



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

**ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA  
PARA O ZONEAMENTO DE ÁREAS AQUÍCOLAS  
NO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA  
DE BARRA GRANDE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Aquicultura

Orientador: Alex Pires de Oliveira Nuñez

MARINA FERNANDES BEZ

Florianópolis – SC  
2011

Catálogo na fonte elaborada pela biblioteca da  
Universidade Federal de Santa Catarina

Bez, Marina Fernandes

Índice de qualidade de água para o zoneamento de áreas aquícolas no reservatório da Usina Hidrelétrica de Barra Grande [Dissertação] : Marina Fernandes Bez; orientador, Alex Pires de Oliveira Nuñez. - Florianópolis, SC, 2011.

38 p.: il., grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Aquicultura.

Inclui referências

1. Zoneamento. 2. Qualidade de água. 3. Análise dos Componentes Principais. 4. Tanques-rede. I. Nuñez, Alex Pires de Oliveira. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Aquicultura. III. Título.

**Índice de qualidade de água para o zoneamento de áreas aquícolas  
no reservatório da Usina Hidrelétrica de Barra Grande**

Por

MARINA FERNANDES BEZ

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

**MESTRE EM AQUICULTURA**

e aprovada em sua forma final pelo Programa de  
Pós-Graduação em Aqüicultura.

---

Prof. Evoy Zaniboni Filho, Dr.  
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

---

Dr. Alex Pires de Oliveira Nuñez – *Orientador*

---

Dra. Katt Regina Lapa

---

Dr. Mauricio Mello Petrucio



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, ao meu orientador, Alex, pela maneira leve com que divide seus conhecimentos e sua forma, simples e tranqüila, de ser.

À minha família, meus pais e meu irmão pela família que formamos e momentos que compartilhamos.

Aos meus avós, meus arquivos vivos, da minha própria história.

A todo o pessoal do LAPAD, pelos anos de convivência.

E, claro, a todos os meus amigos!



## RESUMO

As águas represadas nos reservatórios construídos no Brasil para geração de energia hidrelétrica representam uma parte do grande potencial brasileiro para a produção de peixes. Além disso, a legislação preconiza que até 1,0% da área desses reservatórios pode ser utilizada para fins de aquicultura. Considerando-se a necessidade de gerar diretrizes para balizar futuras implantações de sistemas de cultivos em tanque-rede no reservatório da usina hidrelétrica de Barra Grande, foi elaborado um índice de qualidade de água a partir dos dados obtidos nos programas de monitoramento ambiental deste reservatório. Para tanto, foi utilizada a análise fatorial e o critério de Bartlett. A análise fatorial é uma técnica que trata as relações de um conjunto de variáveis e as transforma em conjunto menor de fatores que explicam a maior parte da variação total dos dados originais. O método de Bartlett foi usado na criação de fatores de escala, ou seja, do peso de cada variável no índice. Pela análise fatorial, três fatores representaram 71% da variação total dos dados, sendo que o primeiro deles representou 31% e foi considerado o índice de qualidade de água (IQA), no qual a temperatura, os coliformes termotolerantes, a turbidez e a clorofila foram as variáveis que apresentaram maior peso. Os IQA médios dos pontos amostrados nos tributários foram diferentes daqueles calculados no corpo do reservatório.

**Palavras-chave:** Zoneamento, qualidade de água, Análise dos Componentes Principais, Tanques-rede.



## **ABSTRACT**

The dammed water in the reservoirs built in Brazil for hydroelectric power generation represents a large part of the Brazilian potential for fish production. The legislation determines that 1.0% of the area of the reservoirs can be used for aquaculture. Considering the need to produce guidelines for future deployments of fish culture in cages in the reservoir of Barra Grande hydroelectric power plant, a water quality index was designed based on data obtained in environmental programs of the reservoir. For that, a factor analysis was applied in conjunction with the Bartlett method. Factor analysis is a technique that treats the relations between a set of variables and transforms them in a smaller set of factors that explain most of the variance of the original data. The Bartlett method was used in the production of scale factors, the weight of each variable in the index. By factor analysis, three factors accounted for 71% of the data total variance. As the first factor accounted for 31% of the total variance it was considered the water quality index (WQI), in which temperature, fecal coliforms, turbidity and chlorophyll were the variables that presented higher weight. The average of WQI calculated in the tributaries points were different from those calculated on the body of the reservoir.

**Keywords:** Zoning, Water quality, Principal Component Analysis, Fish cages.



## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	13
OBJETIVOS .....	19
<i>Objetivo geral</i> .....	19
<i>Objetivos Específicos</i> .....	19
ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA O ZONEAMENTO DE ÁREAS AQUÍCOLAS NO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE BARRA GRANDE.....	20
RESUMO .....	20
ABSTRACT .....	21
INTRODUÇÃO .....	22
MATERIAIS E MÉTODOS .....	24
<i>Área de estudo</i> .....	24
<i>Elaboração do índice</i> .....	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO .....	36



## INTRODUÇÃO

Reduzir os impactos negativos que a exploração pesqueira indiscriminada pode causar nos ecossistemas aquáticos e diminuir a pressão da pesca sobre os estoques pesqueiros naturais são alguns dos fatores que fazem da aquicultura uma importante alternativa na produção de alimentos. Além disso, o crescimento da aquicultura está ligado a uma tendência de mercado promissora, já que a atividade tem contribuído significativamente para aumentar o fornecimento de pescado a nível nacional, cuja oferta atual não é capaz de suprir a demanda interna. (ROTTA; QUEIROZ, 2003)

A piscicultura no Brasil, durante as últimas décadas substituiu em parte o pescado proveniente da pesca extrativa, tendo se consolidado como atividade importante no agronegócio brasileiro (FIRETTI, GARCIA e SALES, 2007). A abundância de recursos hídricos do país, que apresenta 5,5 milhões de hectares de grandes reservatórios naturais e artificiais, o clima favorável e a disponibilidade de grãos para o processamento de rações balanceadas, justificam o potencial de crescimento que o Brasil apresenta (BORGHETTI, N., OSTRENSKY e BORGHETTI, J., 2003; OSTRENSKY, BORGHETTI e SOTO, 2008).

O sistema de criação de peixes em tanques-rede ou gaiolas é uma excelente alternativa para o aproveitamento de corpos d'água inexplorados (COLT e MONTGOMERY, 1991) e de ambientes aquáticos existentes, dispensando o desmatamento de grandes áreas e evitando problemas de erosão e assoreamento, como ocorre na piscicultura convencional (CARDOSO et al., 2005). Esse sistema é classificado como intensivo, com alta e contínua renovação de água, que promove a remoção dos metabólitos e dejetos produzidos pelos peixes, mantendo a qualidade da água (BEVERIDGE, 1987; COLT e MONTGOMERY, 1991).

