

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

Caracterização da taxa de respiração e estimativa da necessidade de
aeração mecânica em viveiros de cultivo semi-intensivo do camarão
Litopenaeus vannamei.

Kárlia Dalla Santa Amaral

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Aquicultura.

Florianópolis – Santa Catarina

2003

Dalla Santa, Kárlia Amaral

Caracterização da taxa de respiração e estimativa da necessidade de aeração mecânica em viveiros de cultivo semi-intensivo do camarão *Litopenaeus vannamei*.

34 páginas

Dissertação de mestrado em Aqüicultura. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. 2003.

Orientador: Dr. Luis Vinatea Arana

Palavras chaves: Taxa de respiração, aeração, cultivo semi-intensivo, *Litopenaeus vannamei*.

Caracterização da taxa de respiração e estimativa de aeração mecânica em viveiros de cultivo semi-intensivo do camarão *Litopenaeus vannamei*.

Por

KÁRLIA DALLA SANTA AMARAL

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

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

Profa. Débora Machado Fracalossi, Dra.
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana - *Orientador*

Dr. Walter Quadros Seiffert

Dr. Wilson Francisco Britto Wasielesky Junior

“Não deve ser tão difícil assim. Os pássaros – cuja inteligência tendemos a denegrir – sabem o que fazer para não sujar o ninho. Os camarões, com cérebros do tamanho de partículas de fiapos, sabem o que fazer. As algas sabem. Os microorganismos unicelulares sabem. Já é hora de sabermos também”.

Carl Sagan

Agradecimentos

Agradeço a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, em especial:

Ao meu orientador, Dr. Luis Vinatea Arana, uma pessoa que utiliza seu conhecimento com sabedoria e sabe que além da vida acadêmica, temos muito a aprender com as pessoas e com as situações cotidianas.

Ao Laboratório de Camarões Marinho (LCM), em especial a Walter Seiffert, pelas sugestões e pelo apoio dado a este trabalho.

Ao gerente da Fazenda Experimental Yakult, Geraldo Kipper Foes, assim como a todos os funcionários desta unidade, pelo apoio ao meu trabalho de campo.

À empresa Bernauer, pelo fornecimento de um oxímetro para a realização do trabalho de campo.

À CAPES pela concessão de uma bolsa de estudos

Ao professor Marcelo Menezes Reis, do Departamento de Estatística da UFSC, pela sua colaboração na análise estatística deste trabalho.

A todos meus colegas de mestrado, especialmente ao Rafael, Rachel, José, Karine, Karina, Fábio, Gustavo, Tatiana e Fernanda, pelos momentos alegres, troca de informações e pela convivência. Realmente acredito que encontrei verdadeiros amigos!

A minha mãe Adélia, ao meu pai Carlos e a minha querida tia Bea, por me financiarem e ajudarem a ter chegado a esta etapa.

Ao meu companheiro Keslin, por estar sempre presente e me apoiar em todos os momentos!

SUMÁRIO

Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
Introdução.....	1
Desenvolvimento da Aqüicultura.....	1
Qualidade da água e demanda de oxigênio em viveiros de aqüicultura.....	2
Manuscrito.....	8
Resumo.....	10
Introdução.....	11
Materiais e Métodos.....	13
Área de estudo e manejo do cultivo	13
Caracterização da respiração do sedimento e da coluna de água	13
Caracterização da fotossíntese.....	15
Caracterização da necessidade temporal de aeração mecânica.....	15
Análise estatística.....	16
Resultados.....	17
Taxa de respiração do sedimento e da coluna da água.....	17
Caracterização da necessidade temporal de aeração mecânica.....	19
Discussão.....	22
Conclusões.....	25
Agradecimentos.....	25
Referências Bibliográficas.....	26
Referências Bibliográficas da Introdução.....	29
Normas para redação do artigo “Aquacultural Engineering”.....	35

RESUMO

No intuito de contribuir para aumentar a eficiência de manejo do oxigênio dissolvido no cultivo semi-intensivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em Santa Catarina - Brasil, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a taxa de respiração de três viveiros (1,2 ha) e otimizar o cálculo aproximado das necessidades reais de aeração (cv/ha) durante nove semanas de um ciclo de produção (fevereiro a abril de 2003). Na caracterização da taxa de respiração do sedimento (TRS) e da coluna de água (TRA), realizada pelo método das colunas, foi observado, exceto para terceira semana de cultivo, que TRS foi significativamente maior que TRA. A TRS mostrou uma alta variação (0,07 a 0,16 g m⁻² h⁻¹) durante o experimento e apresentou a maior taxa de respiração na última semana de cultivo. A análise do sedimento realizada no início e no final do ciclo de cultivo, também mostrou diferenças quanto à concentração de matéria orgânica (3,4 e 6,3 %). Por outro lado, a TRA variou pouco (0,04 a 0,07 g m⁻² h⁻¹) e teve um perfil similar ao da fotossíntese, determinada pelo método das garrafas clara e escura. Na caracterização da necessidade de aeração, houve uma interação da aeração com o tempo de cultivo, como comprovado pela análise de regressão polinomial. Observou-se ainda que a quantidade de aeração calculada foi baixa para todas as semanas de cultivo, sendo requerida a maior potência (2,62 cv/ha) na última semana do ciclo. No entanto, devido o equilíbrio do oxigênio e necessidade de aeração variarem com o manejo e tipo de cultivo, torna-se necessário à realização de mais estudos para uma melhor elucidação destes mecanismos em outras regiões.

