

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA

**Aplicação de Índices de Qualidade de Água (IQA) como apoio à carcinicultura
marinha.**

Nicolle Corrêa Ferreira

Florianópolis – SC
2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA



**Aplicação de Índices de Qualidade de Água (IQA) como apoio à carcinicultura
marinha**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Aqüicultura.

Orientador: Walter Quadros Seiffert

Co-orientadora: Carla Van Der Haagen Custodio Bonetti

Nicolle Corrêa Ferreira

Florianópolis – SC

2009

Ferreira, Nicolle,

Aplicação de Índices de Qualidade de Água (IQA) como apoio à carcinicultura marinha / Nicolle Corrêa Ferreira – 2009.

61 f : 18 figs., 11 tabs.

Orientador: Walter Quadros Seiffert

Co-orientadora: Carla Van Der Haagen Custodio Bonetti

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura.

1. Monitoramento ambiental, 2. Carcinicultura, 3. Índice de qualidade de água.

**Aplicação de Índices de Qualidade de Água (IQA) como apoio à
carcinicultura marinha.**

Por

NICOLLE CORRÊA FERREIRA

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQÜICULTURA

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

Prof. Cláudio Manoel Rodrigues de Melo, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Dr. Walter Quadros Seiffert - *Orientador*

Dr. Alex Pires de Oliveira Nuñez

Dr. Jarbas Bonetti Filho

À meu professor e amigo Elpídio Beltrame que me incentivou na busca de mais um título e por quem guardo imenso respeito e admiração.

Obrigada pela confiança e carinho, sempre.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Departamento de Aquicultura e ao Laboratório de Oceanografia Costeira – LOC, pela oportunidade de estudo, conhecimento e experiência, além de apoio logístico para as atividades laboratoriais.

À Finep pela oportunidade de participação neste grande projeto e pelo suporte financeiro para realização deste trabalho; à Capes pela bolsa de estudos.

À todos os funcionários da Fazenda Yakult/UFSC, em especial ao Jairo, pelo apoio, carinho e amizade em todo o período de monitoramento.

À todos os funcionários, alunos e professores do Laboratório de Camarões Marinhos _ LCM/UFSC pela colaboração e espírito de amizade.

Ao senhor Sérgio Olbrich por permitir o acesso à sua propriedade para coleta de dados.

À Diego Sander pela paciência e companheirismo nas atividades laboratoriais.

À Bianca Martins Parizotto e Natália Rudorff, primeiramente pela oportunidade em compartilhar de tanto altruísmo e dedicação; pela amizade, paciência e suporte em coleta, análise e processamento de dados. Valeu meninas!

À Carla Bonetti pela orientação, confiança e apoio, mesmo que do outro lado do Atlântico.

À Walter Seiffert pela orientação e compreensão no momento mais difícil dessa jornada, o final.

Aos meus amigos pela força, confiança e pelos momentos alegres e descontraídos que me fizeram relaxar nos dias mais tensos dessa caminhada.

À minha família pelo apoio hoje e sempre, incondicionalmente. Amo vocês!

À Deus pelo amparo nos momentos difíceis e com quem sempre poderei contar.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Aqüicultura e Qualidade de Água.....	14
1.2. Programas de Monitoramento como Instrumento de Manejo.....	18
1.3. Índices de Qualidade de Água (IQA).....	19
2. OBJETIVOS	
2.1. Objetivo Geral.....	22
2.2. Objetivos Específicos.....	22
3. ARTIGO: Aplicação de Índices de Qualidade de Água (IQA) como ferramenta de manejo em fazendas de cultivo de camarões marinhos.	23
Resumo.....	23
Abstract.....	24
Introdução.....	24
Material e Métodos.....	25
Área de estudo.....	25
Metodologia.....	28
Resultados e Discussão.....	35
Conclusão.....	44
Referências bibliográficas.....	45
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do Sistema Estuarino Lagunar do Itapocu (26° 32' 26''S e 48° 39' 11''O).....	26
Figura 2: Estações de coleta na Fazenda Yakult/UFSC e Lagoa da Cruz (captação).....	26
Figura 3: Localização dos pontos de coleta na Baía da Babitonga (A)(26° 21' 03''S e 48° 39' 53''O) e no Canal do Linguado (B)(26° 22' 12'' S e 48° 39' 59'' O), Norte de Santa Catarina.....	27
Figura 4: Distribuição mensal e médias sazonais (mm) das chuvas ocorridas no litoral norte de Santa Catarina de outubro 2007 a outubro 2008 (Epagri, 2008).....	28
Figura 5: Variação (média, mínima e máxima) de coliformes fecais (NMP/ml) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.....	33
Figura 6: Variação (média, mínima e máxima) de bactérias totais (UFC/ml) e vibriônicas (UFC/ml) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.....	34
Figura 7: Variação (média, mínima e máxima) de temperatura (°C) e salinidade (PSU) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.....	35
Figura 8: Variação (média, mínima e máxima) de pH e alcalinidade total (mg/l CaCO ₃) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.	35
Figura 9: Variação (média, mínima e máxima) de oxigênio dissolvido (mg/l) e turbidez (NTU) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.....	36
Figura 10: Variação (média, mínima e máxima) de sílica (mg/l) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.	37
Figura 11: Variação (média, mínima e máxima) dos nutrientes nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito e ortofosfato (mg/l) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.....	37
Figura 12: Variação (média, mínima e máxima) de dureza total (mg/l CaCO ₃) e dos macronutrientes Ca, Mg e K (mg/l) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.....	38
Figura 13: Variação (média, mínima e máxima) de Clorofila-a (mg/l) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.....	39
Figura 14: Aplicação do Índice Hidrológico (IH) _C para avaliação do potencial de aproveitamento da água para carcinicultura nos três compartimentos de amostragem da Fazenda Yakult/UFSC nas quatro estações do ano de outubro de 2007 a outubro de 2008.....	40

Figura 15: Aplicação do Índice Hidrológico (IH) _C para avaliação do potencial de aproveitamento da água para carcinicultura em três estuários do Norte de Santa Catarina (Baía da Babitonga, Canal do Linguado e Sistema Estuarino Lagunar do Itapocu) nas quatro estações do ano de outubro de 2007 a outubro de 2008.....	40
Figura 16: Aplicação do Índice Canadense de Qualidade de água (CCME WQI) em três estuários do Norte de Santa Catarina (Baía da Babitonga, Canal do Linguado e Sistema Estuarino Lagunar do Itapocu) nas quatro estações do ano de outubro de 2007 a outubro de 2008.....	42
Figura 17: Representação das equações e curvas dos parâmetros selecionados para construção do (IH) _C de acordo com os intervalos de classe adotados (Beltrame, 2003).....	55
Figura 18: Índice Hidrológico (IH) _C e a equação de redistribuição dos valores finais de cada estação sugerido em Beltrame <i>et al.</i> (2006).....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores recomendáveis dos principais parâmetros de qualidade de água para o cultivo de camarão marinho <i>Litopenaeus vannamei</i>	18
Tabela 2: Parâmetros de qualidade de água e respectivos métodos de análises.....	29
Tabela 3: Classificação dos intervalos estabelecidos para as variáveis selecionadas e seus respectivos pesos.....	30
Tabela 4: Distribuição do índice hidrológico (IH) _C em classes de aptidão para carcinicultura.....	31
Tabela 5: Parâmetros de qualidade de água e limites utilizados na obtenção do Índice CCME WQI.....	31
Tabela 6: Distribuição das classes de qualidade de água propostas através da aplicação do Índice Canadense de Qualidade de água (CCME WQI).....	32
Tabela 7: Coeficiente (r) da Correlação de Spearman entre os dados bióticos e abióticos de qualidade de água nos pontos de captação, drenagem e viveiros da Fazenda Yakult/UFSC de outubro 2007 a outubro 2008.....	57
Tabela 8: Valores (máximos, médios e mínimos) dos parâmetros hidroquímicos nos pontos de captação, drenagem e viveiros da Fazenda Yakult/UFSC de acordo com a estação do ano de outubro de 2007 a outubro 2008.	58
Tabela 9: Valores (máximos, médios e mínimos) de alcalinidade e dureza total e concentração dos macronutrientes cálcio, magnésio e potássio nos pontos de captação, drenagem e viveiros da Fazenda Yakult/UFSC de acordo com a estação do ano de outubro de 2007 a outubro 2008...	59
Tabela 10: Valores (máximos, médios e mínimos) da concentração de nutrientes dissolvidos nos pontos de captação, drenagem e viveiros da Fazenda Yakult/UFSC de acordo com a estação do ano de outubro de 2007 a outubro 2008.	60
Tabela 11: Valores (máximos, médios e mínimos) dos parâmetros microbiológicos e clorofila-a nos pontos de captação, drenagem e viveiros da Fazenda Yakult/UFSC de acordo com a estação do ano de outubro de 2007 a outubro 2008.	61

RESUMO

O monitoramento contínuo dos parâmetros físico-químicos e biológicos dos viveiros, efluentes e estuário de captação possibilita controlar e até mesmo prever a ocorrência de condições desfavoráveis aos cultivos, evitando riscos de danos ambientais e quebra do processo produtivo. O objetivo deste trabalho é demonstrar a importância da aplicação de índices de qualidade de água (IQA) em fazendas de cultivo de camarões marinhos e ambientes adjacentes como apoio ao manejo desses empreendimentos. Através disto, compreender os principais fatores que poderiam interferir na qualidade da água, e deixar os cultivos mais susceptíveis ao aparecimento de enfermidades. Para tal, foi realizado monitoramento mensal dos parâmetros de qualidade de água em uma fazenda de camarão marinho e em um ponto de captação ao Norte de Santa Catarina. As coletas compreenderam um período de 13 meses, com início em outubro 2007 e término em outubro 2008. Foram analisados parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, salinidade, turbidez, dureza, alcalinidade, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fosfato, sílica) e biológicos (clorofila-a, coliformes Totais, Fecais, vibrios e bactérias). Para avaliar a relação de dependência entre os descritores monitorados foi aplicado o teste de correlação não-paramétrico de Spearman. Aplicou-se o Índice Hidrológico (IH)_c, que tem como objetivo avaliar o potencial de aproveitamento das águas destinadas à carcinicultura e o Índice Canadense de Qualidade de Água visando comparar a variabilidade da qualidade da água entre três ambientes. De acordo com o monitoramento da qualidade da água foram identificados parâmetros descritores da qualidade da água e períodos que possam estar relacionados ao estresse ambiental. Tendo em foco as amplitudes das variáveis monitoradas destacam-se temperatura, salinidade, pH, alcalinidade, dureza, nitrato e sílica, e sugere-se que os períodos de outono e primavera podem ser relacionados com aumento do estresse ambiental. O Índice Hidrológico (IH)_c, indicou o verão como período impróprio para captação, enquanto que nas outras estações do ano a qualidade da água variou de “Apta com alta restrição” ($3,0 < (IH)_c < 7,5$) a “Apta com baixa restrição” ($7,5 < (IH)_c < 9,0$). Já o Índice Canadense de Qualidade de Água (CCME WQI) não demonstrou diferença na qualidade da água entre os diferentes ambientes estudados nas quatro estações do ano. As águas coletadas nos três diferentes sistemas estuarinos foram classificadas como “aceitáveis” ($51 < CCME < 75$) ao cultivo. Conclui-se que a aplicação dos índices de qualidade de água, adaptados às distintas atividades de produção, torna-se útil para o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos devido à praticidade na construção dos mesmos além de fácil e rápida interpretação dos dados monitorados. Neste sentido, considera-se importante ferramenta de manejo para atividade aquícola.

Palavras-chaves: Monitoramento ambiental, carcinicultura, Índice de qualidade de água.

ABSTRACT

Water Quality Index (WQI) application as support for marine shrimp culture.

The continuous monitoring of the physico-chemical and biological water parameters from ponds, effluents and water intake estuaries enables control and even predict the occurrence of unfavorable conditions for crops, avoiding risks of environmental damage and breakage of the production process. The objective of this work is to demonstrate the importance of the implementation of water quality index (WQI) in shrimp farms and adjacent natural environments to support the management of these enterprises. Through this, understand the main factors that could affect water quality and leave the crop more susceptible to the emergence of diseases. This has held monthly monitoring of water quality parameters in a marine shrimp farm and in one point of three estuaries on north of Santa Catarina estate, Brazil. Samplings collections included a period of 13 months, starting in october 2007 and ending in october 2008. Were analyzed physical and chemical parameters (temperature, pH, dissolved oxygen, salinity, turbidity, hardness, alkalinity, ammonia nitrogen, nitrite, nitrate, phosphate, silicate) and biological parameters (chlorophyll-a, total and fecal coliforms, vibrio and bacteria). To assess the relationship of dependency between monitored variables the non-parametric correlation test of *Spearman* was applied. The Hydrological Index (HI)_c was applied and aims to evaluate the potential use of waters for shrimp culture and the Canadian Water Quality Index was applied to compare the variability of water quality between three environments. According to the water quality monitoring from shrimp ponds and from the three estuaries on north of Santa Catarina, was identified water quality descriptors and periods of the year which may be related to environmental stress. Taking into focus the amplitudes of the variables monitored there are temperature, salinity, pH, alkalinity, hardness, nitrate and silica, and were suggested that autumn and spring may be associated with the environmental stress increase. The Hydrological Index (HI)_c, obtained to evaluate the potential use of waters for shrimp culture, indicated the summer period as "Unsuitable" for marine water intake, whereas in other seasons of the year the water quality ranged from "Suitable with high restriction" ($3.0 < (HI)_c < 7.5$) to "Suitable with low restriction" ($7.5 < (HI)_c < 9.0$) in the three estuarine environments. But the Canadian Water Quality Index (CCME WQI) showed no difference in water quality between the different environments studied in the four seasons. The water sampled from the three different estuarine systems were classified as "Acceptable" ($51 < CCME < 75$) to shrimp culture. It is concluded that the application of water quality index adapted to different production activities is useful for monitoring the quality of water resources due to practicality of index construction as well as quick and easy interpretation of monitored data. Accordingly, it is an important management tool for aquaculture activities.

Keywords: Environmental monitoring, shrimp culture, water quality index.

1. INTRODUÇÃO

Os processos de circulação da água estuarina têm importância prática para as comunidades costeiras que utilizam seus recursos. Neste contexto, a Finep (Financiadora de Estudos e Projetos) financiou o projeto “Estratégias de monitoramento oceanográfico e manejo para o controle do vírus da mancha branca em viveiros de cultivo de camarões marinhos”, do qual surgiu o sub-projeto tema desta dissertação. Através destes documentos espera-se fornecer subsídios à compreensão dos fatores ambientais que podem pôr em risco a atividade de aquicultura e, conseqüentemente, auxiliar na elaboração de planos de manejo preventivos.

A importância da aquicultura no ambiente costeiro do Brasil está relacionada ao reconhecimento do seu potencial de desenvolvimento nos 8.500 km de linha de costa existentes no país (Barroso *et al.*, 2007). Contudo, a situação sócio-ambiental nestes ambientes é preocupante. A competição pelo espaço, produto das pressões do desenvolvimento urbano, agropecuário, aquícola, industrial e turístico, ocasiona mutilações e supressões no funcionamento dos ecossistemas costeiros (Madrid, 2003).

A carcinicultura é uma atividade comum na zona costeira de muitos países tropicais. Devido ao aporte de substâncias orgânicas e químicas oriundas da carcinicultura, os ambientes costeiros podem sofrer depleção de oxigênio, redução da transparência, mudanças na macrofauna bentônica e eutrofização (Primavera, 1991; Hopkins *et al.*, 1995; Páez-Osuna, 2001; Casillas-Hernández *et al.*, 2007). As fazendas de camarão são construídas perto de fontes de água salobra ou marinha, e os viveiros são preenchidos e mantidos pelo bombeamento da água dessas fontes (Boyd, 2002). As espécies selecionadas para o cultivo, a intensidade do cultivo e a tecnologia aplicada, são os principais aspectos determinantes da extensão dos impactos ambientais causados pela aquicultura nestes sistemas aquáticos (Barroso *et al.* 2007).

Por outro lado, as fazendas de camarão operadas com boas práticas de manejo e correto gerenciamento podem ser rentáveis e benéficas à economia da comunidade local. Esta atividade pode proporcionar empregos na produção, processamento, marketing, transporte, produção de insumos e outros serviços de suporte relacionados (Clay, 1997). Portanto, é de grande interesse dos carcinicultores serem parceiros dos recursos naturais, adotando práticas de produção ambientalmente responsáveis, uma vez que o dano causado ao ambiente costeiro também gera impactos negativos para esta atividade (Boyd *et al.*, 2002; Seiffert, 2003).

É neste contexto que a comunidade técnica e científica ligada ao Gerenciamento Costeiro tem despertado crescente interesse na avaliação da capacidade que um sistema costeiro possui em abrigar uma determinada modalidade de uso. Tais avaliações visam estimar com qual intensidade uma intervenção antrópica pode ser implementada sem que se altere o equilíbrio dinâmico dessas áreas, evitando-se assim impactos que poderiam repercutir no próprio declínio da atividade econômica proposta (Suplicy, 2000; Bonetti *et al.* 2000; Beltrame, 2003).

É o caso da produção aquícola que, embora venha apresentando taxas praticamente contínuas de crescimento tem se mostrado vulnerável à problemas sanitários e à enfermidades. Segundo dados publicados pela FAO (2003), no ano de 2001 foram produzidos 142,1 milhões de toneladas de pescados, oriundas tanto da pesca como da aquícultura. A aquícultura contribuiu com mais de 48,4 milhões de toneladas, ou o equivalente a US\$ 61,4 bilhões em receitas geradas (Lenoch, 2004). No final dos anos 80 e na década de 90, as doenças infecciosas tiveram efeito devastador no cultivo do camarão marinho, causando colapso na produção de grandes países produtores e desencadeando perdas significativas na indústria. A partir de então, as enfermidades passaram a ser vistas como um obstáculo econômico e uma ameaça à viabilidade da atividade (Lenoch, 2004).

Fatores como a intensificação dos cultivos, o uso de antibióticos e outros fármacos, a poluição dos viveiros e fazendas mal projetadas determinaram o surgimento de mais de 30 doenças em camarões cultivados. As enfermidades se disseminaram na China (Baozhew, 1999), ocasionaram uma grande quebra na produção na Indonésia (FAO/NACA, 1995; Nurdjana, 1999), no Sri Lanka (FAO/NACA, 1995; Siriwardena, 1999), na Índia (FAO/NACA, 1995), em Taiwan (GESAMP, 1991; Phillips, 1993) e nas Filipinas (FAO/NACA, 1995; Aypa, 1999). Houve também a disseminação de doenças para outros centros produtores, como no caso da América Latina (Melo, 1999).

O conjunto de causas que pode provocar uma doença constitui a etiologia, podendo ser do tipo infecciosa ou não infecciosa e o agente etiológico é definido como responsável pela doença (Brock, 1990). Um dos fatores que regula a infecção e a defesa do hospedeiro depende da qualidade da água, do estado nutricional e do grau de estresse dos indivíduos (Arana, 2004). De acordo com Alexandrino e Carvalho Filho (2000), as doenças provocadas por vírus são as mais agressivas devido ao fato de que podem provocar elevada mortalidade na população que se encontra em cultivo.

Os vírus que mais afetam as fazendas de cultivo de camarão no continente americano são IHNV (Vírus da Infecção Hipodermal e da Necrose Hematopoética) e o TSV (Vírus da Síndrome de Taura). Recentemente o WSSV (Vírus da Mancha Branca) e o YHV (Vírus da Cabeça Amarela) foram encontrados no hemisfério ocidental (Nunan *et al.* 1998), sendo o WSSV o vírus que mais causa prejuízo em fazendas no continente americano (Lo *et al.*, 1996).

O Brasil tem enfrentado, nos últimos anos, vários impactos causados por enfermidades que contribuíram para a queda dos índices de desenvolvimento da carcinicultura. No início de 2005 algumas fazendas de camarão no sul do Estado de Santa Catarina apresentaram o Vírus da Síndrome da Mancha Branca (WSSV – White Spot Síndrome Vírus), o qual ataca o sistema imunológico do camarão, podendo levar à mortalidade massiva em 5 dias após o aparecimento dos primeiros sinais clínicos (Bucheli & Garcia, 2005).

À exemplo da existência de lacunas no conhecimento necessário para o sucesso dos cultivos de camarão, os problemas sanitários estão hoje evidentes e sabe-se que quase sempre atrelados a falhas de manejo da qualidade de água. Quando não são seguidas práticas de manejo sustentável há a incidência de enfermidades. A saúde dos animais cultivados é o resultado de sua interação com o ambiente e os microorganismos naturalmente inseridos naquele ecossistema (Silva, 2007).

Neste contexto, identifica-se uma carência de estudos que visem contribuir para o entendimento da influência das variações dos ambientes naturais sobre o ambiente de cultivo. Portanto, a proposta deste trabalho é proporcionar informações sobre o ambiente natural e de cultivo para o gerenciamento de fazendas de camarões marinhos obtidas mediante a aplicação de índices de qualidade de água.

1.1 Aqüicultura e Qualidade de Água

O desenvolvimento da carcinicultura instiga a especulação sobre os aspectos ambientais inerentes às etapas de produção e, conseqüentemente, aos impactos provocados nos ecossistemas naturais. Com relação à poluição hídrica na área de atividade da carcinicultura, o Código de Boas Práticas na Criação de Camarão da Aliança Global de Aquicultura (GAA) chama a atenção para dois aspectos: (1) os requisitos de qualidade da água para o cultivo e (2) os possíveis efeitos das trocas de água e da drenagem durante a despesca sobre os corpos hídricos receptores. Muitas vezes a água de cultivo é captada à jusante de grandes cidades, de áreas agrícolas e ou industriais, podendo vir contaminada com esgotos, pesticidas e outras substâncias químicas que podem causar problemas no processo de cultivo (Figueiredo, 2005).

