitiram identificar falhas diretas e indiretas. A cadeia produtiva não foi avaliada diretamente, no entanto, a análise mostrou uma fragilidade. O modelo de produção estudado está inserido em um grande reservatório, com espécies atrativas para pesca esportiva. As cidades banhadas pelo reservatório são beneficiadas com o turismo da pesca esportiva, o que acaba inibindo a instalação de outros mercados como pesque-pague que remunerariam melhor os produtores. No entanto a vasta fonte de recursos hídricos e a concessão de parques aquícolas atraem para a região unidades de beneficiamento que contemplam grande parte da cadeia produtiva, como a engorda em pisciculturas próprias, beneficiamento do pescado em filé, processamento dos resíduos em matéria-prima para ração. Posteriormente, o subproduto é transformado em dieta a um baixo custo. No entanto ao comprarem pescados produzidos por pequenos produtores da região, pagam um valor que não remuneram suficientemente esses produtores, enfraquecendo a cadeia produtiva e tornando o investimento inviável (**Figura 6**).

Cadeia produtiva

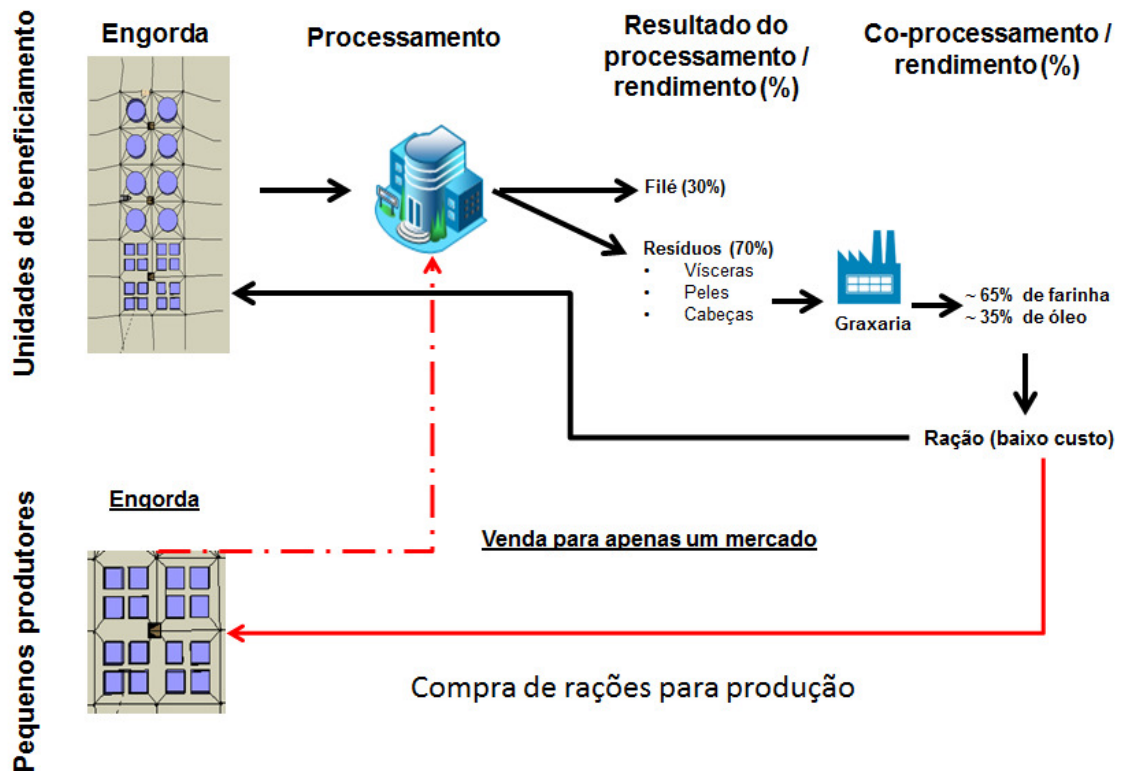


Figura 6. Cadeia produtiva na região de Santa Fé do Sul, mostrando as interações entre grandes e pequenos produtores e a limitação de mercado dos pequenos produtores.

O investimento inicial do modelo estudado foi de R\$ 101.481,00, a depreciação foi de R\$ 5.595,03 e a manutenção R\$ 2.029,62 (Tabela 2). Os tanques-rede representam o item do investimento mais expressivo com aproximadamente 78,16%, o custo dos tanques-rede foi de R\$ 79.320,00.

Tabela 2. Investimento inicial para a instalação da produção de tilápias-do-nylo em tanques-rede com 128 tanques-rede.

	Valor unitário (R\$)	Quantidade (n°)	Total (R\$)	Vida útil (anos)	Depreciação (R\$/ano)	Manutenção (R\$)	Participação (%)
Balança suspensa	R\$ 40,00	1	R\$ 40,00	2	R\$ 20,00	R\$ 0,80	0,04
Balde	R\$ 5,00	10	R\$ 50,00	2	R\$ 25,00	R\$ 1,00	0,05
Bandeja	R\$ 4,00	2	R\$ 8,00	2	R\$ 4,00	R\$ 0,16	0,01
Puçá	R\$ 80,00	2	R\$ 160,00	2	R\$ 80,00	R\$ 3,20	0,16
Carrinho de Obra	R\$ 100,00	1	R\$ 100,00	4	R\$ 25,00	R\$ 2,00	0,1
Sacola de Pesagem	R\$ 20,00	4	R\$ 80,00	4	R\$ 20,00	R\$ 1,60	0,08
Pá de aração	R\$ 10,00	3	R\$ 30,00	5	R\$ 6,00	R\$ 0,60	0,03
Lava Jato	R\$ 915,00	1	R\$ 915,00	5	R\$ 183,00	R\$ 18,30	0,9
Tanques-rede	R\$ 600,00	120	R\$ 72.000,00	20	R\$ 3.600,00	R\$ 1.440,00	70,94
Tanques-rede Grande	R\$ 915,00	8	R\$ 7.320,00	20	R\$ 366,00	R\$ 146,40	7,22
Bomba de água	R\$ 630,00	2	R\$ 1.260,00	10	R\$ 126,00	R\$ 25,20	1,24
Mangueira para bomba	R\$ 12,00	12	R\$ 144,00	3	R\$ 48,00	R\$ 2,88	0,14
Depósito de Madeira	R\$ 3.000,00	1	R\$ 3.000,00	20	R\$ 150,00	R\$ 60,00	2,96
Estaleiro Madeira	R\$ 5.000,00	1	R\$ 5.000,00	20	R\$ 250,00	R\$ 100,00	4,93
Motor	R\$ 3.700,00	2	R\$ 7.400,00	15	R\$ 493,33	R\$ 148,00	7,29
Barco	R\$ 3.800,00	1	R\$ 3.800,00	20	R\$ 190,00	R\$ 76,00	3,74
Extensão Elétrica	R\$ 2,90	60	R\$ 174,00	20	R\$ 8,70	R\$ 3,48	0,17
Total	R\$ 18.833,90		R\$ 101.481,00		R\$ 5.595,03	R\$ 2.029,62	100

Os custos de produção entre 2010 e 2011, são apresentados nas **Figuras 7 e 8**, respectivamente, foram: dieta, 2010 (76%) e 2011 (80%); alevinos, 2010 (7%) e 2011 (8%); trabalho, 2010 (5%) e 2011 (5%); re-investimentos, 2010 (5%) e 2011 (2%); impostos, 2010 (3%) e 2011 (1%).

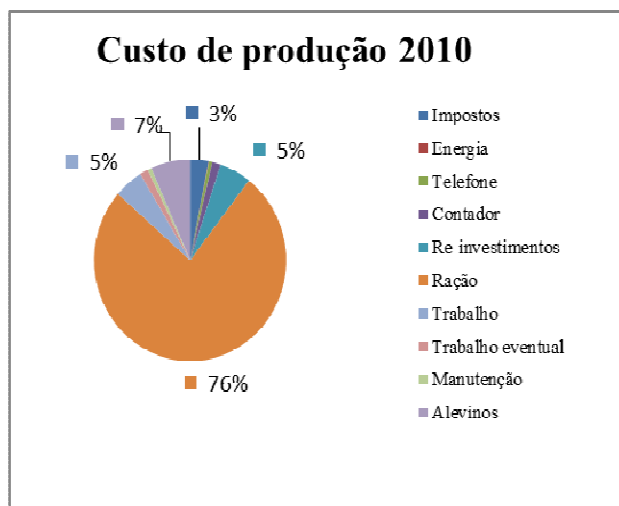


Figura 7. Principais custos de produção (%) em 2010, itens de baixo valor foram menores que 3%.