AYROZA, FURLANETO E AYROZA (2006) afirmaram que utilizando critérios técnicos de criação de peixes em tanques-rede no Brasil pode-se obter o incremento da produção aquícola, o que criaria condições para atrair novos investidores e tornaria a atividade excelente alternativa de geração de emprego e renda, além de diminuir a pressão sobre os estoques pesqueiros naturais e as várzeas. Segundo esses autores, estima-se que para cada 100 tanques-rede possam ser gerados três empregos diretos e nove indiretos. Além disso, o incremento da produção piscícola é importante para diminuir os custos com a importação de pescado, uma vez que o Brasil dispense anualmente mais

de US\$ 350 milhões com a importação de pescado, principalmente do Chile (ROTTA; QUEIROZ, 2003).

KUBITZA (2000) apontou vantagens e desvantagens do cultivo em tanques-rede. Dentre as vantagens, encontram-se o menor investimento inicial para a implantação do empreendimento quando comparado à construção de viveiros, o aproveitamento de recursos aquáticos, o cultivo de diferentes espécies em um mesmo corpo d'água, o maior controle do estoque, a observação mais fácil dos peixes do que no cultivo em viveiros e a minimização dos custos no tratamento de doenças. Dentre as desvantagens podem ser destacadas a limitação de acesso ao alimento natural, demandando o uso de rações mais completas e de custos mais elevados, que oneram a produção, o aumento dos problemas nutricionais, o aumento do estresse, que conduz ao aumento da ocorrência de doenças e de mortalidade dos peixes, a exposição à roubos e vandalismos, e o risco de fuga dos peixes por rompimento das redes e telas.

O sucesso de empreendimentos de piscicultura depende também do manejo correto da qualidade da água (CYRINO e CONTE, 2006), sendo que, na criação de peixes em tanques-rede a qualidade de água é fator preponderante para o crescimento, para a conversão alimentar e para a saúde dos peixes. Além disso, o bom desempenho produtivo depende da qualidade dos insumos, das técnicas de manejo e da capacidade técnica empregada (ONO e KUBITZA, 2003).

A qualidade da água, em aquicultura, compreende as variáveis físicas, químicas e biológicas que afetam a sua produção (BOYD, 1990), e é determinante para a seleção do local e da espécie cultivada, influenciando a viabilidade econômica, a produção e alguns fatores relacionados à mortalidade (BEVERIDGE, 1987). Desse modo essa qualidade determinará a viabilidade técnica de um projeto de piscicultura em tanques-rede. A água circundante e a velocidade de renovação da água entre o tanque-rede e a água que o rodeia influenciam diretamente a água presente no interior dos tanques-rede. Diferentemente do que acontece no ambiente natural, nos tanques-rede o confinamento dos peixes, não permite a busca por alimento e por locais com melhores condições de qualidade de água. Portanto, alguns aspectos devem ser analisados antes da implantação do projeto, como o posicionamento dos tanques-rede e a flutuação do nível da água, além de outras variáveis como, por exemplo, a concentração de oxigênio dissolvido, a temperatura, o pH, a turbidez e as possíveis fontes de contaminação (BAHIA PESCA, 1997).

Os dados analíticos que são produzidos nos programas de monitoramento da qualidade de água podem ser condensados em um valor sintético, e assim desempenhar uma função de descrição e de representação compreensível e significativa do estado atual e das tendências da água. Dessa forma, os dados podem ser utilizados como informações gerenciais e como uma ferramenta na tomada de decisões relativas aos recursos hídricos (PNMA II, 2005). Tanto os indicadores, como os índices de qualidade de água podem ser aplicados para esses fins.

Um indicador diferencia-se de um índice de qualidade de água por representar uma característica específica da água, que pode ser física, química ou biológica, enquanto os índices de qualidade de água agregam dois ou mais indicadores. Os índices são importantes no acompanhamento da qualidade da água, levando-se em conta que existem incertezas por detrás das variáveis que os compõem (PNMA II, 2005).

Analisar a evolução da qualidade da água no tempo e no espaço e facilitar a interpretação de extensas listas de variáveis ou indicadores são os objetivos da aplicação dos índices de qualidade de água (GASTALDINI & SOUZA, 1994).

No relatório anual de 1972, o Conselho Nacional de Meio Ambiente, manifestou a necessidade da utilização de índices para o meio ambiente, e assim cresceu no Brasil o interesse por tais índices (PNMA II, 2005).

Índices de qualidade de água podem ser utilizados para diversas finalidades, tais como:

- Distribuição de recursos: repartição de verbas e determinação de prioridades;
- Ordenação de áreas geográficas: comparação de condições ambientais em diferentes áreas geográficas;
- Imposição de normas: determinação do cumprimento ou não da legislação ambiental;
- Análise de tendências: avaliação de mudanças na qualidade ambiental em um determinado período de tempo e acompanhamento da qualidade dos recursos hídricos superficiais;
- Informação ao público: informações sobre as condições de qualidade ambiental em determinado ecossistema;

- *Pesquisa científica*: redução de uma grande quantidade de dados, atuando como ferramenta para o estudo dos fenômenos ambientais;
- *Identificação de problemas de qualidade de água* que demandem estudos especiais em trechos de rios;
- *Servir de instrumentos* para a gestão dos recursos hídricos (OTT *apud* LEITE & FONSECA (1994)).

Um índice de qualidade de água (IQA) é, em geral, um número obtido da agregação de dados físico-químicos, bacteriológicos e químicos por meio de metodologias específicas, e é um número adimensional que exprime a qualidade da água para os diversos fins. A grande variedade de usos para a água provocou o surgimento de vários índices, tais como: índice de qualidade de água em geral; índice de qualidade de água para usos específicos; índice de qualidade de água para planejamento ambiental, entre outros (DERÍSIO, 1992)

A primeira apresentação formal de um IQA ocorreu em 1965. Horton, um pesquisador alemão, referiu-se aos índices como ferramenta para a avaliação dos programas de redução da poluição e para informação pública. O Índice de Horton utilizou os seguintes critérios para a seleção das variáveis a serem incluídas: número de variáveis limitado, garantindo assim a sua praticidade; variáveis significativas em todo o país; as variáveis deveriam refletir a disponibilidade dos dados (DERÍSIO, 1992). Na elaboração deste índice de qualidade de água foram selecionadas oito variáveis, a concentração de oxigênio dissolvido, o pH, os coliformes termotolerantes, a alcalinidade, a concentração de cloreto, a condutividade elétrica, o tratamento dos esgotos, e o CCE (carbono extraído por clorofórmio), sendo que para cada um deles foi atribuído um peso que variou de 1 a 4 (OTT, 1978).

Em 1970, um estudo financiado pela *National Sanitation Foundation* apresentou um índice de qualidade de água bastante similar ao Índice de Horton em sua estrutura. O índice foi chamado de IQA-NSF e elaborado por Brown, McClelland, Deininger e Tozer. Este índice combinou o conhecimento de 142 especialistas, e foi construído utilizando-se a técnica de Delphi, da Rand Corporation, através das respostas a vários questionários, que foram tabuladas e devolvidas a cada participante, para comparação de sua resposta com a dos demais participantes, a fim de se chegar a um consenso. O resultado desta pesquisa foi a indicação das variáveis de qualidade de água que deveriam entrar no cálculo, o peso relativo das mesmas e a condição em

que se apresentava cada uma delas, de acordo com uma escala de valores. Inicialmente, foram selecionadas 35 variáveis indicadoras de qualidade da água e destas, nove foram selecionadas para compor o IQA-NSF. Para cada variável foi estabelecida uma curva de variação da qualidade da água, de acordo com o estado ou com as condições de cada variável (DERÍSIO, 1992).