Beltrame (2003) descreve as vantagens do uso de técnicas de análise que relacionam-se à possibilidade de combinação de informações espaciais para o monitoramento de áreas onde a aqüicultura já encontra-se implantada ou para a determinação de locais potenciais para seu desenvolvimento (seleção de sítios). Os parâmetros escolhidos pelo autor com importantes para seleção de áreas com potencial para atividade de carcinicultura foram: topografia, vegetação e uso atual do solo, restrição legal, disponibilidade de água salgada para abastecimento dos viveiros, distância da água, distância de drenagem (escoamento dos viveiros), cobertura pedológica e qualidade da água para o cultivo.

A qualidade físico-química da água está constantemente sendo modificada devido às práticas de manejo no cultivo, influenciando diretamente no bem-estar do organismo cultivado. As variáveis de qualidade de água e do solo que afetam a sobrevivência, o crescimento e o manejo dos camarões, são fatores determinantes para o aparecimento de enfermidades, uma vez que estas influenciam o nível de estresse do camarão tornando-os mais susceptíveis à doenças (Boyd, 1990a; Staples e Heales, 1991; Chen *et al.*, 1995; Boyd, 1999; Kautsky *et al.* 2000; Seiffert *et al.*, 2005). Segundo Brock e Main (1994) os fatores ambientais temperatura, salinidade, pH, gás carbônico e compostos nitrogenados podem ter um efeito significativo no desencadeamento de um processo infeccioso. No entanto, ainda existem poucos estudos ligando a imunocompetência à suscetibilidade do organismo aos agentes patogênicos, devido principalmente à falta de modelos experimentais para a infecção (Le Moullac *et al.*, 2000).

Surtos de doenças têm sido relatados por estarem associados ao aumento da população de *Vibrio* nas águas de cultivo em Taiwan (Sung *et al.*, 2001; Liu e Chen, 2004). Durante os últimos anos, camarões Peneídeos sofreram problemas relacionados às doenças infecciosas devido às Vibrioses tais como *Vibrio harveyi*, *V. damsela*, *V. parahaemolyticus* e *V. alginolyticus* (Sung *et al.*,

2001), além de doenças causadas por viroses como MBV (baculovírus monodon), WSSV (vírus da síndrome da mancha branca), YHV (vírus da cabeça amarela), IHHNV (vírus da necrose infecciosa hipodermal e hematopoiética) e TSV (vírus da Síndrome de Taura) (Lightner *et al.*, 1987; Lo e Kou, 1998; Yo e Song, 2000; Wang e Chang, 2000; Lo *et al.*, 2003; Tseng e Chen, 2004).

As bactérias do gênero *Vibrio* são próprias de ecossistemas aquáticos, quer de origem marinha e/ou estuarina, ocorrendo em camarões de vida livre ou ainda nos cultivados (Vanderzant *et al.*, 1971).

A vibriose pode ser caracterizada tanto como uma infecção localizada quanto sistêmica (generalizada) afetando todos os órgãos e tecidos. A forma assinalada como sistêmica, é uma enfermidade secundária a condições de estresse (Roque *et al.*, 2001).

O estresse em crustáceos, que está intimamente ligado à manifestação de doenças, normalmente é induzido por mudanças em parâmetros ambientais como temperatura, oxigênio, salinidade e amônia (Cock, 2009). Portanto, os produtores tentam continuamente controlar as doenças através do manejo, reduzindo a variabilidade do ambiente aquático.

Algumas espécies de camarões marinhos têm mostrado uma alta adaptação às variações de salinidade da água. A literatura tem relatado cultivos de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) desde água doce até altas salinidades 45 a 50 PSU (Páez-Osuna, 2001; Samocha *et al.*, 1998, 2002; McGraw *et al.*, 2002). Por outro lado, nestas condições há a dificuldade de conduzir os cultivos com o mesmo sucesso se comparado com salinidades próximas do conforto osmótico dos camarões que, segundo Lemaire *et al.* (2002) é de 26.2 ppt. De acordo com Boyd (1990b), a melhor faixa de salinidade para o desenvolvimento dos camarões se encontra entre 15 e 25 PSU. Os ambientes que sofrem influência de fortes períodos de chuva estão sujeitos a maiores flutuações na salinidade e a uma diminuição significativa na alcalinidade da água, criando desta forma condições desfavoráveis ao crescimento dos camarões devido à deficiência no perfil iônico dos viveiros (Saoud *et al.*, 2003; Atwood *et al.*, 2003; Decamp *et al.*, 2003). De acordo com Pan *et al.* (2007), durante o processo de dessalinização nos cultivos de camarões, a variação da salinidade e pH pode levar ao decréscimo na taxa de sobrevivência, crescimento lento, ou mesmo surgimento de graves doenças e conseqüente mortalidade. Arana (1997) sugere a realização de uma correção inicial da alcalinidade da água para valores acima de 60 mg CaCO₃/L, a fim de tornar possível o controle das variações do pH, mas não recomenda nenhuma periodicidade na manutenção do valor desta variável.

Segundo Páez-Osuna (2001) existem poucas informações sobre o efeito do pH em camarões marinhos. De acordo com Boyd (1990b), na faixa de 6,0 a 9,0 estas espécies alcançam o ótimo crescimento. As águas marinhas possuem um sistema “tampão” de regulação do pH, constituído principalmente pela presença de carbonatos na água, o que torna raro valores de pH menores do que 6,5 e maiores que 9,5 em estuários. Portanto, este parâmetro pode ser considerado como um termômetro indicador do estado de alteração das condições habituais de águas estuarinas e marinhas (Beltrame, 2003). Já nos sistemas de cultivo ocorre uma flutuação diuturna dependente principalmente da biomassa de fitoplâncton e da respiração dos organismos presentes no viveiro. A metabolização da matéria orgânica também afeta o pH, por consumir oxigênio e liberar CO₂ na água.

O parâmetro alcalinidade está diretamente relacionado com fatores importantes durante o cultivo de camarões: efeito tampão na variação diária do pH do viveiro, fixação do ferro solúvel precipitado e principalmente na ecdise (muda) e no crescimento (Boyd, 2002).

A desnitrificação produz acidez e causa o declínio da alcalinidade total durante a produção. Consequentemente, a alcalinidade total é monitorada durante o cultivo, e é aplicado óxido de cálcio se esta cair abaixo de 60 mg/l (Boyd e Clay, 2002). Segundo Boyd (2002), os materiais calcários (CaCO_3) melhoram as condições para a atividade microbiana e animais bentônicos; aumentam a disponibilidade de dióxido de carbono, fósforo e outros nutrientes; intensificam o crescimento de fitoplâncton; e melhoram a sobrevivência e a produção final da aquicultura. Elovaara (2001) determina como índice adequado para o cultivo de camarões da espécie *L. vannamei*, valores acima de 100 mg/L de CaCO_3 .

Apesar do *L. vannamei* ser uma espécie eurialina, capaz de suportar e sobreviver em grandes variações de salinidade, os íons específicos, a concentração desses íons e a razão iônica que esta espécie requer do ambiente natural para sobrevivência e crescimento não são bem conhecidos (Sowers *et al.*, 2005).

O potássio é o principal cátion intracelular e é também importante na ativação da enzima $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ (Mantel e Farmer, 1983), que é um componente chave na regulação do volume extracelular (Roy *et al.*, 2007). O Magnésio também desempenha um papel fundamental na metabolização de lipídeos, proteínas, carboidratos e serve como um cofator em um grande número de reações enzimáticas e metabólicas (Davis e Lawrence, 1997). Uma vez que os animais aquáticos conseguem obter minerais tanto do ambiente quanto dos alimentos, suplementos alimentares podem proporcionar melhor sobrevivência e crescimento do camarão cultivado em condições de baixa salinidade (Davis *et al.*, 2002). O cálcio encontrado no ambiente natural é um fator importante na osmorregulação e também exerce destaque em várias funções vitais. Destaca-se sua importância no processo de muda dos crustáceos, sendo responsável pelo enrijecimento do exoesqueleto (Zweig *et al.*, 1999).

A temperatura da água também é um fator ambiental muito importante para camarões de cultivo, pois influencia diretamente o metabolismo do crustáceo (Allan *et al.*, 2006), o crescimento e a sobrevivência (Wyban *et al.*, 1995; Guan *et al.*, 2003), consumo de oxigênio e o ciclo de muda (Guan *et al.*, 2003), e a resposta imunológica (Le Moullac and Haffner, 2000; Cheng *et al.*, 2005). Este parâmetro pode também afetar indiretamente os animais aquáticos quando combinado com outros fatores ambientais como oxigênio dissolvido e salinidade (Guan *et al.*, 2003). A temperatura ótima para o crescimento do *Litopenaeus vannamei* juvenil (5g) é 27°C (Wyban *et al.*, 1995). Nos viveiros de cultivo a temperatura da água flutua diariamente e sazonalmente de acordo com a temperatura do ar, profundidade e forma do viveiro e com o manejo (Rahman *et al.*, 2007). O decréscimo na temperatura da água de cultivo no início da estação fria, e geralmente, a mudança brusca de temperatura durante a transição das estações, afeta a capacidade osmorregulatória dos camarões de cultivo. Estes, incapazes de manter a homeostase tornam-se mais fracos e susceptíveis à patógenos (Lemaire *et al.*, 2002).

Muitas etapas do ciclo de replicação dos vírus são afetadas pela temperatura. Estudos de Guan e colaboradores (2003) com camarões *Marsupenaeus japonicus* infectados com o vírus da mancha branca (WSSV- White Spot Syndrome Virus), demonstraram que a 15°C (sendo que a temperatura ótima de cultivo para esta espécie é de 17 a 29°C) ocorreu a menor manifestação da doença, grau de infecção mais leve e tempo de meia vida (LT_{50}) mais longo. Portanto, o monitoramento da temperatura durante o cultivo pode afetar a manifestação da doença da mancha branca e a manipulação da temperatura pode diminuir sua prevalência (Guan *et al.*, 2003).

Altos valores de turbidez interferem negativamente no processo fotossintético e promovem mudanças na composição da comunidade aquática. Segundo Boyd e Gautier (2000), o limite superior recomendado de material total em suspensão para camarões marinhos é de 100 mg.l⁻¹.

Segundo Páez-Osuna (2001) e Jiang *et al.* (2005), o oxigênio dissolvido é considerado um dos parâmetros de qualidade de água mais críticos, tanto para os sistemas naturais quanto para os viveiros de cultivo. Pode ser drasticamente reduzido por fatores como mudança ou morte repentina da população dominante de fitoplâncton, grande reprodução de zooplâncton nos viveiros, e decomposição de matéria orgânica acumulada (alimento não consumido e fezes) (Jiang *et al.*, 2005). Já foi relatado que o efeito da hipoxia reduz o número total de hemócitos (total haemocyte count - THC) dos crustáceos levando ao aumento da susceptibilidade à patógenos (Le Moullac *et al.*, 1998; Cheng *et al.*, 2002).

Os valores de oxigênio dissolvido considerados adequados para o desenvolvimento do cultivo de camarões estão entre 4 – 6 mg.l⁻¹, sendo que a restrição de retardamento de crescimento e estímulo da mortalidade se encontram somente nos valores abaixo de 2,0 mg.l⁻¹ (Páez-Osuna, 2001).

Em trabalhos realizados com *Litopenaeus stylirostris* (Le Moullac & Haffner, 2000) e *Macrobrachium rosenbergii* (Cheng e Chen, 2002; Liu e Chen, 2004) a amônia afetou a resposta imunológica desses crustáceos. Elevada concentração de amônia no ambiente afeta o crescimento e a muda de camarões (Chen e Kou, 1992), o consumo de oxigênio e a excreção de amônia (Chen e Lin, 1992). Segundo Chen e Lin (1992) a concentração de amônia tóxica máxima aceitável para camarões peneídeos é de 2 mg/l de amônia total.

A amônia é convertida a nitrato através do processo de nitrificação e o nitrito é formado como um produto intermediário. Se a conversão para nitrato é impedida, concentrações significantes de nitrito podem acumular no ambiente (Thurston, *et al.*, 1978). Segundo estudos de Tseng e Chen (2004) a presença de nitrito na água causa diminuição da habilidade imunológica do *L. vannamei* levando-o a uma maior susceptibilidade à infecção de vibrios (*Vibrio alginolyticus*).

O fósforo é um elemento nutritivo, sendo a forma mineral majoritária o ortofosfato, essencial à vida aquática. Para Esteves (1998), o fósforo atua particularmente em processos de metabolismo dos seres vivos, tais como: armazenamento de energia e estruturação da membrana celular.

No meio aquático, a sílica é um composto de fundamental importância, pois é utilizada pelas diatomáceas na elaboração de sua carapaça (Esteves 1998). Segundo Boyd (1989), a concentração ideal de silicato na água deve ser superior a 3,0 mg/L.

Alguns descritores da qualidade de água e seus respectivos limites considerados desejáveis ao cultivo de camarão marinho estão representados na tabela 1.

Tabela 1: Valores recomendáveis dos principais parâmetros de qualidade de água para o cultivo de camarão marinho *Litopenaeus vannamei*.

Variáveis	Alves e Mello, 2007	Wyk <i>et al.</i> , 1999	NUNES <i>et al.</i> , 2005	Boyd, 1998	ABCC, 2004	SLA, 2009
Temperatura (°C)	26 a 32	-	22 a 32	28 a 30	26 a 32	18 a 33
OD (mg/l)	≥ 5,0	-	> 3,0	6 a 10	> 3,7	2,5 a 10
pH	7 a 9	-	6 a 9	8 a 9	-	7 a 10
Amônia (mg/l)	< 0,3*	-	<0,1**	0,1 a 1,0***	<0,12**	<0,20***
Nitrato (mg/l)	0,2 a 20	-	< 60	0,4 a 0,8	0,2 a 10	1,70 a 3,10
Nitrito (mg/l)	< 0,3	-	< 1,0	< 10	< 0,1	0,003 a 0,660
Ortofosfato (mg/l)	< 0,4	-	< 0,5	0,1 a 0,3	-	0,01 a 0,20
Sílica (mg/l)	≥ 2,0	-	> 1,0	> 1,0	-	5 a 20
Clorofila <i>a</i> (mg/l)	-	-	-	0,05 a 0,075	-	-
Salinidade (PSU)	15 a 25	> 0,5	-	15 a 25	-	-
Transparência (cm)	40 a 60	-	35 a 50	35 a 45	-	-
Alcalinidade Total (mg/l CaCO ₃)	-	>100	>100	100 a 140	-	50 a 150
Dureza Total (mg/l CaCO ₃)	-	>150	>150	-	>1000	5700 a 6600
Cálcio (mg/l)	-	>100	>100	-	-	350 a 450
Magnésio (mg/l)	-	-	>50	-	-	1200 a 1350
Potássio (mg/l)	-	-	-	-	-	375 a 400
Marine (UFC/ml)	-	-	<10.000	-	-	-
TCBS (UFC/ml)	-	-	<1.000	-	-	-

* NH₄ (amônia ionizada)

** NH₃ (amônia não-ionizada): forma tóxica

*** NH_{3,4} (amônia total)

1.2 Programas de Monitoramento como Instrumento de Manejo

Seguindo o raciocínio de que a variabilidade dos parâmetros da qualidade da água é o estopim para manifestação de enfermidades no ambiente de cultivo, e que a carcinicultura é frequentemente ameaçada pela degradação das águas costeiras, é de fundamental importância o monitoramento contínuo das variáveis físicas, químicas e biológicas dos viveiros, efluentes e estuário de captação. Este monitoramento possibilita controlar e até mesmo prever a ocorrência de condições desfavoráveis aos cultivos, evitando riscos de danos ambientais e quebra do processo produtivo (Boyd *et al.*, 2002).

Desta forma, os programas de monitoramento da qualidade da água possibilitam avaliar o desenvolvimento da indústria frente aos critérios e padrões de proteção ambiental. A partir da análise do banco de dados, que deve ser baseado em parâmetros físicos, químicos, hidrobiológicos e sanitários da água e dos sedimentos, é possível avaliar a influência do cultivo sobre o ambiente e

deste sobre o cultivo, de modo a indicar a necessidade de revisão nas técnicas de manejo adotadas no cultivo (Barroso *et al.*, 2007). O monitoramento também é importante para avaliar se os valores mensurados estão de acordo com os padrões ambientais necessários ao processo de licenciamento (GESAMP, 2001).

1.3 Índices de Qualidade de Água (IQA)

Com o objetivo de avaliar a qualidade da água em sistemas aquáticos muitos países introduziram um plano para acompanhar e avaliar os efeitos da poluição (Stambuk-Giljanovic, 1999; Pesce e Wunderlin, 2002; Zampella *et al.*, 2006; Silva e Jardim, 2006). Por isso, constituintes químicos, físicos e biológicos vêm sendo quantificados em vários rios do mundo. Entre as diferentes alternativas metodológicas disponíveis para os estudos de monitoramento hidrobioquímico, a adoção de índices numéricos e multivariados têm sido muito bem aceita (Carvalho *et al.*, 2004; Bordalo *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2007).

A utilização do Índice de Qualidade de Água (IQA) foi inicialmente proposta por Horton (1965) e Brown *et al.* (1970). Desde então, diferentes métodos para o cálculo de IQA têm sido desenvolvidos. Em geral, todos consideram similares parâmetros físicos e químicos, porém, diferem no método em que os valores dos parâmetros são estatisticamente integrados e interpretados (Debels *et al.*, 2005). O IQA é um recurso utilizado para transformar grandes quantidades de dados de qualidade da água em um único número que resume diferentes parâmetros de qualidade. Matematicamente, o índice é uma ponderação aritmética das medidas normalizadas da qualidade da água. A normalização, bem como as ponderações, é diferente para os diversos usos da água (Simões *et al.*, 2008).

O Índice de Qualidade de Água (IQA) é um número simples que expressa a qualidade geral da água em certo local e tempo, baseado em diferentes variáveis de qualidade de água. Este método permite classificar quantitativamente um determinado manancial em classes representativas de condições que vão desde excelente a muito ruim. Assim, pode-se tanto obter comparações estatísticas entre diferentes cursos d'água, como também avaliações da tendência evolutiva da mesma ao longo do tempo (Ott, 1978)

Um simples valor de Índice de qualidade de água torna a informação mais fácil e rapidamente compreendida do que uma longa lista de valores para uma grande variedade de parâmetros. O Índice de qualidade de água também facilita a comparação entre diferentes pontos de amostras e/ou eventos e conseqüentemente, é considerado melhor para transmissão de informação para o público em geral. Quando as características específicas e limitações são levadas em consideração, o IQA pode ser muito útil no propósito de monitoramento e tomada de decisões (Debels *et al.*, 2005). Segundo Ide *et al.* (2000), a aplicação deste tipo de índice é bastante ampla, abrangendo vários campos de estudo, tais como: alocação de recursos, comparação das condições ambientais em diferentes locais, legislação pertinente, verificação da degradação ou melhoria da qualidade, informação pública e pesquisa científica.

O estudo de Bordalo *et al.* (2006), por exemplo, salienta a importância da utilização de um Índice de Qualidade de Água para avaliar a influência coletiva de vários critérios e facilitar a interpretação da rede de dados proveniente do monitoramento ambiental. Lumb *et al.* (2006) também apresentam um estudo de avaliação dos aspectos da qualidade da água para iniciativas ambientais, mediante o emprego do Índice Canadense de Qualidade de água (CCME WQI). Estes autores demonstraram que a partir da utilização de diferentes protocolos do CCME WQI e de diferentes análises de sensibilidade para avaliação da qualidade de água é possível identificar os parâmetros/variáveis problemáticos em cada área de estudo e que podem estar contribuindo com a diminuição dos valores do Índice (ou seja, prejudicando a qualidade da água como um todo).

O interesse do Brasil pelos índices de qualidade de água cresceu desde que o Conselho Nacional de Meio Ambiente em seu relatório anual de 1972 manifestou a necessidade da utilização de índices para o meio ambiente. Em 2002, o PNMA II (Plano Nacional do Meio Ambiente) elaborou uma revisão sobre os índices e indicadores de qualidade de água descrevendo vários índices para uso geral e específico da água demonstrando diferentes metodologias e aplicações.

Segundo Ott (1978), existem três tipos básicos de índices de qualidade de água:

- Índices elaborados a partir da opinião de especialistas;
- Índices baseados em métodos estatísticos;
- Índices biológicos (cujos dados necessários para sua formulação ainda não são rotineiramente obtidos em programas de monitoramento).

No Brasil, o IQA é utilizado em trabalhos de caracterização de qualidade de água, onde são analisados diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Este tipo de caracterização é realizada, sobretudo, por órgãos de saneamento do governo, como: IGAM (MG), FEPAM (RS) e CETESB (SP). Estes selecionaram nove parâmetros para a determinação do IQA-NSF: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais (Carvalho *et al.*, 2004).

O índice de Qualidade de água proposto pela Fundação Nacional de Saneamento dos Estados Unidos (IQA- NSF), modificado pela CETESB e que integra nove parâmetros, é o índice mais aceito pelas instituições estaduais e federais encarregadas do monitoramento da qualidade da água. Segundo OTT (1978) pode-se concluir que a diversidade de parâmetros utilizados em índices, aparentemente é o resultado de diferentes suposições a respeito da importância atribuída a cada um deles. O IQA proposto pela CETESB engloba índices relacionados a usos diversos (abastecimento humano, preservação de vida aquática e balneabilidade).