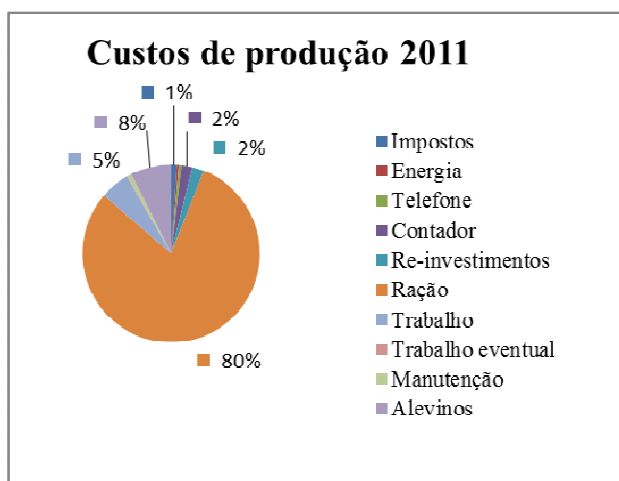


Figura 8. Principais custos de produção (%) em 2011, itens de baixo valor representam menos que 3%.

A média dos custos variáveis entre 2010 e 2011 foi R\$ 290.367,07, a dieta foi o principal item com R\$ 226.218,02, os alevinos representaram R\$ 20.350,00. A média dos custos fixos entre 2010 e 2011 foi R\$ 25.441,11, e o trabalho foi o item mais expressivo com R\$ 14.774,89. O custo operacional (CO) representou o que foi pago pelo produtor durante o processo de produção, incluindo depreciação anual, investimento e custo de oportunidade, o valor médio entre 2010 e 2011 foi R\$ 315.811,17 (**Tabela 3**).

A produção média foi 100.843 kg/ano, o valor de venda médio das tilápias foi R\$ 3,04/kg. A receita bruta média baseada na produtividade e valor de venda foi R\$ 306.562,72. Não foram detectadas externalidades positivas ou negativas.

Tabela 3. Médias anuais dos custos variáveis e fixos de produção em 2010 e 2011.

	2010		2011		Média
1.Custos variáveis					
Xerox	R\$	138,45	R\$	148,40	R\$ 143,43
Reunião	R\$	95,00	R\$	830,00	R\$ 462,50
Energia	R\$	188,13	R\$	974,43	R\$ 581,28
Telefonia	R\$	1.751,03	R\$	1.296,80	R\$ 1.523,92
Contador *	R\$	4.535,00	R\$	5.240,00	R\$ 4.887,50
Ração	R\$	238.097,59	R\$	214.338,45	R\$ 226.218,02
Trabalho eventual	R\$	4.365,52	R\$	360,00	R\$ 2.362,76
Alevinos	R\$	20.800,00	R\$	19.900,00	R\$ 20.350,00
Outros custos	R\$	10.832,41	R\$	6.874,65	R\$ 8.853,53
Despesas gerais (5%, custos variáveis)	R\$	14.040,16	R\$	12.498,14	R\$ 13.269,15
Impostos	R\$	2.768,24	R\$	2.768,24	R\$ 2.768,24
Juros sobre capital circulante (6% a.a.)	R\$	9.447,42	R\$	8.446,08	R\$ 8.946,75
Total	R\$	307.058,95	R\$	273.675,18	R\$ 290.367,07
2.Custos fixos					
Trabalho fixo	R\$	15.272,70	R\$	14.277,07	R\$ 14.774,89
Custo oportunidade (6% a.a.)	R\$	3.044,43	R\$	3.044,43	R\$ 3.044,43
Depreciação	R\$	5.595,03	R\$	5.595,03	R\$ 5.595,03
Manutenção	R\$	2.029,76	R\$	2.029,76	R\$ 2.029,76
Total	R\$	25.941,93	R\$	24.946,30	R\$ 25.441,11
3.Custo operacional	R\$	333.000,87	R\$	298.621,48	R\$ 315.811,17
4.Receita bruta	R\$	306.562,72	R\$	306.562,72	R\$ 306.562,72

*Serviços com contador contratado por serviços prestados.

Os itens detectados como causadores de risco estão relacionados a recursos humanos. Foram identificados 6 itens dos 17 aplicados e estão apresentados na **Tabela 4**.

Tabela 4. Itens identificados como fator de risco.

1. Falta de Plano de Negócios na fase de planejamento para instalação.
3. Há deficiências administrativas, sobretudo na logística e na solução de problemas.
4. Falta de fluxo comercial bem estabelecido para o produto, ou seja, o produtor precisa abrir o mercado.

6. Falta de técnico responsável em tempo parcial ou integral.

8. Não tem funcionários capacitados e não terceiriza serviços para melhorar a produção e administração ou para solucionar problemas.

9. A fazenda e os assessores técnicos não são capazes de lidar com enfermidades.

Os indicadores econômicos mostraram a inviabilidade do projeto (**Tabela 5**), a taxa interna de retorno (1,7 %) obteve um valor muito abaixo da taxa mínima de atratividade (8,1 %). O valor presente líquido (R\$ -132.505,49) mostrou a inviabilidade do projeto. A relação benefício/custo (RBC) mostrou que para cada R\$ 1,00 investido o projeto rendeu apenas R\$ 1,49. A relação renda investimento (0,06% a.a.) mostrou que o investimento gerou um baixo retorno no decorrer do projeto. A taxa de risco (0,647) identificou 06 itens de risco de 17 possíveis riscos aplicados. A diversidade de produto (1) refere-se à única espécie produzida. A diversidade de mercado (1) talvez tenha sido o principal fator negativo encontrado, uma vez que o mercado da região não remunera o suficiente o produtor. O lucro (R\$ -5.950,28) mostra o que sobra para o produtor após pagar todos os custos de produção e os custos de oportunidade. A receita anual (R\$ 6.028,95) mostra o que o produtor resgata após pagar apenas os custos operacionais.

Tabela 5. Resultados dos indicadores financeiros: Taxa interna de retorno (TIR); Valor presente líquido (VPL); Relação benefício/custo (RBC); relação renda investimento (RRI); Taxa de risco (TR); Diversidade de produto (DP); Diversidade de mercado (DM); Lucro (L); Receita anual (RA).

Indicadores financeiros	Resultados	Observação
TIR	1.7 %	
VPL	R\$ -132.505,49	Taxa de desconto 8,5% por ano
RBC	R\$ 1,49	A cada R\$ 1,00 investido
RRI	0,06 %	
TR	0,647	Veja a Tabela 5
DP	1	
DM	1	
L	(R\$ -5.950,28)	
RA	R\$ 6.028,95	

A análise de sensibilidade da TIR é apresentada na **Tabela 6**. O cenário base ou valores praticados na ocasião do estudo estão representados por valores atuais. Foram avaliados vinte e cinco cenários, apenas seis tiveram taxas mínimas de retorno acima da taxa mínima de atratividade (8,10 % ao ano). Observou-se que uma variação de -10% no valor da ração ou +10% no valor da venda dos peixes seriam suficientes para que o modelo de produção estudado apresentasse uma TIR aceitável.

Tabela 6. Taxa interna de retorno % a.a. (TIR) simulação da análise de risco considerando a variação dos itens de produção (Valor de venda e valor da dieta).

