

PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL –  
MESTRADO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM GESTÃO E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Ângela Porciúncula

**IMPACTOS AMBIENTAIS DA TILAPICULTURA EM SISTEMA SEMI-INTENSIVO**

SANTA CRUZ DO SUL, ABRIL DE 2009.

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Ângela Porciúncula

## **IMPACTOS AMBIENTAIS DA TILAPICULTURA EM SISTEMA SEMI-INTENSIVO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado, Área de Concentração em Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lourdes Teresinha Kist  
Co-orientador: Prof. Dr. . Ênio Leandro Machado

Santa Cruz do Sul, Abril de 2009.

Ângela Porciúncula

## **IMPACTOS AMBIENTAIS DA TILAPICULTURA EM SISTEMA SEMI-INTENSIVO**

Esta Dissertação foi submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado, Área de Concentração Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Dr. Enio Lupchinski Júnior  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

Dr<sup>a</sup>. Rosana de Cássia de Souza Schneider  
Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Dr. Ênio Leandro Machado  
Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC  
Co-orientador

Dr<sup>a</sup> Lourdes Teresinha Kist  
Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC  
Orientadora

## RESUMO

Os problemas ambientais provenientes da disposição não adequada do efluente da criação e despesca da piscicultura podem acarretar contaminação das águas superficiais e subterrâneas, contaminação do solo, danos à flora e fauna. Sendo assim, o desenvolvimento desta atividade instiga a especulação sobre os aspectos ambientais inerentes às etapas de produção e, conseqüentemente, aos impactos provocados nos ecossistemas naturais. Este trabalho tem como principal objetivo avaliar as características físicas, químicas e bacteriológicas dos efluentes contínuos e da despesca na criação de tilápias (*Oreochromis niloticus*), e determinar os possíveis impactos do lançamento destes efluentes e formas de atenuação dos mesmos. Foram analisadas amostras de efluentes considerando os seguintes parâmetros: alcalinidade bicarbonatos; alcalinidade carbonatos; alcalinidade hidróxidos; alcalinidade total; DBO<sub>5</sub>; DQO; fósforo total; nitrato; nitrogênio amoniacal; coliformes termotolerantes; pH; sólidos sedimentáveis; sólidos suspensos e turbidez. Para o efluente da despesca foi acrescentado a análise de clorofila. As amostras foram coletadas nos meses de abril a outubro com o objetivo de contemplar todo o ciclo de desenvolvimento da criação de tilápia. A maior contribuição de impacto ambiental é do Índice de destruição de oxigênio dissolvido, sendo que o Índice de eutrofização é baixo apesar de valores consideráveis de fósforo total no comparativo com os padrões legais do CONAMA 357/05. O resultado do Índice de Pressão Ambiental de 2,47 reforça a necessidade de medidas atenuadoras de impacto. O uso dos efluentes para a irrigação é a melhor alternativa que pode contemplar o uso racional da água, economia de fertilizantes e redução de poluição dos recursos hídricos.

Palavras chave: tilápia, impacto dos efluentes

## ABSTRACT

Environmental problems arising from improper disposal of wastewaters produced by fish farming and harvesting may contaminate surface and underground waters and the soil and may cause damage to the flora and fauna. Therefore, the development of this activity requires some investigation into environmental aspects related to production stages and consequently into the impacts exerted on natural ecosystems. The main objective of the present study is to assess the physical, chemical and bacteriological characteristics of continuous wastewater and of fish harvesting in tilapia (*Oreochromis niloticus*) farming, considering the possible effects of wastewater discharges and alternatives to minimize their effects. Wastewater samples were collected and the following parameters were assessed: bicarbonate alkalinity; carbonate alkalinity; hydroxide alkalinity; total alkalinity; BOD; COD; total phosphorus; nitrate; ammonia nitrogen; thermotolerant coliforms; pH; settleable solids; suspended solids, and turbidity. Chlorophyll analysis was also performed in wastewaters from fish harvesting. The samples were collected between April and October, thus spanning the whole cycle of development of tilapias. immediate dissolved oxygen demand is the major cause of environmental problems, but the eutrophication index is low despite considerable total phosphorus levels compared to the legal standards established by Resolution 357/05 of the Brazilian National Environmental Council (CONAMA). The environmental pressure index amounted to 2.47, which underscores the necessity for measures that can minimize this impact. The use of wastewaters in irrigation is the best alternative, resulting in rational water use, lower fertilizer utilization rates and reduction of water pollution.

Keywords: tilapia, environmental impact of wastewaters

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Cultivo de tilápia no mundo .....	14
<b>Figura 2.</b>	Fluxograma simplificado da metodologia .....	28
<b>Figura 3.</b>	Tanque onde foi realizado o experimento .....	29
<b>Figura 4.</b>	Tilápia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) em tamanho comercial .....	30
<b>Figura 5.</b>	Resultado dos parâmetros clorofila na despesca .....	41
<b>Figura 6.</b>	Avaliação qualitativa de impactos ambientais, conforme os diferentes critérios.....	43

## LISTAS DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Caracterização da água do poço artesiano em abril de 2008.....	34
<b>Tabela 2.</b>	Resultados dos parâmetros do efluente analisados de maio a outubro de 2008 .....	37
<b>Tabela 3.</b>	Resultados dos parâmetros analisados na despesca.....	39
<b>Tabela 4.</b>	Matriz de Identificação qualitativa dos impactos ambientais no tanque de criação de Tilápias .....	42
<b>Tabela 5.</b>	Principais problemas identificados e medidas ambientais .....	44
<b>Tabela 6.</b>	Índices de impactos ambientais do processo de criação de Tilápias .....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS

ATP - Adenosina Trifosfato

ACV – Avaliação do ciclo de vida

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONSEMA - Conselho Estadual de Meio Ambiente

DBO<sub>5</sub> - Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias

DQO - Demanda Química de Oxigênio

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

ST - Sólidos Totais

DNOCS – Departamento Nacional de Obras contra a seca

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Assistência a Empresa

PB – Proteína Pura

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	13
2.1 Piscicultura no contexto internacional e brasileiro .....	13
2.2 Piscicultura .....	14
2.3 Água para a piscicultura .....	15
2.4 Impactos da piscicultura sobre os ambientes aquáticos .....	16
2.5 Cultivo de tilápia .....	16
2.6 Geração de resíduos na piscicultura .....	17
2.7 Principais constituintes de efluentes em piscicultura .....	18
2.7.1 Nitrogênio .....	19
2.7.2 Amônia .....	19
2.7.3 Nitrito .....	20
2.7.4 Nitrato .....	20
2.7.5 Fósforo .....	20
2.7.6 Sólidos suspensos .....	21
2.7.7 Matéria orgânica .....	21
2.8 Tratamento de resíduos da aquicultura .....	22
2.9 Tipos de cultivo .....	23
2.9.1 Sistema extensivo .....	23
2.9.2 Sistema semi-intensivo .....	23
2.9.3 Sistema intensivo .....	24
2.9.4 Sistema superintensivo .....	24
2.10 Avaliação do desempenho ambiental .....	25
2.10.1 Índice de eutrofização (IE) .....	25
2.10.2 Índice de destruição do oxigênio dissolvido (IDOD) .....	26
2.10.3 Índice de pressão ambiental (IPA) .....	27
2.10.4 Software SAAP (Sistema de Avaliação Ambiental de Processos) .....	27
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	28
3.1 Delineamento da pesquisa .....	28
3.2 Local de instalação do experimento .....	29

3.3 Metodologia analítica .....	30
3.4 Determinações qualitativas e quantitativas de indicadores ambientais .....	31
3.4.1 Matriz de Leopold .....	31
3.4.2 Índices de Impacto Ambiental .....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
4.1 Captação e gerenciamento de água .....	34
4.2 Caracterização dos efluentes .....	35
4.2.1 Monitoramento mensal do efluente .....	35
4.2.2 Efluente contínuo e da despesca .....	38
4.2.3 Clorofila da despesca .....	40
4.3 Identificação qualitativa dos impactos ambientais .....	41
4.4 Identificação quantitativa dos impactos ambientais .....	44
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	46
6 REFERÊNCIAS .....	47

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da aquicultura, nas últimas décadas, tanto em relação aos avanços tecnológicos quanto diversificação, produção e intensificação dos cultivos, tornaram a aquicultura um importante segmento econômico em muitos países (FAO, 2005).

Na piscicultura, algumas consequências deste processo já são evidenciadas, pois o aumento na demanda por bens de consumo tem gerado reflexos em diversos setores produtivos. Porém, muitas vezes prejudiciais ao meio ambiente e aos recursos naturais explorados, é o caso dos efluentes gerados pelo cultivo de peixes, que são quase na sua totalidade dispostos no meio ambiente sem nenhum tratamento prévio o que tem trazido consequências negativas ao meio ambiente. Durante o cultivo, os efluentes dos viveiros de engorda podem não apresentar alta carga de nutrientes, porém boa parte da matéria orgânica que entra no viveiro, principalmente sob forma de alimento e fertilização, não é metabolizada pelos animais e/ou não é consumida, acumulando-se nos viveiros, assim, aumentando as concentrações de compostos inorgânicos de nitrogênio, fósforo, matéria orgânica, e outros potenciais poluentes, podem ser liberados para o ambiente durante a despesca (BOYD, 1990; TUCKER, 1992).

Os passivos gerados destes descartes ao meio ambiente devem ser mitigados e a sua reutilização é uma tendência evidente, visando à minimização do problema e à agregação do valor ao resíduo.

Existem dois tipos de produção de cultivo, o convencional e o orgânico. A piscicultura convencional faz uso de diversos insumos e práticas, sempre objetivando, alta produtividade como: espécies geneticamente melhoradas; adubação química altamente solúvel; utilização de hormônios; dietas balanceadas; alta densidade de estocagem e grande renovação de água;

Técnicas que muitas vezes não estão comprometidas com as questões ambientais.

A piscicultura orgânica difere da aquicultura convencional, pois prima pela produção com menor impacto ambiental, utilizando praticas que procuram se assemelhar às condições naturais dos organismos.

O cultivo orgânico de peixes vem se tornando uma opção cada vez mais importante, apresentando uma clara e crescente demanda por parte dos consumidores tanto em nível nacional como internacional.

Há, porém muitas questões a ser elucidadas para que se alcance uma eficiência produtiva, caso da alimentação, do manejo, da profilaxia e do controle do efluente produzido.

Sob a ótica de utilização de água, a aquicultura deve se enquadrar como geradora de resíduos, pelo lançamento de resíduo no corpo receptor (CONAMA 357/05) e qualidade da água (CONSEMA 128/06).