Em 1971, PRATI, PAVANELLO e PESARIN (*apud* OTT, 1978) propuseram um índice para águas superficiais, denominado Índice Implícito de Poluição de Prati. O índice foi visto como uma possível ferramenta para estabelecer um inventário comparativo da qualidade da água em diversas regiões ou países, em função da metodologia empregada, baseada nos sistemas de classificação da qualidade da água usados em vários países da Europa e em alguns estados dos Estados Unidos da América.

Um sistema rudimentar de contabilidade social foi proposto por DINIUS (*apud* OTT, 1978). Em seu modelo são medidos os custos e os impactos das medidas de controle de poluição. O autor tinha por objetivo propor um método para que o dinheiro e o tempo fossem gastos mais efetivamente no controle da poluição, e desse modo, considerava que um sistema de contabilidade social facilitaria a divulgação de informações de dados de qualidade ambiental ao público e administradores.

Tendo por base a metodologia Delphi, SMITH (1987) propôs um índice geral para uso específico de qualidade de água, cuja elaboração considera com igual importância os parâmetros que entram no cálculo do IQA. Este índice foi relacionado com a legislação da Nova Zelândia.

A SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) calcula e propõe, mensalmente, um índice de qualidade de água. Tais índices são desenvolvidos através da reunião dos dados medidos em amostras da rede de distribuição, cujos parâmetros são reunidos em três diferentes grupos separados por características de semelhança:

- Grupo 1: Parâmetro bacteriológico (coliformes totais);
- Grupo 2: Parâmetros orgânicos ou inorgânicos que podem afetar a saúde da população (cádmio, chumbo, cloro residual livre, cromo total, flúor e trihalometanos);
- Grupo 3: Parâmetros que podem interferir na qualidade organoléptica da água, alumínio, cor aparente, ferro total, pH e turbidez (PNMAII, 2005).

Segundo OTT (1978), existem três tipos básicos de índices de qualidade de água: os índices elaborados a partir da opinião de

especialistas; os índices baseados em métodos estatísticos e os índices biológicos, cujos dados necessários para sua formulação ainda não são rotineiramente obtidos em programas de monitoramento.

Dentre os índices estatísticos, o emprego da análise fatorial reduz a quantidade de variáveis originais e facilita a interpretação das mesmas de uma maneira global, uma vez que mostra quais variáveis apresentam maior influência na variação da qualidade da água. Os escores fatoriais obtidos nesse tipo de análise são associados a cada variável, sendo os pesos fatoriais que ponderam os valores da variável original (HAIR et al. 2005).

Um índice de qualidade de água foi elaborado aplicando-se a análise fatorial em dados coletados entre os anos de 1995 e 1996, na microbacia do Ribeirão Jardim, em Guaíra (SP), e foi observada diferença entre os índices nos pontos amostrados antes e depois do município de Guaíra. Foram analisadas dez variáveis sendo que as concentrações de oxigênio dissolvido, fósforo, amônia e a condutividade elétrica foram as que mais contribuíram para a construção do índice. O primeiro fator, que explicou 47% da variância total dos dados, foi escolhido para a construção do índice de qualidade de água da bacia (TOLEDO & NICOLELLA, 2002).

Com o objetivo de reduzir os dados originais coletados no rio Ipojuca, no estado do Pernambuco, PIMENTEL (2003a) utilizou o método da análise de componentes principais, que pertence ao conjunto das análises fatoriais, nas medidas das variáveis: pH, cloreto, condutividade, temperatura, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e concentração de oxigênio dissolvido (OD). A primeira componente principal (PC1) explicou 44,5% da variação dos dados e a segunda (PC2) 28,5%. Em PC1 pH, cloreto, condutividade e OD apresentaram pesos positivos e temperatura e DBO apresentaram peso negativo.

Ao se escolher o uso de corpos de água, um índice de qualidade de água pode ser estabelecido. Para tanto são escolhidas as variáveis que afetam a utilização estabelecida para o corpo de água, e posteriormente relaciona-se a intensidade das variáveis com a qualidade da água e ao final estabelece-se uma ordem de importância entre os parâmetros através de um sistema de pesos (PORTO et al., 1991).

A avaliação de locais potenciais para a piscicultura em tanques-rede deve também considerar os usos múltiplos do ambiente em questão, evitando os indesejáveis conflitos de usos. Para tanto, a proposição de um zoneamento se torna uma alternativa interessante. Segundo BECKER e EGLER (1997), o zoneamento ambiental deve funcionar

como um instrumento político e técnico de planejamento, possibilitando o aperfeiçoamento das políticas públicas e o ordenamento do meio ambiente.

Assim, a elaboração de um índice de qualidade de água para auxiliar a seleção de áreas aquícolas no reservatório de Barra Grande pode contribuir para a gestão integrada do reservatório em questão.

## **OBJETIVOS**

### *Objetivo geral*

Elaborar um índice de qualidade de água que auxilie a seleção de áreas propícias para o desenvolvimento do cultivo de peixes em tanques-rede no reservatório da usina hidrelétrica de Barra Grande.

### *Objetivos Específicos*

- a) Aplicar a análise de componentes principais aos dados históricos de variáveis da qualidade da água no reservatório da usina hidrelétrica de Barra Grande;
- b) Aplicar o critério de Bartlett ao conjunto desses dados, a fim de obter os escores fatoriais para cada variável e construir o índice de qualidade de água e
- c) Aplicar o índice de qualidade de água, nos diferentes pontos distribuídos no reservatório da usina hidrelétrica de Barra Grande.

Capítulo 1: Artigo a ser submetido para a revista  
Brazilian Archives of Biology and Technology

## **ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA O ZONEAMENTO DE ÁREAS AQUÍCOLAS NO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE BARRA GRANDE**

**Marina Fernandes Bez<sup>1,2,3</sup> Alex Pires de Oliveira Nuñez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Bolsista CAPES; <sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Aquicultura; Universidade Federal de Santa Catarina; Rodovia Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, Florianópolis, marinafbez@gmail.com; <sup>3</sup>Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce, Universidade Federal de Santa Catarina, Rodovia SC 406 nº 3532, Florianópolis, Santa Catarina, CEP 88066-000

### **RESUMO**

As águas represadas nos reservatórios construídos no Brasil para geração de energia hidrelétrica representam uma parte do grande potencial brasileiro para a produção de peixes, sendo que a legislação preconiza que até 1,0% da área desses reservatórios pode ser utilizada para fins de aquicultura. Considerando-se a necessidade de gerar diretrizes para balizar futuras implantações de sistemas de cultivos em tanque-rede no reservatório da usina hidrelétrica de Barra Grande, foi elaborado um índice de qualidade de água a partir dos dados obtidos nos programas de monitoramento ambiental deste reservatório. Para tanto foi utilizada a análise fatorial e o critério de Bartlett. A análise fatorial é uma técnica que trata as relações de um conjunto de variáveis e as transforma em conjunto menor de fatores que explicam a maior parte da variação total dos dados originais. O método de Bartlett foi usado na criação de fatores de escala, ou seja, do peso de cada variável no índice. Pela análise fatorial, três fatores representaram 71% da variação total dos dados, sendo que o primeiro deles representou 31% e foi considerado o índice de qualidade de água (IQA), no qual a temperatura, os coliformes termotolerantes, a turbidez e a clorofila foram as variáveis que apresentaram maior peso. Os IQA médios dos pontos amostrados nos tributários foram diferentes daqueles calculados no corpo do reservatório.