ABSTRACT

In an effort to contribute to increase the efficiency of dissolved oxygen management in the *Litopenaeus vannamei* semi-intensive culture in Santa Catarina - Brazil, the purpose of the present work was characterize the respiration rate in three ponds (1.2 ha) and optimize the approach calculation of the real aeration necessities (hp/ha) during nine weeks of production cycle (february to april of 2003). In the characterization of the sediment (RSR) and water column (RWR) respiration rates, obtained by columns method, it was observed, except for the third week of the culture, that RSR was significantly higher than RWR. The RSR showed a high variation (0.07 the 0.16 g m⁻² h⁻¹) during the experiment, and the greater respiration rate was observed in the last week of culture. The sediment analysis realized in the beginning and in the end of the culture cycle, also showed differences in the concentration of organic compounds (3.4 and 6.3 %). On the other hand, the RWR had a low variation (0.04 the 0.07 g m⁻² h⁻¹) and presented a similar profile to the photosynthesis rate, determined by the bottles method. In the characterization of aeration necessity, there was an interaction of aeration with culture time, as indicated by the polynomial regression analysis. It was still observed that the amount of calculated aeration was low for every week of culture, being required the higher power (2.62 hp/ha) in the last week of the cycle. However, due the fact that oxygen balance and aeration necessity changes with the management and culture type, becomes necessary the accomplishment of more studies for a better briefing of these mechanisms in other regions.

INTRODUÇÃO

Desenvolvimento da Aqüicultura

O setor de produção de alimento que mais cresce no mundo atualmente é o da aqüicultura (SUBASINGHE *et al.*, 1998). A produção de espécies aquáticas para consumo humano alcançou em 1999 uma produção de 126,2 milhões de toneladas (FAO, 2001), representando um aumento de 7,2% em relação aos valores alcançados em 1998 (FAO, 2000).

Dentro da aqüicultura, a prática de carcinicultura tem merecido especial destaque devido a sua importância econômica e por contribuir para a manutenção dos estoques naturais. O desenvolvimento desta atividade também é responsável pelo crescimento da oferta de empregos e geração de recursos em muitos países em desenvolvimento.

O cultivo de camarões em escala industrial teve início na década de 70, e atualmente mais de 50 países desenvolvem esta atividade. A produção encontra-se concentrada na Ásia, Oceania, Américas Central e do Sul (ROSENBERRY, 1996; ROCH, 1999), sendo que uma porcentagem de 75% tem origem nos países asiáticos, destacando-se a China, Tailândia, Vietnã, Índia e Indonésia. A parcela restante, correspondente a 25%, é originária do continente americano, sobressaindo-se o Brasil, Equador, México e Honduras. (ROSENBERRY, 1996; ROCHA e RODRIGUES, 2002)

No Brasil, a carcinicultura também teve início na década de 1970, mas somente nos anos 80 a atividade passou a assumir um caráter profissional através de investimentos governamentais e de desenvolvimento tecnológico (NUNES, 2001). Entre os anos de 1997 e 2001 a produção nacional aumentou a uma taxa anual de 83,5%, registrando uma produção média de 4.700 quilos por ha/ano. Em 2002, o Brasil assumiu a liderança da produção de camarão cultivado do Hemisfério Ocidental, com 60.128 toneladas produzidas, passando a ocupar a posição do Equador, que foi severamente afetado pelo vírus da mancha branca em 1999 e até hoje vem enfrentando sérios problemas para recuperar sua performance anterior (ROCHA e RODRIGUES, 2002).

Do ponto de vista macroregional, o nordeste brasileiro consolida a posição de maior produtor, englobando 96,5% da produção nacional. Dentre os estados nordestinos que alcançaram uma produtividade superior a 5.000 kg/ha/ano em 2002, destaca-se em primeiro lugar o Ceará com 7.249 kg/ha/ano, seguido de Pernambuco (6.588 kg/ha/ano), Alagoas (6.116

kg/ha/ano), Paraíba (5.186 kg/ha/ano), Rio Grande do Norte (5.152 kg/ha/ano) e Sergipe (5.023 kg/ha/ano) (ROCHA e RODRIGUES, 2002).

O estado de Santa Catarina (região sul do país) também vem se destacando na produção nacional com um total de 1,900 toneladas de camarão produzidas em 2002. Neste estado, a introdução da espécie *Litopenaeus vannamei* em 1998 surpreendeu com ótimos resultados zootécnicos e econômicos, e desde então, Santa Catarina vem atingindo índices de produtividade muito satisfatórios (CARVALHO FILHO, 2002).

No entanto, apesar do grande desenvolvimento da indústria camaroneira no século XX, alguns problemas limitantes começaram a ocorrer a partir de 1992. Apesar da contínua expansão da área total cultivada, vários países como China, Taiwan e Filipinas, tiveram seus níveis de produção diminuídos a partir desta época. As razões para este declínio incluem a má qualidade das práticas de manejo, o emprego inadequado das técnicas de cultivo e a deterioração ambiental, particularmente da água (FLEGEL, 1997; LUNDIN, 1997; SUBASINGHE, 1998).