	TIR (% por ano)	Valor da dieta				
		- 10% (R\$ 1,25)	- 5% (R\$ 1,33)	R\$ 1,40 *	+ 5% (R\$1,47)	+ 5% (R\$ 1,538)
Preço de venda	-10% (R\$ 2,75)	(-0,9)	(-5,1)	(-9,1)	(-13)	(-16,7)
	-5% (R\$ 2,90)	4,5	0,3	(-3,8)	(-7,7)	(-11,5)
	R\$ 3,04 *	10,2 **	5,9	1,7	(-2,3)	(-6,1)
	+ 5% (R\$ 3,21)	15,4 **	11**	6,8	2,8	(-1,1)
	+ 10% (R\$ 3,35)	20,5 **	16,1 **	11,8**	7,7	3,8

* Valores atuais

**Simulações em que os valores foram maiores que a taxa mínima de atratividade (8,1%).

O fluxo de caixa demonstra a liquidez do projeto. Os resultados foram apresentados na **Tabela 7**. O balanço do fluxo de caixa em uma projeção de 10 anos mostrou que o único ano que apresentou resultados positivos foi o ano 10 onde o valor residual e o capital de giro voltam para o investidor.

Tabela 7. Projeção anual do fluxo de caixa da piscicultura em um horizonte de 10 anos.

Anos	Receita bruta	Valor residual	Capital de giro	Investimentos	Custos operacionais	Fluxo de caixa	Balanço
0			R\$ (182.498,13)	R\$ (101.488,12)			R\$ (283.986,25)
1	R\$ 248.685,54				R\$ (314.913,99)	R\$ (66.228,45)	R\$ (350.214,70)
2	R\$ 370.215,85			R\$ (258,00)	R\$ (281.535,94)	R\$ 88.421,91	R\$ (261.534,79)
3	R\$ 248.685,54			R\$ (144,00)	R\$ (313.918,36)	R\$ (65.376,82)	R\$ (326.767,61)
4	R\$ 370.215,85			R\$ (438,00)	R\$ (281.535,94)	R\$ 88.241,91	R\$ (238.087,70)
5	R\$ 248.685,54			R\$ (945,00)	R\$ (313.918,36)	R\$ (66.177,82)	R\$ (303.320,52)

6	R\$ 370.215,85			R\$ (402,00)	R\$ (281.535,94)	R\$ 88.277,91	R\$ (214.640,61)
7	R\$ 248.685,54			R\$ -	R\$ (313.918,36)	R\$ (65.232,82)	R\$ (279.873,43)
8	R\$ 370.215,85			R\$ (696,00)	R\$ (281.535,94)	R\$ 87.983,91	R\$ (191.193,52)
9	R\$ 248.685,54			R\$ (144,00)	R\$ (313.918,36)	R\$ (65.376,82)	R\$ (256.426,33)
10	R\$ 370.215,85	R\$ 41.569,55	R\$ 182.498,13	R\$ (2.463,00)	R\$ (281.535,94)	R\$ 310.278,60	R\$ 56.321,26

Células com números entre parênteses são valores negativos.

3.2. Sustentabilidade Ambiental

Os valores dos parâmetros de água não apresentaram diferenças significativas para a maioria das variáveis ($p > 0,05$). Apenas o pH foi significativamente diferente ($p = 0,05$) sendo menor no P2 que P3 (**Tabela 8**).

Tabela 8. Parâmetros de água (media \pm desvio padrão) em dois pontos de coleta na piscicultura e um ponto externo. Os parâmetros foram temperatura (T), oxigênio dissolvido (OD), % saturação (%S), condutividade (CON), fósforo total (P), nitrogênio total (NTK) e na forma de amônia (N-NH₃), nitrito (N-NO₂⁻) e nitrato (N-NO₃⁻).

Parâmetros de água	Pontos de Amostragem		
	P1	P2	P3
T (°C)	26,1 \pm 2,8	26,1 \pm 2,8	26,1 \pm 2,8
DO (mg L ⁻¹)	6,5 \pm 1,3	5,0 \pm 1,6	6,9 \pm 1,3
% S	82 \pm 12	66 \pm 12	87 \pm 7
pH *	7,00 \pm 0,0651ab	6,93 \pm 0,0353 a	7,17 \pm 0,0581 b
CON (μ S cm ⁻¹)	48,8 \pm 2,84	49,43 \pm 2,78	48,57 \pm 2,75
P (μ g L ⁻¹)	7,83 \pm 0,01	9,67 \pm 0,01	9,17 \pm 0,01
NTK (mg L ⁻¹)	0,45 \pm 0,31	0,58 \pm 0,34	0,39 \pm 2,08
N-Amônia total (mg L ⁻¹)	0,11 \pm 0,00	0,25 \pm 0,07	0,11 \pm 0,02
N-nitrito (μ g L ⁻¹)	2,43 \pm 0,00	3,4 \pm 0,00	1,9 \pm 0,00
N-nitrato (mg L ⁻¹)	0,10 \pm 0,00	0,12 \pm 0,00	0,12 \pm 0,01

Por outro lado, os gráficos mostraram que os parâmetros de água tiveram comportamentos similares, porém apresentaram uma influência maior da piscicultura em P2 onde a produção é mais intensa **Figura 9**. As concentrações de oxigênio dissolvido em P2 foram menores em relação a P1 e P3, ao passo que a concentração de amônia total foi mais alta. A concentração de fósforo em P1 foi muito alta no mês de maio, comparado a P2 e P3. Nessa variável, os valores de P2 e P3 apresentaram-se próximos ao longo do cultivo, diferindo dos valores de

P1. Nitrito, nitrato, e nitrogênio Kjeldahl tiveram concentrações mais baixas em P1 comparados com P2. Durante todas as coletas, os dias estavam ensolarados e com pouco ou nenhum vento.