Um dos poucos exemplos de utilização de IQA relacionado à aquicultura é o trabalho de Simões *et al.* (2008). Estes autores propõem um índice de qualidade da água (IQA) para subsidiar ações de gestão na Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema, em São Paulo, como um indicador da poluição da atividade aquícola. Para tal foi feito a comparação da eficiência de 3 índices: índice WQI-NFS que leva em consideração nove parâmetros de qualidade de água, tal como proposto pela NSF. Outro índice (WQI_{min}) foi desenvolvido considerando apenas três parâmetros: turbidez, fósforo total e oxigênio dissolvido e o último índice que considera apenas o conceito de mínimo operador (WQI_{moc}) proposto por Smith (1990) e atualmente utilizado por Silva e Jardim (2006) para a proteção

da vida aquática em São Paulo. Simões *et al.* (*op cit.*) concluíram que o índice (WQI_{min}) que utiliza somente os 3 parâmetros foi o que melhor descreveu a qualidade da água e avaliou o impacto da aquicultura no local de estudo, podendo assim, ser utilizado como uma importante ferramenta para gestão da bacia hidrográfica.

Seguindo as normas do programa de Pós-graduação em Aquicultura, o referido estudo será apresentado de acordo com as normas da Revista *Aquaculture*.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho visa demonstrar a importância da aplicação de índices de qualidade de água (IQA) em fazendas de cultivo de camarões marinhos e ambientes adjacentes como apoio ao manejo desses empreendimentos.

2.1 Objetivos Específicos

1. Monitorar mensalmente a qualidade da água de cultivo e do ambiente natural adjacente no trecho norte do Sistema Estuarino Lagunar do Itapocu, Baía da Babitonga e Canal do Linguado;
2. Determinar períodos do ano mais propícios à captação de água para o cultivo;
3. Propor e avaliar a aplicação do Índice Hidrológico para carcinicultura (IH)_c e do Índice Canadense de Qualidade de água (CCME WQI) na avaliação quantitativa da qualidade da água captada para o cultivo de camarões marinhos, comparando-a ao longo do período de estudo.

Aplicação de Índices de Qualidade de Água (IQA) como ferramenta de manejo em fazendas de cultivo de camarões marinhos.

Ferreira, Nicolle^{1,2,*}; Bonetti, Carla²; Seiffert, Walter^{1,3}.

¹Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina;

²Laboratório de Oceanografia Costeira, Universidade Federal de Santa Catarina;

³Laboratório de Camarões Marinhos, Universidade Federal de Santa Catarina.

* Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Oceanografia Costeira.

Florianópolis, 88040-900, Brasil.

nicollefer@terra.com.br

RESUMO

O monitoramento contínuo dos parâmetros físico-químicos e biológicos dos viveiros, efluentes e estuário de captação possibilita controlar e até mesmo prever a ocorrência de condições desfavoráveis aos cultivos, evitando riscos de danos ambientais e quebra do processo produtivo. O objetivo deste trabalho é demonstrar a importância da aplicação de índices de qualidade de água (IQA) em fazendas de cultivo de camarões marinhos e ambientes adjacentes como apoio ao manejo desses empreendimentos. Através disto, compreender os principais fatores que poderiam interferir na qualidade da água, e deixar os cultivos mais susceptíveis ao aparecimento de enfermidades. Para tal, foi realizado monitoramento mensal dos parâmetros de qualidade de água em uma fazenda de camarão marinho e em um ponto de captação ao Norte de Santa Catarina. As coletas compreenderam um período de 13 meses, com início em outubro 2007 e término em outubro 2008. Foram analisados parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, salinidade, turbidez, dureza, alcalinidade, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fosfato, sílica) e biológicos (clorofila-a, coliformes Totais, Fecais, vibrios e bactérias). Para avaliar a relação de dependência entre os descritores monitorados foi aplicado o teste de correlação não-paramétrico de Spearman. Aplicou-se o Índice Hidrológico (IH)_c, que tem como objetivo avaliar o potencial de aproveitamento das águas destinadas à carcinicultura e o Índice Canadense de Qualidade de Água visando comparar a variabilidade da qualidade da água entre os três ambientes. De acordo com o monitoramento da qualidade da água foram identificados parâmetros descritores da qualidade da água e períodos que possam estar relacionados ao estresse ambiental. Tendo em foco as amplitudes das variáveis monitoradas destacam-se temperatura, salinidade, pH, alcalinidade, dureza, nitrato e sílica, e sugere-se que os períodos de outono e primavera podem ser relacionados com aumento do estresse ambiental. O Índice Hidrológico (IH)_c, indicou o verão como período impróprio para captação, enquanto que nas outras estações do ano a qualidade da água variou de "Apta com alta restrição" ($3,0 < (IH)_c < 7,5$) a "Apta com baixa restrição" ($7,5 < (IH)_c < 9,0$). Já o Índice Canadense de Qualidade de Água (CCME WQI) não demonstrou diferença na qualidade da água entre os diferentes ambientes estudados nas quatro estações do ano. As águas coletadas nos três diferentes sistemas estuarinos foram classificadas como "aceitáveis" ($51 < CCME < 75$) ao cultivo. Conclui-se que a aplicação dos índices de qualidade de água, adaptados às distintas atividades de produção, torna-se útil para o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos devido à praticidade na construção dos mesmos além de fácil e rápida interpretação dos dados monitorados. Neste sentido, considera-se importante ferramenta de manejo para atividade aquícola.

Palavras-chaves: Monitoramento ambiental, carcinicultura, Índice de qualidade de água.

ABSTRACT

The continuous monitoring of the physico-chemical and biological water parameters from ponds, effluents and water intake estuaries enables control and even predict the occurrence of unfavorable conditions for crops, avoiding risks of environmental damage and breakage of the production process. The objective of this work is to demonstrate the importance of the implementation of water quality index (WQI) in shrimp farms and adjacent natural environments to support the management of these enterprises. Through this, understand the main factors that could affect water quality and leave the crop more susceptible to the emergence of diseases. This has held monthly monitoring of water quality parameters in a marine shrimp farm and in one point of three estuaries on north of Santa Catarina estate, Brazil. Samplings collections included a period of 13 months, starting in october 2007 and ending in october 2008. Were analyzed physical and chemical parameters (temperature, pH, dissolved oxygen, salinity, turbidity, hardness, alkalinity, ammonia nitrogen, nitrite, nitrate, phosphate, silicate) and biological parameters (chlorophyll-a, total and fecal coliforms, vibrio and bacteria). To assess the relationship of dependency between monitored variables the non-parametric correlation test of *Spearman* was applied. The Hydrological Index (HI)_c was applied and aims to evaluate the potential use of waters for shrimp culture and the Canadian Water Quality Index was applied to compare the variability of water quality between three environments. According to the water quality monitoring from shrimp ponds and from the three estuaries on north of Santa Catarina, was identified water quality descriptors and periods of the year which may be related to environmental stress. Taking into focus the amplitudes of the variables monitored there are temperature, salinity, pH, alkalinity, hardness, nitrate and silica, and were suggested that autumn and spring may be associated with the environmental stress increase. The Hydrological Index (HI)_c, obtained to evaluate the potential use of waters for shrimp culture, indicated the summer period as "Unsuitable" for marine water intake, whereas in other seasons of the year the water quality ranged from "Suitable with high restriction" ($3.0 < (HI)_c < 7.5$) to "Suitable with low restriction" ($7.5 < (HI)_c < 9.0$) in the three estuarine environments. But the Canadian Water Quality Index (CCME WQI) showed no difference in water quality between the different environments studied in the four seasons. The water sampled from the three different estuarine systems were classified as "Acceptable" ($51 < CCME < 75$) to shrimp culture. It is concluded that the application of water quality index adapted to different production activities is useful for monitoring the quality of water resources due to practicality of index construction as well as quick and easy interpretation of monitored data. Accordingly, it is an important management tool for aquaculture activities.

Keywords: Environmental monitoring, shrimp culture, water quality index.

INTRODUÇÃO

A importância da aquicultura marinha no Brasil está relacionada ao reconhecimento do seu potencial de desenvolvimento nos 8.500km de linha de costa existentes no país (Barroso *et al.*, 2007). Contudo, a situação sócio-ambiental das zonas costeiras é preocupante, sendo que a competição pelo espaço, produto das pressões do desenvolvimento urbano, agropecuário, aquícola, industrial e turístico, ocasiona mutilações e supressões no funcionamento destes ambientes (Madrid, 2003).

A carcinicultura é uma atividade comum na zona costeira de muitos países tropicais, e pode afetar a qualidade ambiental e os interesses dos demais usuários através da poluição das águas costeiras. Devido ao aporte de nutrientes, substâncias orgânicas e químicas nos efluentes, os ambientes costeiros podem sofrer depleção de oxigênio, redução da transparência, mudanças na macrofauna bêntica e eutrofização (Primavera, 1991; Hopkins *et al.*, 1995; Páez-Osuna, 2001; Casillas-Hernández *et al.*, 2007). As espécies selecionadas para o cultivo, a intensidade do cultivo e a tecnologia aplicada, são os principais aspectos determinantes da extensão dos impactos ambientais associados à aqüicultura (Barroso *et al.* 2007).

As fazendas de camarão operadas com boas práticas de manejo e correto gerenciamento podem ser rentáveis e benéficas à economia da comunidade local, pois criam empregos na produção,

processamento, marketing, transporte, produção de insumos e outros serviços de suporte relacionados (Clay, 1997). Quando não são seguidas práticas de manejo sustentável pode haver a incidência de enfermidades uma vez que a saúde dos animais cultivados é o resultado de sua interação com o ambiente e os microorganismos naturalmente inseridos naquele ecossistema (Silva, 2007).

O conhecimento dos processos ecológicos que ocorrem nos corpos costeiros e nos viveiros de cultivo pode ajudar a compreender e solucionar alguns dos problemas de doenças enfrentados pelo cultivo de camarões (Kautsky *et al.* 2000). As variáveis de qualidade de água e do solo que afetam a sobrevivência e o crescimento dos camarões são fatores determinantes no aparecimento de enfermidades. Condições adversas de qualidade da água dificultam o manejo e influenciam o nível de estresse do camarão tornando-os mais susceptíveis à doenças (Boyd, 1990; Kautsky *et al.* 2000; Seiffert, 2005).

Com o objetivo de avaliar a qualidade da água em sistemas aquáticos muitos países introduziram um plano para acompanhar e avaliar os efeitos da poluição (Stambuk-Giljanovic, 1999; Pesce e Wunderlin, 2002; Zampella *et al.*, 2006; Silva e Jardim, 2006). Entre as diferentes alternativas metodológicas disponíveis para os estudos de monitoramento hidrobioquímico, a adoção de índices numéricos e multivariados têm sido muito bem aceita. No Brasil por Toledo & Nicolella (2002) e Carvalho *et al.* (2004), nos órgãos governamentais de Pernambuco (PNMA), Minas Gerais (IGAM), São Paulo (CETESB) e Rio Grande do Sul (FEPAM), e no exterior, em Taiwan (Liou *et al.*, 2004), Estados Unidos (Said *et al.*, 2004), Chile (Debels *et al.*, 2005), Península Ibérica (Bordalo *et al.*, 2006), Espanha (Sánchez *et al.*, 2007), entre outros.

O Índice de Qualidade de Água (IQA) é um número simples que expressa a qualidade geral da água em certo local e tempo, baseado em diferentes variáveis de qualidade de água. Este método permite classificar quantitativamente um determinado manancial em classes representativas de condições que vão desde excelente a muito ruim. Assim, pode-se tanto obter comparações estatísticas entre diferentes cursos d'água, como também avaliações da tendência evolutiva da mesma ao longo do tempo (Ott, 1978).

Este trabalho visa proporcionar informações para o gerenciamento de fazendas de cultivo de camarões marinhos obtidas mediante a aplicação de um índice de qualidade de água em uma fazenda de cultivo e ambiente natural adjacente ao Norte de Santa Catarina, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O presente estudo foi realizado na fazenda experimental Yakult/UFSC e na Lagoa da Cruz, ambas localizadas ao norte do Complexo Estuarino Lagunar do Itapocu, município de Barra do Sul, litoral norte de Santa Catarina (26° 32' 26" S e 48° 39' 11" O) (Figura 1). A Lagoa da Cruz é uma laguna de corpo d'água raso, mixohalino, que se estende por cerca de 12 Km paralelamente a linha de costa e encontra-se isolada do oceano adjacente por uma estreita ilha barreira. Sua única comunicação com o mar se dá na porção central do sistema, próxima a foz do Rio Itapocu.



Figura 1: Localização do Sistema Estuarino Lagunar do Itapocu ($26^{\circ} 32' 26''\text{S}$ e $48^{\circ} 39' 11''\text{O}$) e ambientes amostrados.

Foi coletada água de superfície das seguintes estações na Fazenda Yakult/ UFSC: viveiros (3 viveiros/mês), vala de drenagem (4 estações/mês), Lagoa da Cruz (1 estação/mês) (corpo de captação e corpo receptor dos efluentes da fazenda) (Figura 2). Os viveiros de cultivo foram selecionados ao acaso. As coletas compreenderam um período de 13 meses, com início em outubro 2007 e término em outubro 2008.



Figura 2: Estações de coleta na Fazenda Yakult/UFSC e Lagoa da Cruz (captação).

Visando comparar a variabilidade dos parâmetros de qualidade da água entre a Lagoa da Cruz e outros ambientes costeiros sujeitos à captação de água para o cultivo de camarão marinho, foram realizadas coletas mensais em uma estação na porção extremo-sul da Baía da Babitonga (26°

21' 03" S e 48° 39' 53" O) e em uma estação à montante do Canal do Linguado (26° 22' 12" S e 48° 39' 59" O) (Figura 3). Este último faz parte do Complexo Estuarino Lagunar da Baía da Babitonga e separa a Ilha de São Francisco do Sul do continente. Possui extensão de aproximadamente 23 km e largura média de 2 Km. Este canal foi fechado em 1935 por um aterro para permitir a construção da BR-280 e a passagem da estrada de ferro. Essa intervenção resultou na interrupção do fluxo das correntes de maré na porção a montante do sistema e, conseqüentemente, em seu assoreamento e queda no rendimento das atividades pesqueiras.

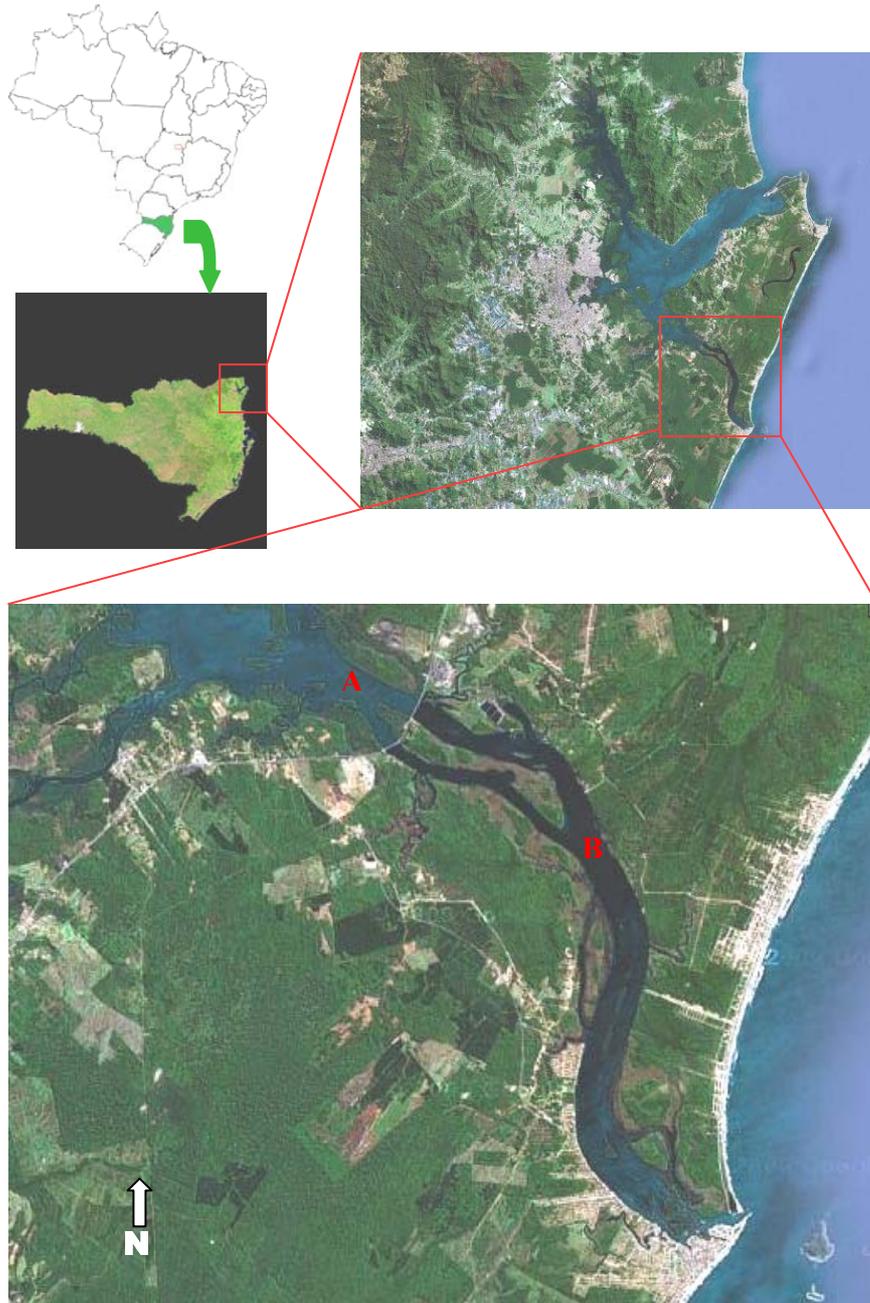


Figura 3: Localização dos pontos de coleta na Baía da Babitonga (A)(26° 21' 03"S e 48° 39' 53"O) e no Canal do Linguado (B)(26° 22' 12" S e 48° 39' 59" O), Norte de Santa Catarina.

Os três Sistemas costeiros estudados sofrem influência direta do aporte fluvial. A figura 4 mostra a distribuição mensal e a média sazonal (mm) das chuvas ocorridas no litoral norte de Santa Catarina de outubro 2007 a outubro 2008. Podemos destacar o verão como a estação mais chuvosa e o inverno como estação seca do período estudado.

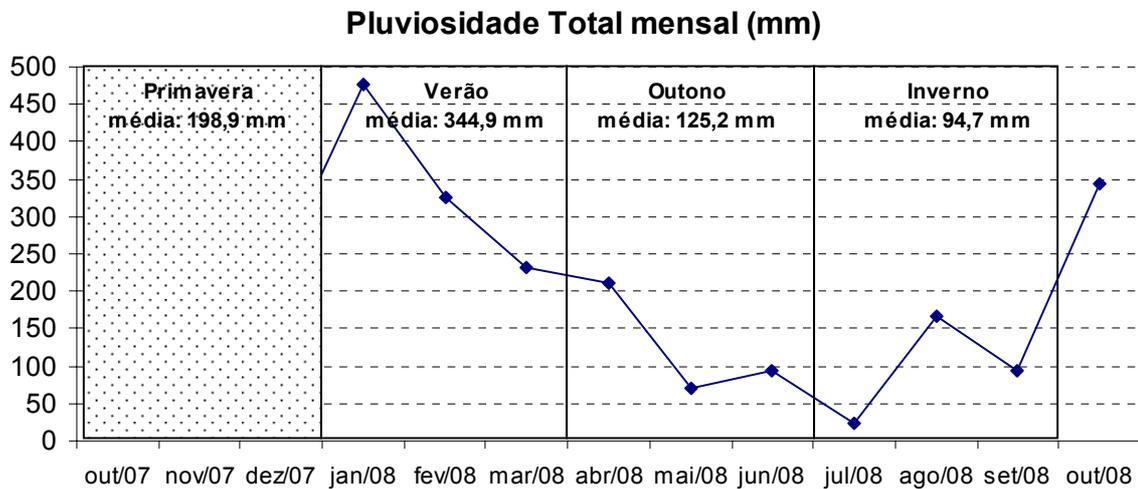


Figura 4: Distribuição mensal e médias sazonais (mm) das chuvas ocorridas no litoral norte de Santa Catarina de outubro 2007 a outubro 2008 (Epagri, 2008).

Metodologia de coleta e análise de água

Foram analisados parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, salinidade, turbidez, dureza, alcalinidade, cálcio, magnésio, potássio, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fosfato, silício) e biológicos (clorofila-*a*, bactérias totais (Marine), vibrionáceas (TCBS) e coliformes fecais).

Em campo foram medidos os valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH e salinidade da água de superfície com auxílio da sonda Multiparâmetro YSI 556 MPS. Para as análises laboratoriais as amostras foram coletadas com auxílio de um béquero acoplado a uma haste (adaptado para esse tipo de coleta), armazenadas em frascos de polietileno (250 ml), imediatamente refrigeradas e mantidas ao abrigo de luz.

A Tabela 2 discrimina os parâmetros analisados em laboratório e os respectivos métodos de análises.

Tabela 2: Parâmetros de qualidade de água e respectivos métodos de análises.