Considerando as questões acima apresentadas, foram estabelecidos objetivos para este trabalho:

- Monitorar tanque de criação de tilápia e avaliar as características físicas, químicas e bacteriológicas dos efluentes contínuos e da despesca;
- Analisar os possíveis impactos do lançamento destes efluentes e formas de atenuação destes impactos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Piscicultura no contexto internacional e brasileiro

A piscicultura é uma atividade antiga, mesmo antes da Era Cristã, mas o seu desenvolvimento é relativamente recente. Silva (2005) relata que a obra mais antiga que trata da criação de peixes é conhecida como “Tratado de Fan Li”, escrita na China há 2500 anos, porém, Proença e Bittencourt (1994) registraram que o primeiro documento escrito a cerca de 475 a.C. Segundo Silva (2005), Fan Li, após retirar-se da política, aconselhou o Rei de Yue a investir na criação de peixes como forma de gerar riqueza no país.

Segundo Proença e Bittencourt (1994), a influência da China na criação de peixes no Brasil está relacionada com o policultivo que são praticados em viveiros escavados com a utilização de fertilizantes orgânicos. Diversos métodos de cultivo de peixes adotados no mundo tiveram sua origem em quatro sistemas básicos: chinês, europeu, japonês e israelense.

A China é um dos países onde nasceu a aquicultura e, líder mundial de produtos aquícolas de água doce e salgada. O sistema chinês teve início em monocultivo da carpa comum com adubação orgânica dos viveiros. Posteriormente, perceberam-se as vantagens do policultivo, e procedendo-se à introdução das carpas capim (*Ctenopharyngodon idella*), prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), cabeça grande (*Aristichthys nobilis*) e carpa negra (*Mylopharyngodon piceus*). Atualmente o cultivo de tilápia é bem distribuído no mundo, conforme apresentado na Figura 1, e este cultivo é realizado na maioria com quatro ou mais espécies, em duas faixas etárias, com utilização interna de esterco de animais e restos de culturas vegetais e envolvem grandes piscigranjas. Estes cultivos eram sempre comunitárias e os viveiros de engorda, em sua maioria de pequeno ou médio porte (PROENÇA e BITTENCOURT, 1994).

O sistema japonês surgiu junto à rizicultura e evoluiu para uma piscicultura intensiva. Predomina o monocultivo, com alta mecanização, sem utilização de estercos e

baseado, principalmente, no uso de rações balanceadas ricas em proteína. Os viveiros são pequenos e a renovação ou aeração da água é intensa (PROENÇA e BITTENCOURT, 1994).



**Figura 1.** Cultivo de tilápia no mundo.

FONTE: [www.newstin.com.pt/taq/pt](http://www.newstin.com.pt/taq/pt).

Já o sistema israelense baseia-se no policultivo intensivo, com uso de adubação orgânica na fase inicial, uso de fonte de carboidrato (milho e sorgo) na fase intermediária, e ração balanceada na fase final, teve como produtividade média 6 toneladas/ha/ano com viveiros de engorda a cerca de 3ha (PROENÇA e BITTENCOURT, 1994).

A piscicultura brasileira é recente quando comparada com a da China ou alguns países da Europa, as quais tiveram importância decisiva na construção da base técnica do que se pratica no mundo. No Brasil, as primeiras ações realizadas com o objetivo de praticar a piscicultura foram feitas por Mauricio de Nassau, governador geral das possessões holandesas que permaneceu no Brasil entre 1637 e 1644 quando foram construídos viveiros em áreas estuarinas situadas próximas a sua residência (SILVA, 2005).

Segundo Ostrensky e Boeger (1998) a piscicultura no Brasil era desenvolvida, principalmente, por pequenos produtores rurais os quais, em grande parte, ainda a encaram como uma forma de complementação de renda, raramente a produção de peixes é a principal atividade econômica da propriedade.

## 2.2 Piscicultura

A piscicultura é uma modalidade da aquicultura, que consiste na criação de peixes em ambiente confinado. É uma prática registrada desde a Roma Antiga e, depois de séculos, em função do crescimento demográfico e da demanda por alimentos, apresentou grande expansão na região indo-pacífica, principalmente na China (BASTOS, 2003).

A criação de peixes pode significar uma excelente atividade de lazer e valor econômico agregado e ainda ser uma medida eficiente de prevenção para diminuir a pesca extrativista através planejamento e as técnicas de manejo sejam adequados à realidade de cada região.

Boscardin Borghetti et al. (2003) relatam que na década de 1990 houve uma redução nos estoques dos recursos pesqueiros; e como alternativa houve grandes avanços na aquicultura mundial especialmente para a brasileira, com crescimento médio anual de 20%. No acelerado crescimento, a indústria de peixes vem ganhando mais importância na economia brasileira e aumentando as vendas no comércio exterior. O contínuo avanço da técnica e dos níveis de produção que na piscicultura tornam esta atividade agropecuária um negócio vantajoso, embora muito deva ser feito em termos de regulamentação do uso da água e do solo, translocamento e introdução de outras espécies de peixes nativos (CYRINO e KUBITZA, 1996).

### **2.3 Água para a piscicultura**

A condição essencial para implantação da piscicultura é um terreno com água de qualidade e quantidade suficiente para manutenção, renovação e para compensação da evaporação e infiltração (MENEZES, 2005).

Quando se trata de qualidade de água é importante avaliar parâmetros de características físicas, químicas e biológicas como: Potencial de Hidrogênio (pH); Alcalinidade; Turbidez; Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); Demanda Química de Oxigênio (DQO); Sólidos Totais (ST); Nitrogênio (N); Fósforo (P) e Coliformes Termotolerantes (BOSCARDIN BORGHETTI et al. 2003).

### **2.4 Impactos da piscicultura sobre os ambientes aquáticos**

Os principais aspectos do meio ambiente que devem ser considerados na piscicultura são os que podem produzir impactos negativos sobre os ecossistemas naturais, principalmente na qualidade da água, por meio de descartes de efluentes e os conflitos entre usuários da água, quando da não regulamentação e administração dos recursos hídricos de forma planejada (ALMEIDA, 2006).

## **2.5 Cultivo de Tilápia**

Apesar de contar com várias espécies de peixes nativos que apresentam potencial para a atividade da piscicultura, são as espécies exóticas, introduzidas no Brasil, como a Tilápia, que tem demonstrado maior viabilidade econômica principalmente pelo conhecimento técnico disponível, tanto no campo da biologia quanto nas técnicas de manejo. Dentre as espécies exóticas cultivadas no Brasil, a tilápia merece destaque e já responde por cerca de 40% da produção piscícola nacional. As primeiras informações sobre a tilápia, como espécie promissora para a aquicultura ocidental surgiram no início da década de 50, com citações sobre a tilapicultura como um dos melhores negócios para piscicultores e uma nova fonte para obtenção de proteínas (KUBITZA,2000).

As tilápias são nativas do continente africano e da Ásia Menor. São peixes que predominam em águas quentes e a temperatura da água para o cultivo pode variar de 20 a 30° C (KUBITZA,2000).

No Brasil a primeira introdução oficial da espécie aconteceu no ano de 1971 pelo DNOCS – Departamento Nacional de Obras e Contra a Seca. Foram ações que visavam, fundamentalmente, a produção de alevinos para peixamentos de reservatórios públicos da Região Nordeste. As companhias hidrelétricas de São Paulo e Minas Gerais também produziram grandes quantidades de alevinos de tilápia-do-nilo para peixamentos de seus reservatórios e para a venda e distribuição a produtores rurais. Essas iniciativas contribuíram para a rápida disseminação da espécie nessas regiões. No entanto, em virtude do baixo nível de conhecimento e de difusão das técnicas de produção, as primeiras iniciativas de produção comercial não tiveram muito êxito (BOSCARDIN BORGHETTI et al. 2003).

A partir da década de 90, a difusão das técnicas de produção, a elaboração de trabalhos de pesquisa, experimentos com a espécie e o surgimento da tecnologia de reversão sexual permitiram que essa atividade começasse a se estruturar e se

desenvolver. O estado pioneiro foi o Paraná, que imprimiu um ritmo empresarial à atividade, estruturando a produção. Começaram a surgir os primeiros frigoríficos específicos para o beneficiamento de tilápia, particularmente nos municípios de Toledo e Assis Chateaubriand. Assim, foram criadas as condições para que o Paraná fosse, em pouco tempo, o maior produtor de tilápia do País, posição que viria a perder somente em 2003 quando, segundo dados do IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis -, a produção do estado do Ceará alcançou a marca de 13.000 toneladas, superando as 12.782 toneladas produzidas naquele ano pelo estado do Paraná.

Em meados da década de 90, o cultivo de tilápias em caráter comercial passou a se disseminar rapidamente para outros estados, principalmente para Santa Catarina, São Paulo, Bahia, Ceará, Alagoas e Sergipe. Depois do Paraná, foi o estado de Santa Catarina onde a tilapicultura se estruturou mais rapidamente, alcançando uma produção de 5.200 toneladas em 2000. Em São Paulo, o grande motor do crescimento da atividade foi o surgimento de vários pesque-pagues que acarretaram uma demanda considerável de tilápia (SEBRAE-SP, 2005).

Vários fatores concorreram para o destaque da tilápia na piscicultura brasileira, além da fácil adaptação às variadas condições de cultivo das diferentes regiões do país:

- Alimentam-se dos itens básicos da cadeia trófica;
- Curto ciclo de engorda – cerca de seis meses;
- Aceitam uma grande variedade de alimentos;
- Respondem com eficiência à ingestão de proteínas de origem vegetal e animal;
- São bastante resistentes às doenças, superpovoamentos e baixos teores de oxigênio dissolvido;
- Desovam durante todo o ano nas regiões mais quentes do país.

A tilápia, além disso, possui boas características sensoriais e nutricionais, tais como: carne saborosa, baixo teor de gordura (0,9 g/100 g de carne) e de calorias (172 kcal/100 g de carne), ausência de espinhas em forma de “Y” (entre mioseptos) e rendimento de filé de aproximadamente 33% a 37%, em exemplares com peso médio de 600 g, o que a potencializa como peixe para industrialização (BOSCARDIN BORGHETTI et al. 2003)..

## 2.6 Geração de resíduos na piscicultura

Os efluentes da atividade aquícola vêm causando impactos negativos ao meio ambiente, pois esses sistemas, na sua grande maioria, são dispostos sem nenhum tratamento prévio em rios e riachos (SIPAÚBA-TAVARES; *et. al*, 2002).

A aquicultura, como as demais atividades zootécnicas, necessita de insumos de produção e gera resíduos, por isso não escapa ao que se denomina como impacto ambiental (VINATEA-ARANA, 1999). Os insumos são nutrientes adicionados na forma de alimentos e fertilizantes. No caso da alimentação, alguns fatores estão diretamente relacionados à concentração de poluentes no efluente produzido, por isso é necessário se ter a compreensão de alguns conceitos, para vislumbrar a amplitude e a função do alimento no contexto da geração do efluente, entre eles o de metabolismo, definido como o processo biológico utilizado na absorção dos nutrientes, para o crescimento, para os gastos energéticos e outras sínteses (LOVELL, 1998).