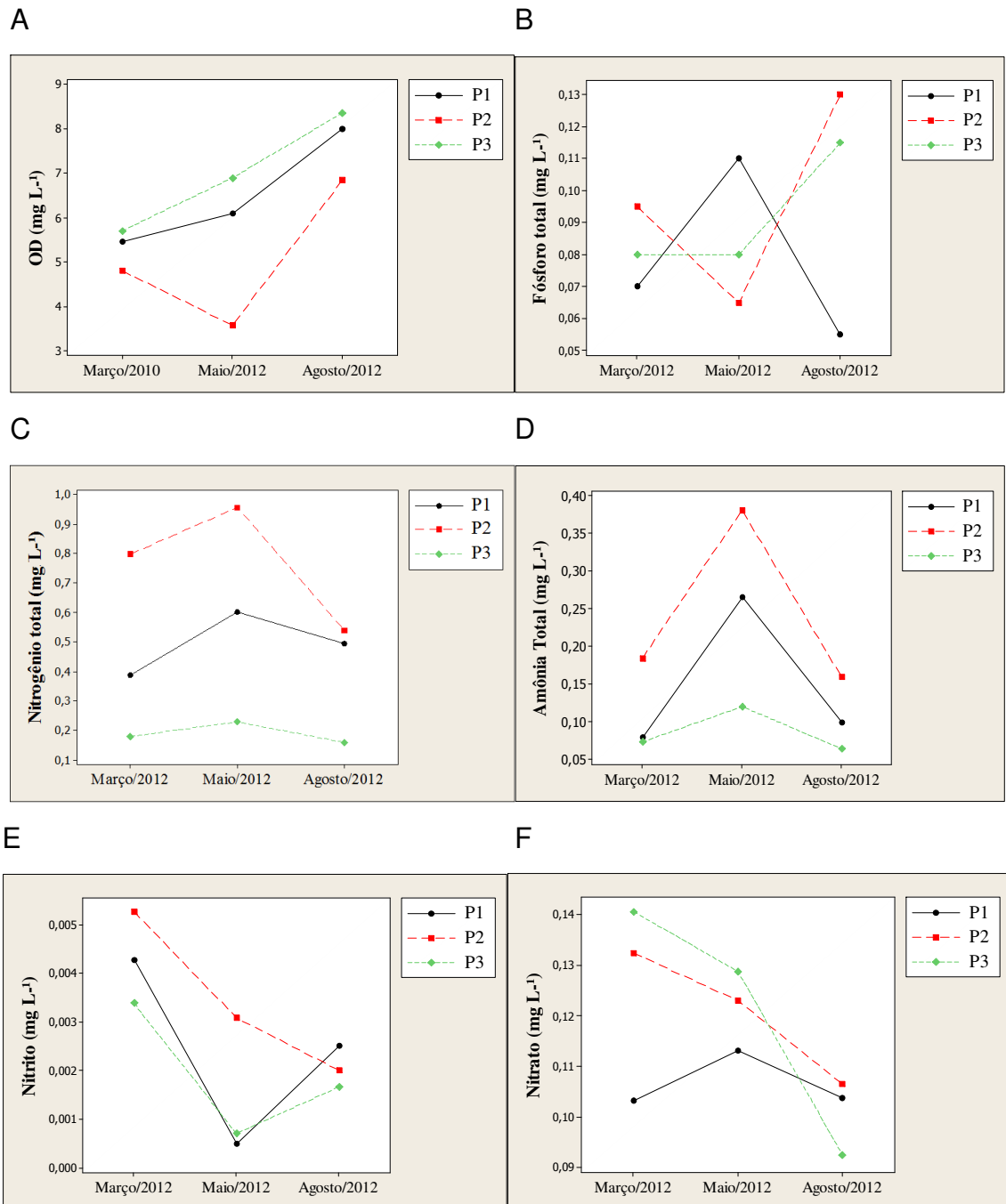


Figura 9. Resultados das análises de água em P1, P2 e P3. A. Oxigênio dissolvido (OD); B. Fósforo total (P); C. Nitrogênio total Kjeldahl (NTK); D. Amônia (NH₃); E. Nitrito (N-NO₂⁻); F. Nitrato (N-NO₃⁻).

A concentração de P, N, C e E na dieta e nos animais analisados estão ilustradas nas **Figuras 10, 11, 12 e 13**. As concentrações de P e N foram maiores na dieta farelada (P = 2,37 g/kg; N = 8,50 g/kg), em relação às dietas com *pellets* médios (P = 1,51 g/kg; N = 6,67 g/kg) e *pellets* grandes (P = 1,35 g/kg; N = 5,23 g/kg). Resultados similares foram observados nos animais, nos quais a concentração de P e N foram maiores em alevinos (P = 3,27 g/kg; N = 10,03 g/kg) em relação aos juvenis (P = 1,90 g/kg; N = 8,87 g/kg) e adultos (P = 1,84 g/kg; N = 7,28 g/kg). O carbono foi aproximadamente 45% nos animais e na dieta. A concentração de energia foi maior nos adultos (26,13 j/g), em relação a alevinos (18,74 j/g) e juvenis (24,36 j/g).

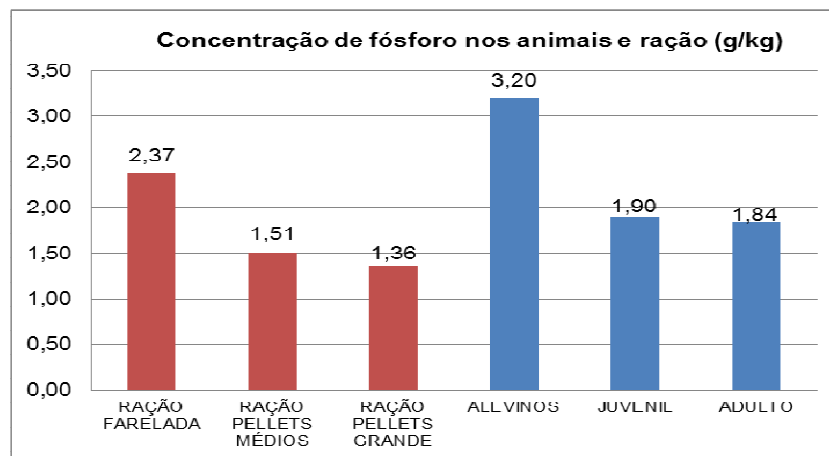


Figura 10. Concentração de fósforo em g/kg nos animais e na ração.

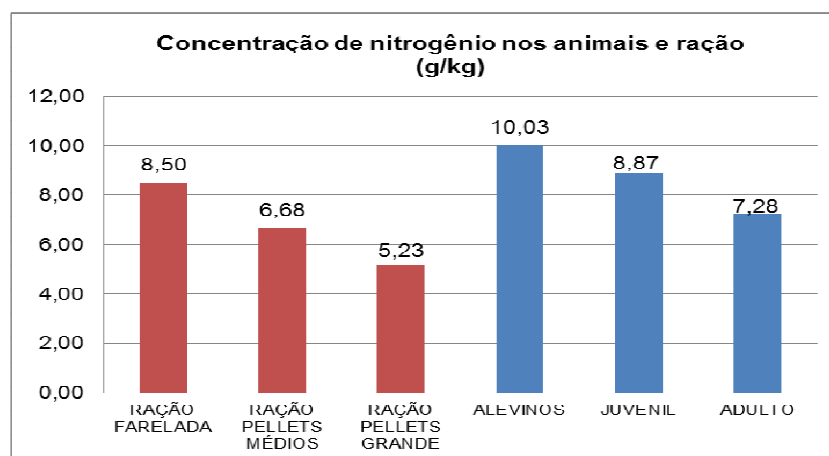


Figura 11. Concentração de nitrogênio em g/kg nos animais e na ração.

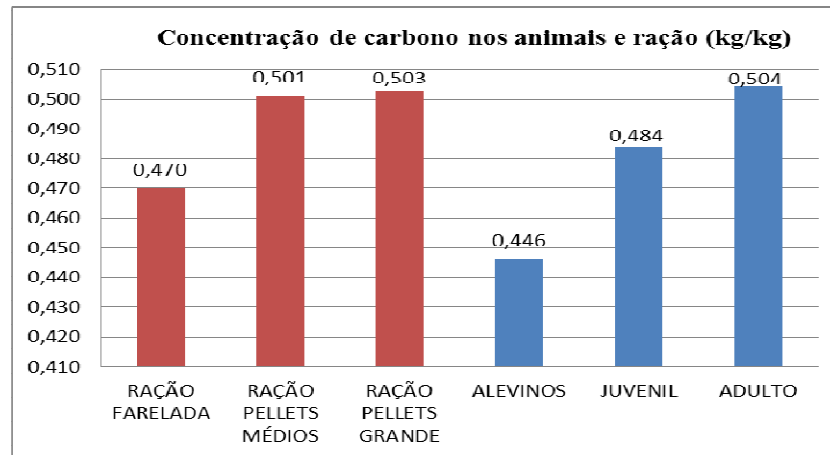


Figura 12. Concentração de carbono em kg/kg nos animais e na ração.

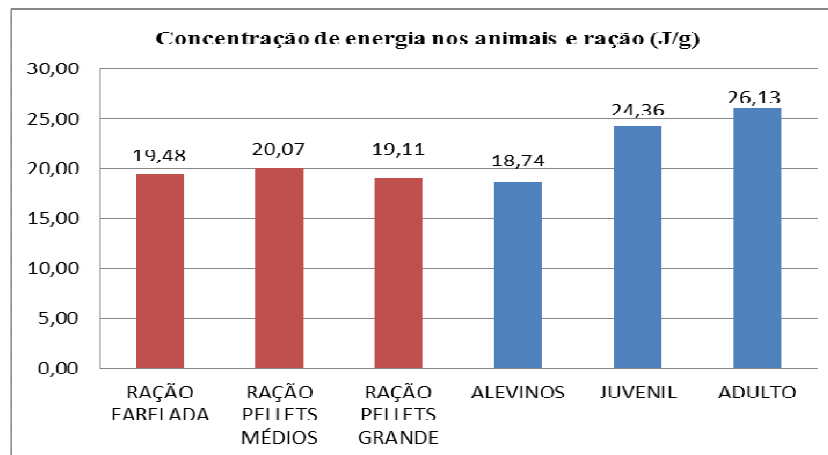


Figura 13. Concentração de energia em J/g nos animais e na ração.