Parâmetros	Método
Nutrientes inorgânicos dissolvidos	Filtragem logo após a coleta com filtros de acetato de celulose de 0,45µm de porosidade. Análises de nitrato, nitrito, fosfato e silício seguiram procedimento sugerido por Aminot & Chassepied (1983), descrito em Niencheski <i>et al.</i> , (2006) e para o nitrogênio amoniacal Método de Koroleff (1969) descrito em Niencheski <i>et al.</i> , (2006). Leitura da concentração feita em espectrofotômetro (HACH DR5000) em cubeta de caminho ótico de 2,5 cm.
Alcalinidade, dureza, cálcio e magnésio	Análises por titulação proposto por APHA (1992) utilizando kits de reagentes previamente preparados pela empresa <i>Alfakit</i> (www.alfakit.com.br)
Potássio	Secagem da amostra em estufa a 75°C, metodologia de análise segundo Clesceri <i>et al.</i> (1998) utilizando kits de reagentes previamente preparados pela empresa <i>Alfakit</i> (www.alfakit.com.br). Leitura da concentração feita em espectrofotômetro (HACH DR5000) em cubeta de caminho ótico de 2,5 cm.
Clorofila-a	Material filtrado em filtro de acetato de celulose 0,45 µm e congelado para posterior extração em acetona 90% seguida por centrifugação e leitura em espectrofotômetro (HACH DR5000 cubeta de caminho ótico de 1 cm) (PARANHOS, 1996).
Turbidez	Turbidímetro digital Orbeco 966 com precisão de 0,01 NTU.
Bactérias totais (Marine), vibriónáceas (TCBS) e Coliformes totais e fecais	Análises realizadas pelo Setor de Microbiologia Aplicada à Aqüicultura do Laboratório de Camarões Marinhos/UFSC, seguindo metodologia padrão descrita por APHA, AWWA e WEF (1994). Foi mensurada a concentração de bactérias totais em meio de cultura Agar Marine e de vibriónáceas em meio de cultura TCBS (Thiosulfate-Citrate-Bile Salts-Sucrose).

Tratamento Estatístico

Foram utilizadas duas formas de tratamento estatístico. Na primeira os parâmetros foram analisados separadamente em cada compartimento amostrado, e aplicado a estatística descritiva (média, desvio padrão, mínimos e máximos). A integração dos dados foi realizada através de métodos de estatística multivariada com auxílio do software “STATISTICA 7”

Então, todos os dados foram reunidos numa única matriz a fim de sintetizar as principais características do ambiente e as interações dos descritores de qualidade de água, avaliando o grau de dependência entre as variáveis e a distribuição determinada por essas interações. Para tal, foi utilizada a *Análise de Correlação Múltipla de Spearman*, para distribuição não paramétrica, considerando um nível de significância de 5%.

Índices de Qualidade de Água

Índice Hidrológico para Carcinicultura (IH)_C

Este índice foi obtido seguindo metodologia proposta por Beltrame *et al.* (2006). O objetivo deste índice (IH)_C é avaliar o potencial de aproveitamento das águas destinadas à carcinicultura. Foi atribuído peso diferenciado a quatro variáveis: salinidade, turbidez, pH e oxigênio dissolvido. A atribuição de pesos (entre 5 e 1) baseou-se no grau de importância destas variáveis para o desenvolvimento dos camarões marinhos e também na viabilidade de ajuste, quando nos viveiros de cultivo, para condições mais adequadas. Assim, salinidade e turbidez receberam maiores valores de importância (5 e 3, respectivamente) devido à possibilidade de utilizá-los como indicadores da circulação marinha mais favorável e conseqüentemente de águas mais limpas, além de que a salinidade é indispensável para o cultivo de camarões. Por outro lado, o pH e o oxigênio receberam menor importância devido à facilidade de correção e/ou incorporação no ambiente de cultivo.

Considerando as informações disponíveis na literatura, os parâmetros selecionados foram classificados em intervalos de peso que expressam um gradiente de aptidão ao desenvolvimento do camarão. A partir destas informações foram determinados 6 intervalos de variação para cada propriedade, abrangendo desde seu intervalo ótimo para o cultivo (peso 5) até o limite restritivo das mesmas (peso 0), conforme tabela 3.

Tabela 3: Classificação dos intervalos estabelecidos para as variáveis selecionadas e seus respectivos pesos.

Peso dos Intervalos	Salinidade (PSU)	Turbidez (NTU)	pH	O₂ (mg/l)
5	20-30 ou 30-35	<10	8	>7,0
4	15-20 ou 35-40	10-20	7,5-8,0 ou 8,0-8,5	6,0-7,0
3	10-15 ou 40-45	20-35	7,0-7,5 ou 8,5-9,0	5,0-6,0
2	5-10 ou 45-50	35-60	6,5-7,0 ou 9,0-9,5	4,0-5,0
1	0-5	60-100	6,0-6,5 ou 9,5-10	3,0-4,0
0	0	100-150	5,5-6,0 ou 10,0-10,5	2,0-3,0
Peso das Variáveis	5	3	2	1

Para cada variável uma ou mais equações polinomiais foram construídas para permitir a atribuição de um intervalo de peso contínuo entre 0 e 5, como ilustrado na figura 17 em anexo (BELTRAME *et al.*, 2006).

Uma vez definido o peso da variável (PV) e o peso do intervalo da variável (PI) multiplicou-se estes valores, obtendo-se a pontuação da variável para cada estação (PVE), conforme equação 1. Em seguida, multiplicou-se as pontuações das quatro variáveis, obtendo-se a pontuação final da estação (PFE, equação 2).

$$PVE_{var} = PV_{var} * PI_{var} \text{ (equação 1)}$$

$$PFE = PVE_{salinidade} * PVE_{pH} * PVE_{turbidez} * PVE_{oxigênio} \text{ (equação 2)}$$

Segundo Beltrame *et al.* (2006) aplicando-se as equações 1 e 2 a pontuação de cada estação pode variar entre 0,0 e 18.750. Para facilitar a compreensão do índice, estes valores foram redistribuídos para valores de 0 a 10 de acordo com a equação "IH = 0,8546(PFE)^{0,25}", criando desta forma o índice hidrológico para carcinicultura (IH)_C, (figura 18). Os valores do (IH)_C foram agrupados em 5 classes de aptidão para carcinicultura, apresentadas na tabela 4.

Tabela 4: Distribuição do índice hidrológico (IH)_c em classes de aptidão para carcinicultura.

(IH) _c	Classes
> 9,0	Apta sem restrição
7,5 a 9,0	Apta com baixa restrição
5,5 a 7,5	Apta com média restrição
3,0 a 5,5	Apta com alta restrição
< 3,0	Imprópria

Índice Canadense de Qualidade de água (CCME WQI – Canadian Council of Ministers of the Environment: Water Quality Index).

O CCME IQA, proposto pelo Conselho Canadense de Ministérios do Meio ambiente (CCME, 2001), foi obtido mediante função matemática que avaliou as condições da qualidade da água de captação para o cultivo de camarões através dos valores observados de 17 parâmetros de qualidade da água em relação aos limites esperados para estes parâmetros.

Cada um dos parâmetros selecionados e seus limites esperados foram considerados como normais e/ou desejáveis à qualidade da água de captação para o cultivo de camarões marinhos, baseados em valores de referência citados em literatura específica, como já visto na tabela 1. Os 17 parâmetros de qualidade de água e seus respectivos intervalos utilizados na obtenção do Índice CCME WQI para o ponto de captação de água da Fazenda Yakult/UFSC, estão listados Tabela 5.

Tabela 5: Parâmetros de qualidade de água e limites utilizados na obtenção do Índice CCME WQI.

Parâmetros	Limite esperado
Temperatura	22-32 °C
Oxigênio	>3 mg/l
pH	6-9
Salinidade	15-25 PSU
Alcalinidade Total	>100 mg/l CaCO ₃
Dureza Total	>150 mg/l CaCO ₃
Cálcio	>100 mg/l
Magnésio	>50 mg/l
Potássio	>50 mg/l
Amônia Total	<0,1 mg/l
Nitrito	<0,1 mg/l
Nitrato	<10 mg/l
Fosfato	<0,4 mg/l
Sílica	>1 mg/l
Clorofila <i>a</i>	0,01-0,2 mg/l
TCBS	<1000 UFC/100ml
Marine	<10000 UFC/100ml

O cálculo deste índice (CCME WQI) baseia-se no número de testes realizados, no número de variáveis fora do intervalo ótimo pré-estabelecido (F_1), na frequência com que esses intervalos não foram atingidos (F_2) e na respectiva amplitude destes desvios (F_3), conforme metodologia proposta pelo Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME, 2001). Sua formulação matemática encontra-se sintetizada nas fórmulas abaixo. A partir da pontuação obtida, cada ponto amostral poderá ser classificado em diferentes classes de qualidade de água, conforme Tabela 6.

$$F_1 = \left(\frac{\text{Número de Variáveis Críticas}}{\text{Número Total de Variáveis}} \right) \times 100$$

$$F_2 = \left(\frac{\text{Número de Testes Críticos}}{\text{Número Total de Testes}} \right) \times 100$$

$$F_3 = \left(\frac{nse}{0.01nse + 0.01} \right)$$

$$IQA = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$$

Onde *nse*: soma normalizada das diferenças entre o valor observado e o limite esperado.

Tabela 6: Distribuição das classes de qualidade de água propostas através da aplicação do Índice Canadense de Qualidade de água (CCME WQI).

PONTUAÇÃO	CLASSE	DESCRIÇÃO
91 – 100	EXCELENTE	Águas completamente dentro do padrão desejado para todas as variáveis monitoradas.
76 – 90	BOM	Águas com pequenos desvios do padrão desejado em poucas das condições monitoradas.
51 – 75	ACEITÁVEL	Águas com desvios do padrão desejado em algumas das condições monitoradas.
31 – 50	RUIM	Águas com freqüentes desvios do padrão desejado para a maioria das variáveis monitoradas.
0 – 30	PÉSSIMO	Águas quase sempre com condições fora do padrão desejado.

Resultados e Discussão

Os resultados das análises de qualidade de água dos compartimentos amostrados na Fazenda Yakult/UFSC (captação, drenagem e viveiros) estão descritos nas tabelas em anexo (Tabela 8, 9, 10 e 11), de acordo com a estação do ano para os 19 parâmetros monitorados de outubro de 2007 a outubro de 2008. (Onde n = número de estações x número de coletas)

As alterações físico-químicas da água afetam o sistema imunológico do camarão e podem por sua vez influenciar a sobrevivência, o metabolismo, o crescimento e a taxa de ecdise (muda) (Staples e Heales, 1991; Chen *et al.*, 1995). Por enquanto, ainda existem poucos estudos ligando a imunocompetência à suscetibilidade do organismo aos agentes patogênicos, devido principalmente à falta de modelos experimentais para a infecção (Le Moullac & Haffner, 2000).

Segundo teste de correlação não-paramétrico de *Spearman* (Tabela 7) o parâmetro microbiológico que mais apresentou correlação com os descritores de qualidade da água foi Coliformes fecais. Esta variável apresentou correlação positiva com a salinidade ($r=0,67$), alcalinidade ($r=0,65$) e dureza ($r=0,52$), explicando as maiores concentrações encontradas nos viveiros de cultivo. As concentrações de coliformes fecais foram maiores nos viveiros de cultivo em todas as estações do ano (Figura 5), apresentando os maiores valores no inverno (média: 206,33 NMP/ml) devido a um pico ocorrido no mês de julho (920 NMP/ml).

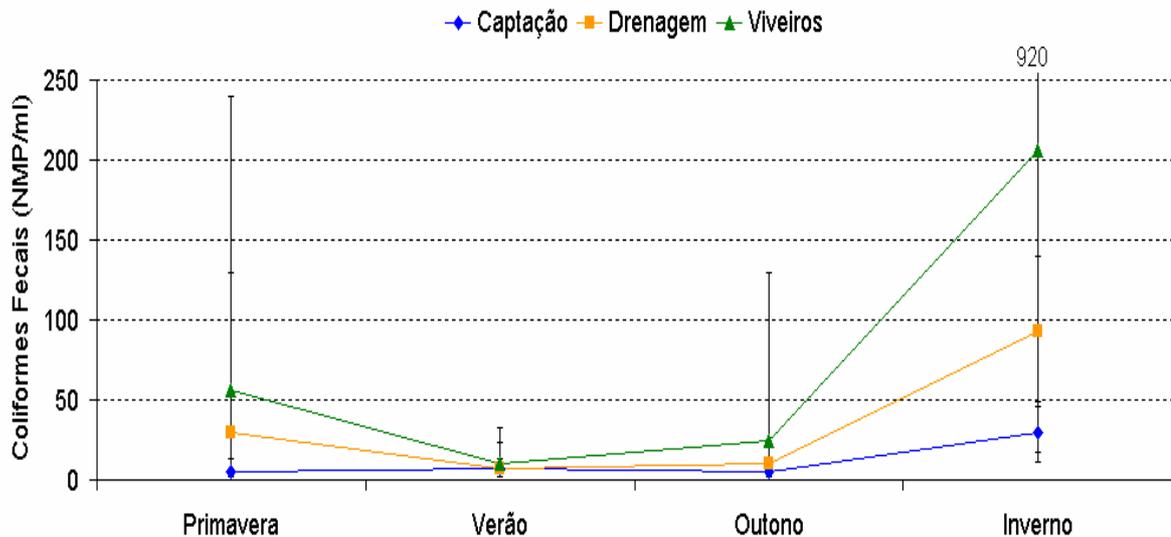


Figura 5: Variação (média, mínima e máxima) de coliformes fecais (NMP/ml) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.

No estudo de Aguiar (2005), as análises de água dos viveiros de cultivo da Fazenda Yakult/UFSC apresentaram aumento na quantidade de coliformes ao longo do cultivo. A autora sugere que este aumento pode ter ocorrido devido à certas variáveis do ambiente, como períodos chuvosos, presença de pássaros e outros animais próximos ao tanque; temperatura da água; renovação da água e recirculação da água dos tanques. Existem investigações que comprovam a possibilidade de contaminação do ambiente (tanques de cultivo) pelos animais que nele coabitam (aves, répteis e outros animais) e a sobrevivência por longo tempo destas bactérias neste ambiente (Santos, 2001).

As bactérias totais (Marine) apresentaram correlação positiva com a turbidez ($r=0,51$) e com os nutrientes dissolvidos amônia ($r=0,47$), nitrato ($r=0,41$) e ortofosfato ($r=0,48$). Esta correlação pode indicar o favorecimento da proliferação destas bactérias em épocas chuvosas, que causam aporte de nutrientes e aumento da turbidez em ambientes aquáticos costeiros. Sabendo que no período deste monitoramento a precipitação média no outono foi de 125,2 mm e no inverno de 94,7 mm, esta tendência pode ser observada quando comparamos os valores de bactérias totais nestas estações (Figura 6a). A concentração de bactérias totais (Marine) foi maior no outono nos três compartimentos coletados (captação, drenagem e viveiros), chegando a atingir o valor máximo de 440 000 UFC/ml em um viveiro. O mesmo ocorreu com as vibriónáceas (TCBS) que apresentaram maiores valores nos viveiros na primavera, com máxima de 200 UFC/ml (Figura 8b).

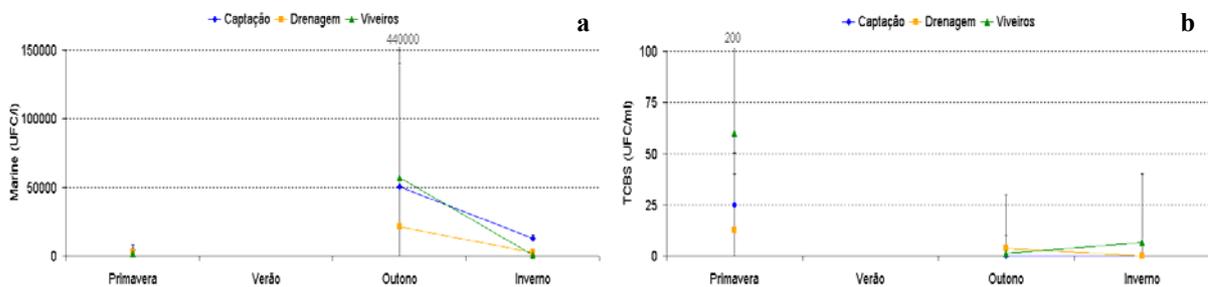


Figura 6: Variação (média, mínima e máxima) de bactérias totais (UFC/ml) e vibriónáceas (UFC/ml) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.

Lima *et al.* (2004), realizaram estudo sobre *Vibrio spp* em amostras de água de captação e viveiros de 14 fazendas do Norte do Brasil. Assim como neste trabalho, revelaram um índice bacteriano maior no ambiente de cultivo (variação de $1,7 \times 10^3$ a $1,3 \times 10^4$ UFC/ml) em relação às amostras de água de captação (variação de $1,4 \times 10^3$ a $4,69 \times 10^3$ UFC/ml). Este fato pode ser explicado pelo maior aporte de matéria orgânica neste ambiente, devido à oferta de rações e fertilizantes e, conseqüentemente, ao aumento de detritos, plâncton e microbiota. Soma-se a isso a densidade de organismos e condições ambientais favoráveis que concorrem para a proliferação e manutenção de espécies de víbrio. Outra explicação pode estar relacionada ao comportamento das bactérias em manterem-se no sedimento, de onde proliferam quando condições favoráveis se estabelecem (Hervio-Heath *et al.*, 2002).

A elevada incidência de bactérias nas amostras de água de captação e água do viveiro é indicativa de risco em potencial para a viabilidade do cultivo, uma vez que a imunidade dos organismos cultivados fica comprometida com a instalação de condições ambientais adversas.

Durante o verão, período com maiores temperaturas (média: 24°C e máxima: 26°C), a salinidade média diminuiu nas três estações amostradas (média captação: 4,7 PSU; média drenagem: 4,7 PSU; média viveiros: 10,8 PSU) (Figura 7b), devido a maior ocorrência de chuvas (média: 344,94mm e máxima: 476,38mm).

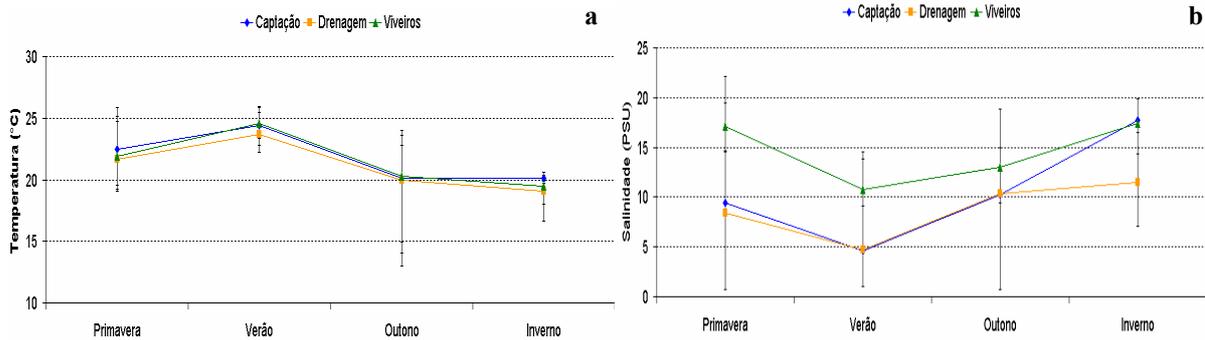


Figura 7: Variação (média, mínima e máxima) de temperatura (°C) e salinidade (PSU) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.

De acordo com a literatura, a temperatura e a salinidade podem influenciar diretamente a saúde do camarão. Atuando diretamente no ponto isosmótico do crustáceo, levando a um possível estresse para regulação iônica em consequência de grandes variações climáticas (Lemaire *et al.*, 2002; ABCC, 2005). De acordo com Jiang & Fu (2001), as populações de *Vibrio* em ambientes costeiros também são influenciadas principalmente pela temperatura e salinidade do meio, portanto nos meses mais quentes e chuvosos essas bactérias tendem a se proliferar no ambiente de cultivo e de captação de água.

O pH e alcalinidade total apresentaram o mesmo comportamento para os três compartimentos amostrados: menores valores médios no verão. Apesar dos viveiros apresentarem valores médios de pH dentro dos limites recomendados para o cultivo (pH 6 a 9) durante todo o período monitorado (Figura 10a), o maior valor médio de alcalinidade total nos viveiros foi de 76,33 mg/l CaCO₃ na primavera, ainda abaixo dos limites esperados para o cultivo (>100 mg/l CaCO₃) (Figura 8b). Os maiores valores de alcalinidade para captação foram observados no inverno (média: 89 mg/l e máxima: 94 mg/l CaCO₃).

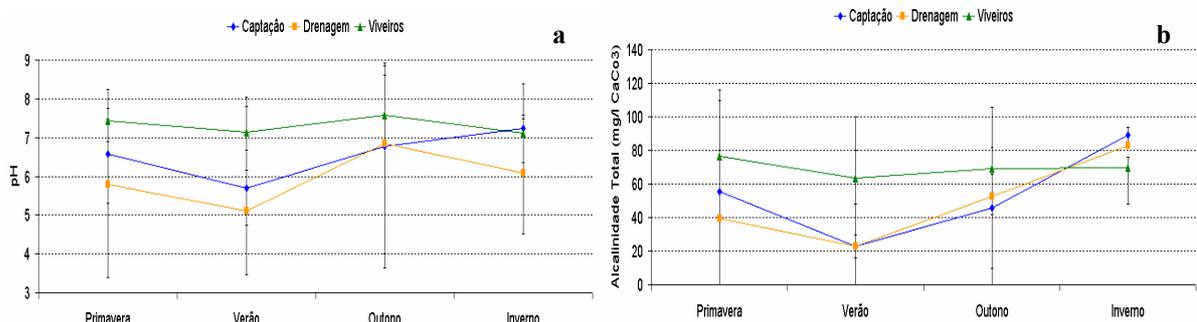


Figura 8: Variação (média, mínima e máxima) de pH e alcalinidade total (mg/l CaCO₃) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.