As rações empregadas apresentam altos valores de nutrientes, sendo que deles somente uma fração é digerida e incorporada à biomassa (VINATEA-ARANA, 1997). Os alimentos não consumidos são convertidos em sólidos orgânicos em suspensão, dióxido de carbono, amônia, compostos nitrogenados, fosfatos entre outros compostos (BOYD, 1997 *apud* HENRY-SILVA, 2001) e que, quando em desequilíbrio, são tidos como responsáveis pela poluição nos corpos de água.

A fertilização quando utilizada de forma inadequada, também responde como um fator complicador da qualidade do efluente gerado. Segundo Crescencio (2005), para a fertilização orgânica ou inorgânica, é importante monitorar as quantidades administradas e suspender a utilização quando a biomassa de peixes excederem a três toneladas por hectare, pois a melhor estratégia de fertilização é aquela que disponibiliza os nutrientes necessários para cada viveiro, minimizando assim a degradação ambiental e, conseqüentemente, otimizando a atividade, e requerendo uma menor quantidade de recursos e esforço por parte do aquícultor (KNUD-HANSENA, *et al*, 2003).

## 2.7 Principais constituintes de efluentes em piscicultura

Dentre os vários compostos encontrados nos efluentes de piscicultura, alguns apresentam importância mais expressiva, tornando necessário um conhecimento maior

sobre eles, para entender a sua complexidade e as possíveis formas de redução em sua produção, bem como de sistemas adequados para o seu tratamento.

### **2.7.1 Nitrogênio**

O nitrogênio é um dos principais componentes, cuja presença em nível elevado em efluentes preocupa, devido seu papel na eutrofização, seus efeitos sobre o consumo de oxigênio nas águas receptoras e a sua toxicidade para vertebrados e invertebrados aquáticos (LAUTENSCHLAGER, 2001).

As principais formas de aporte de nitrogênio na água de cultivo são a fertilização orgânica e inorgânica e a alimentação fornecida.

Lautenschlager (2001) afirma que o ciclo do nitrogênio é complexo e o controle, até mesmo das transformações básicas deste elemento, é um desafio em engenharia ecológica.

Em um curso d'água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer indicações sobre o estágio da poluição, ocasionada eventualmente por algum lançamento a montante (VON SPERLING, 1996).

### **2.7.2 Amônia**

A amônia é considerada o principal produto da excreção dos organismos aquáticos, resultante do catabolismo das proteínas (VINATEA-ARANA, 1997). Geralmente níveis acima de  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$  de amônia total, amônia e íon amônio são considerados prejudiciais para a criação de peixes, podendo levar à incapacidade de transformar a energia alimentar em ATP (ITAUSSÚ *et al.*, 2005, ZIMMO; STEENB; GIJZEN, 2004).

De acordo com Vinatea-Arana (1997), em alta concentração na água, a amônia pode influenciar no processo de fosforização oxidativa das células e, conseqüentemente, diminuição no crescimento e, de acordo com (Kubitza 2000), pode prejudicar o desenvolvimento, aumentar a incidência de doenças e até mesmo causar a morte direta dos peixes por intoxicação.

### 2.7.3 Nitrito

O Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) é a forma ionizada do ácido nitroso ( $\text{HNO}_2$ ). É um composto intermediário do processo de nitrificação (VINATEA-ARANA, 1997), em que a amônia é transformada em nitrito por ação das bactérias *Nitrosomonas* (OSTRENSKY; BOEGER, 1998).

O nitrito quando absorvido reage com a hemoglobina, formando a metemoglobina ou meta-hemoglobina, o ferro da hemoglobina é oxidado e ela perde a capacidade de transformar o oxigênio. Essa toxidez é chamada de metemoglobinemia (BOYD [s.d], VINATEA-ARANA, 1997).

Segundo Boyd (s.d), é difícil determinar a mais alta concentração de nitrito tolerável em águas e viveiros, dado que sua toxicidade esta estritamente relacionada à concentração de oxigênio dissolvido.

### 2.7.4 Nitrato

O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é o produto final da oxidação da amônia, que é, inicialmente, convertida em nitrito pelas bactérias *Nitrosomonas* e este é convertido em nitrato pelas *Nitrobacter*. Esse processo ocorre em condições aeróbias e é conhecido como nitrificação (VON SPERLING, 1996; VINATEA-ARANA, 1997).

Segundo Vinatea-Arana (1997), o nitrato apresenta baixa toxidez sobre organismos aquáticos, mas pode se tornar potencialmente tóxico em sistemas recirculados.

### 2.7.5 Fósforo

Segundo Von Sperling (1996), no meio aquático o fósforo pode se encontrar nas formas de ortofosfatos, polifosfatos e fósforo orgânico.

Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversão à formas mais simples, variando em função do pH.

Polifosfatos são moléculas mais complexas e são transformadas em ortofosfatos pelo mecanismo de hidrólise, mas tal transformação é usualmente lenta.

O fósforo orgânico é normalmente de menor importância nos efluentes, mas pode ser importante em águas residuárias de indústrias, pois tanto em sistemas de tratamento quanto em corpos receptores o fósforo orgânico é transformado em ortofosfatos.

Segundo True et al (2004), o fósforo presente no efluente pode causar a degradação do meio ambiente, por excessivas descargas, comprometendo a qualidade da água pela eutrofização.

O fósforo é um nutriente de grande importância para o desenvolvimento e para a saúde dos peixes, devendo ser fornecido em níveis adequados, pois o excedente é excretado pelas fezes e urina (Bureau e Cho, 1999), resultando um decréscimo na qualidade da água (Kim *et al.*, 1998), o fósforo também é necessário para o crescimento das plantas de forma que a introdução desse elemento em águas receptoras pode ter efeito sobre o ecossistema aquático (LAUTENSCHLAGER, 2001).

Com a crescente necessidade de redução da poluição em ambientes aquáticas, tem-se priorizado pesquisas que minimizem a excreção de nitrogênio e fósforo pelos peixes (FURUYA *et al.*, 2004).

### **2.7.6 Sólidos suspensos**

A turbidez esta relacionada a quantidade de material insolúvel e em suspensão existente na água e que impede a passagem da luz (BALDISSEROTTO, 2002; BOYD, [s.d]).

De acordo com Baldisserotto (2002), o material pode ser composto de material inorgânico (argila, por exemplo) ou fitoplâncton. Se for causada por fitoplâncton é desejável, desde que esteja em equilíbrio (BOYD, [s.d]), ao mesmo tempo, se for ocasionada pela argila vai ser prejudicial aos peixes, pois pode dificultar a respiração pela obstrução das brânquias.

### **2.7.7 Matéria orgânica**

Von Sperling (1996) afirma que o principal efeito ecológico da poluição orgânica em um curso de água é o decréscimo de oxigênio dissolvido.

De acordo com Boyd ([s.d]), a taxa de consumo de oxigênio pelo fitoplâncton e pela bactérias numa amostra de água é a medida para determinar a demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Quanto mais elevada for a DBO, maior será o grau de enriquecimento da água do viveiro com matéria orgânica.

## **2.8 Tratamento de resíduo na aquicultura**

A piscicultura, como qualquer atividade agrícola, agroindustrial e industrial, é geradora de resíduos (VINATEA-ARANA, 1999), logo, como os demais setores deve mitigar as causas frequentes de poluição, buscando alternativas adequadas de tratamento e disposição dos resíduos de forma que não causem danos ao meio ambiente.

Estes resíduos são efluentes formados por matéria orgânica ou inorgânica da mesma forma que qualquer atividade agrícola, urbana ou industrial, descartados no ambiente, tratados ou não (CYRINO *et al.*, 2005).

Segundo Von Sperling (1996), é importante que haja a compreensão de alguns conceitos no contexto de tratamento de resíduos, relacionando a determinação da qualidade permitida para o efluente a ser lançado, incluindo os níveis de tratamentos necessários e a eficiência a ser atingida na remoção dos compostos em interesse. No caso da aquicultura a normativa vigente é a CONAMA 357/05.

Alguns sistemas utilizados no tratamento de efluentes das mais diversas origens podem ser empregados ou mesmo adaptados para o tratamento de efluentes de aquicultura.

Algumas alternativas são utilizadas atualmente no tratamento de efluente oriundo da aquicultura, como o caso de sistemas compostos com biofiltro (RIJIN; TAL; SCHREIER, 2006), bacias de sedimentação (TACON; FOSTER *et al.*, 2003), sistemas *wetlands* construídos em efluente de cultivo de camarão (TILLEY *et al.*, 2002, LIN *et al.*, 2002, LIN *et al.*, 2005), sistemas de tratamento de efluente de piscicultura (LIN *et al.*, 2002, LYMBERY *et al.*, 2006, SCHWARTZ 1995, SCHULZ *et al.* 2003, SCHULZ, *et al.*, 2004), e sistemas de lagoa com macrófitas (HENRY-SILVA, 2001, SIPAÚBA-TAVARES; *et al.*, 2002, SIPAÚBA-TAVARES, *et al.*, 2003).

## **2.9 Tipos de cultivo**

O fluxo da cadeia produtiva da tilápia está organizado nos larvicultores (fornecedores de alevinos para o mercado) e piscicultores de recria e engorda.

De acordo com a intensidade de estocagem, práticas de manejo e do uso de insumos, a engorda de tilápias pode ser feita nos sistema extensivo, semi-intensivo, intensivo e superintensivo.

### **2.9.1 Sistema extensivo**

No sistema extensivo de produção de tilápias, a intervenção do homem praticamente inexistente. Geralmente, limita-se à simples estocagem de 500 a 1.000 alevinos/ha de lâmina de água, sem qualquer manejo de fertilização do corpo de água (represa ou açude) ou alimentação dos animais até a colheita. A alimentação dos peixes é baseada na produtividade natural do corpo de água e, como consequência, na disponibilidade de nutrientes na água e na bacia de captação. As trocas de água nesse sistema estão, geralmente, limitadas às chuvas. As produtividades variam de 150 a 500 kg/ha/ano e os peixes são quase sempre coletados 12 a 18 meses após a estocagem, com rede de arrasto ou de espera, uma vez que, raramente, é possível esgotar esses corpos de água (ZIMMERMANN, 2004).

### **2.9.2 Sistema semi-intensivo**

O sistema semi-intensivo tem uma intervenção moderada pelo piscicultor. A estocagem é de 5.000 a 25.000 alevinos por hectare e a adição de fertilizantes químicos e adubos orgânicos visa promover a produtividade natural.

As águas do viveiro são de coloração verde, porém, a principal fonte de alimento das tilápias são as formulações peletizadas, fareladas ou umedecidas, quase sempre balanceadas com 20% a 28% proteína bruta (PB). Neste caso, a ração é geralmente, oferecida a uma taxa de 30 a 50 kg/ha/dia. As análises de qualidade de água são realizadas periodicamente e a temperatura e a transparência verificadas diariamente. As trocas de água diárias do sistema são, geralmente, superiores a 5% e inferiores a 10%

do volume total. As produtividades obtidas variam de 2.500 a 12.500 kg/ha/safra. A safra varia de quatro a oito meses neste sistema (ZIMMERMANN; FITZSIMMONS, 2004).