O material em suspensão e a taxa de sedimentação nos pontos P1, P2 e P3 são apresentados na **Tabela 9**. O ponto de coleta P2 apresentou um maior material em suspensão e taxa de sedimentação em relação a P1 (**Figura 14 e Figura 15**), Já o ponto P3 foi considerado como sedimentação natural do rio, os valores coletados nos pontos P1 e P2 subtraíram o valor obtido em P3 (**Tabela 9**).

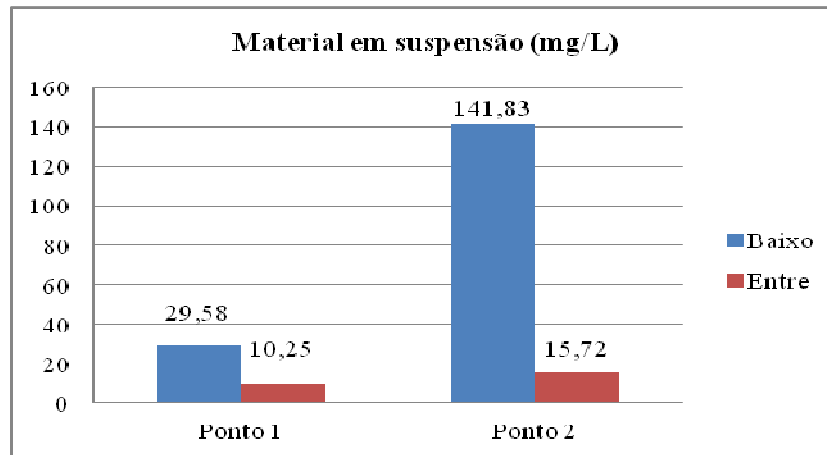


Figura 14. Material em suspensão (mg/L) P1 e P2 em baixo e entre os tanques-rede coletados durante 24 horas de fixação dos coletores incluindo a sedimentação natural do reservatório.

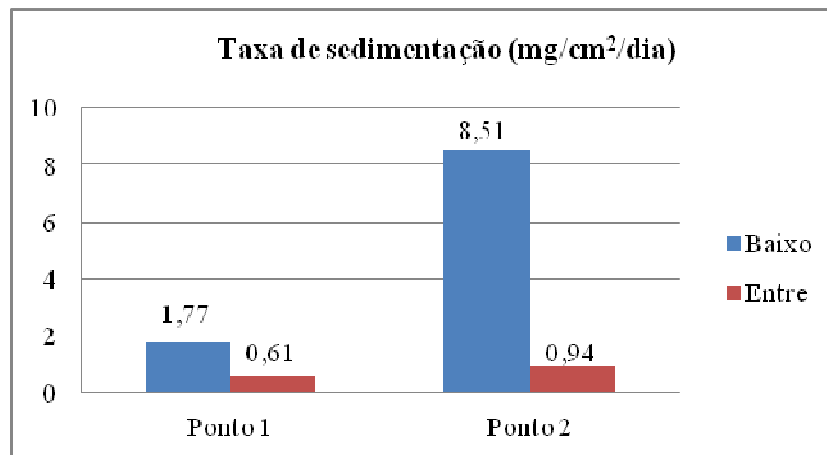


Figura 15. Taxa de sedimentação (mg/cm²/dia) P1 e P2 em baixo e entre os tanques-rede coletados durante 24 horas de fixação dos coletores incluindo a sedimentação natural do reservatório.

Tabela 9. Material em suspensão e taxa de sedimentação nos pontos P1 (alevinos), P2 (fase final) e P3 (ponto externo) (média \pm desvio padrão).

	P1		P2		P3
	A	B	A	B	
Material em suspensão total (mg/L)	29,58 \pm 7,87	10,25 \pm 9,03	141,83 \pm 17,73	15,72 \pm 4,39	6,95 \pm 1,73
Taxa de sedimentação (mg/cm ² /dia)	1,77 \pm 0,09	0,61 \pm 0,54	8,51 \pm 1,06	0,94 \pm 0,26	0,41 \pm 0,10
Material em suspensão originado pela piscicultura (mg/L) *	22,63	3,3	134,88	8,77	-
Taxa de sedimentação originado pela piscicultura (mg/cm ² /dia) **	1,35	0,19	8,09	0,53	-
Potencial de assoreamento (t/t)	0,42				
Potencial de poluição orgânica (t/t)	0,04				

A Em baixo dos tanques-rede

B Entre os tanques-rede

* (Descontando a sedimentação natural do rio, P3) / ** (Descontando a sedimentação natural rio, P3).

A produtividade média anual da piscicultura foi de 100.843 kg de peixes, com peso seco de 26.723 kg (26,5%). A quantidade de dieta fornecida foi de 164.608,27 kg (peso úmido) e 148.147,44 kg (peso seco) (**Tabela 10**). A conversão alimentar se refere à produtividade em função da quantidade de ração fornecida. A conversão alimentar aparente convencional foi de 1,63 kg de ração com peso úmido para cada 1 kg de peixe com peso úmido produzido. Entretanto a conversão alimentar considerando peso seco foi de 5,54 kg de ração para cada 1 kg de peixe produzido (**Tabela 10**).

Tabela 10. Balanço entre peso molhado e úmido dos peixes e dieta fornecida.

Itens	Quantidade	%
Peso úmido da dieta (kg)	164.608,27	
Peso seco da dieta (kg)	148.147,44	90
Peso úmido da biomassa de peixes (kg)	100.843,00	
Peso seco da biomassa de peixes (kg)	26.723,40	26,5
Conversão alimentar aparente (Dieta úmida fornecida / produtividade úmida)	1,63	
Conversão alimentar (Dieta peso seco / produtividade peso seco)	5,54	

Os indicadores que mediram os aspectos ambientais e aos recursos utilizados estão descritos na **Tabela 11**. A tabela mostra a quantidade de recursos

área e água e dos nutrientes P, N e C utilizados para produzir uma unidade de produção (t).

Tabela 11. Indicadores de sustentabilidade ambiental referente aos recursos usados. Área usada (AU), dependência de água (DA), utilização de fósforo (UP), utilização de nitrogênio (UN), utilização de carbono (UC) e utilização de energia (UE).

Indicadores ambientais	Recursos usados	Observação
AU (m ² /t)	5,48	Baseado na área de superfície dos tanques-rede
DA (m ³ /t)	8,57	Baseado no volume dos tanques-rede
UP (kg/t)	2,03	
UN (kg/t)	7,91	
UC (t/t)	0,5	
UE (MJ/t)	375,13	

A eficiência dos nutrientes se refere à quantidade incorporada nos peixes em relação à quantidade fornecida. A eficiência na utilização de P (24,03%), N (24,36%) e C (26,72%) foram similares como mostra a **Tabela 12**.

Tabela 12. Indicadores de sustentabilidade referente à eficiência do uso dos recursos. A eficiência dos nutrientes contidos na dieta, como energia (EE), fósforo (EP), nitrogênio (EN) e carbono (EC) e a produção efetivamente utilizada (PEU).

Indicadores ambientais	Eficiência	Porcentagem (%)
EE (MJ/MJ)	0,06	6,96
EP (kg/kg)	0,240	24,03
EN (kg/kg)	0,243	24,30
EC (kg/kg)	0,269	26,93
PEU (kg)	100,843	100

Anualmente, a estimativa dos resíduos gerados pela piscicultura é de 155,55 kg de fósforo, 603,74 kg de nitrogênio e 36.652,31 kg de carbono, como mostra a **Tabela 13**. Esses resíduos geram um potencial de 0,0015 kg para fósforo, 0,0059 kg para nitrogênio e 0,3634 kg para carbono por tonelada de pescado produzido. O desperdício de energia foi de 0,34 MJ por tonelada produzida.

Tabela 13. Indicadores de sustentabilidade ambiental que avaliam o balanço dos nutrientes da piscicultura e o potencial de poluição dos resíduos, fósforo (P), nitrogênio (N), carbono (C) e energia (E).