Segundo trabalho de Bonetti *et al.* (2000), que tinha como objetivo a compreensão preliminar das características oceanográficas do Sistema Estuarino Lagunar do Rio Itapocu, também foi verificada a ocorrência de uma menor alcalinidade no local de captação de água da Fazenda Yakult/UFSC. Bonetti *et al.* (2000) ainda sugerem que este fato pode estar indicando uma fonte

secundária de ácidos orgânicos. Estes ácidos são provenientes da lixiviação da floresta Atlântica circundante a Fazenda Yakult/UFSC e que também são distribuídos ao corpo lagunar costeiro através da rede de drenagem dos efluentes da Fazenda. Este fato pode corroborar com a queda nos valores de pH e alcalinidade nos pontos de captação e drenagem no verão, estação das chuvas.

O oxigênio dissolvido e a turbidez apresentaram valores médios dentro dos limites recomendados para o cultivo de camarões marinhos. Houve um pico nos valores médios de turbidez no verão (média: 42,5 NTU) devido a fortes chuvas ocasionadas nos meses de janeiro e fevereiro, que acarretou maior aporte de material em suspensão para a Lagoa da Cruz, ponto de captação de água para o cultivo (Figura 9).

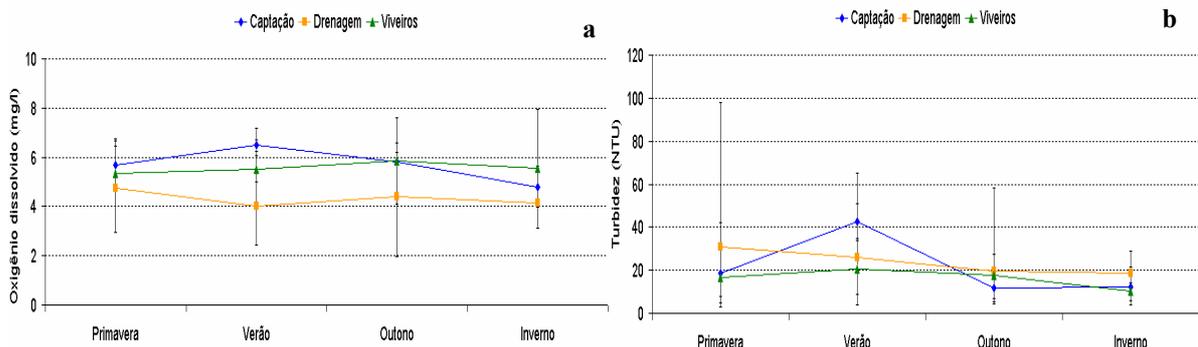


Figura 9: Variação (média, mínima e máxima) de oxigênio dissolvido (mg/l) e turbidez (NTU) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.

A concentração de silicatos, indicativa do aporte da drenagem continental, também foi maior nesse período de verão nos pontos de captação (média: 4,9 mg/l e máxima: 5,00 mg/l) e drenagem (média: 4,8 mg/l e máxima: 5,46 mg/l), correlacionando-se negativamente com a salinidade ($r = -0,34$). Os valores médios de silicatos nos viveiros mantiveram-se constantes e abaixo de 1 mg/l com exceção do outono (1,1 mg/l SiO_4) (Figura 10). Os nutrientes amônia e nitrato apresentaram correlação negativa com a salinidade, alcalinidade e dureza, enquanto que com a sílica, turbidez e temperatura esta correlação foi positiva (Tabela 7). Isto sugere que o aporte destes nutrientes pode ser proveniente de águas continentais e que, neste trabalho, ocorreram maiores concentrações de amônia no verão nos três compartimentos amostrados (captação média: 0,142 mg/l e máxima: 0,191 mg/l; drenagem média: 0,224 mg/l e máxima: 0,456 mg/l; viveiros média: 0,165 mg/l e máxima: 0,297 mg/l), todos acima dos limites considerados recomendáveis ($<0,1 \text{ mg/l NH}_{3,4}$) para o cultivo (Figura 13a). Os valores de nitrato mantiveram-se bem abaixo dos limites aceitáveis ($<10,0 \text{ mg/l NO}_3$) sugeridos pela literatura, com os maiores valores médios apresentados no verão para captação (0,714 mg/l) e drenagem (0,964 mg/l) e maiores valores médios para os viveiros de cultivo no outono (média 0,335 mg/l) (Figura 13b). As concentrações de nitrito e ortofosfato também mantiveram-se bem abaixo dos valores limites para o cultivo, com exceção de uma amostragem na vala de drenagem sul que apresentou 0,191 mg/l de nitrito no mês de julho, explicando assim, o pico na concentração deste nutriente no inverno (média: 0,104 mg/l) (Figura 11c).

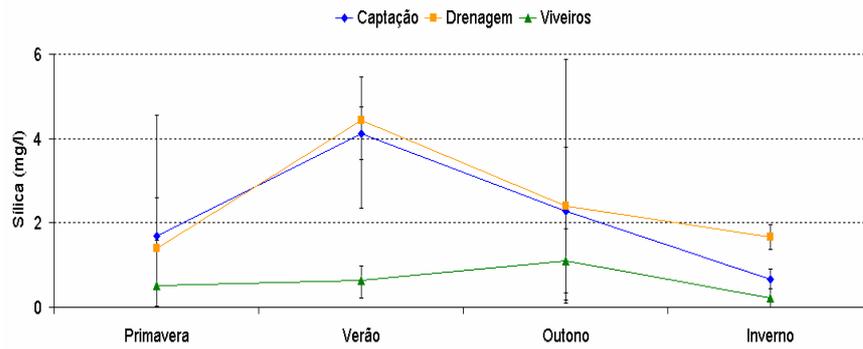


Figura 10: Variação (média, mínima e máxima) de sílica (mg/l) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.

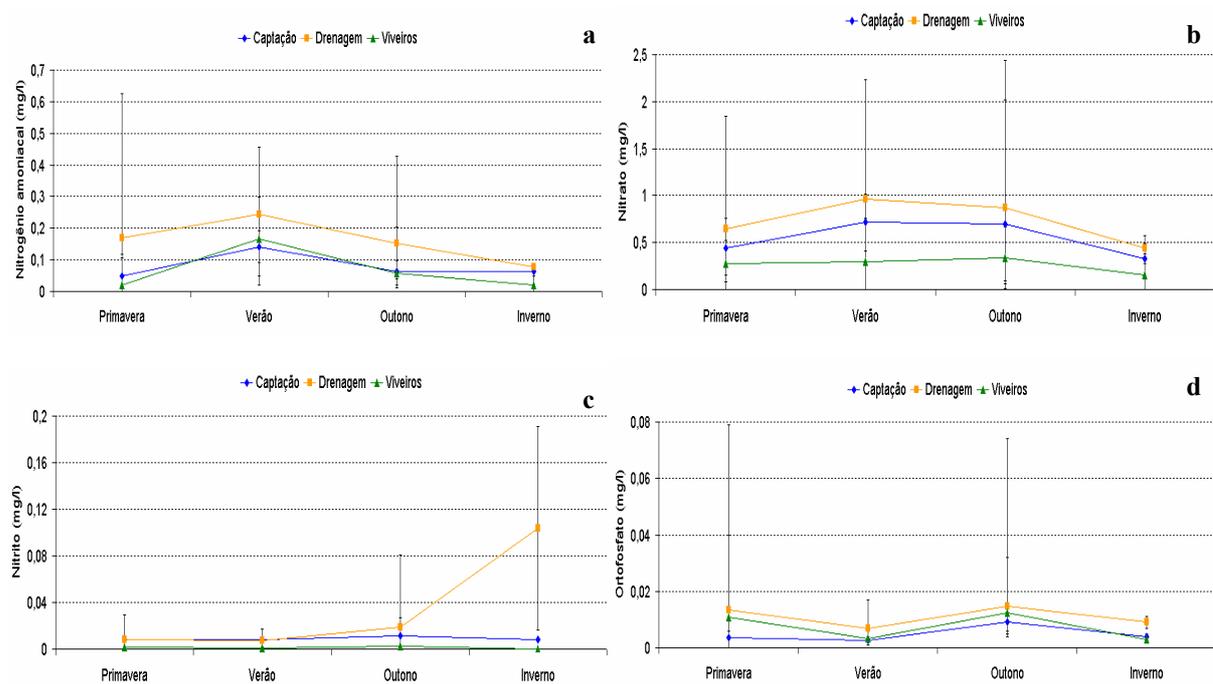


Figura 11: Variação (média, mínima e máxima) dos nutrientes nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito e ortofosfato (mg/l) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.

A concentração de dureza total (mg/l CaCO_3) apresentou valores acima do limite mínimo esperado para o cultivo nas 4 estações do ano e nos 3 compartimentos de coleta (Figura 12a), indicando não ser um parâmetro restritivo para o camarão. As concentrações dos macronutrientes seguiram a mesma tendência, ou seja, não apresentaram valores abaixo do recomendável para o cultivo, com valores mais altos observados nos três compartimentos amostrados no inverno para cálcio (média captação: 280,0 mg/l; média drenagem: 220,0 mg/l e média viveiros: 246,7mg/l), magnésio (média captação: 924,0 mg/l; média drenagem: 792,0 mg/l e média viveiros: 888,0 mg/l) e potássio (média captação: 231,5 mg/l; média drenagem: 187,5 mg/l e média viveiros: 213,2 mg/l) (Figura 12).

As concentrações de cálcio, magnésio e potássio seguiram a mesma tendência da dureza que apresentou aumento da concentração no inverno. Este fato pode ter ocorrido devido aumento da salinidade nesta estação do ano, a qual sofreu pouca influência das chuvas.

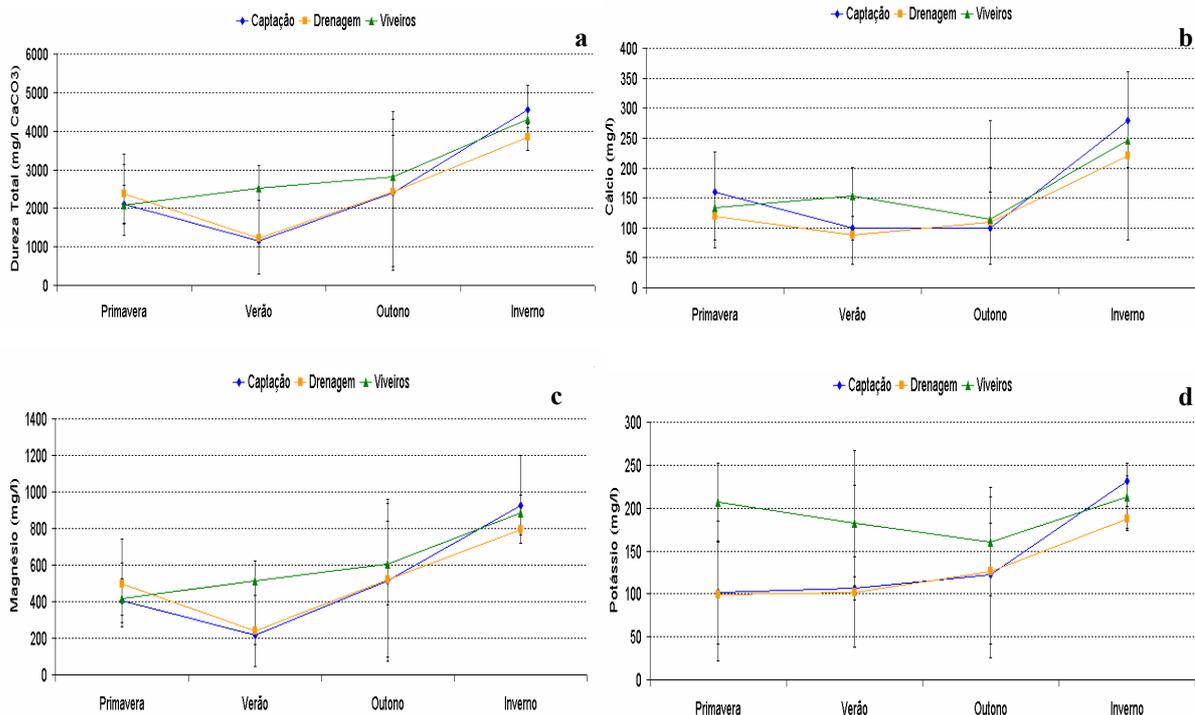


Figura 12: Variação (média, mínima e máxima) de dureza total (mg/l CaCO₃) e dos macronutrientes cálcio, magnésio e potássio (mg/l) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.

Os íons potássio (K⁺) e Magnésio (Mg²⁺) são essenciais para o crescimento, sobrevivência e função osmorregulatória dos crustáceos (Mantel e Farmer, 1983; Pequeux, 1995; Saoud *et al.* 2003), porém, de acordo com análises da concentração dos principais íons em viveiros de cultivo de camarão na China, Equador, Tailândia e Estados Unidos, Boyd and Thunjai (2003) viram que é comum a deficiência desses íons nesses ambientes.

Estudos recentes de Roy e colaboradores (2007) e Zhu e colaboradores (2006) demonstraram que o peso individual, a taxa de crescimento específico, o ganho de peso percentual e a eficiência da conversão alimentar aumentaram com o aumento da concentração de potássio (K⁺) na água (diminuindo a razão Na: K). Neste mesmo contexto, resultados sugerem um custo energético potencialmente mais elevado associado à depressão na concentração aquosa do magnésio, comuns em ambientes de baixa salinidade (Roy *et al.*, 2007).

A habilidade de organismos aquáticos suportarem variações repentinas na salinidade pode ser melhorada se houver concentração adequada de cálcio no ambiente. O cálcio é um importante modulador da toxicidade do pH, pois afeta a permeabilidade e a estabilidade da membrana biológica (Reid e McDonald, 1991).

Os valores de clorofila-a tiveram um aumento nos meses mais quentes como na primavera para drenagem (média 0,007 mg/l e máxima: 0,047 mg/l) e no verão para captação (média: 0,005 e máxima: 0,009 mg/l) e para os viveiros (média: 0,026 e máxima: 0,060 mg/l) (Figura 13). Os valores médios dos pontos amostrados indicam uma maior concentração de clorofila-a em ambientes confinados como viveiro, apoiando a correlação positiva desta variável com alcalinidade ($r = 0,34$) e

salinidade ($r = 0,30$). A correlação positiva entre turbidez e clorofila-a se deve ao aporte de insumos, como ração e fertilizantes que aumentam a produtividade primária, e detritos orgânicos, como fezes do camarão e ração não consumida que diminuem a transparência da água.

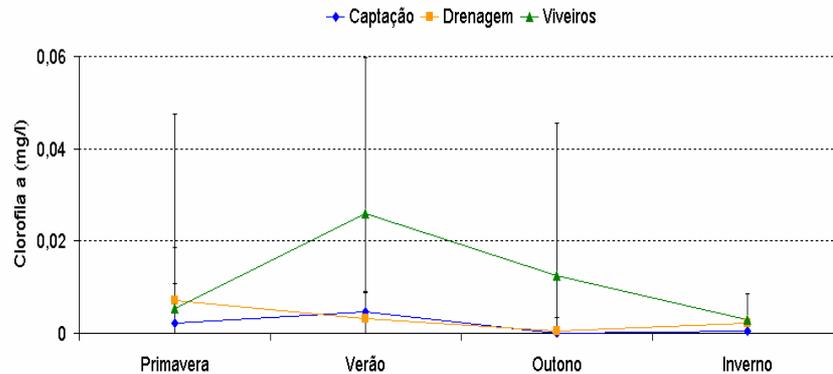


Figura 13: Variação (média, mínima e máxima) de Clorofila-a (mg/l) ao longo das estações do ano de outubro/2007 a outubro/2008 para os três compartimentos amostrados (captação, drenagem e viveiros) na Fazenda Yakult/UFSC.

Índice de Qualidade da água

Índice Hidrológico $(IH)_c$

A aplicação do Índice Hidrológico $(IH)_c$ desenvolvido por Beltrame *et al.* (2006) para avaliação do potencial de aproveitamento da água para carcinicultura, demonstrou que o verão é a estação do ano mais desfavorável à captação de água na Lagoa da Cruz. De acordo com os quatro parâmetros selecionados para calcular o Índice Hidrológico $(IH)_c$, os viveiros apresentaram melhor qualidade de água durante maior parte do período monitorado com exceção dos meses mais frios, como no inverno, estação de melhor qualidade de água para captação (Figura 14). As classes de qualidade de água do $(IH)_c$ para captação variaram de “Apta com alta restrição” no verão ($(IH)_c = 3,2$) à “Apta com baixa restrição” no inverno ($(IH)_c = 7,6$). As águas dos viveiros e drenagem variaram de “Apta com média restrição” ($(IH)_c = 6,2$) e “Imprópria” ($(IH)_c = 3,0$) no verão à “Apta com baixa” ($(IH)_c = 7,6$) e “média restrição” ($(IH)_c = 6,7$) no inverno, respectivamente. Estes dados indicam que no verão o manejo dos viveiros deve ser intensificado, uma vez que não é a estação propícia à captação de água.

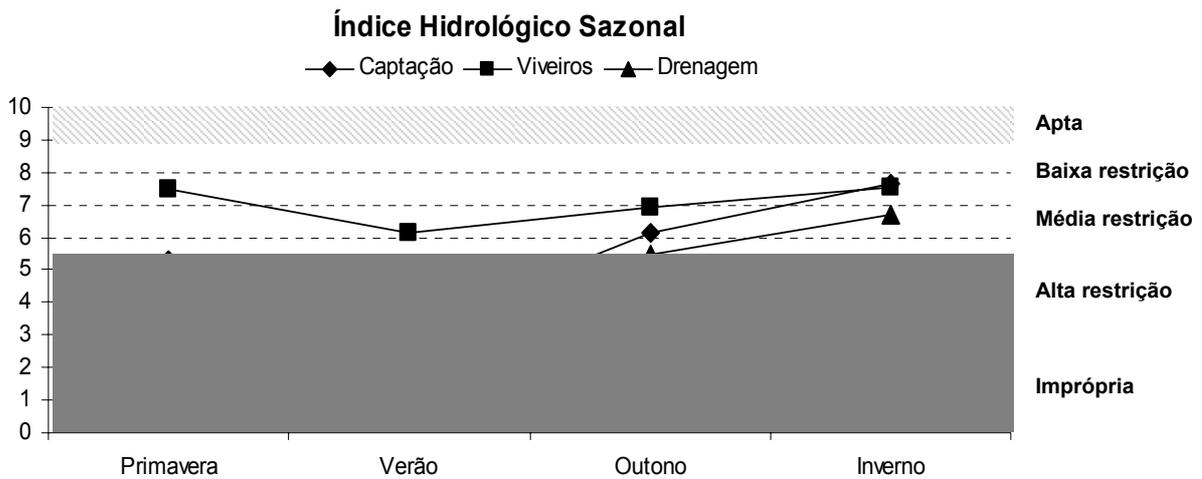


Figura 14: Aplicação do Índice Hidrológico $(IH)_C$ para avaliação do potencial de aproveitamento da água para carcinicultura nos três compartimentos de amostragem da Fazenda Yakult/UFSC (captação, viveiro e drenagem) nas quatro estações do ano de outubro de 2007 a outubro de 2008.

A aplicação do Índice $(IH)_C$ em três pontos de sistemas costeiros naturais do litoral Norte de Santa Catarina apresentou o mesmo comportamento que os pontos de amostragem da Fazenda Yakult/UFSC. Os diferentes locais amostrados apresentaram menor potencial de aproveitamento da água para carcinicultura nos meses mais quentes (verão) (Figura 15). A estação de coleta à montante do Canal do Linguado apresentou as maiores pontuações nas quatro estações do ano, com exceção do verão, estação em que esse ponto apresentou a mesma classe de aptidão para qualidade de água que o ponto ao norte da Lagoa da Cruz, no Sistema Estuarino do Itapocu (“apta com alta restrição”). O setor extremo-sul da Baía da Babitonga apresentou melhor condição de qualidade de água para captação que o Sistema Estuarino Lagunar do Itapocu na primavera $((IH)_C = 6,4)$, porém menores valores no outono $((IH)_C = 5,6)$ e no inverno $((IH)_C = 6,7)$. A porção norte do Sistema Estuarino Lagunar do Itapocu apresentou melhores condições de captação de água nos meses mais frios, outono $((IH)_C = 6,2)$ e inverno $((IH)_C = 7,6)$, seguidos da primavera $((IH)_C = 5,3)$.