A fertilização dos viveiros pode ser química ou orgânica. Os fertilizantes químicos utilizados são, geralmente, os mesmos utilizados na agricultura, sendo o fósforo e o nitrogênio os principais elementos a serem utilizados. A fertilização orgânica é feita com esterco de animais (geralmente aves e suínos) que contém nutrientes semelhantes aos fertilizantes químicos, porém em quantidades menores. A quantidade de fertilizantes a ser utilizada irá depender, principalmente, do tipo de solo e do fertilizante (OSTRENSKI; BOEGER, 1998).

### **2.9.3 Sistema intensivo**

No sistema intensivo o piscicultor atua de forma decisiva e a taxa de estocagem é elevada de 25.000 a 100.000 alevinos/ha. A colocação de fertilizantes orgânicos praticamente inexistente, pois a promoção da produtividade natural deve ser muito controlada. A principal fonte de alimento das tilápias é a ração peletizada, extrusada ou umedecida, quase sempre balanceada, com, pelo menos, 5% de farinha de peixes e com 32% proteína bruta. A ração é fornecida, em média, duas vezes ao dia, de acordo com o tamanho e a idade dos peixes, seguindo o metabolismo do viveiro e a temperatura. As trocas diárias de água variam de 10% a 35% do volume total e eventuais períodos de falta d'água devem ser compensados pela aeração constantes dos açudes (ZIMMERMANN, 2004).

### **2.9.4 Sistema superintensivo**

O cultivo de peixes em tanques-redes, na forma mais comumente empregada, é um sistema de produção intensivo no qual, os peixes são confinados sob altas densidades, dentro de estruturas que permitam grande troca de água com o ambiente e no qual os peixes recebem ração nutricionalmente completa e balanceada. A produção de uma grande biomassa por unidade de volume, de 30 a 250 peixes/m<sup>3</sup>, é possível neste sistema, devido à alta taxa de renovação de água dentro das unidades que supre a demanda de oxigênio dos peixes e remove os dejetos e metabólitos produzidos. Além da

qualidade do ambiente aquático onde estão instalados os tanques-rede, o desempenho do cultivo depende da qualidade dos insumos como alevinos e ração, das técnicas de manejo da produção e, sobretudo, da dedicação e da capacidade técnica e gerencial do produtor (ONO; KUBITZA, 2003).

## **2.10 Avaliação do desempenho ambiental**

Com o intuito de avaliar o desempenho ambiental de um processo produtivo foram desenvolvidos índices ambientais, que utilizam no seu cálculo o atendimento à legislação ambiental e a disponibilidade de recursos naturais e energia. Os índices encontram-se listados a seguir, enquanto o índice de eutrofização e o índice de destruição de oxigênio dissolvido são descritos mais detalhadamente, pois possuem relação direta com o consumo de água e geração de efluentes conforme Santos (2006):

- Índice de aquecimento global;
- Índice de destruição da camada de ozônio;
- Índice de acidificação;
- Índice de formação de oxidantes químicos;
- Índice de toxicidade;
- Índice de consumo de recursos naturais;
- Índice de consumo de energia;
- Índice de distúrbio local por material particulado.

### **2.10.1 Índice de eutrofização (IE)**

A eutrofização pode ser definida pelo crescimento excessivo das plantas aquáticas a níveis tão altos que podem ser causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo d'água (SANTOS, 2006).

Quando se introduzem elevadas concentrações de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, há um maior crescimento da população de algas, que obtêm sua fonte de energia pelo processo de fotossíntese. Em períodos de grande

insolação, a superpopulação de algas impede a passagem de raios solares nas camadas inferiores do corpo d'água, provocando a morte de algas dessa região, causando anaerobiose. Há então, um aumento da concentração de bactérias heterotróficas, que se alimentam da matéria orgânica das algas e de outros microorganismos mortos. Essas bactérias consomem o oxigênio dissolvido na água causando mortandade de peixes e dissolução de compostos tóxicos pela decomposição (SANTOS, 2006).

O índice de eutrofização é calculado dividindo as emissões totais do processo, medidas em  $\text{NO}_3^-$  equivalente, pela emissão máxima permitida. Quando não há valor para emissão máxima, utiliza-se o valor de  $3358 \text{ mg L}^{-1}$ , que é o valor máximo permitido pela Environmental Protection Agency (EPA) dos Estados Unidos para indústrias de fertilizantes (SANTOS, 2006).

### **2.10.2 Índice de destruição do oxigênio dissolvido (IDOD)**

O oxigênio dissolvido é fundamental para os organismos aeróbios que vivem na água. Ao nível do mar, a concentração de saturação é de  $9,2 \text{ mg L}^{-1}$ . Valores superiores à saturação indicam presença de algas, devido à fotossíntese. Águas com baixos valores indicam o descarte de poluentes orgânicos e inorgânicos. Valores entre  $4$  e  $5 \text{ mg L}^{-1}$  podem causar a morte de peixes mais sensíveis e o valor de  $2 \text{ mg L}^{-1}$  indica a morte de todos os peixes (SANTOS, 2006).

A matéria orgânica da água é necessária aos seres heterótrofos, para sua nutrição e aos autótrofos como fonte de nutrientes e gás carbônico. Porém, em grandes quantidades, pode provocar redução do teor de oxigênio dissolvido, pois bactérias fazem uso do oxigênio dissolvido em seus processos respiratórios (SANTOS, 2006).

O cálculo do índice de destruição de oxigênio dissolvido é feito pelo somatório da divisão das emissões de DQO do processo pela emissão máxima permitida de cada efluente. Deve-se ter, também, dados de vazão de cada efluente (SANTOS, 2006).

### **2.10.3 Índice de pressão ambiental (IPA)**

O índice de pressão ambiental é resultado da agregação de todos os outros índices criados para medir o desempenho ambiental de um processo. Ele é calculado pelo somatório do produto de cada índice por seu respectivo peso. O peso dos índices para a composição do resultado final do índice de pressão ambiental é calculado em função da pressão ambiental relativa de cada índice, baseada nos níveis de emissão permitidos pela legislação ambiental (SANTOS, 2006).

O índice de pressão ambiental é um número adimensional, que representa a performance ambiental de um processo com relação à legislação ambiental. O ideal é que o valor do índice varie de 0 a 1, sendo o valor unitário a pressão máxima permitida pela legislação ambiental (SANTOS, 2006).

### **2.10.4 Software SAAP (Sistema de Avaliação Ambiental de Processos)**

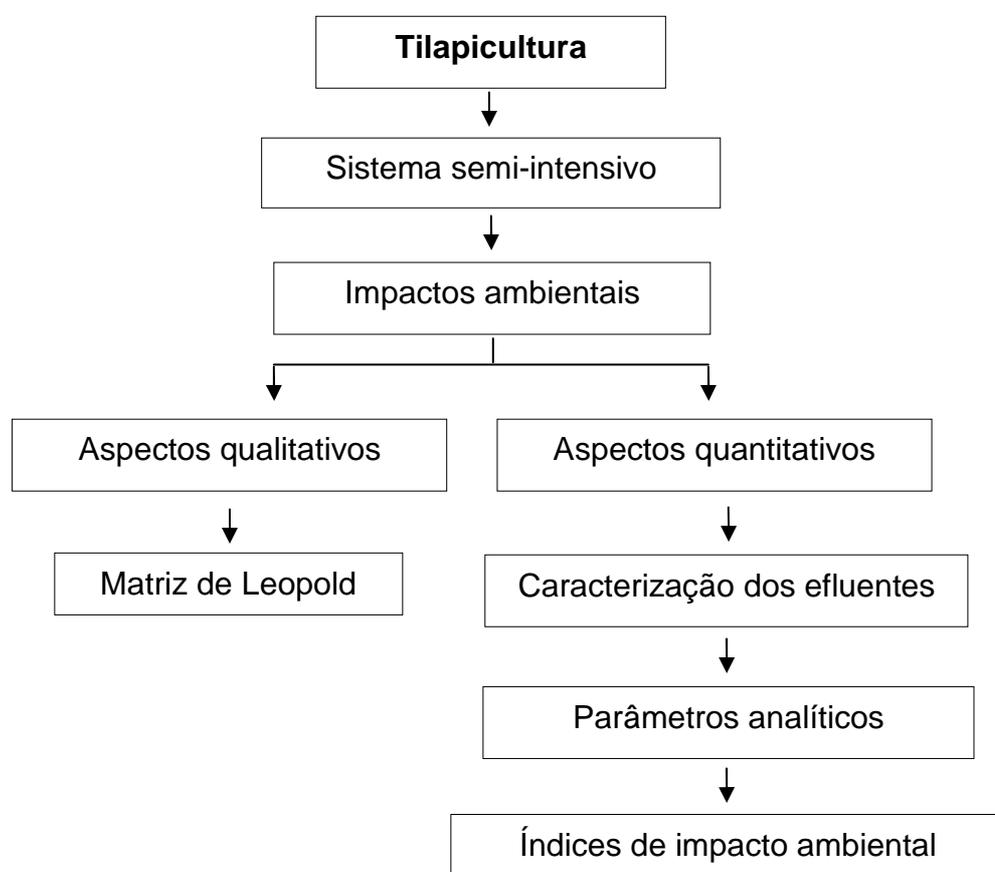
O programa computacional SAAP foi desenvolvido visando padronizar e facilitar a utilização de uma metodologia para avaliar o desempenho ambiental de processos industriais, baseadas na análise do ciclo de vida (ACV) e na norma ISO 14.031 (SANTOS, 2006).

O SAAP permite calcular os índices ambientais de cada categoria de impacto ambiental e o índice de pressão ambiental final (IPA), a partir de um inventário ambiental. Também é considerada a emissão máxima permitida de cada categoria de impacto ambiental e a disponibilidade de energia e recursos naturais para as categorias de consumo de energia e consumo de recursos naturais respectivamente (SANTOS, 2006).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Delineamento da pesquisa

A metodologia empregada envolveu o acompanhamento do processo produtivo e os principais procedimentos utilizados na tilapicultura semi-intensiva. Nas visitas observou-se todo o processo e realizou-se a coleta de amostras nos meses de abril a outubro de 2008 com o objetivo de contemplar um ciclo de produção da criação de tilápia. Na Figura 2 é apresentado o fluxograma metodológico.



**Figura 2.** Fluxograma simplificado da metodologia.

### 3.2 Local de instalação do experimento

O experimento foi realizado no município de Cidreira, estado do Rio Grande do Sul, no período de 01/04/2008 a 07/10/2008.

O município de Cidreira esta situado no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. sua localização esta a latitude 30°10'52" sul e a uma longitude 50°12'20" oeste, estando a uma altitude média de 0,60 metro. Sua população estimada em 2008 coforme IBGE era de 11.615 habitantes. É a praia mais antiga do Rio Grande do Sul. No verão a população estimada é de mais 100.000 pessoas. Possui uma área de 241,94 km<sup>2</sup>, tendo mais do que 50% do seu território coberto por dunas.