Dentre os fatores que influenciam a produtividade aquícola, a qualidade da água deve ser colocada em destaque, uma vez que pode afetar direta ou indiretamente a sobrevivência, reprodução e crescimento dos organismos cultivados (VINATEA, 1997). Desta forma, o desenvolvimento das atividades aquícolas, aliado a conscientização dos problemas ambientais, justifica a preocupação com a qualidade da água, em especial àquelas oriundas dos sistemas de cultivos intensivos e semi-intensivos.

Qualidade da água e demanda de oxigênio em viveiros de aquíicultura

A qualidade da água inclui todos os fatores físicos, químicos e biológicos que influenciam o seu uso benéfico (BOYD, 1990; GARCIA e BRUNE, 1991). Existem inúmeras variáveis que influenciam na qualidade da água dos viveiros de aquíicultura, podendo algumas delas serem controladas pelos produtores com a utilização das técnicas de manejo.

Segundo BOYD (2001), qualquer que seja o manejo adotado em um sistema aquícola, deve-se levar em consideração que a produtividade irá depender da qualidade da água dos viveiros. Dentre os parâmetros de qualidade da água, o oxigênio dissolvido (OD) é considerado o fator mais limitante da produção, uma vez que este determina a capacidade de suporte dos viveiros através da sua participação nos processos biológicos vitais (VINATEA, 1997).

O papel do oxigênio na aquíicultura pode ser focado dentro de um amplo espectro em relação aos sistemas de cultivo empregados. Além do tipo de cultivo, uma ampla variação

também pode ocorrer em função dos organismos cultivados, bem como das características ambientais do local do empreendimento. Quanto aos organismos, a demanda de oxigênio pode mudar com a espécie, tamanho dos indivíduos e quantidade do alimento ingerido (BOYD, 2001). Já em relação às características ambientais, pode-se observar diferenças em grande parte relacionadas à concentração de matéria orgânica, vegetação aquática submersa e temperatura da água (HUET, 1978).

Quando os níveis de oxigênio nos viveiros de aquicultura tornam-se baixos, os organismos cultivados podem apresentar uma condição de estresse fisiológico. Esta situação provoca uma grande vulnerabilidade destes animais, o que acarreta no enfraquecimento do sistema imunológico e o consequente aparecimento de infecções (MADENJIAN *et al.*, 1987; LIGHTNER, 1992; RODRIGUEZ e MOULLAC, 2000). Além disso, a baixas concentrações de OD na água, usualmente entre 1,5-3,0 mg/l, ocorre um decréscimo da ingestão de alimento pelos camarões resultando em um baixo crescimento e uma alta conversão alimentar (VILLARREAL, 1984; BARBIERI JÚNIOR e OSTRENSKY, 2002).

Em um sistema de produção, o oxigênio pode ser abordado em função da sua demanda e de seu suprimento. A demanda, considerada como fonte de depleção, ocorre pelo consumo dos organismos para suprir suas necessidades metabólicas e também pode ser gerada pela interação de processos físico-químicos. O suprimento por sua vez, pode se dar de maneira natural pela fotossíntese do fitoplâncton e por difusão atmosférica (RUP *et al.*, 1991).

Nos cultivos, uma estratégia artificial utilizada para a manutenção de níveis adequados do OD nos viveiros é a incorporação mecânica deste gás na água, procedimento comumente denominado aeração. Normalmente, os aeradores são utilizados durante à noite, nas primeiras horas da manhã, e em dias nublados, quando a produção de oxigênio pelo fitoplâncton é baixa ou mesmo nula. Além da produtividade das microalgas, a necessidade de aeração nos viveiros dependerá das características do local do cultivo (clima, solo e qualidade da água de abastecimento) e da densidade de animais cultivados.

Em sistemas de cultivo intensivos e semi-intensivos, os quais possuem uma elevada biomassa e altas taxas de alimentação, torna-se indispensável a utilização de aeradores para obter-se uma boa qualidade da água. A necessidade de aeração complementar é ainda de suma importância em sistemas com reduzida troca de água, os quais são frequentemente utilizados por reduzirem a transferência de patógenos e os impactos ambientais. Além disso, o processo de aeração promove alguns benefícios como a diminuição da estratificação da coluna de água, o acúmulo de matéria orgânica no fundo do viveiro e a liberação de alguns gases tóxicos (CH₄,

H₂S, NH₃ e etc.) na água do cultivo (BARBIERI JUNIOR e OSTRENSKY, 2002; DELGADO *et al.*, 2003).

Por exemplo, no Brasil é empregada uma relação mínima de 2 cv/ha, podendo ser utilizado até 20 cv/ha em densidade mais elevadas. Apesar desta potência impedir que a concentração de oxigênio caia abaixo de níveis considerados de risco (2-3 mg/l), uma maneira para prevenir e garantir o sucesso do cultivo é exceder a quantidade de aeração realmente requisitada pelo sistema (BARBIERI JUNIOR e OSTRENSKY, 2002).