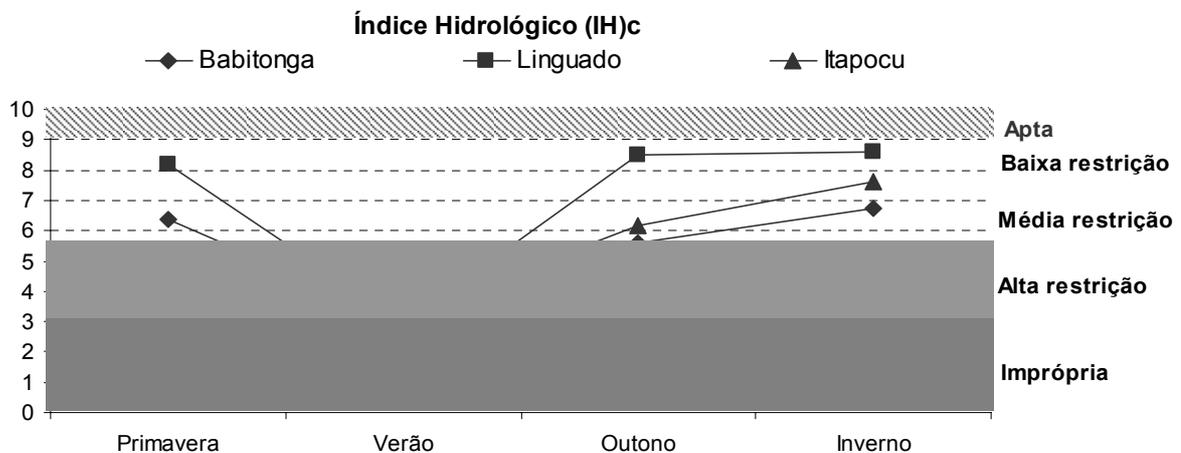


Figura 15: Aplicação do Índice Hidrológico $(IH)_C$ para avaliação do potencial de aproveitamento da água para carcinicultura em três estuários do Norte de Santa Catarina (Baía da Babitonga, Canal do Linguado e Sistema Estuarino Lagunar do Itapocu) nas quatro estações do ano de outubro de 2007 a outubro de 2008.

Neste trabalho, as variáveis que mais influenciaram os baixos valores do índice hidrológico para carcinicultura (IH)_c nos pontos de captação e viveiros foram pH e oxigênio dissolvido, devido à influência direta destas sobre a produtividade e a presença de concentrações próximas ao limite inferior recomendado.

De acordo com os dados de produtividade da Fazenda Yakult/UFSC, o ciclo de produção do outono foi maior (15.605 Kg) que o ciclo de produção da primavera (12.452 Kg), apesar desta última ter apresentado maior (IH)_c nos viveiros, indicando melhor qualidade de água nestes compartimentos nesta estação do ano. A queda dos valores do (IH)_c no outono nos viveiros se deu devido aos baixos valores de salinidade encontrados no início desta estação. Por serem compartimentos confinados, e terem recebido grande aporte de água doce das chuvas na estação anterior (verão), apresentaram valor médio de salinidade (13 PSU) abaixo do desejável ao cultivo de camarões marinhos (>15 PSU). Os resultados demonstraram que somente no inverno esses compartimentos atingiram classificação de qualidade de água "Apta com baixa restrição" ((IH)_c = 7,6 para captação e viveiros).

Assim como os resultados do monitoramento deste estudo, os resultados relatados por Beltrame *et al.* 2006, obtidos através da aplicação do Índice Hidrológico para carcinicultura no Sul do Estado de Santa Catarina, indicaram que a área do estudo não apresenta qualidade da água classificada como "Apta sem restrições" ao cultivo de camarão ((HI)_c > 9). Isto é devido, provavelmente, aos pesos definidos para as variáveis e seus intervalos na metodologia adotada, os quais foram severos a fim de minimizar o risco de seleção de áreas inadequadas e também devido às características naturais dos sistemas costeiros estudados. Porém, mesmo com significativa contribuição fluvial e restrita circulação de água em muitos setores das áreas estudadas neste trabalho e por Beltrame *et al.* (2006), várias estações atingiram pontuação para classificação da qualidade de água em "Apta com baixa restrição" e "Apta com média restrição", (7,5 < IH < 9,0 e 5,5 < IH < 7,5, respectivamente), indicando viabilidade hidrológica para o cultivo de camarão.

Índice Canadense de Qualidade de água (CCME WQI)

A aplicação do Índice Canadense de Qualidade de água (CCME WQI) nos três ambientes costeiros do litoral Norte de Santa Catarina não demonstrou diferença na qualidade da água entre eles na maior parte do período monitorado (Figura 16). Todos os três ambientes apresentaram qualidade de água "Aceitável" (51 a 75 pontos) nas estações mais quentes (primavera, verão e outono) e qualidade de água classificada como "Boa" para o ponto extremo-sul da Baía da Babitonga (77 pontos) e ponto à montante do Canal do Linguado (78 pontos) no inverno. A qualidade da água do ponto amostrado na Baía da Babitonga variou de 59 no verão a 77 no inverno, enquanto que o ponto amostrado na Lagoa da Cruz (Sistema Estuarino Lagunar do Itapocu) variou de 67 na primavera a 71 no verão. A qualidade da água à montante do Canal do Linguado variou de 69 no verão, 74 e 75 no outono e primavera, respectivamente, e 78 no inverno.

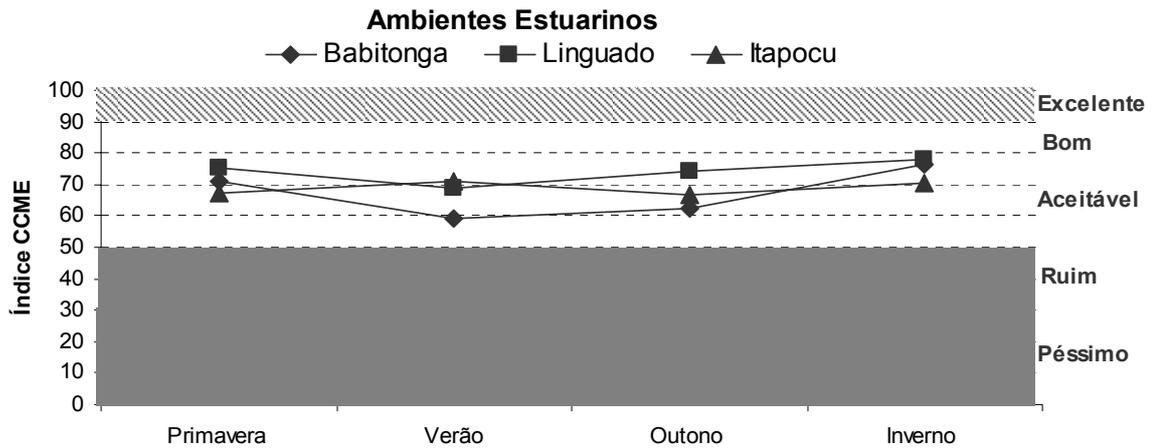


Figura 16: Aplicação do Índice Canadense de Qualidade de água (CCME WQI) em três estuários do Norte de Santa Catarina (Baía da Babitonga, Canal do Linguado e Sistema Estuarino Lagunar do Itapocu) nas quatro estações do ano de outubro de 2007 a outubro de 2008.

Segundo o Índice Canadense de Qualidade de Água (CCME WQI) aplicado neste trabalho, a variável ambiental que apresentou maior risco de influência negativa nos cultivos foi a alcalinidade, que apresentou valores abaixo do recomendável durante todo o período monitorado nos três ambientes estuarinos estudados. Este evento demonstra que certa atenção deverá ser dada a esta variável quando for feita captação de água nestes ambientes. A interpretação do Índice CCME WQI possibilitou a identificação da melhor época do ano para captação de água para o cultivo de camarões marinhos na área de estudo (inverno) além de, através da qualidade desta água, alertar o produtor para eventuais medidas de tratamento a fim de adequar aos parâmetros requeridos pela espécie cultivada, como por exemplo, a correção da alcalinidade. Os meses mais quentes, de janeiro a março, apresentaram as menores concentrações de alcalinidade, que podem ter ocorrido devido ao maior aporte pluvial nesta estação nos três ambientes coletados.

Neste contexto, concluímos que crustáceos e, especialmente camarões de cultivo estão sujeitos às mudanças ambientais e às alterações ocasionadas pelas práticas de manejo no cultivo que podem influenciar a qualidade físico-química da água. Kubitzka (2003) relata que nem sempre todas as variáveis estão dentro dos limites adequados ao bem estar dos animais e ao suporte da produtividade desejada nos sistemas intensivos de produção.

O risco do aparecimento de novas ou emergentes enfermidades sempre estará presente, porém a dimensão do seu impacto dependerá da capacidade das fazendas em controlar o grau de saúde dos camarões estocados, ou seja, manejar adequadamente os viveiros de modo a manter o ecossistema aquático com parâmetros de qualidade hídrica e sanitária dentro dos limites adequados para o desenvolvimento dos camarões. É importante, por tanto, fornecer uma discussão dos fatores críticos do projeto e operação dos programas de monitoramento da qualidade de água para avaliar os efluentes da carcinicultura e seus efeitos na qualidade das águas costeiras e vice-versa (Boyd, 2002).

No caso de Bordalo (2006), foi aplicado o índice de qualidade de água para caracterizar o estado do Rio Douro, sem ter sido adaptado para nenhum uso específico, como recreação ou aquicultura. Assim como no presente trabalho, Bordalo (*op cit*) também observou queda aparente na

qualidade da água no verão, resultado de baixos níveis de oxigênio dissolvido devido à mineralização da matéria orgânica (aumento da DBO).

A vantagem do Índice Canadense de Qualidade de Água (CCME WQI) é ser flexível no que diz respeito ao tipo e número de variáveis a serem testadas, ao período de aplicação, bem como aos diferentes sistemas aquáticos testados (riacho, lago, laguna, etc) e aos diferentes propósitos de utilização da água. Porém, devido à sua forma multiplicativa e ao grande número de variáveis monitoradas, a ocorrência de uma variável com baixos valores de qualidade não altera de forma significativa o resultado final do índice.

Este trabalho ainda levanta a importância da questão do investimento necessário para adequar a qualidade da água captada aos padrões exigidos para o cultivo de camarões, sugerindo assim, futuras pesquisas à este respeito.

Conclusão

De acordo com o monitoramento mensal da qualidade da água de cultivo e de três estuários do Norte de Santa Catarina foram identificados parâmetros descritores da qualidade da água e períodos que podem estar relacionados ao estresse ambiental. Nesse sentido, tendo em foco as amplitudes das variáveis monitoradas destacam-se temperatura, salinidade, pH, alcalinidade, dureza, nitrato e sílica, e sugere-se que os períodos de outono e primavera podem ser relacionados com aumento do estresse ambiental.

O período do ano mais propício à captação de água para o cultivo foi o inverno, estação que apresentou maior conformidade dos parâmetros de qualidade de água em relação aos limites recomendáveis para a atividade de carcinicultura.

A partir dos resultados obtidos em relação ao monitoramento qualitativo e comparando-se ambos os índices, conclui-se a importância do emprego da ferramenta de manejo (IH)_c – Índice Hidrológico para carcinicultura, pois esta apresentou uma maior valoração para todos os pontos demonstrando um maior rigor na avaliação da qualidade do manancial. Destacamos também, a eficiência do (IH)_c, que nos permite avaliar o potencial de um corpo d'água para o cultivo de camarões, através da seleção de poucos parâmetros, conseqüentemente, menor investimento em análises laboratoriais. Como no trabalho de Simões *et al.* (2008) que selecionou somente três parâmetros para aplicação do índice. Os parâmetros escolhidos e utilizados para inferir os efeitos da atividade de piscicultura foram: fósforo total (presentes em alimentos para peixes), turbidez (como resultado de nutrientes e amônia) e oxigênio dissolvido (que está relacionado com a matéria orgânica biodegradável e com a qualidade da água dos peixes uma vez que muitos organismos aquáticos, não podem existir em água com baixa concentração de oxigênio).

O Índice Hidrológico (IH)_c indicou períodos impróprios para captação, como no verão, enquanto que nas outras estações do ano a qualidade da água variou de “Apta com alta restrição” a “Apta com baixa restrição”. Já o Índice Canadense de Qualidade de Água (CCME WQI) não demonstrou diferença na qualidade da água entre os diferentes ambientes estudados nas quatro estações do ano. As águas coletadas nos três diferentes sistemas estuarinos foram classificadas como “aceitáveis” para captação.

Comparando-se ambos os índices, sugere-se que o (IH)_c seja o mais indicado para o monitoramento e avaliação da qualidade de água em cultivo de camarão marinho. Torna-se necessário a reformulação dos limites desejados de cada parâmetro de acordo com a finalidade de aplicação do índice, respeitando as características do ambiente natural local.

Concluindo, este estudo demonstrou a importância da aplicação de índices de qualidade de água que reflitam a influência coletiva de vários parâmetros importantes para o cultivo de camarões e permitam a fácil interpretação dos dados de uma rede de monitoramento. Os índices propostos, quando associados à outros descritores de relevante informação sobre o meio ambiente como topografia, solo, uso do solo e outros podem ser extremamente úteis na seleção de sítios e no desenvolvimento sustentável da carcinicultura (Beltrame , 2006).

Conclui-se que a aplicação dos índices de qualidade de água adaptados às distintas atividades de produção torna-se útil para o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos. Devido à praticidade na construção dos mesmos, além de fácil e rápida interpretação dos dados monitorados, considera-se importante ferramenta de manejo para atividade aquícola.

Referências bibliográficas

- Aguiar, Sara Fabiana B. Qualidade Microbiológica no Cultivo do Camarão *Litopenaeus vannamei* e ação *in vitro* do Probiótico em – 4. Dissertação. 2005. 59f. (Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC) Programa de biossegurança para fazendas de camarão marinho 1ª. ed. Recife, 2005. 63p.
- Aminot, A., Chaussepied, M. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans. CNEXO, BNDO Documentation 1983: 395 p.
- American Public Health Association (APHA). Standard methods for the examination of water and wastewater. 18 ed. Washington, 1992: 1193 p.
- APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the examination of water and wastewater. Franson MA. editor. American Public Health Association. Washington, D.C., USA. 1994.
- Barroso, G.F.; Poersch, L.H.S.; Cavalli, R.O. (Orgs.) Sistemas de cultivos aquícolas na zona costeira do Brasil: recursos, tecnologias, aspectos ambientais e sócio-econômicos. Museu Nacional, Rio de Janeiro, 2007. 326p.
- Beltrame, E.; Bonetti, C.; Bonetti Filho, J. Pre-selection of areas for shrimp culture in a subtropical Brazilian lagoon based on multicriteria hydrological evaluation. Journal of Coastal Research 2006; 39: 1838 - 1842.
- Beltrame, Elpidio. Aplicação de geotecnologias na seleção de sítios para o cultivo de camarões marinhos e o planejamento da atividade. 2003. 197f. Tese (Doutorado em Geografia, Programa de Pós-graduação em Geociências) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- Beltrame, E., Bonetti Filho, J., Bonetti, C. Pré-seleção de sítios adequados a carcinicultura na região de Laguna - SC com base na análise integrada das características hidrológicas locais. Resumo. In: Anais Simpósio Brasileiro de Oceanografia. Cd-rom. São Paulo, 26 a 30 de agosto de 2002. USP/IO
- Bonetti, J., Beltrame, E., Silva, L. F., Torronteguy, M., Marino, M. V. Estratégias para a avaliação da qualidade da água costeira com vistas à implantação de fazenda de cultivo de camarão. Exemplo aplicado ao Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu, SC. In: SIMBRAQ 2000 - XI Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 2000, Florianópolis. Florianópolis: ABARAQ / ACAq /ABCC, 2000; 1-11.
- Bordalo, A. A., Teixeira, R., Wiebe, W. J. A Water Quality Index Applied to an International Shared River Basin: The Case of the Douro River. Environmental Management 2006; 38: 910–920.
- Boyd, C. Water quality warmwater fish ponds. Agricultural Experimentation. Opelika, Alabama, USA: Auburn University. 1990. 359p.
- Boyd, C. E. Parâmetros da qualidade de água: oxigênio dissolvido. Revista ABCC, Recife, 2002; 4 (1): 66-69.
- Boyd, C.E.; Thunjai, T. Concentrations of major ions in waters of inland shrimp farms in China, Ecuador, Thailand, and the United States. J. World Aquac. Soc. 2003; 34: 524–532.
- Carvalho, C.F.; Ferreira, A. L.; Stapelfeldt, F. Qualidade das águas do ribeirão Ubá - MG. Revista Escola de Minas. Ouro Preto, Minas Gerais, 2004; 57(3): 165-172.

Canadian Council of the Ministers of the Environment. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User's Manual. *In*: Canadian Environment Quality Guidelines, Technical Report, Winnipeg, 2001.13p.

Chen, J.C.; Lin, M.N.; Ting, Y.Y.; Lin, J.N. Survival, haemolymph osmolality and tissue water of *Penaeus chinensis* juveniles acclimated to different salinities and temperature levels. *Comp. Biochem. Physiol.* 1995; 110: 253–258.

Clay, T.W. Towards sustainable shrimp aquaculture. *World Aquaculture*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, L.A. 1997; 28:32-37.

Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., Eaton, A.D., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition. American Public Health Association, Washington, DC,1998.

Debels, P., Figueroa, R., Urrutia, R., Barra, R., Niell, X. Evaluation of Water Quality in the Chillán River (Central Chile) Using Physicochemical Parameters and a Modified Water Quality Index. *Environmental Monitoring and Assessment* 2005; 110: 301–322.

Hervio-Heath, D.; Colwell, R. R.; Derrien, A.; Robert-Pillot, A.; Fournier, J. M. & Pompepuy, M. Occurrence of pathogenic vibrios in coastal areas of France. *Journal of Applied Microbiology* 2002; 92 (6): 1123-1135.

Hopkins, J.S., Sandifer, P.A., Devoe, M.R., Holland, A.F., Browdy, C.L., Stokes, A.D. Environmental impacts of shrimp farming with special reference to the situation in the continental United States. *Estuaries* 1995; 18: 25–42.

Jiang, S.C., Fu, W. Seasonal abundance and distribution of *Vibrio cholerae* in coastal waters quantified by a 16S-23S intergenic spacer probe. *Microbial Ecology*, 2001; 42 (4): 540 – 548.

Kautsky, N., Ronnback, P., Tedengren, M., Troell, M. Ecosystem perspectives on management of disease in shrimp pond farming. *Aquaculture* 2000; 191: 145–161.

Kubitza, F. Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões. 1ª ed., Jundiaí: São Paulo, 2003. 229p.

Le Moullac G., HAFFNER P. Environmental factors affecting immune responses in Crustacea. *Aquaculture* 2000; 191: 121-131.

Lemaire, P.; Bernard, E.; Martinez-Paz, J.A.; Chim, L. Combined effect of temperature and salinity on osmoregulation of juvenile and subadult *Penaeus stylirostris*. *Aquaculture* 2002; 209: 307–317.

Lima, A.S., Menezes, F.G.R., Aragão, J.S., Vieira, R.H.S.F. *Vibrio* spp em amostras de camarões, solo e águas de fazendas de camarão nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte. *Anais do IX Encontro Nacional de Microbiologia Ambiental – ENAMA*, 2004.

Liou, S.M., Lo, S.L., Wang, S.H. A Generalized water Quality Index for Taiwan. *Environmental Monitoring and Assessment* 2004; 96: 35–52.

Madrid, R.M.M. Planning and regulation: industry and government perspectives. *In*: Jory, D.E. (Ed.) *Responsible aquaculture for a secure future: proceedings of a special session on shrimp farming*. World Aquaculture 2003. The World Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana, 2003; 31 – 45. 300p.

Mantel, L.H.; Farmer, L.L. Osmotic and ionic regulation. *In*: Mantel, L.H. (Ed.), *The Biology of Crustacea, Vol. 5, Internal Anatomy and Physiological Regulation*. Academic Press, New York, USA, 1983; 54–162.

Niencheski, L. F. H. ; Baumgarten, M G Z ; Wallner-Kersanach, M. Caracterização ambiental: hidroquímica e sedimentologia. Seção 3.1 Hidroquímica. *In*: Lana, P.C.; Bianchini, A.; Ribeiro, C.A.O.;

- Niencheski, L.F.; Fillmann, G.; Santos, C.S.G.(Org.). Avaliação Ambiental de Estuários Brasileiros: Diretrizes Metodológicas. Museu Nacional, Rio de Janeiro, 2006; 1: 14-51.
- Ott, W. R. Environmental Indices: theory and practice, Ann Arbor Science Publications, Ann Arbor, Michigan, 1978. 371 p.
- Páez-Osuna, F. The environmental impact of shrimp aquaculture: causes, effects and mitigating alternatives. Environ. Manage. 2001; 28: 131–140.
- Paranhos, R. Métodos para Análise de Água. Rio de Janeiro, UFRJ. 1996. 200 p.
- Pesce, S.F., Wunderlin, D.A. Reply to comment on “Use of water quality indices to verify the impact of Cordoba City (Argentina) on Suquia River. Water Research 2002; 36: 4940–4941.
- Primavera, J.H., Intensive prawn farming in the Philippines: ecological, social and economic implications. Ambio 1991; 20: 28–33.
- Pequeux, A. Osmotic regulation in crustaceans. J. Crustac. Biol. 1995; 15:1–60.
- Reid, S.D., McDonald, D.G. Metal binding activity of gills of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 1991; 48: 1061 – 1068.
- Roy, L.A.; Davis, D.A.; Saoud, I. P.; Henry, R.P. Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. Aquaculture 2007; 262:461–469.
- Said, A.; Stevens, D.K.; Sehlke, G. An Innovative Index for Evaluating Water Quality in Streams. Environmental Management 2004; 34 (3): 406–414.
- Sánchez, E., Colmenarejo, M. F., Vicente, J., Rubio, A., García, M.G., Travieso, L., Borja, R. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Ecological Indicators 2007; 7: 315–328.
- Santos, C.A.L. Plataforma tecnológica do camarão marinho cultivado. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Departamento de pesca e Agricultura. Brasília, 2001.
- Saoud, I.P.; Davis, D.A.; Rouse, D.B. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. Aquaculture 2003; 217:373–383.
- Seiffert, W.Q.; Winckler, S.; Maggioni, D. A mancha branca em Santa Catarina. Panorama da Aquicultura 2005; 15 (87): 51 – 53.
- Silva, R.P.P., Fatores interferentes na frequência da vibriose em camarão marinho cultivado (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931) no litoral sul de Pernambuco 2007. Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007. 51p.
- Silva, G.S., Jardim, W.F. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia-SP. Química Nova 2006; 29: 689–694.
- Simões, F. S., Moreira, A. B., Bisinoti, M.C., Gimenez, S.M.N., Santos, Yabe, M.J. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. Ecological Indicators 2008; 8: 476–484.
- Stambuk-Giljanovic, N., Water quality evaluation by index in Dalmatia. Water Res. 1999; 33: 3423–3440.
- Staples, D.J.; Heales, D.S. Temperature and salinity optima for growth and survival of juvenile banana prawns *Penaeus merguensis*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 1991; 154 (2): 251-274.