A propriedade em estudo realiza a atividade de produção de tilápia, em sistema semi-intensivo caracterizado por utilização dos viveiros adubados com fertilizantes orgânicos e inorgânicos. Na Figura 3 mostramos fotos em diferentes ângulos do viveiro onde foi realizado o experimento.



**Figura 3.** Tanque de concreto onde foi realizado o experimento.

No fundo do tanque foi colocada uma camada de 10 cm de areia para que os peixes não entrassem em contato direto com o fundo do tanque juntamente com 5 kg de adubo orgânico de ovelhas (excrementos) para o desenvolvimento de fitoplâncton.

A renovação total da água era realizada em 4 dias com utilização de um motor de ½ hp que bombeava 1200 litros por hora a partir de um poço artesiano com profundidade de 20 metros.

A despesca foi realizada através do esvaziamento de 2/3 da água e a captura dos peixes com rede de arrasto e, posteriormente o tanque seria esvaziado por completo para tratamento com cal virgem, que serve para eliminação de microorganismos patogênicos.

A limpeza do tanque era feita anualmente. Neste procedimento foi feita a raspagem do tanque e retirado o efluente e lodo residual, e o preparo do tanque para a próxima ciclo produtivo de tilápias.

A alimentação da tilápia foi realizada com ração com 46% de proteína bruta nos primeiros 3 meses, após passa a se alimentar com ração de 26 a 30% de proteína bruta.

Os alevinos quando colocados nos tanques mediam 2 cm e pesam 1g, e em 6 meses chegaram de 20 a 25cm e 500g (em tamanho comercial). Na Figura 4 apresentamos uma foto da tilápia.



**Figura 4.** Tilápia (*Oreochromis niloticus*) em tamanho comercial.

Fonte : [www.infobidos.com](http://www.infobidos.com)

### 3.3 Metodologia analítica

As coletas, preservação e análises das amostras foram realizadas seguindo a metodologia do APHA/AWWA/WEF-Standard methods for the examination of water and wastewater (1998). As análises foram realizadas na Central Analítica da Universidade de Santa Cruz do Sul. Os seguintes parâmetros foram analisadas: alcalinidade dos bicarbonatos, carbonatos, hidróxidos e total, DBO<sub>5</sub>, DQO, fósforo total, nitrato, nitrogênio amoniacal, coliformes termotolerantes,

pH, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos e turbidez. Na despesca foram coletados os efluentes para análise de clorofila através do método de Espectrofotometria, sendo encaminhado ao Laboratório Pró-Ambiente de Porto Alegre.

O efluente utilizado provinha de um tanque de alvenaria revestido com cimento medindo 10 x 15 x 1,5 m, povoado com 500 indivíduos, com peso médio de 1 grama, na densidade de 3,5 peixes por m<sup>2</sup>, podendo chegar ao número de 5 peixes por m<sup>2</sup>.

### 3.4 Determinações qualitativas e quantitativas de indicadores ambientais

#### 3.4.1 Matriz de Leopold

As análises e avaliações foram feitas com base na identificação dos processos advindos das diversas formas de usos no empreendimento com o conseqüente surgimento de processos e impactos ambientais no meio físico, biótico e antrópico.

A identificação e caracterização qualitativa dos impactos foram feitas a partir da utilização do método Matriz de Interação derivada da Matriz de Leopold (LEOPOLD *et al.*, 1971).

Os prováveis impactos ao meio físico, biótico e antrópico decorrentes das atividades ou ações consideradas e representadas na matriz de interação, foram listados em consonância a cada elemento do meio. A identificação dos impactos se deu a partir da relação entre a ação prevista (linha) e o fator ambiental considerado (coluna) e sua caracterização qualitativa.

A qualificação dos impactos seguiu os seguintes critérios, conforme apresentado por Silva (1996):

Características de valor:

- a) *Impacto positivo*: quando uma ação causa melhoria da qualidade de um parâmetro;
- b) *Impacto negativo*: quando uma ação causa dano à qualidade de um parâmetro.

Características de ordem:

- a) *Impacto direto*: quando resulta de uma simples relação de causa e efeito;

b) *Impacto indireto*: quando é uma reação secundária em relação a ação.

Características espaciais:

a) *Impacto local*: quando a ação circunscreve-se ao próprio sítio e suas imediações;

b) *Impacto regional*: quando um efeito se propaga por uma área além das imediações;

c) *Impacto estratégico*: o componente é afetado coletivo, nacional ou internacional.

Características temporais:

a) *Impacto em curto prazo*: quando o efeito surge no curto prazo (a ser definido);

b) *Impacto em médio prazo*: quando o efeito se manifesta no médio prazo (a ser definido);

c) *Impacto em longo prazo*: quando o efeito se manifesta no longo prazo (a ser definido).

Características dinâmicas:

a) *Impacto temporário*: quando o efeito permanece por um tempo determinado;

b) *Impacto cíclico*: quando o efeito se faz sentir em determinados períodos (ciclos);

c) *Impacto permanente*: executada a ação, os efeitos não cessam de se manifestar num horizonte temporal conhecido.

Características plásticas:

a) *Impacto reversível*: a ação cessada, o fator ambiental retorna às condições originais;

b) *Impacto irreversível*: quando cessada a ação, o fator ambiental não retorna às suas condições originais, pelo menos num horizonte de tempo aceitável pelo homem.

### 3.4.2 Índices de Impacto Ambiental

Para as avaliações de indicadores de impacto ambiental foi utilizado a metodologia e *software* do Sistema de Avaliação Ambiental de Processos Industriais-SAAP (SAAP, 2006). Foram determinados os índices de eutrofização (IE), índice de destruição do oxigênio dissolvido (IDOD) e índice de pressão ambiental (IPA). As referências de limites de legislação seguiram a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA N<sup>o</sup> 357/2005) para as águas de classe 2 e as recomendações de Santos (2006).

O índice de eutrofização foi calculado dividindo as emissões totais nos seis meses de coleta em termos de  $\text{NO}_3^-$  equivalente e comparados a legislação brasileira com CONAMA N<sup>o</sup> 357/2005.

Para o IDOD utilizaram-se os valores de emissão de DQO nos seis meses de caracterização e o limite máximo de emissão da resolução CONAMA N<sup>o</sup> 357/2005.

Já o IPA envolveu o estabelecimento dos pesos dos dois índices de impactos ambientais determinados (IE e IDOD), o que foi feito também pela aplicação do *software* SAAP. O programa executou automaticamente a compilação dos índices e o estabelecimento dos pesos (SAAP, 2006).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Captação e gerenciamento de água

A água de abastecimento do viveiro de tilápias era oriunda de um poço artesiano sem tratamento prévio, para que atingisse o volume proposto do viveiro eram necessários 225.000 litros de água. A vazão da saída de água do poço artesiano era regulada conforme a necessidade de enchimento do tanque. Havia recirculação da água para oxigenação externa com sistema de gotejamento constante através de um cano de distribuição, o que pode ser observado na foto apresentada na Figura 2. Com esses dados foram calculados aproximadamente 225 m<sup>3</sup> de água necessária no processo para a criação de tilápia.

Para caracterizar a água de captação foram utilizados os resultados apresentados na Tabela 1 na data 09/04/2008. Os valores apresentados e analisados mostram que o poço artesiano de onde procede a água de captação está de acordo com os padrões estabelecidos pela resolução do Conselho do Meio Ambiente – CONAMA 357/05 para águas doces de classe 2 que são adequadas para a aquicultura e atividades de pesca.

**Tabela 1.** Caracterização da água do poço artesiano em abril de 2008.

Parâmetros	09/04/08
Alcalinidade bicarbonatos (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	7,7
Alcalinidade carbonatos (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	0,0
Alcalinidade hidróxidos (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	0,0
Alcalinidade total (mg L <sup>-1</sup> )	7,7
Condutividade elétrica (mS cm <sup>-1</sup> )	0,118
DBO <sub>5</sub> (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	<2,0

DQO (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	<2,0
Fósforo Total (mg L <sup>-1</sup> )	0,02
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0,7
Nitrogênio amoniacal (mg L <sup>-1</sup> )	0,8
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	<20
pH	6,1
Sólidos sedimentáveis (mg L <sup>-1</sup> )	<0,1
Sólidos suspensos (mg L <sup>-1</sup> )	2,0
Turbidez (uT)	<0,1

## 4.2 Caracterização do efluente

### 4.2.1 Monitoramento mensal do efluente

Nas Tabelas 2 e 3 apresentamos resultados de parâmetros analíticos provenientes dos efluentes gerados durante o processo de criação e da despesca. Por serem efluentes seria aconselhada uma comparação com os parâmetros da legislação do estado do Rio Grande do Sul - Resolução do CONSEMA N<sup>o</sup> 128/2006 que regulamenta a emissão de efluentes, mas o efluente em questão se mostra muito distinto em relação aos parâmetros de efluentes de outras fontes poluidoras que são à base da legislação vigente. Entende-se que os parâmetros de comparação de limites de cargas poluentes nos efluentes de criação de peixes são mais adequados para classificação das águas do que aos limites de carga poluente tradicionalmente elevada como a dos efluentes, sendo assim, é mais adequado analisar nossos resultados considerando como comparativo a legislação federal do CONAMA N<sup>o</sup> 357/05.

Conforme valores da Tabela 2, o DQO e DBO<sub>5</sub> aumentaram entre a captação e o efluente contínuo o que pode ser associado ao aumento de carga orgânica no viveiro. Entretanto conforme Tabela 3 estes parâmetros permanecem com menor variação do que o esperado para a despesca. Foi observado, contudo, que o

processo estes parâmetros são maiores que os estipulados pela legislação do CONAMA 357/05.

A condutividade elétrica do efluente contínuo diminui se comparado à água de captação, e durante a despesca se mantém sem variação significativa, provavelmente pelo processo de mineralização de matéria orgânica e conseqüentemente solubilização no fundo do viveiro. Os valores obtidos e apresentados nas Tabelas 2 comprometem o uso do efluente e na Tabela 3 não comprometem o uso do efluente para a irrigação da maioria das culturas, já que as restrições começam quando a condutividade elétrica é superior a  $0,07 \text{ mS.cm}^{-1}$ , segundo Ayers e Westcot(1991).

O valor apresentado na Tabela 2 para os coliformes termotolerantes na água de captação foi menor que 20 NMP/100mL mostrando-se adequado para a aquicultura conforme CONAMA 357/05. A média de coliformes termotolerantes na saída do viveiro mostrou-se maior ao longo do cultivo, mas abaixo do padrão estipulado na legislação, o que é esperado, dada a inexistência de aporte destes microorganismos na área do viveiro. Apenas o valor referente a coleta de junho apresentou um aporte de microorganismos, mas mesmo assim um fator não preocupante.

A variação média da concentração de amônia total durante a coleta no efluente contínuo ao longo do processo de engorda em relação ao ponto de captação é pequeno conforme a Tabela 2. E, na despesca, Tabela 3, mantém-se praticamente invariável o que mostra que a fertilização e maior parte da ração não ficou acumulada como matéria orgânica no fundo do viveiro. Todos os valores apresentados estavam abaixo dos padrões legais do CONAMA 357/05.