Palavras-chave: Zoneamento, qualidade de água, Análise dos Componentes Principais, Tanques-rede.

## ABSTRACT

*The dammed water in the reservoirs built in Brazil for hydroelectric power generation represents a large part of the Brazilian potential for fish production. The legislation determines that 1.0% of the area of the reservoirs can be used for aquaculture. Considering the need to produce guidelines for future deployments of fish culture in cages in the reservoir of Barra Grande hydroelectric power plant, a water quality index was designed based on data obtained in environmental programs of the reservoir. For that, a factor analysis was applied in conjunction with the Bartlett method. Factor analysis is a technique that treats the relations between a set of variables and transforms them in a smaller set of factors that explain most of the variance of the original data. The Bartlett method was used in the production of scale factors, the weight of each variable in the index. By factor analysis, three factors accounted for 71% of the data total variance. As the first factor accounted for 31% of the total variance it was considered the water quality index (WQI), in which temperature, fecal coliforms, turbidity and chlorophyll were the variables that presented higher weight. The average of WQI calculated in the tributaries points were different from those calculated on the body of the reservoir.*

**Key words:** Zoning, Factor Analysis, Principal Component Analysis, Fish cages.

## INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas considera a pesca e a aquicultura atividades estratégicas para a segurança alimentar sustentável do planeta, pois tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento essas atividades são capazes de fornecer alimento protéico de alta qualidade e gerar empregos (ARANA, 1999).

No Brasil, um grande número de espécies nacionais e exóticas é explorado na aquicultura, mas com índices de produtividade muito abaixo das médias mundiais, principalmente em função da adoção de práticas extensivas de produção de caráter doméstico e pouco profissional. Assim, mesmo sendo um dos países com maior potencial hídrico em todo o mundo, os resultados da piscicultura brasileira são modestos, ocupando o 19º lugar no “ranking” internacional em produção aquícola (LOVSHIN, 1997; BORGHETTI et al., 2003).

No entanto, vários fatores existem para que o Brasil se transforme em um dos maiores produtores mundiais de peixe de água doce através da piscicultura. O potencial do país é muito grande e dentre as vantagens destacam-se: a considerável disponibilidade de recursos hídricos; custo da terra e da água relativamente baixos; clima tropical que propicia energia solar abundante; temperatura adequada durante a maior parte do ano; presença de espécies com potencial para cultivo; inexistência de necessidade de concorrer com espaço físico destinado à agropecuária; possibilidade do cultivo se constituir em atividade complementar (KUBO, 2005).

Em termos mundiais, cerca de 10% da produção é originária do cultivo de peixes e de crustáceos em tanques-rede, sendo essa uma das modalidades da aquicultura que mais se expande (OSÓRIO, 1995; SCHMITTOU, 1997).

O cultivo em tanques-rede viabiliza o aproveitamento de mananciais aquáticos (rios, lagos, lagoas e açudes) na produção intensiva de peixes, incrementando a produção de pescado em águas interiores. Este sistema de cultivo pode ser implantado de acordo com as necessidades do piscicultor, em consonância com as características dos corpos d'água (OSÓRIO, 1995; SCHMITTOU, 1997).

A piscicultura em tanques-rede no Brasil vem, progressivamente, sendo implantada em alguns reservatórios de água inicialmente destinados ao abastecimento humano, à geração de energia elétrica e a irrigação, entre outras finalidades (BAHIA PESCA, 1997). Entretanto, a viabilidade da atividade está embasada em parâmetros técnicos específicos, como as condições climáticas e a qualidade de água, e em

parâmetros logísticos que envolvem a atividade, como o transporte, a mão-de-obra e a acessibilidade, entre outros. Dessa forma, nem todos os reservatórios possuem condições para o desenvolvimento viável da piscicultura em tanques-rede.

Nesse sentido, é muito importante encontrar locais propícios para a implantação dos tanques-rede. Considerando-se que cultivar peixes em um determinado ambiente aquático significa gerar um possível impacto ambiental, para essa atividade são indicados locais que apresentem boa circulação de água, além da adoção de técnicas de manejo adequadas para que as pressões de entrada no ambiente, como o aporte de ração e de excrementos, sejam reduzidas ao mínimo. (NETO et al., 2010)

De acordo com BRUNE (1994), o limite para a produção em aquicultura é controlado pela qualidade da água e pelo impacto ambiental causado pela descarga das águas de cultivo em outros ambientes. A criação de peixes em sistemas extensivos, intensivos ou em tanques-rede, deve se enquadrar nas exigências das espécies cultivadas. SCHIMITTOU (1969) afirma que é possível selecionar a espécie cultivada e até mesmo a produção esperada através da qualidade da água.

A qualidade da água pode ser representada por índices de qualidade de água (IQA), que agregam a informação de diversas variáveis, facilitando a interpretação da qualidade da água. Desse modo o IQA pode ser utilizado como um instrumento que auxilia a transmissão pública de informações a respeito da qualidade dos recursos hídricos, além de mostrar possíveis tendências temporais dessa qualidade e permitir a comparação de diversos cursos d'água (PORTO et al, 1991). Além disso, pode-se utilizar os IQA para se verificar a obediência à legislação, para a alocação de fundos, para a priorização de usos da água, para a comparação de condições ambientais em diferentes locais, além da avaliação da degradação ou a melhoria da qualidade dos corpos hídricos (PIMENTEL, 2003).

A escolha das variáveis que comporão o indicador, a uniformização das informações e a sua agregação para compor o indicador final, são as etapas a serem executadas no modelo de estruturação de indicadores ambientais apresentado por BOLLMANN (2000).

A técnica multivariada da análise fatorial é um dos métodos usados na formulação de índices de qualidade de água (SHOJI et al., 1966; LOHANI & MUSTAPHA, 1982; HAASE & POSSOLI, 1993). Essa técnica permite selecionar as variáveis mais representativas do corpo hídrico, favorecendo a definição de indicadores mais sensíveis,

tanto para adoção de um programa de monitoramento como para avaliação das alterações ocorridas nos recursos hídricos. Esse método, procura identificar o comportamento das variáveis de uma maneira exploratória, e reduzir o número original de variáveis analisadas.

A bacia do rio Uruguai drena uma área de aproximadamente 384.000 km<sup>2</sup>, dos quais 176.000 (48%) situam-se em território brasileiro, sendo que 46.000 km<sup>2</sup> estão localizados do estado de Santa Catarina e 130.000 km<sup>2</sup> no estado do Rio Grande do Sul.