Toledo, L.G. E Nicolella, G. Índice de Qualidade de Água em Microbacia sob Uso Agrícola e Urbano. *Scientia Agricola*, 2002; 59 (1): 181-186.

Zampella, R.A., Bunnell, J.F., Laidig, K.J., Procopio, N.A. Using multiple indicators to evaluate the ecological integrity of a coastal plain stream system. *Ecological Indicators* 2006; 6: 644–663.

Zhu, C., Dong, S., Wang, F., Zhang, H. Effects of seawater potassium concentration on the dietary potassium requirement of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 2006; 258: 543–550.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS da INTRODUÇÃO

- ALVES, C.S.; MELLO, G.L. **Manual para o Monitoramento Hidrobiológico em Fazendas de Cultivo de Camarão**. Recife, Pernambuco, 2007. 58p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO_ABCC. **Recomendações de Boas Práticas de Manejo na Prevenção de Enfermidades**. Recife, Pernambuco, 2004. 34p.
- ALEXANDRINO, A; CARVALHO FILHO, A. **Manual do Piscicultor**: criando peixes saudáveis. Apostila do curso “Prevenção de doenças em piscicultura”, São Paulo, 17-19 ago., 2000.
- ALLAN, E.L.; FRONEMAN, P.W.; HODGSON, A.N. Effects of temperature and salinity on the standard metabolic rate (SMR) of the caridean shrimp *Palaemon peringueyi*. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 337, p. 103–108, 2006.
- ARANA, L.A.V. **Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura**: Uma revisão para peixes e camarões. Florianópolis: UFSC, 1997. 166p.
- ARANA, L.V. **Fundamentos de aquicultura**. Editora da UFSC, 2004. 349 pp.
- ATWOOD, H.L.; YOUNG, S.P.; TOMASSO, J.R.; BROWDY, C.L. Survival and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae in low-salinity and mixed-salt environments. **J. World Aquac. Soc.** 34, p.518–523, 2003.
- AYPA, S. M. **Philippine Experience on Shrimp Culture**. FAO Fisheries Report. nº 572, p. 87-98, 1999. (Suplement)
- BARROSO, G.F.; POERSCH, L.H.S.; CAVALLI, R.O. (Orgs.) **Sistemas de cultivos aquícolas na zona costeira do Brasil**: recursos, tecnologias, aspectos ambientais e sócio-econômicos. Museu Nacional, Rio de Janeiro, 2007. 326p.
- BELTRAME, E. **Aplicação de geotecnologias na seleção de sítios para o cultivo de camarões marinhos e o planejamento da atividade**. 2003. 197p. Tese (Doutorado em Geografia) Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- BELTRAME, E.; BONETTI, C.; BONETTI FILHO, J. Pre-selection of areas for shrimp culture in a subtropical Brazilian lagoon based on multicriteria hydrological evaluation. **Journal of Coastal Research**, SI 39, p.1838 – 1842, 2006.
- BONETTI, J.; BELTRAME, E.; SILVA, L. F.; TORRONTÉGUY, M.; MARINO, M. V. Estratégias para a avaliação da qualidade da água costeira com vistas à implantação de fazenda de cultivo de camarão. Exemplo aplicado ao Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu, SC. In: **SIMBRAQ 2000 - XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA**, 2000, Florianópolis. Florianópolis: ABARAQ / ACAQ /ABCC, p. 1-11, 2000.
- BORDALO, A. A.; TEIXEIRA, R.; WIEBE, W. J. A Water Quality Index Applied to an International Shared River Basin: The Case of the Douro River. **Environmental Management** 38, p.910–920, 2006.
- BOYD, C. Water quality warmwater fish ponds. **Agricultural Experimentation**. Opelika, Alabama, USA: Auburn University. 1990a. 359p.
- BOYD, C. **Water quality in ponds for aquaculture**. Alabama: Auburn University, Alabama. Birmingham Publishig Co. 1990b. 482p.
- BOYD, C. E. Pond water aeration systems. **Aquaculture Engineering** 18, p. 9-40, 1998.
- BOYD, C. E. Codes of Practice for Responsible Shrimp Farming. **Global Aquaculture Alliance**, St. Louis. MO USA. 1999. 48 p.

- BOYD, C. E. Parâmetros da qualidade de água: oxigênio dissolvido. **Revista ABCC**. Recife, 4 (1), p.66-69, 2002.
- BOYD, C. E.; GAUTIER, D. Effluent composition and water quality standards: implementing GAA's Responsible Aquaculture Program. **Global Aquaculture Advocate**. 3 (5), p.61-66, 2000.
- BOYD, C. E.; GREEN, B.W. **Coastal Water Quality Monitoring in Shrimp Farming Areas: An Example from Honduras**. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment, 2002. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 2002. 29 p.
- BOYD, C. E.; CLAY, J.W. **Evaluation of Belize Aquaculture, Ltd: A Superintensive Shrimp Aquaculture System**. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment, 2002. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 2002. 17 p.
- BOYD, C. E.; HARGREAVES, J. A.; CLAY, J.W. **Codes of Practice and Conduct for Marine Shrimp Aquaculture**. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment, 2002. Work in Progress for Public discussion. Published by the Consortium. 2002. 31 p.
- BOYD, C.E.; THUNJAI, T. Concentrations of major ions in waters of inland shrimp farms in China, Ecuador, Thailand, and the United States. **J. World Aquac. Soc.** 34, p.524–532, 2003.
- BOYD, C. A.; BOYD, C. E.; ROUSE, D.B. Potassium budget for inland, saline water shrimp ponds in Alabama. **Aquacultural Engineering** 36, p.45–50, 2007.
- BROCK, J. **Manual de enfermidades**. Guayaquil: Facultad de Ingenieria Marítima y Ciencias del Mar. Universidad de Hawai, 1990. 45p.
- BROCK, J.A.; MAIN, K.L.A. **Guide to the common problems and diseases of culture *Penaeus vannamei***. The Oceanic Institute, 1994. 242 p.
- BUCHELI, P.; GARCIA, F. O vírus da Síndrome da Mancha Branca. **Panorama da Aquicultura** 15 (87), p.43 – 49, 2005.
- CARVALHO, C.F.; FERREIRA, A. L.; STAPELFELDT, F. Qualidade das águas do ribeirão Ubá - MG. **Revista Escola de Minas**. Ouro Preto, Minas Gerais 57(3), p.165-172, 2004.
- CASILLAS-HERNÁNDEZ, R.; NOLASCO-SORIA, H.; GARCÍA-GALANO, T.; CARRILLO-FARNES, O.; PÁEZ-OSUNA, F. Water quality, chemical fluxes and production in semi-intensive Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds utilizing two different feeding strategies. **Aquacultural Engineering** 36, p.105–114, 2007.
- CHEN, J.C.; KOU, Y.Z. Effects of ammonia on growth and molting of *Penaeus japonicus* juveniles. **Aquaculture** 104, p.249–60, 1992.
- CHEN J.C.; LIN, C.Y. Oxygen consumption and ammonia-N excretion of *Penaeus chinensis* juveniles exposed to ambient ammonia at different salinity levels. **Comparative Biochemistry and Physiology** 102, p.287–91, 1992.
- CHEN, J.C.; LIN, M.N.; TING, Y.Y.; LIN, J.N. Survival, haemolymph osmolality and tissue water of *Penaeus chinensis* juveniles acclimated to different salinities and temperature levels. **Comp. Biochem. Physiol.** 110, p.253–258, 1995.
- CHENG, W; CHEN, J.C. Effects of environmental factors on the immune response of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* and other decapod crustaceans. **Journal of Fisheries Society of Taiwan** 29, p. 1–19, 2002.

- CHENG, W.; LIU, C.H.; HSU, J.P.; CHEN, J.C. Effect of hypoxia on the immune response of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* and its susceptibility to pathogen *Enterococcus*. **Fish and Shellfish Immunology** 13, p. 351- 365, 2002.
- CHENG, W.; WANG, L.U.; CHEN, J.C. Effect of water temperature on the immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* to *Vibrio alginolyticus*. **Aquaculture** 250, p.592–601, 2005.
- CLAY, T.W. Towards sustainable shrimp aquaculture. **World Aquaculture**. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, L.A. 28, p.32-37, 1997.
- COCK, J.; GITTERLE, T.; SALAZAR, M.; RYE, M. Breeding for disease resistance of Penaeid shrimps. **Aquaculture** 286, p.1–11, 2009.
- DAVIS, D.A.; LAWRENCE, A.L. Minerals. In: D'ABRAMO, L.R., CONKLIN, D.E., AKIYAMA, D.M. (EDS.), **Crustacean Nutrition**, vol. 6. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, p. 150–163, 1997.
- DAVIS, D.A.; SAOUD, I.P.; MCGRAW, W.J.; ROUSE, D.B. Considerations for *Litopenaeus vannamei* reared in inland low salinity waters. In: CRUZ-SUÓREZ, L.E.; RICHQUE-MARIE, D.; TAPIA-SALAZAR, M.; GAXIOLA-CORTÉS, M.G.; SIMOES, N. (Eds.), **Avances en Nutrición Acuícola VI**. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Setiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México, p. 73–90, 2002.
- DEBELS, P.; FIGUEROA, R.; URRUTIA, R.; BARRA, R.; NIELL, X. Evaluation of water quality in the Chillán River (Central Chile) using physicochemical parameters and a modified water quality index. **Environmental Monitoring and Assessment** 110, p.301–322, 2005.
- DECAMP, O.; CODY, J.; CONQUEST, L.; DELANOY, G.; TACON, AGJ. Effect of salinity on natural community and production of *L. vannamei* (Boone), within experimental zero- water exchange culture system. **Aquaculture Research**, 34, p.345-355, 2003.
- ELOVAARA, A. K. **Shrimp Farming Manual**. Practical Technology for intensive shrimp production. Florida. 2001. 120 p.
- ESTEVEZ, F.A. **Fundamentos de limnología**. Interciências, Rio de Janeiro, 1998. 606p.
- FIGUEIREDO, M.C.B.; ARAÚJO, L.F.P.; GOMES, R.B.; ROSA, M.F.; PAULINO, W.D.; MORAES, L.F.S. Impactos ambientais do lançamento de efluentes da carcinicultura em águas interiores. **Relatório Técnico Eng. Sanit. Ambient.** 10 (2), p.167-174, 2005.
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION (FAO/NACA). Regional Study an Workshop on the Environmental assessment and Management of Aquaculture Development. **NACA Environment and Aquaculture Development Series**, nº 1. Bangkok, Thailand, 1995. 491p.
- GESAMP. The Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. Reducing Environmental Impacts of Aquaculture. FAO. **Rep. Stud. GESAMP**. nº 47, 1991. 35p.
- GESAMP. (IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP) Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. Planing and management for susetenible coastal aquaculture development. **Rep. Stud. GESAMP** (68), 2001. 90p.
- GUAN, Y.; YU, Z.; LI, C. The effects of temperature on white spot syndrome infections in *Marsupenaeus japonicus*. **Journal of Invertebrate Pathology** 83, p.257–260, 2003.
- HOPKINS, J.S.; SANDIFER, P.A.; DEVOE, M.R.; HOLLAND, A.F.; BROWDY, C.L.; STOKES, A.D. Environmental impacts of shrimp farming with special reference to the situation in the continental United States. **Estuaries** 18, p.25–42, 1995.
- IDE, C.N; ROCHE, K. F.; TROLI, A. C.; GONÇALVES, J. L.; IMOLENE, L. M.; GAMEIRO, L. F. de S.; SEIXAS, M. A. C.; SCHIO, R. IQA's para Mato Grosso do Sul: quais refletem a situação real? *In:*

XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Porto Alegre, 2000.

JIANG, L.; PAN, L.; FANG-BO. Effect of dissolved oxygen on immune parameters of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Fish & Shellfish Immunology** 18, p.185-188, 2005.

KAUTSKY, N.; RONNBACK, P.; TEDENGREN, M.; TROELL, M. Ecosystem perspectives on management of disease in shrimp pond farming. **Aquaculture** (191), p.145–161, 2000.

Le MOULLAC, G.; SOYEZ, C.; SAULNIER, D.; ANSQUER, D.; AVARRE, C.J.; LEVY, P. Effect of hypoxic stress on the immune response and the resistance to vibriosis of the shrimp *Penaeus stylirostris*. **Fish and Shellfish Immunology** 8, p.621- 629, 1998.

Le MOULLAC, G.; HAFFNER, P. Environmental factors affecting immune responses in Crustacea. **Aquaculture** 191, p.121-131, 2000.

LEMAIRE, P.; BERNARD, E.; MARTINEZ-PAZ, J.A.; CHIM, L. Combined effect of temperature and salinity on osmoregulation of juvenile and subadult *Penaeus stylirostris*. **Aquaculture** 209, p.307–317, 2002.

LENOCH, Robert **Avaliação do risco epidemiológico da carcinicultura catarinense usando como modelo a Síndrome de Taura e a doença da mancha branca**, 2004. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental), Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2004.

LIGHTNER, D.V.; HEDRICK, R.P.; FRYER, J.L.; CHEN, S.N.; LIAO, I.C.; KOU, G.H. A survey of cultured penaeid shrimp in Taiwan for viral and other important diseases. **Fish Pathol** 22, p.127 – 140, 1987.

LIU, C.H.; CHEN, J.C. Effect of ammonia on the immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus*. **Fish & Shellfish Immunology** 16, p.321–334, 2004.

LO, C.F.; KOU, G.H. Virus-associated white spot syndrome of shrimp in Taiwan: A review. **Fish Pathology** 33, p.365–71, 1998.

LO, C.F.; CHANG, Y.S.; PENG, S.E.; KOU, G.H. Major viral diseases of *Penaeus monodon* in Taiwan. **J. Fisheries Soc. Taiwan** 30, p.1- 13, 2003.

LUMB, A.; HALLIWELL, D.; SHARMA, T. Application of CCME Water Quality Index to monitor water quality: a case of the Mackenzie River Basin, Canada. **Environmental Monitoring and Assessment** 113, p. 411–429, 2006.

MADRID, R.M.M. Planning and regulation: industry and government perspectives. In: JORY, D.E. (Ed.) Responsible aquaculture for a secure future: proceedings of a special session on shrimp farming. **World Aquaculture 2003**. The World Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana, p.31 – 45, 2003. 300p.

MANTEL, L.H.; FARMER, L.L. Osmotic and ionic regulation. In: MANTEL, L.H. (Ed.), **The Biology of Crustacea**, Vol. 5, Internal Anatomy and Physiological Regulation. Academic Press, New York, USA, 1983. p. 54–162.

MELO, O. Situação do Vírus WSSV (White Spot Syndrome Virus) nas Américas. **Revista ABCC**, 1(2), p.19-22, 1999.

NUNES, A.J.P.; GESTEIRA, T.C.V.; OLIVEIRA, G.G.; LIMA, R.C; MIRANDA, P.T.C.; MADRID, R.M. **Princípios para Boas Práticas de Manejo (BPM) na engorda de camarão marinhos no Estado do Ceará**. Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC). Programa de Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Estado do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2005. 109p.

- NURDJANA, M.L. Development of Shrimp Culture in Indonésia. **FAO Fisheries Report**. n° 572, p.68-76, 1999. (Supplement)
- McGRAW, J.W.; DAVIS, D.A.; TEICHERT-CODDINGTON, D.; ROUSE, D.B. Acclimation of *Litopenaeus vannamei* postlarvae to low salinity: influence of age, salinity endpoint, and rate of salinity reduction. **J. World Aquac. Soc.** 33, p.78–84, 2002.
- NUNAN, L.M.; POULOS, B.T.; LIGHTNER, D.V. The detection of White Spot Syndrome Virus (WSSV) and Yellow Head Virus (YHV) in imported commodity shrimp. **Aquaculture** 160, p.19 – 30, 1998.
- OTT, W. R. **Environmental Indices: theory and practice**. Ann Arbor Science Publications. Ann Arbor, Michigan, 1978. 371 p.
- PÁEZ-OSUNA, F., The environmental impact of shrimp aquaculture: causes, effects and mitigating alternatives. **Environ. Manage.** 28, p.131–140, 2001.
- PAN, L.Q.; ZHANG, L.J.; LIU, H.Y. Effects of salinity and pH on ion-transport enzyme activities, survival and growth of *Litopenaeus vannamei* postlarvae. **Aquaculture** 273, p.71 1 – 720, 2007.
- PEQUEUX, A. Osmotic regulation in crustaceans. **J. Crustac. Biol.** 15, p.1–60, 1995.
- PESCE, S.F., WUNDERLIN, D.A. Reply to comment on “Use of water quality indices to verify the impact of Cordoba City (Argentina) on Suquia River. **Water Research** 36, p.4940–4941, 2002.
- PHILLIPS, M.J.; LIN, C.K.; BEVERIDGE, M.C.M. Shrimp culture and environment: Lessons from the worlds most rapidly warmwater aquaculture sector. In: PULLIN, R.S.V.; ROSENTHAL, H.; MACLEAN, J.L. (Eds.) **Environment and aquaculture in developing countries**. ICLARM, Manila Philippines, 1993. p.171-179.
- PNMA II – **Estudos para seleção de índices e indicadores de qualidade da água para o monitoramento no estado de Pernambuco**. Índice e Indicadores de Qualidade de Água: revisão da Literatura, 113p. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf> acesso em 25 de agosto 2007.
- PRIMAVERA, J.H., Intensive prawn farming in the Philippines: ecological, social and economic implications. **Ambio** 20, p.28–33, 1991.
- RAHMAN, M.M.; CORTEEL, M.; DANTAS-LIMA, J.J.; WILLE, M.; ALDAY-SANZ, V.; PENSAERT, M.B.; SORGELOOS, P.; NAUWYNCK, H.J. Impact of daily fluctuations of optimum (27 °C) and high water temperature (33 °C) on *Penaeus vannamei* juveniles infected with white spot syndrome virus (WSSV). **Aquaculture** 269, p.107–113, 2007.
- ROQUE, A.; MOLINA-AJAB, A.; BOLÁN-MEJÍA, C.; GOMEZ-GILA, B. In vitro susceptibility to 15 antibiotics of vibrios isolated from penaeid shrimps in Northwestern México. **International Journal of Antimicrobial Agents** 17 (5), p. 383-387, 2001.
- ROY, L.A.; DAVIS, D.A.; SAOUD, I. P.; HENRY, R.P. Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. **Aquaculture** 262, p.461–469, 2007.
- SAMOCHA, T.M.; GUAJARDO, H.; LAWRENCE, A.L.; CASTILLE, F.L.; SPEED, M.; MCKEE, D.A.; PAGE, K.I. A simple stress test for *Penaeus vannamei* postlarvae. **Aquaculture** 165, p.233– 242, 1998.
- SAMOCHA, T.M.; HAMPER, L.; EMBERSON, C.R.; DAVIS, A.D.; MCINTOSH, D.; LAWRENCE, A.L.; VAN WYK, P. Review of some recent developments in sustainable shrimp farming practices in Texas, Arizona and Florida. **J. Appl. Aquac.** 12 (1), p.1– 30, 2002.