Os valores da alcalinidade total apresentada na Tabela 2 e 3 não possuem valores comparativos nos padrões legais do CONAMA 357/05, esta alcalinidade provavelmente estaria aumentando o valor do pH que também se mostra um pouco acima dos valores vigentes na legislação.

A turbidez, assim como os sólidos suspensos, conforme Tabela 2, apresentaram uma tendência de aumento em relação a captação e durante o cultivo. O aumento pode ser atribuído aos resíduos de ração não convertidos e à maior biomassa de fitoplâncton no viveiro. Na despesca, conforme Tabela 3, os valores da turbidez e dos sólidos suspensos vão aumentando ao longo do tempo, chegando a um valor máximo final, quando o material depositado no fundo do viveiro é removido.

No processo de despesca, conforme Tabela 3, há elevação dos níveis de nitrato, no entanto a concentração se mantém muito abaixo do padrão legal do CONAMA 357/05.

Observou-se a partir dos dados da Tabela 2 e 3 que a média de fósforo total aumentou em relação à captação, provavelmente devido aos resíduos da ração e de excreções dos peixes no viveiro durante o crescimento.

**Tabela 2.** Resultados dos parâmetros analisados de maio a outubro de 2008.

Parâmetros	07/05/08	10/06/08	09/07/08	05/08/08	04/09/08	01/10/08	Limites CONAMA
Alcalinidade bicarbonatos (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	38,6	8,2	16,5	15,4	9,9	23,1	–
Alcalinidade carbonatos (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	0,0	–
Alcalinidade hidróxidos (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	–
Alcalinidade total - mg L <sup>-1</sup>	38,6	8,2	16,5	15,4	23,1	23,1	–
Condutividade elétrica (mS cm <sup>-1</sup> )	0,118	0,074	0,079	0,092	0,070	0,074	–
DBO <sub>5</sub> (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	13,3	15,2	6,8	20,1	28,5	11,9	5,0
DQO (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	197	103	100	172	174	180	-
Fósforo Total (mg L <sup>-1</sup> )	0,51	0,12	0,03	0,21	0,10	0,07	0,050
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub> )	0,9	0,6	0,4	0,6	0,4	0,5	10
Nitrogênio amoniacal (mg	5,4	1,7	0,6	<0,1	<0,1	0,2	1,0

L <sup>-1</sup> )							
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	80	450	270	<180	<18	<180	10 <sup>3</sup>
pH	9,1	7,2	7,4	10,1	9,8	8,0	6 a 9
Sólidos sedimentáveis – (mg L <sup>-1</sup> )	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	<1
Sólidos suspensos (mg L <sup>-1</sup> )	75,0	40,0	26,0	70,0	36,7	52	virtualmente ausentes
Turbidez (uT)	29,8	15,5	21,7	22,0	20,5	14	–

Os resíduos, como alimento não consumido e material fecal que são liberados ao meio ambiente poderiam estar provocando a eutrofização neste efluente. Esta eutrofização é benéfica até o ponto em que promove aumento da população de peixes em ambiente natural, entretanto, quando excessiva, torna-se poluição, favorecendo proliferação de algas, acúmulo de lodo anaeróbio e diminuição da disponibilidade de oxigênio dissolvido no meio, segundo Figueiredo et al (2005). Este problema não apareceu na tilapicultura em estudo.

Para o caso do efluente contínuo poderíamos sugerir a recirculação, por sua vez, vem racionalizar o consumo da água, otimizar os custos com outorga e com a energia para a captação, além de reduzir o lançamento de cargas de nutrientes e matéria orgânica nos corpos receptores.

#### 4.2.2 Efluente da despesca

Nos efluentes da despesca, conforme apresentado na Tabela 3, verifica-se que no DBO<sub>5</sub> houve uma pequena variação dos índices, mas uma das que mais salientaram foi a DQO e os sólidos suspensos que seus índices elevaram-se significativamente na última etapa da despesca, que era esperado, pois o nível da água estava muito baixo em ponto de quase vazio, enquanto que a turbidez sofreu um mínimo aumento na última etapa da despesca.

**Tabela 3.** Resultados dos parâmetros analisados na despesca.

Parâmetros	01/10/08	03/10/08	07/10/08	Limites CONAMA
Alcalinidade bicarbonatos (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	23,1	23,1	6,6	–
Alcalinidade carbonatos (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	0,0	0,0	17,6	–
Alcalinidade hidróxidos (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	0,0	0,0	0,0	–
Alcalinidade total (mg L <sup>-1</sup> )	23,1	23,1	24,2	–
Condutividade elétrica (mS cm <sup>-1</sup> )	0,074	0,073	0,073	–
DBO <sub>5</sub> (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	11,9	10,1	16,4	5,0
DQO (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	180	121	169	-
Fósforo Total (mg L <sup>-1</sup> )	0,07	0,05	0,16	0,050
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub> )	0,5	0,7	0,8	10
Nitrogênio amoniacal (mg L <sup>-1</sup> )	0,2	<0,1	<0,1	1,0
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	<180	<180	<180	10 <sup>3</sup>
pH	8,0	9,4	9,7	6 a 9
Sólidos sedimentáveis (mg L <sup>-1</sup> )	0,4	<0,1	<0,1	<1
Sólidos suspensos (mg L <sup>-1</sup> )	52	74	195	virtualmente ausentes
Turbidez (uT)	14	10,2	17,2	-

Tendo em vista que as mais altas concentrações de sólidos suspensos se dão no efluente da despesca poderia ser uma alternativa a ser sugerida a drenagem mais lenta do viveiro que reduz a ressuspensão dos sólidos e melhora a qualidade do efluente, outra alternativa poderia ser a utilização de uma bacia de sedimentação. Com certeza estas ações iriam reduzir o impacto do efluente da despesca no corpo hídrico, bem como proporcionar a utilização do efluente no reuso para irrigação, contemplando o uso racional da água, economia de fertilizantes e redução da poluição hídrica (FIGUEIREDO et al, 2005).

Atualmente, o efluente retirado é misturado ao solo arenoso, deste modo preparando a terra para um novo plantio e também é utilizado para regar plantação de

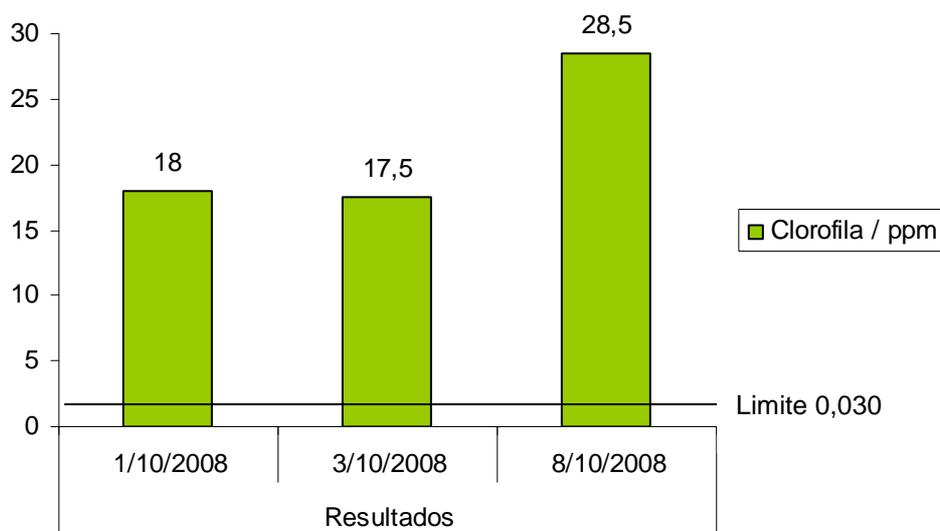
gramíneas, alfaces, cenoura, tomate, repolho, couve, milho, melancia e abóbora, com o objetivo de aproveitamento de nutrientes deste efluente na propriedade.

#### **4.2.3 Clorofila da despesca**

Os dados da amostra de clorofila, conforme Figura 5, mostram que na primeira e segunda amostra não houve variação por se tratar de dias muito próximos das duas coletas, embora tenha tido um volume de 225.000 L de água do tanque na primeira coleta dia 01/10/2008, e na segunda coleta dia 03/10/2008 restou 125.000 L, enquanto que a terceira amostra ocorreu em maior espaço de tempo 08/10/2008 e com um volume 25.000 L restante, nesta terceira amostra houve uma concentração bem maior de clorofila.

A clorofila aumentou substancialmente durante a despesca, o que era esperado, pela maior disponibilidade do agente eutrofizante que é o fósforo conforme (Von Sperling 1994). A principal fonte deste nutriente é oriunda da ração não consumida e das excreções dos peixes, o que provoca um aumento da atividade fitoplanctônica. Em todo o processo de despesca este parâmetro está muito acima do estipulado pela legislação do CONAMA 357/05.

Este problema poderia ter sido atenuado com a construção de uma bacia de sedimentação incluindo, se necessário, a coagulação. Poderia também ser acoplada a utilização de filtros mistos de areia e brita como polimento final antes do reúso. A adoção dos sistemas de tratamento para reúso já inclui citações com emprego de osmose reversa e tela filtro (QIN et al, 2005; TWAROWSKA et al, 1997; SHNEL et al, 2002).