Atualmente, diferentes sistemas de aeração podem ser utilizados para oxigenar os viveiros de aqüicultura, os quais podem ser classificados em quatro tipos básicos: superfície, gravidade, difusão e turbinamento. Os aeradores de superfície são os mais utilizados, entre eles, os modelos de bombas propulsoras e de aeradores de pás (paddlewheel), que são constituídos de dispositivos que agitam a superfície da água, permitindo ministrar proporções consideráveis de transferência de oxigênio. Essa transferência é realizada por hélices ou pás de tamanhos e formas distintas acionadas por um motor, produzindo uma grande agitação e turbulência da superfície, e criando correntes que oxigenam a água até uma distância de 100 metros do aerador (BOYD, 1982, 1997).

O aerador de pás é considerado o mais eficiente equipamento utilizado nos cultivos de camarão e de peixes (BOYD e TUCKER, 1979; ENGLE e HATCH, 1988; BOYD, 1990). No entanto, apesar deste aerador apresentar uma elevada transferência de oxigênio por potência-hora, os gastos com a sua manutenção e utilização giram em torno de 20% do preço final do quilo do camarão, o que torna necessário cálculos corretos para o manejo desta ferramenta. A adequada utilização dos aeradores requer conhecimento quanto à sua eficiência de transferência de oxigênio e o total do oxigênio consumido pelo sistema de cultivo, que é representado pela taxa de respiração do sedimento (TRS), da coluna de água e dos organismos cultivados (FAST e BOYD, 1992).

A relação de equilíbrio do oxigênio em viveiros de bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) é um tema bem abordado pela literatura. Nestes viveiros, a maior parte do oxigênio é produzida pela fotossíntese do fitoplâncton (76,9%) e é consumida pela respiração dos mesmos organismos (57,5%). Uma menor parcela do OD total é exigida pela respiração dos peixes (22,5%) e pela respiração do sedimento (19,4%). Em viveiros de camarão estes dados ainda não são bem conhecidos, porém, sabe-se que tanto o fitoplâncton quanto à renovação de água são fatores dominantes na relação do equilíbrio do oxigênio, sendo que em alguns viveiros, a TRS pode ser também muito significativa (BOYD, 2001).

Em regiões tropicais, a demanda total de oxigênio em viveiros de aquicultura é um fator de grande importância, já que estes são sistemas relativamente pequenos, rasos, geralmente com águas paradas e com grande aporte de matéria orgânica (BRAATHEM, 1983). A matéria orgânica é constituída de inúmeros compostos, entre eles, fezes dos organismos, restos de ração, adubos orgânicos, fito e zooplâncton mortos, que se encontram em diferentes graus de putrefação e demandam uma grande quantidade de oxigênio para sua total decomposição (FAST e BOYD, 1992; PETERSON e MUIR, 1999). Este fator, aliado à demanda de oxigênio exigida pelos organismos bentônicos e pelas reações de oxi-redução da matéria inorgânica é, em grande parte, responsável pela depleção do oxigênio dos viveiros (SHAPIRO e ZUR, 1981; GARCIA e BRUNE, 1991; BOYD, 1995; AVNIMELECH e RITVO, 2003).

É bem conhecido o fato de que nos corpos de água o sedimento consome grande parte do OD (BOWMAN e DELFINO, 1980; DAVIS e LATHROP-DAVIS, 1986; BERTHELSON *et al.*, 1996; AVNIMELECH e RITVO, 2003). Muitas pesquisas têm demonstrado que o oxigênio total captado e gerado na superfície da água é destinado a suprir a TRS (PORCELLA *et al.*, 1986; MADENJIAN, 1990). Em viveiros de carcinicultura, a TRS pode alcançar valores superiores a 50% da demanda de oxigênio em todo o viveiro (MADENJIAN *et al.*, 1987). De acordo com SHARP (1976) e MADENJIAN *et al.* (1987), até a respiração dos camarões cultivados pode representar valores insignificantes quando comparada a TRS.

Devido ao exposto acima, as características do sedimento e os processos que ocorrem neste local, e ainda na interface água-sedimento, são muito importantes e vão influenciar na saúde e no crescimento dos animais cultivados. Na carcinicultura, uma maior atenção deve ser dada ao fundo dos viveiros, uma vez que os camarões habitam na zona de transição água-sedimento, alimentando-se de material precipitado, além de algumas espécies possuírem o hábito de se enterrarem no sedimento (BODDEKE, 1983; AVNIMELECH e RITVO, 2003).

Em cultivos intensivos e semi-intensivos o sedimento acumulado no fundo do viveiro é altamente reduzido (GUO, 1986), enriquecido em matéria orgânica (MARGUIRE e ALLEN, 1986; BOYD e TUCKER, 1992; BOYD *et al.*, 1994; SMITH, 1996; MARTIN *et al.*, 1998), fósforo e nitrogênio (HOPKINS *et al.*, 1994; MARTIN *et al.*, 1998; RITVO *et al.*, 2002). Além disso, nos sistemas de cultivos fechados, com pouca ou sem renovação de água, o sedimento contém uma alta concentração de micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) que é normalmente várias vezes maior que todos aqueles encontrados na água (HOROWITZ, 1991; AVNIMELECH e RITVO, 2003).