Assim como outras bacias brasileiras, a do rio Uruguai vem sendo utilizada de modo crescente para implantação de empreendimentos hidrelétricos. Atualmente encontram-se em operação, considerando o canal principal dos rios Uruguai, Canoas e Pelotas, na porção mais alta desta bacia, quatro empreendimentos hidrelétricos: Campos Novos, Barra Grande, Machadinho e Itá que constituem o início de um sistema de cascatas de reservatórios e que apresentam potencial para a produção de peixes em tanques-rede.

Considerando-se o contexto atual de incentivo à criação de parques aquícolas nos reservatórios e a necessidade de se produzir diretrizes para sua implantação, o desenvolvimento de um índice de qualidade de água se constitui em parâmetro importante para o zoneamento de parques aquícolas no reservatório da usina hidrelétrica Barra Grande.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### *Área de estudo*

A Usina Hidrelétrica Barra Grande está localizada no Rio Pelotas, a cerca de 40 km a montante de sua confluência com o Rio Canoas, na divisa entre os municípios de Anita Garibaldi (SC) e Pinhal da Serra (RS). O reservatório foi formado pelo alagamento de áreas marginais do Rio Pelotas, no sentido sudeste noroeste, com pequenas penetrações em seus afluentes, ocupando uma área de 94 km<sup>2</sup> e atingindo os municípios de Anita Garibaldi, Campo Belo do Sul, Capão Alto, Cerro Negro e Lages, em Santa Catarina, e Pinhal da Serra, Esmeralda, Vacaria e Bom Jesus no Rio Grande do Sul (Figura 1).

Os dados para a formulação do índice de qualidade de água foram cedidos pela empresa Barra Grande Energética S.A, que opera a usina, e que contrata projeto de monitoramento da qualidade da água do reservatório. Os dados utilizados na elaboração do índice foram coletados mensalmente de novembro de 2005 a julho de 2009.

A partir do início da formação do lago, que ocorreu em julho de 2005, as seguintes variáveis tem sido monitoradas: temperaturas do ar e da água, concentração e saturação do oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, potencial redox, transparência, cloreto, dureza, alcalinidade, clorofila, turbidez, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, sólidos totais, cor, fosfatos totais, ortofosfato, amônia, nitrito, nitrato, nitrogênio Kjeldahl total, nitrogênio total, nitrogênio orgânico, nitrogênio inorgânico, nitrogênio amoniacal, óleos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), coliformes termotolerantes, coliformes totais, ferro total, alumínio, fenóis e ferro.

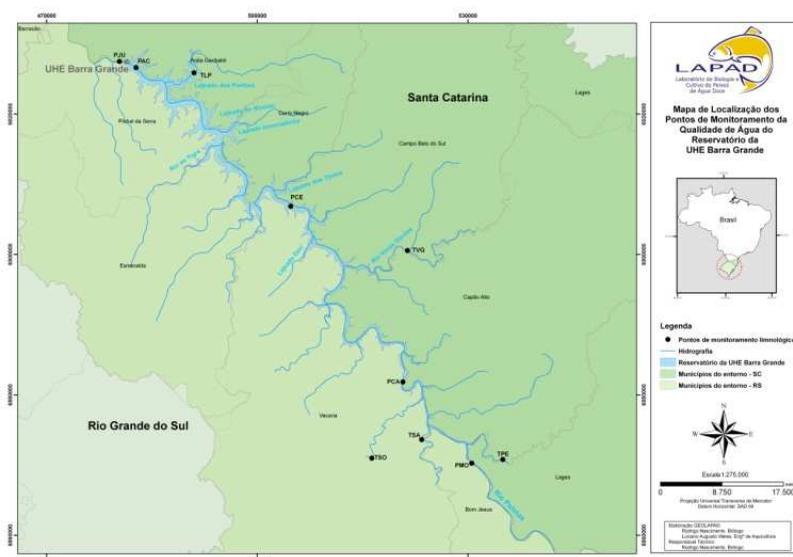


Figura 1. Localização dos pontos amostrados para análise das variáveis ambientais selecionadas para o cálculo do Índice de Qualidade de Água do reservatório da Usina Hidrelétrica Barra Grande.

As variáveis foram coletadas em dez pontos diferentes ao longo do reservatório de Barra Grande, no entanto, apenas oito deles foram utilizados no presente estudo: PAC (ponto de contribuições acumuladas), PCA (ponto de contribuições dos tributários formadores de cabeceira), PCE (ponto de acumulação dos tributários formadores da parte central), PMO (ponto a montante do reservatório, rio Pelotas),

TSA (tributário Santana), TSO (tributário Socorro), TVG (tributário Vacas Gordas), TPE (tributário Pelotinhas), apresentados na Figura 1.

### *Elaboração do índice*

O índice de qualidade de água para o reservatório foi elaborado com a aplicação da análise fatorial pelo método dos componentes principais, em função da sua constante utilização em vários locais do mundo e dos bons resultados obtidos nos diversos estudos publicados.

Uma das vantagens do método da análise dos componentes principais é a não exigência de distribuição de probabilidade estatística (MARTINS, 2001), além da flexibilidade da utilização de variáveis de qualidade da água já utilizadas no monitoramento local para a construção do índice, de modo que os indicadores serão mais característicos da área em estudo. Para a aplicação dessa análise foi utilizado o software estatístico SPSS versão 18.

A construção da matriz de correlação de Pearson é o primeiro passo da análise fatorial multivariada. Esta matriz elimina o efeito das diferenças entre unidades de medidas das variáveis originais (BINI, 2004), e representa associação conjunta das variáveis. A partir da matriz de correlação as variáveis mais significativas podem ser identificadas na avaliação da qualidade da água, pois aquelas que apresentam coeficiente de correlação mais elevado com o maior número de variáveis são as mais expressivas para a elaboração do índice.

Posteriormente à aplicação do método da análise das componentes principais foi obtida a matriz de cargas fatoriais, que representa a relação entre os fatores extraídos e as variáveis originais.

A próxima etapa foi a obtenção da matriz de coeficientes de escores, pelo método de Bartlett (1937).

Os escores foram obtidos para cada variável e agregados no Índice de Qualidade de Água (IQA) final, de acordo a função:

$$IQA = \text{escore fatorial} \times Z_1 + \text{escore fatorial} \times Z_2 + \dots + \text{escore fatorial} \times Z_n$$

Os valores  $Z$  são as variáveis padronizadas e os subíndices (1, 2, ...,n) referem-se às diferentes variáveis utilizadas no estudo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A matriz de correlação (Tabela 1) foi elaborada com todas as variáveis que foram analisadas, e a partir dela foi possível selecionar

as variáveis que apresentaram maior correlação com o maior número de variáveis para a formação do índice de qualidade de água. Foram elas: a temperatura da água, a concentração de oxigênio dissolvido, o pH, a concentração de clorofila, de sólidos suspensos, a DQO, os coliformes termotolerantes e a turbidez. Entre os maiores coeficientes de correlação, foram encontradas correlações negativas significativas entre temperatura da água e turbidez, temperatura da água e coliformes termotolerantes. Dentre os maiores coeficientes positivos, a correlação DQO e pH foi considerada importante, tendo em vista que auxilia a explicação da análise das cargas fatoriais.