**Figura 5.** Resultados do parâmetro clorofila na despesca.

### 4.3 Identificação qualitativa dos impactos ambientais

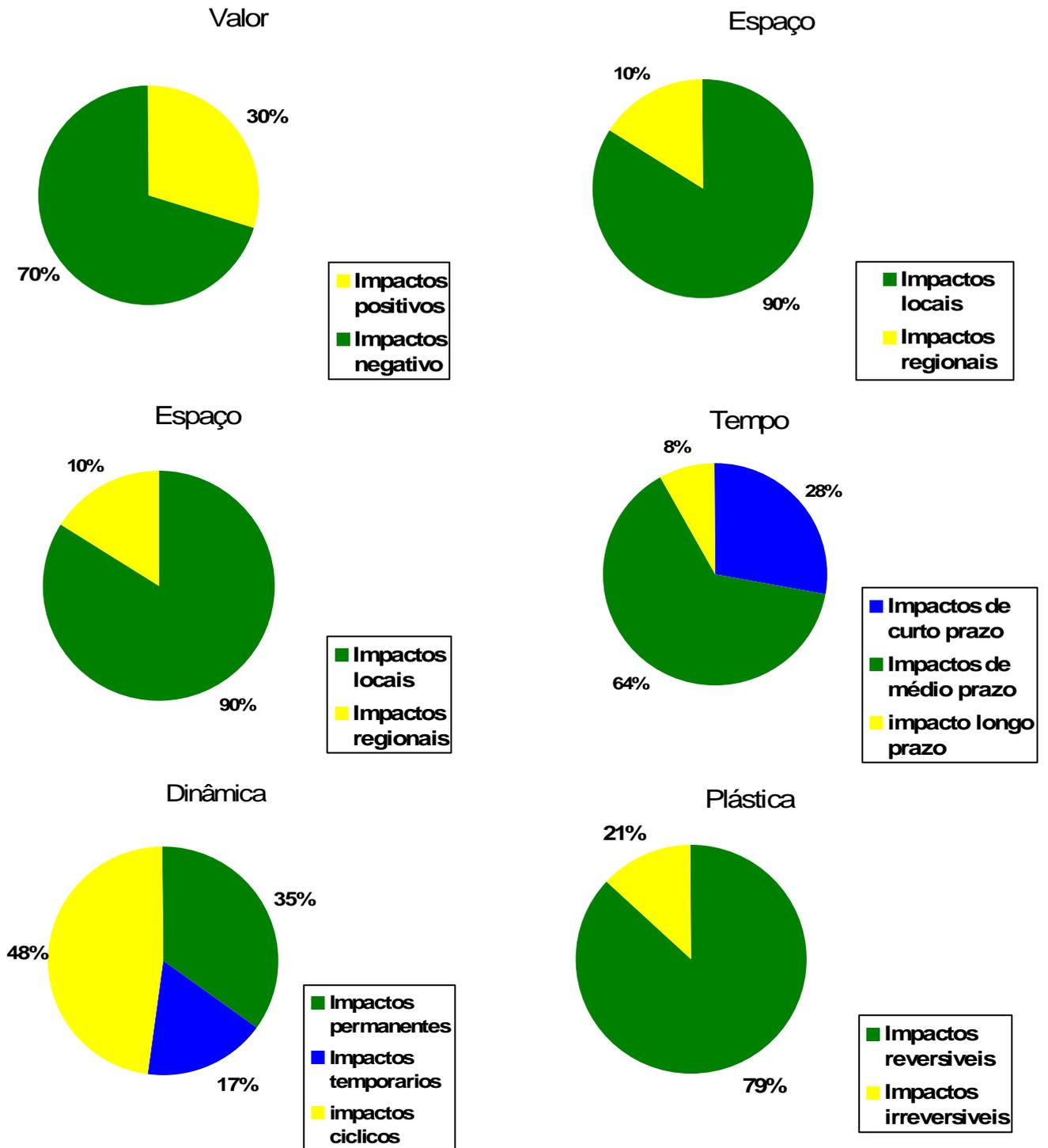
As respectivas atividades do empreendimento foram apresentadas numa Matriz de Interação de Leopold. Na Tabela 5, é apresentada a matriz onde foram identificadas 9 ações impactantes (linhas), sendo que as mesmas tiveram que ser multiplicadas por 16 fatores ambientais considerados relevantes, resultando 144 possíveis relações de impactos, e 60 impactos identificados. Dos 60 impactos identificados a partir da Tabela 5, apresentam-se os seguintes resultados para subsídio à proposição de medidas ambientais, minimizadoras ou potencializadoras:

- do total de impactos listados 70% foram negativos e 30% positivos, segundo o critério de valor (Figura 6);
- com relação aos critérios de ordem, 92% foram de caráter direto e 8% de caráter indireto (Figura 6);
- conforme o critério espacial, 90% foram locais e 10% regionais (Figura 6);
- para o critério de tempo, 28% foram considerados de curto prazo, 64% médio prazo e 8% longo prazo (Figura 6);
- de acordo com o critério da dinâmica, 35% foram impactos permanentes, 17% impactos temporários e 48% impactos cíclicos (Figura 6);
- em relação ao critério de plástica considerou-se, 79% impactos reversíveis e 21% impactos irreversíveis.

**Tabela 4.** Matriz de identificação qualitativa dos impactos ambientais no tanque de criação de Tilápias.

CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS RELEVANTES												
Remoção do lodo	Esgotamento de água	Renovação de água	Alimentação	Colocação de peixes	Entrada de água	M.O do fundo do açude	Perfuração do poço	Construção Açude	FASE	MEIO FÍSICO		
										Ar	Recurso Hídrico	Recurso Edáfico
Carga orgânica pastosa	Efluente com carga orgânica	Consumo de água	Resíduo de ração na água	Excrementos na água	Consumo de energia elétrica	Excrementos (forro do açude)	Perfuração solo lençol	Escavação do solo	ATIVIDADES IMPACTANTES			
										-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
										NDLMY	NDLMYV	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
										NDLMYV	NDLMYV	NDLMYV
-	-	NDLMYV	-	-	NDLMYV	-	NDLMYV	NDLMYV	NDLMYV			
										NDLMTV	NDLMTV	-
NILMTV	NILMTV	-	-	-	-	-	-	-	-			
										NDLMA S	NDLMAS	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
										NDLMA	NDLMAS	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
										-	-	PDRCAV
PDLOAVV	PDLOAV	PDLOAV	-	-	-	-	-	-	-			
										-	-	-
NDRMY	NDRMYV	-	-	-	-	-	-	-	-			
										-	-	-
NDLCA S	NDLCAS	-	-	-	-	-	-	-	-			
										NDLCA S	NDLCAS	PDLCYV

Legenda: P – positivo, N – negativo, D – direto, I – indireto, L – local, R – regional, E – estratégico, C – curto prazo, M – médio prazo, O – longo prazo, T – temporário Y – cíclico, A – permanente, V – reversível, S – irreversível.



**Figura 6.** Avaliação qualitativa de impactos ambientais, conforme os diferentes critérios.

**Tabela 5.** Principais problemas identificados e medidas ambientais.

<b>Principais problemas identificados</b>	<b>Medidas para minimizar impactos negativos e potencializar os positivos</b>
Fase 1 – construção do açude <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escavação do solo</li> </ul>	•minimizar os impactos da construção civil com tanque escavado.
Fase 2 – Perfuração do poço <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfuração do solo e lençol freático</li> </ul>	•É alternativa mais vantajosa que irrigar através de um corpo hídrico.
Fase 3 – Deposição de material orgânico no interior do tanque <ul style="list-style-type: none"> <li>• Excrementos (forro do açude)</li> </ul>	•Boa alternativa tanto no custo quanto no não uso de adubo químico.
Fase 4 – Entrada de água <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consume de energia (bomba)</li> </ul>	•Com o uso do tanque escavado a entrada de água para o poço é menor, portanto o uso de energia elétrica é menor.
Fase 5 – Colocação de alevinos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Excrementos na água</li> </ul>	•Não há como evitar os excrementos dos peixes na água, portanto é importante a quantidade adequada de alevinos para o tamanho do tanque, evitando alta carga orgânica e aferição da biomassa.
Fase 6 – Alimentação <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resíduos de ração na água</li> </ul>	•Importante a qualidade e quantidade da ração animal.
Fase 7 – Renovação de água <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de água</li> </ul>	•Uso de bomba de água com maior potência, pois menor tempo de uso entrando, mais volume em menor tempo, evitando o desperdício de energia elétrica, e uso do tanque escavado (terra) usa parte da água na escavação.
Fase 8 – Esgotamento da água <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efluente com carga orgânica</li> </ul>	•É feito o reaproveitamento da água do efluente para regar a plantação de hortaliças e pastagem para o gado.
Fase 9 – Remoção do lodo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga orgânica pastosa</li> </ul>	•A carga orgânica pode ser revertida em adubo processado com o solo em terras para aragem.

#### 4.4 Identificação quantitativa dos impactos ambientais

Apesar dos perfis de impactos associados ao valor e a ordem indicar potenciais danos ambientais, os dados analíticos quantitativos expressos em termos de índice de pressão ambiental (IPA), apresentado na Tabela 6, mostra valores de 2,47 com contribuição expressiva do IDOD de 3,28.

**Tabela 6.** Índices de impactos ambientais do processo de criação de tilápias.

Índice	Resultado	Aceitável
<b>IDOD</b>	3,28	0 – 1
<b>IE</b>	0,052	0 – 1
<b>IPA</b>	2,47	0 – 1

Os índices de impactos ambientais calculados pelo uso do SAAP (2006) não são maiores devido a baixa relação da densidade de população de peixes ( $3,5 \text{ m}^{-3}$ ) com um volume de água ( $141,75 \text{ m}^{-3}$ ) na área em estudo. Nos estudos apresentados por Campos *et al* (2007) a densidade de peixes foi de  $250 \text{ m}^{-3}$  e para Mainardes-Pinto *et al* (2007) a densidade de peixes foi de  $333 \text{ m}^{-3}$ , isto corresponde a densidades de população usuais maiores até 100 vezes do que no viveiro do nosso estudo. Outra questão favorecida pela baixa densidade de peixes por  $\text{m}^3$  é o benefício do viveiro ter atenuação das doenças que atacam as espécies a partir de bactérias, fungos, protozoários e vírus.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tilapicultura vem se mostrando uma ótima alternativa para a piscicultura de água doce. A expansão do cultivo da tilápia deve-se ao ótimo desempenho, alta rusticidade, facilidade de obtenção de alevinos, adaptabilidade aos mais diversos sistemas de criação, grande aceitação no mercado de lazer (pesque-pague) e alimentício e pelas suas qualidades nutritivas e organolépticas do seu filé.

Os resíduos deste tipo de criação mostrados pelos resultados do monitoramento do processo contínuo e despesca, causado por alimento artificial não consumido e material fecal, liberados ao ambiente, provocaram problemas na qualidade da água.

Pelos dados obtidos nos parâmetros de impactos ambientais pode-se afirmar que a maior contribuição é do IDOD, sendo que o IE é baixo por estar relacionado com os valores de fósforo total no comparativo com os padrões legais do CONAMA 357/05.

O resultado do IPA de 2,47 reforça a necessidade de medidas atenuadoras de impacto.

Com base no acompanhamento e dados obtidos foram propostas ações de produção mais limpa que visam o aumento da eco-eficiência do produto, seja através de mudanças de *layout*, procedimentos, processos e até mesmo cultura e hábitos utilizados na tilapicultura.

Portanto o uso dos efluentes para a irrigação é a melhor alternativa que pode contemplar o uso racional da água, economia de fertilizantes e redução de poluição hídrica. Outra sugestão poderia ser a recirculação, que por sua vez, vem racionalizar o consumo com a energia para a captação, além de reduzir o lançamento de cargas de nutrientes e matéria orgânica nos corpos receptores.