Apesar dos nutrientes terem um importante papel no crescimento dos organismos, o acúmulo em excesso destes compostos pode afetar severamente a qualidade da água, o desenvolvimento da comunidade bêntica e conseqüentemente, a reciclagem dos nutrientes. RITVO *et al.* (1998) observaram que a concentração de vários elementos no sedimento costuma aumentar durante o ciclo de engorda dos camarões. Durante este período, o acúmulo de matéria orgânica provoca uma elevação da TRS, que chega a aumentar até quatro ordens de magnitude do início até o final do ciclo de produção (SUPLEE e COTNER, 1996). Além do tempo de cultivo, a concentração de matéria orgânica pode ainda estar relacionada com a idade dos viveiros, de forma que elevadas concentrações são encontradas em viveiros com um maior tempo de vida útil (MUNSIRI *et al.*, 1996).

No entanto, a água dos viveiros nem sempre é afetada pela má qualidade do sedimento. De acordo com DELGADO *et al.* (2003), em viveiros com uma boa qualidade de água foi observado um baixo crescimento e uma alta mortalidade dos animais cultivados. Isso pode ser explicado devido o excesso de matéria orgânica propiciar a formação de zonas anóxicas em alguns pontos dos viveiros. Esses locais são bastante difíceis de serem detectados, e além de tornarem limitada à área ocupada pelos camarões, também afetam o potencial redox do sistema, gerando uma série de compostos potencialmente tóxicos (ROGERS e FAST, 1988). Assim, mesmo quando o corpo de água possui uma oxigenação adequada, a nutrição e o crescimento dos camarões podem ser reduzidos pela depleção de OD na interface água-sedimento (AVNIMELECH *et al.*, 1981; SHAPIRO e ZUR, 1981; RAM *et al.*, 1981; RAM *et al.*, 1982).

Tem sido demonstrado que algumas medidas podem ser tomadas para diminuir o acúmulo de matéria orgânica no fundo dos viveiros e controlar as reações que ocorrem no sedimento. Um princípio importante é minimizar ao máximo a área de depósito de material sedimentado. Isso pode ser conseguido pelo posicionamento adequado dos aeradores que promoverão uma melhor circulação da água, suspensão e oxidação da matéria orgânica, e através de um bom planejamento da topografia do fundo do viveiro, com a escavação de áreas para facilitar a decantação das partículas em um determinado local (AVNIMELECH e RITVO, 2003; DELGADO *et al.*, 2003). A aplicação de alguns compostos químicos, como nitrato e ferro, também pode ser muito eficiente para equilibrar as reações de oxi-redução que ocorrem no sedimento e controlar a solubilidade do sulfito, um composto potencialmente tóxico (MEIJER e AVNIMELECH, 1999).

Entretanto, apesar de existirem diversas pesquisas para melhorarem a qualidade do sedimento, são poucos os estudos que caracterizam a demanda total de oxigênio de viveiros de

cultivo e também a taxa de aeração necessária durante o ciclo de engorda do camarão. Por exemplo, no Brasil se desconhece a existência de dados sobre a demanda total de oxigênio em cultivos tanto de água doce como de água salgada. Porém, hoje esta situação pode ser modificada e projetos com tal interesse podem ser viabilizados pelo desenvolvimento de metodologias e instrumentos adequados, que permitem uma avaliação direta da representatividade do consumo de oxigênio pela totalidade do cultivo. Métodos práticos e de baixo custo, além de possibilitarem o monitoramento das condições do ambiente de cultivo pelos produtores, podem também contribuir para uma melhor utilização do sistema de aeração mecânica. Assim, no intuito de otimizar a utilização desta tecnologia para diminuir os gastos na produção, torna-se necessário à execução de trabalhos que caracterizem a demanda total de oxigênio em viveiros de camarão e obtenham cálculos aproximados da necessidade real de aeração (cv/ha) .

MANUSCRITO

Caracterização da taxa de respiração e estimativa da necessidade de aeração mecânica em viveiros de cultivo semi-intensivo do camarão Litopenaeus vannamei .

Kárlia Dalla Santa Amaral¹ e Luis Vinatea Arana²

²Laboratório de Camarões Marinhos, Departamento de Aqüicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, 88062-601, Florianópolis, SC, Brasil.

Palavras Chave: Taxa de respiração, aeração, cultivo semi-intensivo, Litopenaeus vannamei.

Correspondência com o autor: e-mail: kar123@terra.com.br

RESUMO

No intuito de contribuir para aumentar a eficiência do manejo do oxigênio dissolvido no cultivo semi-intensivo do camarão Litopenaeus vannamei em Santa Catarina - Brasil, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a taxa de respiração de três viveiros (1,2 ha), e estimar o cálculo aproximado das necessidades reais de aeração (cv/ha) durante nove semanas de um ciclo de produção (fevereiro a abril de 2003). Na caracterização da taxa de respiração do sedimento (TRS) e da coluna de água (TRA), realizada pelo método das colunas, foi observado, exceto para terceira semana de cultivo, que a respiração do sedimento foi significativamente maior que a da água. A TRS mostrou uma ampla variação (0,07 a 0,16 g m⁻² h⁻¹) durante o período experimental, sendo que a maior taxa de respiração ocorreu na última semana de cultivo. A análise do sedimento realizada no início e no final do ciclo de cultivo, também mostrou diferenças quanto à concentração de matéria orgânica (3,4 e 6,3 %). Por outro lado, a TRA variou pouco (0,04 a 0,07 g m⁻² h⁻¹) e apresentou um perfil similar ao da fotossíntese, determinada pelo método das garrafas clara e escura. A partir dos dados de respiração da água e do sedimento, e também da taxa média de respiração do camarão, descrita pela literatura, foi caracterizada a necessidade de aeração temporal. Nestes resultados, foi visto que a potência de aeração estimada (cv/ha) teve uma relação com o tempo de cultivo, como indicou a análise de regressão polinomial. A maior quantidade de aeração foi necessária na última semana de cultivo (2,62 ± 0,06 cv/ha). No entanto, somente para primeira semana, a potência de aeração calculada tornou-se próxima daquela utilizada na Estação Experimental Yakult, onde foi realizado o presente estudo (1,08 e 1,7 cv/ha, respectivamente). De maneira geral, a aeração estimada foi baixa para todas as semanas, o que sugere uma boa qualidade do ambiente de cultivo. Contudo, para elucidar a relação dos mecanismos de equilíbrio do oxigênio e da necessidade de aeração, torna-se necessários à realização de mais pesquisas, já que estes dois fatores podem variar com o manejo, tipo de cultivo e região de estudo.