O teste de esfericidade de Bartlett foi aplicado com o intuito de mostrar se a matriz de correlação produzida é uma matriz identidade, sendo que caso ela não fosse, os dados possuiriam relação entre si e a continuidade da análise seria possível.

Para tanto seria necessária a obtenção de um nível de significância menor do que 0,10 para a análise ser significativa, sendo que os dados utilizados apresentaram nível de significância inferior a 0,01.

A decomposição da matriz de correlação tem por base as inter-relações existentes entre os dados originais, o que permite que a dimensão do espaço das variáveis observadas seja reduzida para um espaço de dimensão inferior. Essas inter-relações são representadas pelos fatores comuns. Desse modo, foram extraídas as comunalidades (Tabela 2), ou seja, a variância que cada variável selecionada compartilha com as demais, a porção da variância explicada pelos três componentes principais (fatores), que neste caso foram obtidas através da solução fatorial. Observando-se as comunalidades, foi possível observar que 93% da variância de coliformes termotolerantes foi representada entre os três fatores, os sólidos suspensos apresentaram 48% de representação.

A Tabela 3 apresenta a matriz das cargas fatoriais, que representa quanto de cada variável é representada por cada fator extraído. Nesse caso verifica-se que os coliformes termotolerantes, a clorofila e a temperatura da água foram as variáveis mais representadas pelo Fator 1.

A variância total explicada pela solução fatorial foi de 71,34%, com três fatores principais, sendo que o Fator 1 representou 31,10%, o Fator 2 representou 25,79% e o Fator 3 representou 14,46% (Tabela 4).

Tabela 1. Matriz de correlações das variáveis de qualidade de água. TEMP = temperatura. OD = concentração de oxigênio dissolvido. pH = potencial hidrogeniônico. CLO = concentração de clorofila. TURB = turbidez. SOLS = sólidos em suspensão. DQO = demanda química de oxigênio. COL = coliformes termotolerantes.

		TEMP	OD	pH	CLO	TURB	SOLS	DQO	COL
TEMP	<i>r</i>	1,000							
	P								
	n	353							
OD	<i>r</i>	-0,254	1,000						
	P	0,000							
	n	344	344						
pH	<i>r</i>	0,071	0,261	1,000					
	P	0,183	0,000						
	n	353	344	353					
CLO	<i>r</i>	0,039	0,153	0,227	1,000				
	P	0,633	0,066	0,005					
	n	150	145	150	152				
TURB	<i>r</i>	-0,292	0,104	-0,003	0,096	1,000			
	P	0,000	0,055	0,953	0,245				
	n	342	341	342	148	353			
SOLS	<i>r</i>	-0,160	-0,031	0,050	0,224	0,144	1,000		
	P	0,089	0,744	0,598	0,073	0,121			
	n	114	114	114	65	118	119		
DQO	<i>r</i>	0,154	0,172	0,350	0,494	0,089	0,198	1,000	
	P	0,051	0,030	0,000	0,000	0,259	0,032		
	n	161	159	161	78	163	118	166	
COL	<i>r</i>	-0,141	-0,013	-0,020	0,084	0,246	0,694	-0,070	1,000
	P	0,024	0,837	0,756	0,405	0,000	0,000	0,525	
	n	256	249	256	101	257	62	85	263

Tabela 2. Comunalidades estimadas na análise dos componentes principais das variáveis ambientais selecionadas para o cálculo do Índice de Qualidade de Água do reservatório da Usina Hidrelétrica Barra Grande. TEMP = temperatura. OD = concentração de oxigênio dissolvido. pH = potencial hidrogeniônico. CLO = concentração de clorofila. TURB = turbidez. SOLS = sólidos em suspensão. DQO = demanda química de oxigênio. COL = coliformes termotolerantes.

Variável	Comunalidade
TEMP	0,709
OD	0,701
pH	0,535
CLO	0,916
TURB	0,732
SOLS	0,485
DQO	0,696
COL	0,934

Tabela 3. Matriz das cargas fatoriais obtidas na análise dos componentes principais das variáveis ambientais selecionadas para o cálculo do Índice de Qualidade de Água do reservatório da Usina Hidrelétrica Barra Grande. TEMP = temperatura. OD = concentração de oxigênio dissolvido. pH = potencial hidrogeniônico. CLO = concentração de clorofila. TURB = turbidez. SOLS = sólidos em suspensão. DQO = demanda química de oxigênio. COL = coliformes termotolerantes.

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3
TEMP	-0,659	0,269	-0,450
OD	-0,132	0,481	0,672
pH	-0,009	0,714	-0,158
CLO	0,941	0,136	-0,110
TURB	0,332	0,772	-0,162
SOLS	-0,084	0,244	0,647
DQO	-0,355	0,743	-0,134
COL	0,953	0,155	-0,047

Tabela 4. Variância total obtida na análise dos componentes principais das variáveis ambientais selecionadas para o cálculo do Índice de Qualidade de Água do reservatório da Usina Hidrelétrica Barra Grande.

Fator	Total	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1	2,488	31,10	31,10
2	2,063	25,79	56,89
3	1,000	14,46	71,35
4	0,864	10,80	82,15
5	0,653	8,17	90,32
6	0,470	5,87	96,19
7	0,284	3,54	99,73
8	0,021	0,27	100,00

Considerando que o Fator 1 representou a maior parte comum das variáveis observadas, ele pode ser nomeado Índice de Qualidade de Água (IQA).

Para a criação dos fatores de escala, que visaram minimizar a variância do erro, foi utilizado o método de Bartlett, que produziu escores para cada parâmetro, definindo o peso de cada variável no índice propriamente dito, apresentados na Tabela 5.

Dessa forma, a equação do Índice de Qualidade de Água para o reservatório de Barra Grande é:

$$IQA = -0,265Z_1 - 0,053Z_2 - 0,004Z_3 + 0,378Z_4 + 0,133Z_5 - 0,034Z_6 - 0,143Z_7 + 0,383Z_8$$

Nessa expressão, os  $Z_i$  são as variáveis padronizadas e os sub-índices representam as variáveis na mesma ordem. Os coeficientes que representam a turbidez, os coliformes termotolerantes e a clorofila apresentaram influência mais acentuada na produção de índices com valor positivo, enquanto a temperatura da água é a variável que tem mais influência na obtenção de um valor negativo.

A partir da equação acima o IQA foi calculado para cada um dos oito pontos de amostragem selecionados, e os resultados estão apresentados na Figura 3, onde se verifica que os pontos localizados no corpo do reservatório apresentaram IQA negativos (PAC, PCA, PCE), diferentemente dos tributários, que apresentaram IQA positivos.

A temperatura da água foi o parâmetro principal na obtenção dos valores negativo de IQA. Sendo assim, pode-se afirmar que no corpo do reservatório foram registradas as temperaturas da água mais elevadas.