## 6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. R. *Gestão Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável*. Ed. Thex. Rio de Janeiro, p. 495-496, 2006.
- APHA, American Public Health Association; AWWA, American Water Works Association; WEF, Water Environment Federations. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington/DC: APHA, 19<sup>th</sup> ed., 1998.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade de água na agricultura. Tradução de GHEYI, H. R. Campina Grande; UFPB, 1991.
- BALDISSEROTTO, B. *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura*. Santa Maria: UFSM, 212 p. 2002.
- BASTOS, R. K. X. *Utilização de Esgotos Tratados em Fertirrigação, Hidroponia e Piscicultura*. Rio de Janeiro/RJ: PROSAB, 267 p., 2003.
- BOSCARDIN-BORGHETTI, N. R.; OSTRENSKI, A.; BORGHETTI, J. R. *Aquicultura: uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo*. Curitiba: Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais, 128p. 2003.
- BOYD, C.E. *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama: Auburn University, 482p. 1990.
- BOYD, C. E. *Manejo da qualidade da água na aquicultura e no cultivo de camarão marinho*. Recife: Associação Brasileira de Criadores de Camarão – ABCC, (s.d).
- BOYD, C. E. *Manejo do solo e da qualidade da água em viveiro para aquicultura*. Florianópolis: JL Química da Água Ltda, 55 p. 1997.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA N<sup>o</sup> 357/2005) de 17 de março de 2005. Disponível na internet: [www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf). Acessado em 26 de fevereiro de 2009.

BRASIL, RIO GRANDE DO SUL, Resolução CONSEMA n<sup>o</sup>.128 de 24 de novembro de 2006. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Secretaria da Saúde e Meio Ambiente/RS, Disponível na internet: <http://www.aquaflot.com.br/legislacao.html>. Acessado em 10 de novembro de 2008.

BUREAU, D. P.; CHO, C. Y. Phosphorus utilization by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): estimation of dissolved phosphorus waste output. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 179, n. 1-4, p. 127-140, 1999.

CAMPOS, C. M. et al. Avaliação econômica da criação de tilápias em tanque-rede, município de Zacarias, SP. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 265-271, 2007.

CRESCENIO, R. Ictiofana brasileira e seu potencial para a criação. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (eds). *Espécies nativas para a piscicultura no Brasil*. Santa Maria: UFSM, p. 23-36, 2005.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. Nutrição de peixes e meio ambiente. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO E SAÚDE DE PEIXES, Botucatu – SP, p. 103-119, 2005.

CYRINO, J. E. P.; KUBITZA, F. *Piscicultura*. Ed. SEBRAE (Coleção Agro Indústria: v. 8). ISBN 85-7361-006-9, Cuiabá-MT, 1996.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Exame Mundial da Pesca e Aquicultura, 2004. Disponível em: <[www.fao.org](http://www.fao.org)>.

FIGUEIREDO, M. C. B. et al. Impactos ambientais do lançamento de efluentes da carcinicultura em águas interiores. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 10, n. 2, p. 167-174, 2005.

- FITZSIMMONS, K. The most important aquaculture species of the 21 century. In: FITZSIMMONS, K. E CARVALHO FILHO, J. (Eds.) *Proceedings from the fifth international symposium on tilapia aquaculture*. Rio de Janeiro: Panorama da Aquicultura Magazine, p. 3-8, 2000.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Information Division. *The state of world's fisheries and aquaculture*. Disponível em: <http://www.fao.org/figis/servlet>. Acesso em: 10/01/2009.
- FURUYA, W. M.; NEVES, P. R.; SILVA, L. C. R.; BOTARO, HAYASHI, C.; SARAGUITI, E. S. Fitase na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante o período de Reversão sexual. *Acta Scientiarum*, Maringá PR, v. 26 n.3, p. 299-303, 2004.
- HENRY-SILVA, G. H. G. *Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes (Eichhornia crassipes, Pistia stratiotes e Salvinia molesta) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidade de aproveitamento da biomassa vegetal*. 2001. 79 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista – UNESP. Jaboticabal – SP, 2001.
- ITAUSSÚ, D. R.; CAVERO, B. A.; FONSECA, F. A.; BORDINHON, A. M. Cultivo de curimatã (*Prochilodus ssp*) In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C.; (eds.). *Espécies nativas para a piscicultura no Brasil*. Santa Maria: UFSM, p. 67-79, 2005.
- KIM, J. D.; KIM, K. S.; SONG, J. S.; LEE, J. Y.; JEONG, K. S. Optimum level of dietary monocalcium phosphate based on growth and phosphorus excretion of mirror carp, (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, Amsterdam, v.161, p. 337-344, 1998.
- KNUD-HANSENA, C. F.; HOPKINSC, K. D.; GUTTMAN, H. A comparative analysis of the fixed-input, computer modeling, and algal bioassay approaches for identifying pond fertilization requirements for semi-intensive aquaculture. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 228, p. 189–214. 2003.

- KUBITZA, F. *Qualidade de água no cultivo de peixes e de camarão*. Jundiaí: Fernando Kubitza, 229 p. 2003.
- KUBITZA, F. *Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial*. 1. ed. Jundiaí: Fernando Kubitza, 289 p. 2000.
- LAUTENSCHLAGER, S. R. *Modelagem do desempenho de wetlands construídas*. 2001. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.
- LEOPOLD, L. B. et al. *A procedure for evaluating environmental impact*. Wahington, D.C., *Geological Survey Circular*, 645p. 1971.
- LIN, Y.; JING, S.; LEE, D.; CHANG, Y.; CHEN, Y.; SHIH, K. Performance of a constructed wetland treating intensive shrimp aquaculture wastewater under high hydraulic loading rate. *Environmental Pollution*, Japan, v. 134, p. 411-421, 2005.
- LIN, Y.; JING, S.; LEE, D.; WANG, T. Nutrient removal from aquaculture wastewater using a constructed wetlands system. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 209, p. 169-184, 2002.
- LIMBERY, A. J.; DOUPÉ, R. G.; BENETT, T.; STARCEVICH, M. R. Efficacy of a subsurface-flow wetland using the estuarine sedge *Juncus kraussii* to treat effluent from inland saline aquaculture. *Aquacultural Engineering*, Amsterdam, v. 34, p. 1-7, 2006.
- LOVELL, R. T. *Nutrition and feeding of fish*. 2. ed. Boston, MA, USA: Kluwer Academic publishers, 1998.
- MAINARDES-PINTO, C. S. R. et al. Desempenho produtivo da tilápia tailandesa, *Oreochromis nicoticus*, estocada em diferentes quantidades de tanque-rede instalados em viveiros povoados com a mesma espécie, *B. Inst. Pesca*, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 53-62, 2007.

- ONO, E. A.; KUBITZA, F. *Cultivo de peixes em tanques-rede*. 3. ed. Jundiaí: Degaspari, 112 p. 2003.
- OSTRENKY, A.; BOEGER, W. *Piscicultura: Fundamentos e técnicas de manejo*. Porto Alegre: Guaíba Agropecuária, 211 p. 1998.
- PROENÇA, C. E. M.; BITTENCOURT, P. R. L. *Manual de Piscicultura Tropical*. Brasília: IBAMA, 196 p. 1994.
- QIN, G.; CLARK, C. K. L.; RICHMAN, N. H.; MONCUR, J. E. T. Aquaculture wastewater treatment and reuse by wind-driven reverse osmosis membrane technology: a pilot study on Coconut Island, Hawaii. *Aquacultural Engineering*, v. 32, p. 365-378, 2005.
- RIJIN, J. V.; TAL, Y.; SCHREIER, H. J. Denitrification in recirculating systems: Teory and applications. *Aquaculture Engineering*, Amsterdam, v. 34, p. 364-376, 2006.
- SAAP: *Avaliação Ambiental de Processos*. Ouro Preto: EPTOF. 1 CD-ROM. 2006.
- SANTOS, Luciano Miguel Moreira dos. *Avaliação ambiental de processos industriais*. 1.ed. Ouro Preto/MG, ETFOP, 2006.
- SCHULZ, C.; GELBRECHT, J.; RENNERT, B. Treatment of rainbow trout farm effluents in constructed wetland with emergent plants and subsurface horizontal water flow. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 217, p. 207-221, 2003.
- SCHULZ, C.; GELBRECHT, J.; RENNERT, B. Constructed wetlands with free water surface for treatment of aquaculture effluents. *Journal Appl. Ichthyol*. Berlin, v. 20, p. 64-70, 2004.
- SCHWARTZ, M. F.; BOYD, C. E. Constructed wetlands for treatment of channel catfish pond effluents. *Prog. Fish Cult.*, Auburn, v. 57, p. 255-266, 1995.
- SHNEL, N. et al. Desing and performance of a zero-discharge tilapia recirculating system. *Aquacultural Engineering*, v. 26, p. 191-203, 2002.

- SILVA, N. A. Avaliação da Qualidade da Água de Pisciculturas: Ferramentas de Análises e Impactos Associados à Atividade. Resumo dos Trabalhos Técnicos. 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Campo Grande/MS, 89 p. 2005.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; BARROS, A. F.; BRAGA, F. M. S. Effects of floating macrophyte cover on the water quality in fishpond. *Acta Scientiarum*, Maringá – PR, v. 25, n. 1, p. 101-106, 2003.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; FAVERO, E. G. P.; BRAGA, F. M. S. Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I. floating plant. *Braz. J. Biol*, São Carlos, v. 62, n. 4a. 2002.
- TACON, A. G. J.; FOSTER, I. P. Aquaculture and the environment: policy implications. *Aquaculture*, Amsterdam, n. 226, p. 181-189. 2003.
- TILLEY, D. R.; BADRINARAYANAN, H.; ROSATI, R.; SON, J. Constructed wetlands as recirculation filters in large-scale shrimp aquaculture. *Aquacultural Engineering*, Amsterdam, n. 26, p. 81-109. 2002.
- TRUE, B.; JOHNSON, W.; CHEN, S. Reducing phosphorus discharge from flow-through aquaculture I: facility and effluent characterization. *Aquacultural Engineering*, Amsterdam, v. 32, p. 129-144, 2004.
- TUCKER, C. S. Quality of potential effluents from channel catfish culture ponds. In J. Blake, J. Donald; W. Magette (editors) National livestock, poultry, and aquaculture waste management. *American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, Michigan. p. 177-184, 1992.
- TWAROWSKA, J. G.; WESTERMAN, P. W.; LOSORDO, T. M. Water treatment and waste characterization evaluation of an intensive recirculating fish production system. *Aquacultural Engineering*, v. 16, p. 133-147, 1997.

- VINATEA-ARANA, L. *Aquicultura e desenvolvimento sustentável*. Subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aquicultura brasileira. Florianópolis: UFSC, 310 p. 1999.
- VINATEA-ARANA, L. *Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarão*. Florianópolis: UFSC, 166 p. 1997.
- VON SPERLING, E. A avaliação do estudo trófico de lagos e reservatórios tropicais. *Revista BIO*, n. 3, p. 68-73, ABES, 1994.
- VON SPERLING, M. *Princípios de tratamento biológico de águas residuárias: lagoas de estabilização*. Belo Horizonte: UFMG – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 3, 1996.
- ZANIBONI-FILHO, E. O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade de água. *Revista Brasileira de Biologia*. São Carlos/SP, v. 57, n. 1, p. 3-9, 1997.
- ZIMMO, O. R.; VAN DER STEENB, N. P.; GIJZEN, H. J. Nitrogen mass balance across pilot-scale algae and duckweed-based wastewater stabilization ponds. *Water Research*, Great Britain, v. 38, p. 913-920, 2004.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)