1. Introdução

O aerador de pás é considerado o mais eficiente equipamento utilizado nos cultivos de camarão e de peixes (Boyd e Tucker, 1979; Engle e Hatch, 1988; Boyd, 1990). No entanto, apesar deste aerador apresentar uma elevada transferência de oxigênio por potência-hora, os gastos com a sua manutenção e utilização giram em torno de 20% do preço final do quilo do camarão, o que torna necessário cálculos corretos para o manejo desta ferramenta. A adequada utilização dos aeradores requer conhecimentos quanto a sua eficiência de transferência de oxigênio e o total do oxigênio consumido pelo sistema de cultivo, que é representado pela taxa de respiração do sedimento (TRS), da coluna de água e dos organismos cultivados (Fast e Boyd, 1992).

A relação de equilíbrio do oxigênio em viveiros de bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) é um tema bem abordado pela literatura. Nestes viveiros, a maior parte do oxigênio é produzida pela fotossíntese do fitoplâncton (76,9%), e é consumida pela respiração dos mesmos organismos (57,5%). Uma menor parcela deste oxigênio dissolvido (OD) total é exigida pela respiração dos peixes (22,5%) e pela respiração do sedimento (19,4%). Em viveiros de camarão estes dados ainda não são bem conhecidos, porém, sabe-se que tanto o fitoplâncton quanto a renovação de água são fatores dominantes na relação de equilíbrio do oxigênio, sendo que em alguns viveiros, a respiração do sedimento pode ser também muito significativa (Boyd, 2001).

Em regiões tropicais, a demanda total de oxigênio em viveiros de aquicultura é um fator de grande importância, já que estes são sistemas relativamente pequenos, rasos, geralmente com águas paradas e com grande aporte de matéria orgânica (Braathem, 1983). Normalmente, a concentração de compostos orgânicos no sedimento de viveiros aquícolas tende a aumentar com o tempo de cultivo, e é várias vezes maior que a encontrada na coluna de água (Munsiri et al., 1996; Avnimelech e Ritvo, 2003). Esta matéria orgânica é constituída de inúmeros compostos, entre eles, fezes dos organismos, restos de ração, adubos orgânicos, fito e zooplâncton mortos, que se encontram em diferentes graus de putrefação e demandam de uma grande quantidade de oxigênio para sua total decomposição (Fast e Boyd, 1992; Peterson e Muir, 1999).

Muitas pesquisas têm demonstrado que o oxigênio total captado e gerado na superfície da água é destinado a suprir a TRS (Bowman e Delfino, 1980; Davis e Lathrop-Davis, 1986; Porcella et al., 1986; Madenjian, 1990; Berthelson et al., 1996; Avnimelech e Ritvo, 2003). Em viveiros de carnicultura a TRS pode chegar a valores superiores a 50% da demanda de oxigênio em todo o viveiro (Madenjian et al., 1987). Estes valores chegam a ser tão altos a

ponto de tornar insignificante a demanda de oxigênio pela respiração dos camarões cultivados (Sharp, 1976; Madenjian et al., 1987).

Pelo exposto acima, uma maior atenção deve ser dada ao fundo dos viveiros, uma vez que as características do sedimento e os processos que ocorrem neste local, e ainda na interface água-sedimento, vão influenciar na saúde e no crescimento dos animais cultivados. Esta atenção deve ser redobrada em se tratando de viveiros de carcinicultura, já que os camarões habitam na zona de transição água-sedimento, alimentando-se de material precipitado, além de algumas espécies possuírem o comportamento de se enterrarem no sedimento (Boddeke, 1983; Avnimelech e Ritvo, 2003).