Nos tributários, os valores positivos de IQA foram obtidos pela influência dos coliformes termotolerantes, da concentração de clorofila e da turbidez, evidenciando a presença de material orgânico em suspensão. Tendo em vista que o relevo do entorno desses pontos apresenta acentuada inclinação, e que a ocupação antrópica naquela região ocorre longe das margens, em função da densa mata ciliar presente, verifica-se que os IQA positivos sofrem principalmente a influência de processos naturais, que influenciaram a concentração de clorofila e a turbidez.

O ponto a montante do reservatório (PMO) apresentou um índice positivo, portanto aproximando-se dos tributários, condição que ocorreu devido às suas características de ambiente lótico, e não de um ambiente lêntico de reservatório.

A temperatura da água é um fator muito importante, que pode influenciar os peixes de forma direta sobre o seu crescimento e indiretamente através de sua relação com outras variáveis ambientais. Segundo HARDY (1981), a temperatura é um dos principais fatores que limita uma grande variedade de processos biológicos, desde a velocidade de simples reações químicas até a distribuição ecológica das espécies animais.

Cultivos experimentais realizados com algumas espécies nativas de peixes nessa mesma bacia mostraram a redução do consumo de alimento e a estabilização das taxas de crescimento em temperaturas inferiores a 20°C (BEUX et al., 2007).

Dessa forma, o IQA mostrou que as áreas mais próximas do corpo do reservatório apresentaram temperaturas mais propícias ao cultivo de peixes em tanques-rede.

O índice de qualidade de água deve ser considerado uma ferramenta logística na seleção de áreas aquícolas, que reduz os custos com coletas e análises e é de fácil entendimento. No entanto, é importante ressaltar que existem outras análises e índices, compostos por outras variáveis importantes que podem trazer informações complementares e auxiliar a implantação das áreas aquícolas no reservatório de Barra Grande.

Tabela 5. Escores fatoriais produzidos pela análise dos componentes principais das variáveis ambientais selecionadas para o cálculo do Índice de Qualidade de Água do reservatório da Usina Hidrelétrica Barra Grande.

Variável	Variável Z	Fator 1	Fator 2	Fator 3
TEMP	$Z_1$	-0,265	0,130	-0,389
OD	$Z_2$	-0,053	0,233	0,581
pH	$Z_3$	-0,004	0,346	-0,137
CLO	$Z_4$	0,378	0,066	-0,095
TURB	$Z_5$	0,133	0,374	-0,140
SOLS	$Z_6$	-0,034	0,118	0,559
DQO	$Z_7$	-0,143	0,360	-0,116
COL	$Z_8$	0,383	0,075	-0,041

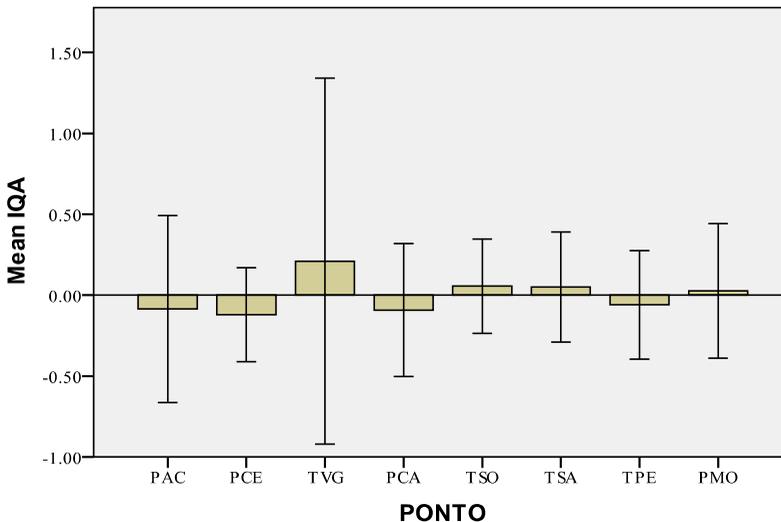


Figura 3. Variação do índice de qualidade da água médio (IQA) nos oito pontos amostrados no reservatório da Usina Hidrelétrica Barra Grande durante o período de estudo. As barras indicam uma unidade de desvio padrão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANA, L. V. (1999), Aquicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para formulação de políticas de desenvolvimento da aquicultura brasileira. UFSC, Florianópolis.
- BAHIA PESCA. (1997), Programa de desenvolvimento da piscicultura em grandes barragens: piscicultura superintensiva em tanques-rede. Salvador: BAHIA PESCA. 32.
- BARTLETT, M. S. (1937). The statistical conception of mental factors. *British Journal of Psychology*, 28, 97-104.
- BEUX L. F., FRACALOSSO D. M., BROL F. F., ZANIBONI-FILHO E., NUÑER A. P. O. (2006), Sobrevivência e crescimento de dourado (*Salminus brasiliensis*) submetido a diferentes densidades de estocagem e intervalos de manejo em tanques-rede. In: Primeiro Congresso Brasileiro de Produção de Peixes Nativos de Água Doce. Primeiro Encontro de pesquisadores de Mato Grosso do Sul. Dourados - MS. CD-ROM.
- BINI, L. M. (2004), Análise Multivariada e Limnologia: Exploração, Síntese e Inferência de um Mundo Aquático Complexo. 2004 In: BICUDO, Carlos E. de M.; BICUDO, Denise de C. (Org.). Amostragem em limnologia. São Carlos: RiMa, cap. 5, 73-107.
- BOLLMAN, H. A. (2000), Bases para a estruturação de indicadores de qualidade de águas. *Revista brasileira de recursos hídricos*, 5, 37-60.
- BORGHETTI, N. R. B.; OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R. (2003), Aquicultura: uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo. Curitiba: Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais (GIA), 128.
- BRUNE, D. E. Sustainable aquaculture systems. (1994), Report prepared for the Office of Technology Assessment. Food and Renewable Resources Program, Washington, D.C.:U.S. Congress.
- HAASE, J.; POSSOLI, S. (1993), Estudo da utilização da técnica de análise fatorial na elaboração de um índice de qualidade de água: comparação entre dois regimes hidrológicos diferentes, RS. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 6, 245-255

HARDY, R. (1981), Temperatura a vida animal. Temas e vida animal. Temas de Biologia. São Paulo. Editora pedagógica e Universitária LTDA – EDUSP – 24, 81

KUBO, E. (2005) Tanque-rede é opção para produção continental de peixes. Disponível em: <http://www.pesca.sp.gov.br/>.

LOHANI, B. N.; MUSTAPHA, N. (1982), Indices for water quality assessment in river: a case study of the Linggi river in Malaysia. Water Supply and Management, **6**, 545-555.

LOVSHIN, L. L. (1997), Tilapia Farming: a growing worldwide aquaculture industry. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1997, Piracicaba. SP. Anais.. Piracicaba: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal (CBNA), 137.

MARTINS, F. S; LERMEN, V. K; NERY, J. T. (2001), Variabilidade interanual da precipitação na bacia do rio Iguazu. Acta Scientiarum. Maringá, **23**, 1439-1444.

NETO A. V. C., SEVERI W., COSTA B. D. F. (2010), Dimensionamento da Capacidade Ambiental do Reservatório de Pedra (BA) para Implantação de Piscicultura em Tanques-Rede. In: Moura A. N., Araújo E. L., Bittencourt-Oliveira M. C., Pimentel R. M. M., Albuquerque U. P. Reservatórios do Nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e manejo. NPEEA, Bauru, SP. 576.