	Fornecido	Incorporado	Resíduo	%	Potencial de poluição/energia perdida
P (kg)	204,76	49,21	155,55	24,03	0,0015
N (kg)	798,21	194,46	603,74	24,36	0,0059
C (kg)	50.013,48	13.361,17	36.652,31	26,72	0,3634
E (MJ)	37.829,60	2.635,06	35.194,54	6,97	0,3490

4. DISCUSSÃO

O modelo estudado de piscicultura de tilápias em tanques-rede apresentou baixa sustentabilidade econômica e ambiental. O investimento inicial da piscicultura foi de R\$ 101.488,12, os tanques-rede foram os itens mais caros com 78,16%, sendo 120 tanques-rede com 6 m³ e 8 com 18 m³. Embora sistema em tanques-rede possa apresentar um investimento inicial de 30 a 40% menor que uma produção em viveiros escavados para produzir mesmo volume de pescado (OSTRENSKY *et al.*, 2008), a análise de investimento mostrou que no decorrer dos 10 anos de projeto não houve retorno do valor investido. O volume dos tanques pode ter influência direta nos custos de produção, uma vez que tanques-rede de menor volume podem apresentar um custo maior no decorrer do cultivo, apresentando menor retorno líquido em relação a tanques-rede de maior volume (NOVAES, 2010).

Na análise de custos de produção, os custos variáveis médios foram responsáveis por 91,94% e custos fixos responsáveis por 8,05% dos custos totais. Os resultados mostraram que o modelo estudado não é viável economicamente. A limitação de mercado e a dependência de dieta industrializada, responsável por 79% dos custos variáveis de produção, foram os fatores que mais contribuíram para os resultados obtidos. Apesar do custo da ração ser o mesmo praticado em outras regiões, a limitação de mercado coloca a sustentabilidade da atividade em questão. O turismo de pesca esportiva é uma importante atividade econômica na região, incentivada pelas cidades banhadas pelo reservatório de Ilha Solteira (observação pessoal). Essa prática limita a

instalação de outras atividades que poderiam pagar um valor maior para os peixes como "pesque e pague". Rodrigues (2012) avaliou economicamente o policultivo de tilápias-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) com camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) em sistema multitrófico e multiespacial em viveiros naturais, concluiu que o mercado para o consumo humano é inviável devido ao preço pago aos produtores. O autor indicou o mercado de pesque-pague como alternativa, entretanto o estudo mostra que é inviável a instalação deste mercado na região.

As unidades beneficiadoras de pescado constituem o principal mercado na região, contemplando grande parte da cadeia produtiva como a engorda, processamento do pescado, co-processamento dos resíduos e fabricação da própria ração. O peixe processado gera 30% de filé com grande aceitação no mercado interno e externo (MALLASEN *et al.*, 2008). Após o beneficiamento, 70% é considerado resíduo com alto teor proteico (OETTERER, 2002). O resíduo processado proveniente de peixes com peso médio de 800g gera aproximadamente 65% de farinha de peixe e 35% de óleo (VIDOTTI *et al.*, 2011). Baseando-se nos dados de Vidotti *et al.*, (2011), o lucro de uma graxaria após processar o subproduto proveniente de uma piscicultura semelhante a do estudo, é de R\$ 67.667,00/ano. Considerando que as unidades de beneficiamento lucram com esses subprodutos como insumo para a produção de ração, a possibilidade de redução no preço existe e precisa ser investigada.

No cultivo de tilápias em tanques-rede, outro fator importante é o manejo alimentar. Atualmente há uma tendência seguida pelos produtores de tilápias em tanques-rede, de fornecer ração com 32% de garantia de proteína até o final do ciclo de produção. Entretanto, os níveis de garantia de proteína podem ser reduzidos em até 25% durante o cultivo sem efeito sobre o crescimento dos peixes (ABDEL-TAWWAB *et al.*, 2009). Esses fatores afetam diretamente os custos variáveis de produção bem como os indicadores econômicos.

Desses indicadores, a taxa interna de retorno (TIR) obtida nesse estudo foi de 1,7%. Esse valor é muito abaixo da taxa de atratividade, que é de 8,1%. Uma simulação da TIR variando o preço de venda dos peixes e o valor pago pela ração mostrou que uma redução de 5 a 10% no valor da ração viabilizaria o projeto.

Sistemas que dependam menos de ração e tenham um alto valor no produto final, como o cultivo de peixe palhaço (*Amphiprion ocellaris*) em sistema de recirculação, podem alcançar TIR de até 58,23%. Considerando-se que a ração é responsável por apenas 11% dos custos de produção (KODAMA *et al.*, 2011). A simulação mostrou também, que um aumento de 10% no valor de venda do pescado seria o suficiente para que se obtivesse um resultado acima da taxa mínima de atratividade. Com isso, observou-se que se houver uma possível variação de mercado, que remunere mais o produtor, seria o suficiente para que o projeto se tornasse economicamente viável. O valor presente líquido (R\$ - 132.510,99) indica que a rentabilidade desejada não é atingida no decorrer dos 10 anos projetados.

A frágil cadeia produtiva e a falta de governança entre o setor público e privado é um fator a ser considerado. A China é o maior produtor de pescado do mundo e sua cadeia é tão forte que a exportação de seu produto serve como condição para transações internacionais. Em 2010 o governo Chinês impôs como contrapartida para importar carne bovina brasileira, a abertura de portas para o pescado Chinês, além disso, o governo subsidia impostos na ração, produzindo a um baixo custo e promovendo uma concorrência desleal com o produto interno (CAMPOS, 2010; SUSSEL, 2013). A ausência na proteção do produto interno por parte do governo, a dificuldade dos aquicultores em terem acesso ao crédito e a lentidão para se conseguir o licenciamento ambiental, acabam inibindo o crescimento do setor (SUSSEL, 2013).

A sustentabilidade ambiental também é um fator importante no processo de produção, além do sistema estar inserido em um recurso vital e de múltiplos usos é importante que se avalie o efluente liberado pela atividade e os impactos que estes possam gerar. Os resultados mostram que a produção causa pequenas alterações na qualidade da água no entorno dos tanques-rede, isso pode ser atribuído à capacidade do sistema em assimilar os nutrientes e matéria orgânica provenientes dos tanques-rede (MALLASEN *et al.*, 2012). Entretanto, os tanques-rede com peixes na fase final do cultivo sofreram uma influência maior da atividade em relação aos tanques-rede com peixes menores. O modelo de produção estudado apresentou baixa eficiência na assimilação dos nutrientes contidos na ração, os resíduos liberados são principalmente de natureza orgânica,

o que pode comprometer a capacidade de carga do ambiente, mostrando que o sistema é ineficiente com relação a esse quesito.

Os nutrientes contidos em dietas balanceadas são indispensáveis para uma boa conversão alimentar dos animais. Entretanto, a conversão alimentar é questionável na aquicultura, pois usualmente os produtores calculam a conversão associando quantidade de pescado produzido em função da quantidade de ração fornecida, ou seja, calcula-se uma conversão alimentar aparente (VALENTI, 2012). Porém, o desperdício de nutrientes contidos na ração é alto. A quantidade de peso seco nos animais é de aproximadamente 25% da biomassa total produzida, necessitando de aproximadamente 5,54 kg de matéria seca de ração para produzir 1 kg de matéria seca de pescado. Essa conversão indica a eficiência com a qual os nutrientes contidos na ração são convertidos em biomassa (BOYD, 2007). Não há dúvidas que a eficiência na assimilação dos nutrientes da dieta é baixa. O estudo mostrou que houve uma assimilação de aproximadamente 24% para fósforo e nitrogênio em relação à quantidade fornecida. Impactos negativos provenientes da baixa eficiência na assimilação de nutrientes têm sido relatados em várias partes do mundo (JONES, 1990; PILLAY, 1992; WU, 1995; TROELL *et al.*, 1997; VISTA *et al.*, 2006; GONDWE *et al.*, 2011). A liberação desses nutrientes na forma orgânica pode promover a eutrofização do corpo hídrico. Talvez esse impacto seja o mais preocupante da atividade, podendo trazer prejuízos financeiros, ambientais e à saúde humana. A eutrofização gera o crescimento de algas que podem aumentar o consumo de oxigênio e causar a mortalidade dos peixes trazendo prejuízo aos produtores (ELER *et al.*, 2007). Além disso, a eutrofização pode ainda trazer problemas de saúde pública, uma vez que o crescimento de algas incluem cianobactérias fixadoras de nitrogênio que são tóxicas aos organismos e humanos (GUILDFORD *et al.*, 2003), além do alto custo para remoção dos nutrientes da água (STRASKRABA *et al.*, 2000). Contudo, os impactos podem ser reduzidos, através de transportes físicos e biológicos, que ocorrem no ecossistema aquático, uma vez que alguns dos resíduos liberados pelos tanques-rede são consumidos, metabolizados e depositados longe dos tanques por espécies nativas, além de serem dispersos por fortes correntes de água (GONDWE *et al.*, 2011). Entretanto,

ainda há a liberação de nutrientes no corpo hídrico e esse fator deve ser monitorado.