Entretanto, apesar de existirem diversas pesquisas para melhorarem a qualidade do sedimento, são escassos os estudos sobre a demanda total de oxigênio de viveiros de cultivo e também sobre a necessidade de aeração durante o ciclo de engorda do camarão. Por exemplo, no Brasil se desconhece a existência de dados sobre a demanda total de oxigênio em cultivos tanto de água doce como de água salgada. Porém, hoje esta situação pode ser modificada e projetos com tal interesse podem ser viabilizados pelo desenvolvimento de metodologias e instrumentos adequados, que permitem uma avaliação direta da representatividade do consumo de oxigênio pela totalidade do cultivo. Métodos práticos e de baixo custo, além de possibilitarem o monitoramento das condições do ambiente de cultivo pelos produtores, podem também contribuir para uma melhor utilização do sistema de aeração mecânica. Assim, no intuito de otimizar a utilização desta tecnologia para diminuir os gastos na produção, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a taxa de respiração da coluna de água e do sedimento, e estimar o cálculo aproximado da necessidade real de aeração em três viveiros de cultivo semi-intensivo do camarão *Litopenaeus vannamei*.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de estudo e manejo do cultivo

A presente pesquisa foi realizada na Estação Experimental Yakult, pertencente à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e localizada no município de Barra do Sul, Santa Catarina – Brasil (26⁰32'S e 48⁰39'W). Para este estudo foram utilizados três viveiros, com uma área de 1,2 ha cada, onde os experimentos foram desenvolvidos semanalmente ao longo de um ciclo de produção (fevereiro a abril de 2003).

No manejo dos viveiros, a taxa de renovação de água foi de 5% ao dia, e para a aeração foram utilizados até 3 aeradores de pás (2 cv) os quais permaneceram ligados num período entre o anoitecer e o amanhecer do dia. A densidade de estocagem em cada viveiro foi de 21 camarões/m² (*Litopenaeus vannamei*) com peso médio inicial de 2,5 g e final de 12 g. A taxa diária de arrazoamento foi de 6% da biomassa dos camarões no início do cultivo e de 3% na fase final do confinamento. Para avaliar as oscilações dos parâmetros físico-químicos ao longo do ciclo de produção, foram realizadas análises semanais de temperatura, pH, salinidade, transparência da água e oxigênio dissolvido (OD).

2.2. Caracterização da respiração do sedimento e da coluna de água

A taxa de respiração do sedimento (TRS) e da coluna de água (TRA) foi caracterizada pelo método das colunas, originalmente descrito por Shapiro e Zur (1981) e aplicado à realidade dos viveiros de aqüicultura por Boyd (1995).

Neste experimento foram usados canos de PVC de 5 cm de diâmetro e 140 cm de altura, e um oxímetro polarográfico (YSI 550 A). Em cada viveiro foram colocados três pares de canos, sendo cada par disposto e fixado na margem lateral inicial, média e final do viveiro, representado de maneira homogênea à área de estudo (Fig.1). De cada par, um dos canos (coluna controle) foi utilizado para caracterizar a TRA, e o outro (coluna experimental), a TRS juntamente com a TRA.

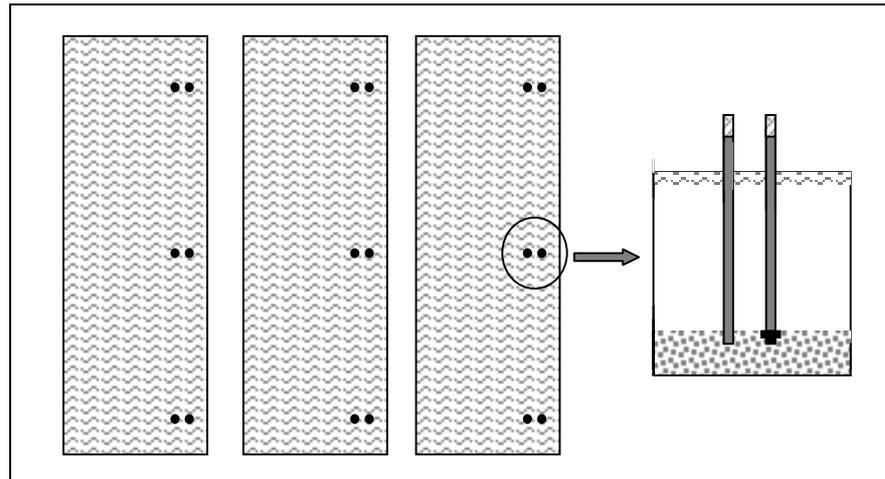


Fig. 1. Desenho esquemático das unidades experimentais (viveiros) e suas respectivas estações de coleta, cada uma equipada com as colunas experimental e controle.

Para a execução deste experimento, cada par de colunas foi posicionado verticalmente ao fundo do viveiro, mantendo-se uma pequena distância do sedimento. Rapidamente, removendo-se apenas a tampa inferior da coluna experimental, as colunas foram pressionadas e fincadas no solo a uma profundidade de 5-10 cm. Após este procedimento, as mesmas foram preenchidas até uma altura de 100 cm com a água do próprio viveiro. Porém, antes das colunas serem preenchidas, a água foi previamente filtrada, através de uma malha de 100 μm , para a remoção de sólidos suspensos, e saturada com oxigênio, mediante agitação por alguns minutos. Depois de determinar a concentração inicial de OD da superfície e do fundo para ambas as colunas, as mesmas foram incubadas por um período de 24 h para obter-se a concentração final de OD. Obtendo-se a alteração da concentração de OD causada pela respiração, a TRS e a TRA foram determinadas pela Eq. (1):

$$R = \frac{\Delta \text{DO} \cdot H}{T} \quad (1)$$

Onde, R é a respiração ($\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$); ΔDO é a alteração de OD causada pela respiração (g m^{-3}); H é a altura da coluna com a água do viveiro (m) e T, o tempo de incubação (h). Para evitar a penetração de luz no interior das colunas e impedir a atividade fotossintética durante o experimento, as mesmas foram pintadas de preto e tampadas na superfície com papel alumínio.