OSORIO, F. M. F. (1995) Cultivos intensivos com híbridos machos de tilápias (*Oreochromis* (Q) *mosambicus* (Petra) albino X O. (Q) *niloticus* (Lineus) e machos de tilápia do Nilo [O. (O) *niloticus*] em gaiolas flutuantes, na região do Baixo São Francisco (Neópolis-Se, Brasil). 1995. 29 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PIMENTEL, M. F. (2003), Análise estatística de dados do monitoramento da qualidade das águas do rio Ipojuca e do reservatório Tapacurá. Relatório final consolidado. Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNMA II. Componente: Desenvolvimento Institucional.

Subcomponente: Monitoramento da Qualidade da Água. Projeto: Monitoramento da Qualidade da Água como Instrumento de Controle Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos no Estado de Pernambuco. Recife.

PORTO, R. L. L. (Org) et al. (1991), *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: ABRH. 410.

SCHMITTOU, H. R. (1969), Cage culture of channel catfish. Proc. Fish. Farming Conference, October, 7-8.

SCHMITTOU, H. R. (1997), Produção de peixes em alta densidade em tanques-rede de pequeno volume. Campinas: Silvio Romero de C. Coelho. 55.

SHOJI, H.; YAMANOTO, T.; NAKAMURA, T. (1966), Factor analysis on stream pollution of the Yodo River systems. *Air and Water Pollution*, **10**, 291-299.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO

ALVES, R.C.P.; BACCARIN, A.E. 2005 Efeitos da produção de peixes em tanques-rede sobre a sedimentação de material em suspensão e de nutrientes no córrego da Arribada (UHE Nova Avanhandava, baixo rio Tietê, SP). In: NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; JORCIN, A.(Eds.). Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata. São Carlos: Ed. Rima, 329-348.

AYROZA, D.M.M.R.; FURLANETO, F.P.B; AYROZA, L.M.S. 2006 Regularização dos projetos de tanques-rede em águas públicas continentais de domínio da união no Estado de São Paulo. Boletim Técnico do Instituto de Pesca, São Paulo, 36.

BAHIA PESCA. 1997. Programa de desenvolvimento da piscicultura em grandes barragens: piscicultura superintensiva em tanques-rede. Salvador: BAHIA PESCA,. 32.

BECKER, B.K.; EGLER, C.A.G. Detalhamento da metodologia para a execução do zoneamento ecológico econômico pelos estados da Amazônia Legal. Brasília: MMA. Secretaria de Estudos Estratégicos da Presidência da República, 1997. 43p.

BEVERIDGE, M.C.M. , 1987 Cage Culture. 1ª ed. England: Fishing News Books Ltd, Surrey, England, 351.

BORGHETTI, N. R. B.; OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R. 2003.Aquicultura – Uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo. Curitiba: Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais,128.

BOYD, C.E. 1990.Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama.; 482.

CARDOSO, E.L.; FERREIRA, R.M.A.; PEREIRA, T.A.; CARDOSO, M.M.F. , 2005. Cultivo de peixes em tanques-rede: EPAMIG/IEF. In: CARDOSO, E. L e FERREIRA, R.M.A (Editores). Cultivo de peixes em tanques-rede: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável. EPAMIG, Minas Gerais. 9-22.

COLT, J.; MONTGOMERY, J.M. 1991.Aquaculture production systems. Journal of Animal Science, EUA, 69, 4183- 4192.

CYRINO, J.E.; CONTE, L.; 2006 Tilapicultura em Gaiolas: produção e economia. In: José Eurico Possebon Cyrino e Elisabeth Criscuolo Urbinati (Eds.). AquaCiência 2004: Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aquicultura. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, cap.12, 151-171.

DERÍSIO, J.C.,1992. Introdução ao controle da poluição ambiental. São Paulo : Editora da CETESB, mar.

FIRETTI, R.; GARCIA, S.M.; SALES, D.S. 2009.Planejamento estratégico e verificação de riscos na piscicultura. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_4/Planejamento/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/Planejamento/Index.htm)> Acesso em 13 set. .

GASTALDINI, M.C.C.; SOUZA, M.D.S. 1994 Diagnóstico do Reservatório do Vacacaí-Mirim através de Índices de Qualidade de Água", 1º Seminário sobre Qualidade de Águas Continentais no Mercosul, Porto Alegre.

HAIR, J. F. Jr.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. 2005 Análise multivariada de dados. Trad. Adonai Schlup Sant'Anna e Anselmo Chaves Neto. Porto Alegre: Bookman. 5 ed.

KUBITZA, F. 2000Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí: F. Kubitza, . 287.

LEITE, F.; FONSECA, O. 1994Aplicação de índices de qualidade das águas na lagoa Caconde, Osório, RS. IN: Seminário de Qualidade das Águas Continentais no Mercosul, 1,000. Anais. Organizador: David M. Marques- ABRH. Lo, C.P., 1986. Applied Remote Sensing. Longman Scientific and Technical, Hong Kong, 393.

ONO, E. A.; KUBITZA, F. 2003.Cultivo de peixes em tanques-rede. 3ªed. Jundiaí: Eduardo A. Ono, 112.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. 2008Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer. Brasília, 276.

OTT, W.R. (1978). Environmental Indices: Theory and Practice. Ann Arbor Science. Michigan.

PNMA II (2005) (Estado). Seleção de índices e indicadores de qualidade da água. Aplicação dos índices selecionados. Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH e Secretaria de Recursos Hídricos – SRH- PE. Programa Nacional do Meio Ambiente (PNMA II) Subcomponente da Qualidade da Água: o projeto do Estado de Pernambuco.

PIMENTEL, M. F. , 2003a Análise estatística de dados do monitoramento da qualidade das águas do rio Ipojuca e do reservatório Tapacurá. Relatório final consolidado. Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNMA II. Componente: Desenvolvimento Institucional Subcomponente: Monitoramento da Qualidade da Água. Projeto: Monitoramento da Qualidade da Água como Instrumento de Controle Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos no Estado de Pernambuco. Recife.

PIMENTEL, M. F. , 2003b Análise estatística de dados do monitoramento da qualidade das águas do rio Ipojuca e do reservatório Tapacurá. Relatório final consolidado. Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNMA II. Componente: Desenvolvimento Institucional Subcomponente: Monitoramento da Qualidade da Água. Projeto: O projeto do Estado do Pernambuco. Recife.

PORTO, R. L. L. (Org) et al. 1991 Hidrologia Ambiental. São Paulo: ABRH, 410.

ROTTA, M. A.; QUEIROZ, J. F. 2003. Boas práticas de manejo (BPMs) para a produção de peixes em tanques-redes – Corumbá: Embrapa Pantanal, 27 . (Documentos / Embrapa Pantanal ISSN 1517-1973; 47).

SMITH, D. G. 1987. A new form of water quality index for rivers and streams. Wat. Sci. Tech., New Zealand, 21.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. 2002. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. Scientia Agricola, 59, n.1,181-186, jan./mar.