Durante o cultivo, a quantidade de sedimento produzido pelo sistema foi grande. A taxa de sedimentação está diretamente relacionada à quantidade e qualidade da ração fornecida (GONDWE *et al.*, 2011). O material em suspensão e a taxa de sedimentação embaixo dos tanques-rede com peixes maiores foram de aproximadamente vinte vezes mais que o ponto externo. O potencial de assoreamento mostrou que a proporção de sedimento liberado para cada kg de peixe produzido é de 0,49:1. O material sedimentado é responsável pela redução dos níveis de oxigênio na água podendo comprometer a atividade (DEGEFU *et al.*, 2011).

Uma alternativa para minimizar a quantidade de resíduos eliminados no ambiente seria conseguir a diminuição da quantidade de ração fornecida, bem como, a sedimentação do resíduo. Para que isso ocorra, seriam necessárias mais pesquisas no sentido de aproveitamento dos nutrientes na dieta. Essas pesquisas envolveriam o melhoramento genético de alevinos, além de pesquisas com ingredientes funcionais que possam diminuir a dependência de farelo com grande garantia de proteína (COSTA-PIERCE, 2012). Além disso, segundo Alves (2006), para que a atividade em tanques-rede seja viável deve-se monitorar constantemente a qualidade de água e se respeitar a capacidade de suporte de cada ambiente. Se essa medida alternativa for alcançada, será mais fácil o monitoramento das variáveis físicas e químicas da água.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, por meio de indicadores de sustentabilidade utilizando como modelo uma piscicultura comercial de tilápias em tanques-rede, o empreendimento apresentou baixa sustentabilidade econômica e ambiental. Apesar de a aquicultura movimentar bilhões de dólares em todo mundo, especialmente nos países Asiáticos, alguns aspectos podem inviabilizar o investimento. O trabalho mostrou que a falta de mercados diversificados que possam remunerar mais o produtor e a necessidade

da compra de dietas industrializadas acabam tornando o modelo estudado inviável. A ausência de governança entre governo e grandes e pequenos produtores é um fator limitante para o crescimento do setor. Claramente as empresas que fornecem a ração e compram o pescado a um baixo custo, não consideram os impactos econômicos que possam causar aos pequenos produtores. Há a necessidade de um governo atuante no setor que subsidie custos de produção, facilite o acesso ao crédito e proteja o produto interno. Os aspectos descritos no trabalho mostram que a atividade, dentro das características de mercado apresentadas, é economicamente inviável.

Os impactos ambientais negativos em um sistema de produção é sem dúvida o aspecto menos perceptível pelos produtores, no entanto um dos mais importantes. A atividade apresentou baixa sustentabilidade ambiental, principalmente devido à ineficiência da incorporação dos nutrientes fornecidos na ração e a grande quantidade de matéria orgânica liberada nos corpos hídricos. A atividade deve ser monitorada constantemente evitando conflitos de interesses no uso comum dos recursos naturais.

Com isso, conclui-se também, que o uso de indicadores mostrou-se como uma ferramenta de grande importância para a avaliação da atividade de aquicultura em tanques-rede. Pois por meio destes, pode-se observar com clareza os pontos frágeis que essa atividade vem enfrentando ao longo de todos esses anos, sem mascarar nenhum deles. Atualmente, o sistema de cultivo de tilápias em tanques-rede vem sendo implantado em todo o Brasil em lagos de hidroelétricas. Esses resultados também poderão vir auxiliar os tomadores de decisões a fortalecer mais os elos da cadeia produtiva da aquicultura, ajudando a torná-la uma atividade mais harmônica com o meio ambiente, sendo este o local o qual ela depende. Além do uso de indicadores econômicos e ambientais, análises futuras deverão ser realizadas com o uso dos indicadores sociais para que assim possam ser contemplados os três pilares da sustentabilidade que são: a sustentabilidade econômica, a sustentabilidade ambiental e a sustentabilidade social.

6. REFERÊNCIAS

- ABDEL-TAWWAB, M.; AHMAD, M. 2009. Effect of dietary protein regime during the growing period on growth performance, feed utilization and whole-body chemical composition of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Research*, 40:1532-1537 p.
- ALVES, R.C.P. 2010. Monitoramento de características físico-químicas da água e taxas de sedimentação de tripton no córrego de Arribada (Baixo Tietê – SP) relacionadas à piscicultura em tanques-rede. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura. 53 p.
- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC International, Washington, DC.
- APHA (American Public Health Association). 2005. Standard methods for the examination of water and waste water. APHA, Washington, DC, USA.
- BEVERIDGE, M.C.M., PHILLIPS, M.J., MACINTOSH, D.C. 1997. Aquaculture and the environment: the supply and demand for environmental goods and services by Asian aquaculture and the implications for sustainability. *Aquaculture Research*, 28: 101–111 p.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C.; MCNEVIN, A.; BOSTICK, K.; CLAY, J. 2007. Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. *Reviews in Fisheries Science*, 15: 327-360 p.
- CAFFEY R.H.; KAZMIERCZAK, R.F.; AVAULT, J.W. 2001. Developing consensus indicators of sustainability for South-eastern United States Aquaculture. Louisiana State University, Agricultural Center, *Bulletin*, 879-40 p.
- CAMPOS, J.L. 2010. Apertem os cintos: A China vem aí! *Panorama da aquicultura*, v. 20, 118:49-51 p.
- CESP (Companhia Energética de São Paulo) (Fonte: http://www.cesp.com.br/portalCesp/portal.nsf/V03.02/Empresa_Usinallha?OpenDocument, acessado em janeiro 2013).

- COSTA-PIERCE, B.A.; BARTLEY, D.M.; HASAN, M.; YUSOFF, F.; KAUSHIK, S.J.; RANA, K.; LEMOS, D.; BBUENO, P.; YAKUPITIYAGE, A. 2012. Responsible use of resources for sustainable aquaculture. Em: SUBASINGHE, R.P.; ARTHUR, J.R.; BARTLEY D.M.; DE SILVA, S.S.; HALWART, M.; HISHAMUNDA, N.; MOHAN, C.V. ; SORGELOOS P. (editores). *Farming the Waters for People and Food. Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010*, Thailand, 113–147 p.
- DALSGAARD, J.P.T.; LIGHTFOOT, C.; CHRISTENSEN, B. 1995. Towards quantification of ecological sustainability in farming systems analysis. *Ecological Engineering*, 4:181-189 p.
- DALSGAARD, J.P.T.; OFICIAL, R.T. 1997. A quantitative approach for assessing the productive performance and ecological contributions of smallholder farms. *Agronomy System*, 4:503-533 p.
- DEGEFU, F.; MENGISTU, S.; SCHAGERL, M. 2011. Influence of fish cage farming on water quality and plankton on fish ponds: A case study in the Rift Valley and North Shoa reservoir, Ethiopia. *Aquaculture*, 316:129-135 p.
- DEY, M.M.; KAMBEWA, P.; PREIN, M.; JAMU, D.; PARAGUAS, F.J.; PEMSL, D.E.; BRIONES, R.M. 2007. Impact of the development and dissemination of integrated aquaculture–agriculture technologies in MALAWI. EM: WAIBEL, H.; ZILBERMAN, D. (Editores). *International Research on Natural Resource Management. FAO and CAB International*.
- ELER, M.N.; MILLANI, T.J. 2007. Métodos de estudo de sustentabilidade aplicados a aquicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 36:33-44 p.
- EVAD. 2008. Guide to the co-construction if sustainable development indicators in aquaculture. Cirad, Ifremer, INRA, IRD, UM1, Montpellier, 144 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. Statistical Yearbook: World Food and Agriculture. FAO, Roma (Fonte: <http://www.fao.org>).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2012. Yearbook: Fishery and Aquaculture Statistics, Roma (Fonte: <http://www.fao.org>).