- SÁNCHEZ, E.; COLMENAREJO, M. F.; VICENTE, J.; RUBIO, A.; GARCÍA, M.G.; TRAVIESO, L.; BORJA, R. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. **Ecological Indicators** 7, p. 315–328, 2007.
- SAOUD, I.P.; DAVIS, D.A.; ROUSE, D.B. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. **Aquaculture** 217, p. 373–383, 2003.
- SEIFFERT, Walter Quadros **Modelo de planejamento para gestão territorial da carcinicultura marinha**. 2003. 202f. Tese (Doutoramento em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- SEIFFERT, W.Q.; WINCKLER, S.; MAGGIONI, D. A mancha branca em Santa Catarina. **Panorama da Aquicultura** 15 (87), p. 51 – 53, 2005.
- SILVA, Roseli Pimentel Pinheiro. **Fatores interferentes na frequência da vibriose em camarão marinho cultivado (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931) no litoral sul de Pernambuco**. 2007. 51f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.
- SILVA, G.S.; JARDIM, W.F. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia-SP. **Química Nova** 29, p.689–694, 2006.
- SIMÕES, F. S.; MOREIRA, A. B.; BISINOTI, M.C.; GIMENEZ, S.M.N.; YABE, M.J.S. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. **Ecological Indicators** 8, p.476–484, 2008.
- SMITH, D.G. A better water quality indexing system for river and streams. **Water Res.** 24, p.1237–1244, 1990.
- SLA - SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE ACUACULTURA. Parámetros químicos usados en acuicultura. Elaborado y revisado por: Blgo. Jorge Chávez.2009.
- SOWERS, A.D.; GATLIN, D.M.; YOUNG, S.P.; ISELY, J. J.; BROWDY, C.L.; TOMASSO, J.R. Responses of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in water containing low concentrations of total dissolved solids. **Aquaculture Research** 36, p.819 – 823, 2005.
- STAMBUK-GILJANOVIC, N. Water quality evaluation by index in Dalmatia. **Water Res.** 33, p.3423–3440, 1999.
- STAPLES, D.J.; HEALES, D.S. Temperature and salinity optima for growth and survival of juvenile banana prawns *Penaeus merguensis*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 154 (2), p. 251-274, 1991.
- SUNG, H.H.; HSU, S.F.; CHEN, C.K.; TING, Y.Y.; CHAO, W.L. Relationships between disease outbreak in cultured tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and the composition of *Vibrio* communities in pond water and shrimp hepatopancreas during cultivation. **Aquaculture** (Amsterdam) 192, p.101-110, 2001.
- SUPLICY, F. A capacidade de suporte nos cultivos de moluscos. **Panorama da Aquicultura**, 10 (57), p.21-24, 2000.
- THURSTON, R. V.; RUSSO, R.; SMITH, C. E. Acute toxicity of ammonia and nitrite to cutthroat Trout fry. **Trans. Am. Fish. Soc.** 107 (22), p. 361 – 368, 1978.
- TSENG, I-T.; CHEN, J-C. The immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus* under nitrite stress. **Fish & Shellfish Immunology** 17, p.325 – 333, 2004.
- VANDERZANT, C; NICKELSON, R.; JUDKINS, P.W. Microbial flora of pond-reared brown shrimp (*Penaeus aztecus*). **Appl. Microbiol.**21, p.916-921, 1971.

WANG, Y.C.; CHANG, P.S. Yellow head virus infection in the giant tiger prawn *Penaeus monodon* cultured in Taiwan. **Fish Pathology** 35, p.1 – 10, 2000.

WYBAN, J.; WALSH, W.A.; GODIN, D.M. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture** 138, p.267–279, 1995.

WYK, V.P. **Farming Marine Shrimp in Freshwater Systems: An Economic development Strategy for Florida**. Final report. Harbor Branch Oceanographic Institution, 1999. p. 33.

YU, C.I.; SONG, Y.L. Outbreaks of Taura syndrome in Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* culture in Taiwan. **Fish Pathology** 35, p.21 – 24, 2000.

ZAMPELLA, R.A.; BUNNELL, J.F.; LAIDIG, K.J.; PROCOPIO, N.A. Using multiple indicators to evaluate the ecological integrity of a coastal plain stream system. **Ecological Indicators** 6, p.644–663, 2006.

ZWEIG, R.D. et al. **Source water quality for aquaculture**. A guide for assessment. Washington, D.C., 1999.

ANEXO

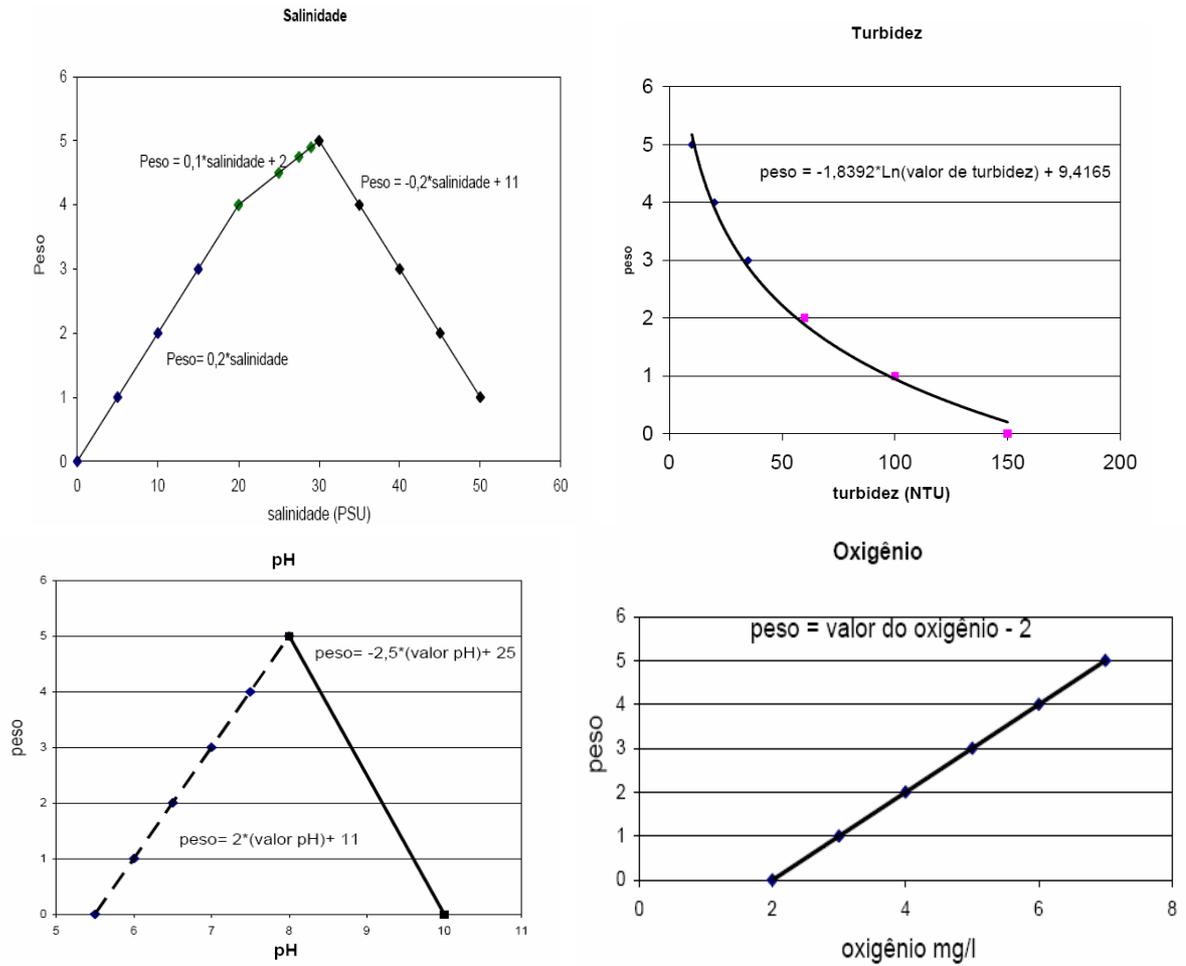


Figura 17: Representação das equações e curvas dos parâmetros selecionados para construção do $(IH)_C$ de acordo com os intervalos de classe adotados (Beltrame, 2006).

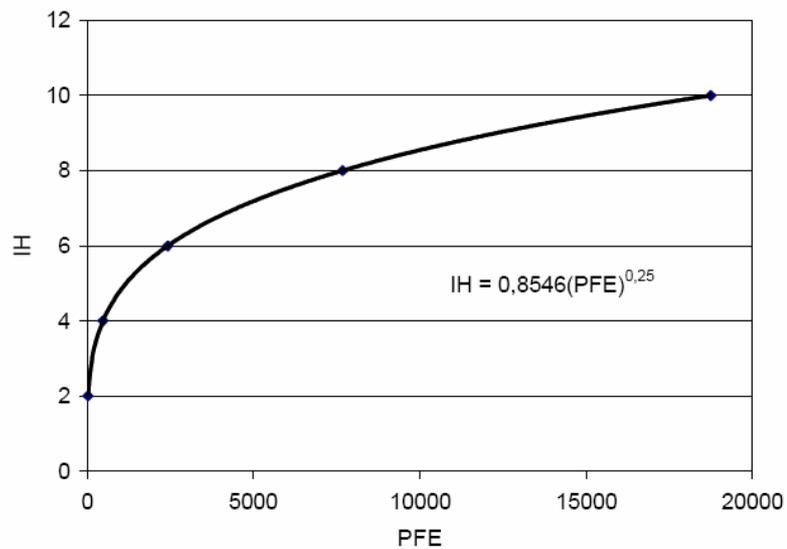


Figura 18 – Índice Hidrológico $(IH)_C$ e a equação de redistribuição dos valores finais de cada estação sugerido em Beltrame et al.(2006).

Tabela 7: Coeficiente (r) da Correlação de Spearman entre os dados bióticos e abióticos de qualidade de água nos pontos de captação, drenagem e viveiros da Fazenda Yakult/UFSC de outubro 2007 a outubro 2008.

	TEMP (°C)	O ₂ (mg/L)	pH	SAL (PSU)	TURB (NTU)	ALC (mg/lCaCO ₃)	DUR (mg/lCaCO ₃)	Ca+ (mg/l)	Mg+ (mg/l)	K+ (mg/l)	Amônia (mg/l)	Nitrito (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Fosfato (mg/l)	Sílica (mg/l)	Ch a (mg/l)	C.Fecais (NMP/ml)	TCBS (UFC/ml)	Marine (ufc/ml)
Temperatura	1																		
O ₂	-0,27	1																	
pH	-0,15	0,51	1																
Salinidade	-0,22	0,29	0,70	1															
Turbidez	0,14	-0,16	-0,06	-0,09	1														
Alcalinidade Total	-0,11	0,30	0,75	0,79	-0,04	1													
Dureza Total	-0,38	0,21	0,59	0,95	-0,22	0,69	1												
Cálcio	-0,24	0,18	0,37	0,78	-0,18	0,54	0,80	1											
Magnésio	-0,38	0,22	0,61	0,95	-0,22	0,70	0,99	0,75	1										
Potássio	-0,16	0,24	0,58	0,87	-0,30	0,69	0,89	0,75	0,88	1									
Amônia	0,24	-0,43	-0,24	-0,39	0,33	-0,18	-0,47	-0,41	-0,46	-0,30	1								
Nitrito	-0,06	-0,13	-0,08	-0,27	0,04	-0,11	-0,15	-0,17	-0,13	-0,21	0,34	1							
Nitrato	0,17	-0,35	-0,38	-0,54	0,21	-0,32	-0,68	-0,59	-0,67	-0,60	0,42	0,39	1						
Fosfato	-0,22	-0,02	0,22	0,02	0,13	0,22	-0,15	-0,25	-0,10	-0,23	0,07	0,34	0,34	1					
Sílica	-0,03	0,03	-0,10	-0,34	0,14	-0,21	-0,52	-0,42	-0,51	-0,48	0,38	0,38	0,22	0,21	1				
Clorofila a	0,27	0,14	0,31	0,30	0,25	0,34	0,01	0,03	0,00	0,16	-0,02	-0,36	-0,08	0,06	-0,11	1			
Coliformes Fecais	-0,17	0,06	0,45	0,67	0,04	0,65	0,52	0,43	0,52	0,50	-0,22	-0,19	-0,35	0,01	-0,23	0,36	1		
TCBS	0,28	0,13	-0,07	0,05	-0,10	-0,16	0,22	0,34	0,18	0,15	-0,41	-0,05	-0,22	-0,09	-0,17	0,17	-0,09	1	
Marine	0,15	-0,25	-0,13	-0,42	0,51	0,08	-0,42	-0,25	-0,40	-0,48	0,47	0,22	0,41	0,48	0,26	-0,06	0,03	-0,13	1

Tabela 8: Valores (máximos, médios e mínimos) dos parâmetros hidroquímicos nos pontos de captação, drenagem e viveiros da Fazenda Yakult/UFSC de acordo com a estação do ano de outubro de 2007 a outubro 2008.

Sazonalidade	Setor	Descritor	Temperatura (°C)	Oxigênio dissolvido (mg/L)	pH	Salinidade (PSU)	Turbidez (NTU)
Verão	Captação n = 2	máxima	26,0	6,7	6,7	4,9	50,9
		média	24,4	6,5	5,7	4,7	42,5
		mínima	22,8	6,3	4,7	4,4	34,0
	Drenagem n =9	máxima	25,5	7,2	8,0	13,8	65,0
		média	23,7	4,0	5,1	4,7	26,0
		mínima	22,2	2,5	3,5	1,0	8,7
	Viveiros n =6	máxima	25,9	6,1	7,8	14,6	35,0
		média	24,6	5,5	7,1	10,8	20,4
		mínima	23,4	5,0	6,2	9,1	3,7
Outono	Captação n =4	máxima	23,6	6,6	8,6	15,0	21,1
		média	20,1	5,8	6,8	10,2	11,6
		mínima	15,0	4,3	4,0	2,0	6,8
	Drenagem n =15	máxima	22,8	6,2	8,9	18,8	58,1
		média	19,9	4,4	6,9	10,4	19,8
		mínima	13,0	2,0	3,6	0,7	4,3
	Viveiros n =13	máxima	24,0	7,6	8,9	18,8	27,4
		média	20,3	5,9	7,6	13,0	17,7
		mínima	14,0	4,1	6,9	9,4	5,2
Inverno	Captação n =2	máxima	20,4	5,6	7,5	17,8	14,2
		média	20,1	4,8	7,2	17,7	12,2
		mínima	19,9	4,0	7,0	17,6	10,2
	Drenagem n =4	máxima	19,7	4,7	7,6	16,5	23,8
		média	19,5	3,9	7,4	15,6	20,3
		mínima	19,4	3,1	7,3	14,8	16,8
	Viveiros n =8	máxima	20,6	5,9	7,1	19,9	21,6
		média	20,4	4,9	6,8	18,4	10,8
		mínima	20,1	4,2	6,4	16,6	3,9
Primavera	Captação n =6	máxima	25,2	6,5	7,8	14,6	29,5
		média	22,5	5,7	6,6	9,4	18,6
		mínima	19,2	4,6	5,3	3,4	7,7
	Drenagem n =20	máxima	24,7	6,7	7,5	19,4	98,0
		média	21,7	4,7	5,8	8,4	30,7
		mínima	19,1	3,0	3,4	0,7	2,7
	Viveiros n =12	máxima	25,88	6,75	8,23	22,15	42,00
		média	21,88	5,36	7,44	17,15	16,87
		mínima	19,57	4,64	6,89	14,55	4,70

Tabela 9: Valores (máximos, médios e mínimos) de alcalinidade e dureza total e concentração dos macronutrientes cálcio, magnésio e potássio nos pontos de captação, drenagem e viveiros da Fazenda Yakult/UFSC de acordo com a estação do ano de outubro de 2007 a outubro 2008.

Sazonalidade	Setor	Descritor	Alcalinidade Total (mg/l CaCO ₃)	Dureza Total (mg/l CaCO ₃)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)
Verão	Captação n =2	máxima	30	1300	120	264	121
		média	23	1150	100	216	107
		mínima	16	1000	80	168	93
	Drenagem n =9	máxima	100	3100	200	624	267
		média	23	1233	89	243	102
		mínima	0	300	40	48	38
	Viveiros n =6	máxima	80	3100	200	624	227
		média	64	2533	153	516	183
		mínima	48	2200	80	432	143
Outono	Captação n =4	máxima	66	3900	160	840	183
		média	45	2400	100	516	123
		mínima	10	500	40	96	42
	Drenagem n =15	máxima	106	4300	280	936	214
		média	52	2433	109	518	126
		mínima	0	400	40	72	25
	Viveiros n =13	máxima	82	4500	200	960	224
		média	69	2808	114	606	161
		mínima	42	2000	40	384	97
Inverno	Captação n =2	máxima	94	5000	360	984	252
		média	89	4550	280	924	231
		mínima	84	4100	200	864	211
	Drenagem n =2	máxima	84	4200	240	864	202
		média	83	3850	220	792	188
		mínima	82	3500	200	720	173
	Viveiros n =6	máxima	76	5200	360	1200	237
		média	70	4317	247	888	213
		mínima	48	3800	80	768	176
Primavera	Captação n =2	máxima	80	2600	160	528	161
		média	55	700	53	136	101
		mínima	20	0	0	0	41
	Drenagem n =4	máxima	116	3400	160	744	185
		média	39	475	24	100	100
		mínima	0	0	0	0	22
	Viveiros n =6	máxima	110	5200	360	1032	253
		média	76	2075	133	418	207
		mínima	40	0	0	0	162

Tabela 10: Valores (máximos, médios e mínimos) da concentração de nutrientes dissolvidos nos pontos de captação, drenagem e viveiros da Fazenda Yakult/UFSC de acordo com a estação do ano de outubro de 2007 a outubro 2008.

Sazonalidade	Setor	Descritor	Nitrogênio amoniacoal (mg/l)	Nitrito (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Ortofosfato (mg/l)	Sílica (mg/l)
Verão	Captação n =2	máxima	0,19	0,01	1,02	0,00	5,00
		média	0,14	0,01	0,71	0,00	4,88
		mínima	0,09	0,00	0,41	0,00	4,75
	Drenagem n =9	máxima	0,46	0,02	2,24	0,02	5,46
		média	0,24	0,01	0,96	0,01	4,77
		mínima	0,05	0,00	0,30	0,00	2,36
	Viveiros n =6	máxima	0,30	0,00	0,76	0,01	0,99
		média	0,17	0,00	0,30	0,00	0,63
		mínima	0,02	0,00	0,00	0,00	0,22
Outono	Captação n =4	máxima	0,10	0,02	2,02	0,02	3,80
		média	0,06	0,01	0,70	0,01	2,28
		mínima	0,04	0,01	0,10	0,01	0,35
	Drenagem n =15	máxima	0,43	0,08	2,43	0,07	5,88
		média	0,15	0,02	0,87	0,01	2,40
		mínima	0,02	0,00	0,06	0,01	0,18
	Viveiros n =13	máxima	0,20	0,03	0,66	0,03	1,86
		média	0,06	0,00	0,34	0,01	1,10
		mínima	0,01	0,00	0,01	0,00	0,09
Inverno	Captação n =2	máxima	0,08	0,01	0,38	0,01	0,90
		média	0,06	0,01	0,33	0,00	0,67
		mínima	0,05	0,01	0,28	0,00	0,44
	Drenagem n =2	máxima	0,09	0,19	0,57	0,01	1,97
		média	0,08	0,10	0,44	0,01	1,67
		mínima	0,07	0,02	0,31	0,01	1,38
	Viveiros n =6	máxima	0,09	0,00	0,50	0,01	0,60
		média	0,02	0,00	0,16	0,00	0,21
		mínima	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Primavera	Captação n =5	máxima	0,12	0,02	0,76	0,01	2,60
		média	0,05	0,01	0,44	0,00	1,69
		mínima	0,01	0,00	0,09	0,00	0,00
	Drenagem n =16	máxima	0,62	0,03	1,84	0,08	4,56
		média	0,17	0,01	0,65	0,01	1,38
		mínima	0,01	0,00	0,15	0,00	0,00
	Viveiros n =10	máxima	0,11	0,01	0,52	0,04	1,60
		média	0,02	0,00	0,27	0,01	0,52
		mínima	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02

Tabela 11: Valores (máximos, médios e mínimos) dos parâmetros microbiológicos e clorofila-a nos pontos de captação, drenagem e viveiros da Fazenda Yakult/UFSC de acordo com a estação do ano de outubro de 2007 a outubro 2008.

Sazonalidade	Setor	Descritor	Clorofila-a (mg/l)	Setor	Coliformes Fecais (NMP/100ml)	Setor	TCBS (ufc/ml)	Marine (ufc/ml)
Verão	Captação n=2	máxima	0,009	Captação n=2	13	Captação	x	x
		média	0,005		8		x	x
		mínima	0,000		2		x	x
	Drenagem n=9	máxima	0,009	Drenagem n=9	23	Drenagem	x	x
		média	0,003		7		x	x
		mínima	0,000		2		x	x
	Viveiros n=6	máxima	0,060	Viveiros n=6	33	Viveiros	x	x
		média	0,026		10		x	x
		mínima	0,000		2		x	x
Outono	Captação n=4	máxima	0,000	Captação n=4	8	Captação n=3	0	150000
		média	0,000		5		0	50297
		mínima	0,000		2		0	90
	Drenagem n=15	máxima	0,003	Drenagem n=15	22	Drenagem n=11	30	140000
		média	0,000		10		4	21385
		mínima	0,000		2		0	100
	Viveiros n=13	máxima	0,045	Viveiros n=13	130	Viveiros n=9	10	440000
		média	0,012		24		1	56953
		mínima	0,000		2		0	200
Inverno	Captação n=2	máxima	0,001	Captação n=2	49	Captação n=2	0	15000
		média	0,000		30		0	13000
		mínima	0,000		11		0	11000
	Drenagem n=4	máxima	0,003	Drenagem n=2	140	Drenagem n=2	0	3000
		média	0,003		93		0	2500
		mínima	0,003		46		0	2000
	Viveiros n=8	máxima	0,009	Viveiros n=6	920	Viveiros n=6	40	2400
		média	0,003		206		7	740
		mínima	0,000		17		0	63
Primavera	Captação n=6	máxima	0,011	Captação n=4	13	Captação n=2	50	8000
		média	0,002		5		25	4500
		mínima	0,000		2		0	1000
	Drenagem n=20	máxima	0,047	Drenagem n=12	130	Drenagem n=4	40	5000
		média	0,007		30		12,5	2900
		mínima	0,000		2		0	600
	Viveiros n=12	máxima	0,019	Viveiros n=8	240	Viveiros n=6	200	5000
		média	0,005		56		60	2058
		mínima	0,000		2		0	350