- GONDWE, M.; GUILDFORD, S.J.; HECKY, R. 2011. Carbon, nitrogen and phosphorus loadings from tilapia fish cages in Lake Malawi and factors influencing their magnitude. *Journal of Great Lakes Research*, 37:93-101 p.
- GONZÁLEZ, O.H.A.; BELTRAN, L.F.; CÁCERES-MARTINEZ, C.; RAMIREZ, H.; HERNANDEZ-VÁZQUEZ, S.; TROYO- DIEGUEZ, E.; ORTEGA-RUBIO, A. 2003. Sustainability development analysis of semi-intensive shrimp farms in Sonora, Mexico. *Sust. Develop.*, 11:213-222 p.
- GOWEN, R.J. & BRADBURY, N.B. 1987. The ecological impact of salmonid farming in the coastal waters: a review. *Oceanography Marine Biology*, 25:563–575 p.
- GUILDFORD, S.J.; HECKY, R.E.; TAYLOR, W.D.; MUGIDDE, R.; BOOTSMAN, H.A. 2003. Nutrient enrichment experiments in tropical Great Lakes Malawi/Nyasa and Victoria. *J. Great Lakes Res.* 29:89–106 p.
- JOLLY, C. M.; CLONTS, H. A. 1993. Economics of aquaculture. *Food Products Press*, New York, 319 p.
- JONES, J.G., 1990. Pollution from fish farms. *J. Inst. Water Env. Man.* 4:14–18 p.
- KODAMA, G.; ANNUNCIACÃO, W.F.; SANCHES, E. G.; GOMES, C.H.A.M.; TSUZUKI, M.Y. 2011. Viabilidade econômica do cultivo do peixe palhaço (*Amphiprion ocellaris*) em sistema de recirculação. *Boletim Instituto de Pesca*, São Paulo 61-72 p.
- KUBITZA, F. 2011. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Fernando Kubitza, Jundiaí. 316 p.
- LIGHTFOOT, C.; PREIN, M.; OFORI, J.K. 1996. The potential impact of integrated agri-aquaculture systems on sustainable farming. EM: PREIN, M.; OFORI J.K.; LIGHTFOOT C. (Editores). *Research for the future development of aquaculture in Ghana*. ICLARM Conf. Proc. 51-56 p.
- MALLASEN, M.; BARROS, H. P.; TRAFICANTE, D. P.; CAMARGO, A. L. S. 2012. Influence of a net cage tilapia culture on the water quality of the Nova Avanhandava reservoir, São Paulo State, Brazil. *Acta Scientiarum*, 3: 289-296 p.

- MALLASEN, M.; BARROS, H.P.; YAMASHITA, E.Y. 2008. Produção de peixes em tanques-rede e a qualidade da água. *Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária*, 1: 48-51 p.
- MELLO, R. 1986. Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 138 p.
- MPA (Ministério da Pesca e Aquicultura) 2012. (<http://www.mpa.gov.br/index.php/aquiculturampa/aguas-da-uniao/parques-aquicolas/parques-aquicolas-continentais>, acessado em abril 2012). Brasil, MPA.
- MUDROCH, A. & MACKNIGHT, S.D. 1991. CRC Handbooks of techniques for aquatic sediments sampling. New York: CRC Press Inc. 210 p.
- NOVAES, A.F. 2010. Volumes de tanques-rede na produção de tilápias-do-nilo: estudo de caso. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 35 p.
- OETTERER, M. Industrialização do pescado cultivado. Livraria e Editora Agropecuária. Guaíba-RS- Barsil. 200 p.
- OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, E. D. 2008. Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer. Brasília: SEAP/FAO, 276 p.
- PIGOU, A. C. 2005. The economics of welfare: volume I. New York: Cosimo, 408 p.
- PILLAY, T.V.R., 1992. Aquaculture and the Environment. John Wiley and Sons, New York, 189 p.
- PULLIN, R.; FROESE, R.; PAULY, D. 2007. Indicators for the sustainability of aquaculture. Em: BERT, T.M. (Editor). *Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities*. Springer, 53–72 p.
- RODRIGUES, C.G. 2012. Avaliação zootécnica e econômica do cultivo multitrófico e multiespacial do camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) e Tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), com e sem uso de

- substratos. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 63 p.
- SHANG, Y. C. 1990. *Aquaculture Economic Analysis: An Introduction*. Baton Rouge, The World Aquaculture Society, 211 p.
- SILVA, C.R.; GOMES, L.C.; BRANDÃO, F.R. 2007. Effects of feeding rate and frequency on tambaqui (*Colossoma macropomum*) growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. *Aquaculture*, 264:135–139 p.
- STEVENSON, J.R.; IRZ, X.T.; VILLARANTE, P. 2005. Indicators of Economic, Ecological and Socio-economic performance of aquaculture systems, Working paper 2. Research project R8288: *Assessing the sustainability of brackish-water aquaculture systems in the Phillipines*. DFID Aquaculture and Fish Genetics Research Programme, University of Stirling, UK.
- STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G. 2008. Diretrizes para o gerenciamento de lagos: Gerenciamento da qualidade da água de represas. EM: TUNDISI, J.G. (editor), 2 ed. São Carlos, 9:300 p.
- SUSSEL, F.R. 2013. Burocracia atravanca a produção de tilápias. *Anualpec*, 20: 294 p.
- TIPRAQSA, P.; CRASWELL, E.T.; NOBLE, A.D.; SCHMIDT-VOIGT, D. 2007. Resource integration for multiple benefits: Multifunctionality of integrated farming systems in Northeast Thailand. *Agr. Syst.*, 94: 694–703 p.
- TROELL, M.; BERG, H. 1997. Cage fish farming in the tropical Lake Kariba, Zimbabwe: Impacts and biogeochemical changes in sediments. *Aquaculture resource*, 28:527-544 p.
- VALENTI, W.C. 2008. A aquicultura brasileira é sustentável? *Panorama da Pesca & Aquicultura*, 34:36-44 p.
- VALENTI, W.C.; KIMPARA, J.M.; PRETO, B. L. 2011. Measuring Aquaculture Sustainability. *World Aquaculture*, 42:26-30 p.
- VALENTI, W.C. 2012. Avanços e desafios tecnológicos para a sustentabilidade da carcinicultura. Em: Anais da 49^o Reunião Anual da Sociedade Brasileira de

Zootecnia, *A produção animal no mundo em transformação*. Brasília, *Anais*. 15 p.

VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, G.S.; MARTINS, M.I.E. 2011. Farinha de óleo de resíduos de tilápia: Informações técnicas e economia. Jaboticabal, Funep, 24 p.

VIEGA, J.E. 1998. A tímida política agrária. *Ciência hoje*, 141:26-31 p.

VISTA, A.; NORRIS, P.; LUPI, F.; BERNSTEN, R. 2006. Nutrient loading and efficiency of tilapia cage culture in Taal Lake, Philippines. *Philippine Agriculture Science*, 89: 48–57 p.

WETZEL, R.G. & LIKENS, G.E. 1991. Limnological analysis. New York: Springer Verlag, 391 p.

WICKINS, J.F. & LEE, D.O. 2002. Crustacean Farming: Ranching and Culture. Oxford, *Blackwell Science*, 2:446 p.

WU, R.S.S., 1995. The environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable future. *Marine Pollution Bulletin*, 31:159–166 p.

ZIMMERMANN, S.; MOREIRA, H.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. 2001. Fundamentos da Moderna Aquicultura. Canoas, Ed. Ulbra, 199 p.