Para uma melhor compreensão da TRS e da importância do incremento de matéria orgânica na depleção do oxigênio, foi realizada análise do sedimento no início e no final do ciclo de cultivo. Para cada unidade experimental foi determinada a porcentagem de matéria orgânica de um “pool” de sedimento coletado em 12 pontos amostrais.

2.3. Caracterização da fotossíntese

Para acompanhar semanalmente a atividade fotossintética, mediante alterações na concentração de OD em amostras da água do viveiro incubadas na ausência e presença de luz, empregou-se o método das garrafas clara e escura (Boyd e Tucker, 1992).

Devido a fotossíntese ser alterada pela incidência de luz, cada par de garrafas, composto por uma garrafa de 2l transparente e outra escura, foi fixado em duas profundidades do viveiro (superfície e fundo). Após serem preenchidas com a água do viveiro, as garrafas foram incubadas num intervalo de tempo das 8:00 h às 18:00 h. Para cada viveiro as análises foram realizadas em triplicata, com pontos de coleta iguais ao da Fig. 1.

2.4. Caracterização da necessidade temporal de aeração mecânica

Para caracterizar a necessidade temporal de aeração mecânica (cv/ha) nos viveiros de camarão, foram utilizados todos os dados de respiração. Assim, através de taxas mínima, média e máxima de respiração dos camarões (0,02, 0,08, e 0,16 mg l⁻¹ h⁻¹, respectivamente), descrita pela literatura (Fast e Boyd, 1992), e dos dados da TRA e da TRS, obtidos pelo do método das colunas, calculou-se a demanda de oxigênio (DO) através da Eq. 2:

$$DO = TRC + TRA + TRS \quad (2)$$

Onde, DO é a demanda de oxigênio (mg l⁻¹ h⁻¹); TRC é a taxa de respiração do camarão (mg l⁻¹ h⁻¹); TRA é a taxa de respiração da água (mg l⁻¹ h⁻¹) e TRS, a taxa de respiração do sedimento (mg l⁻¹ h⁻¹). Seguidamente, levando em consideração o volume total do viveiro, a DO foi ajustada pela Eq. 3:

$$DTO = DO \times V \times 10^{-3} \quad (3)$$

Onde, DTO é a demanda total de oxigênio (kg h⁻¹); V é o volume do viveiro (m³) e 10⁻³, o fator de conversão. Com base nos valores da taxa padrão de transferência de oxigênio dos aeradores

existentes no mercado, logo se passa a determinar a taxa de transferência de oxigênio à 20°C pela Eq. 4:

$$TTO_{20} = \frac{SORT (C_s - C_m)}{C_s} \quad (4)$$

Onde, TTO_{20} é a taxa de transferência de oxigênio a 20°C (kg h^{-1}); SORT (Standard Oxygen Transference Rate) é a taxa padrão de transferência de oxigênio (kg h^{-1}); C_s é a concentração de oxigênio saturado a 20°C (mg l^{-1}) e C_m , a concentração mínima tolerável de oxigênio (3 mg l^{-1}). Logo após, a taxa de transferência do oxigênio foi ajustada a temperatura média das unidades experimentais pela Eq 5:

$$TTO_T = TTO_{20} \times 1,024^{T-20} \quad (5)$$

Onde, TTO_T é a taxa de transferência de oxigênio a temperatura do viveiro (kg h^{-1}) e T, a temperatura do viveiro ($^{\circ}\text{C}$). Uma vez obtidos todos estes dados, calculou-se por meio da Eq. 6, a potência de aeração necessária por hectare de viveiro (cv/ha) em cada semana do ciclo de produção.

$$\text{Número de aeradores} = \frac{DTO}{TTO_T} \quad (6)$$

2.5. Análise estatística

Para observar o comportamento das taxas de respiração da água (TRA), do sedimento (TRS) e da fotossíntese separadamente, ao longo das nove semanas de cultivo, foi realizado o teste ANOVA. O teste de Tukey foi utilizado para comparar e avaliar as médias. A correlação entre TRA e TRS foi verificada pelo teste paramétrico T-Student. Para os dados referentes à aeração necessária durante o tempo de cultivo, foi realizada a análise estatística de regressão polinomial. O nível de significância utilizado em todos os testes foi $P < 0,05$.

3. Resultados

3.1. Taxa de respiração do sedimento e da coluna da água

A taxa de respiração do sedimento (TRS) e da coluna de água (TRA), durante as nove semanas de um ciclo de cultivo do camarão *L. vannamei*, podem ser observados na Fig. 1. Relacionando a TRS e a TRA, observou-se que as maiores taxas de respiração foram as do sedimento, as quais ultrapassaram em até quatro vezes os valores da respiração da água ($0,16 \pm 0,01$ e $0,04 \pm 0,006$ g m⁻² h⁻¹, respectivamente). Exceto para terceira semana de cultivo, houve diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os valores da TRS e da TRA. Estas diferenças podem ser claramente evidenciadas na Fig. 1., onde o perfil da respiração da água e do sedimento foi invertido e alternado em algumas semanas do ciclo. Nas primeiras semanas ocorreu um aumento da TRA e um decréscimo da TRS, enquanto que nas últimas semanas (oitava a nona) houve uma inversão deste modelo.

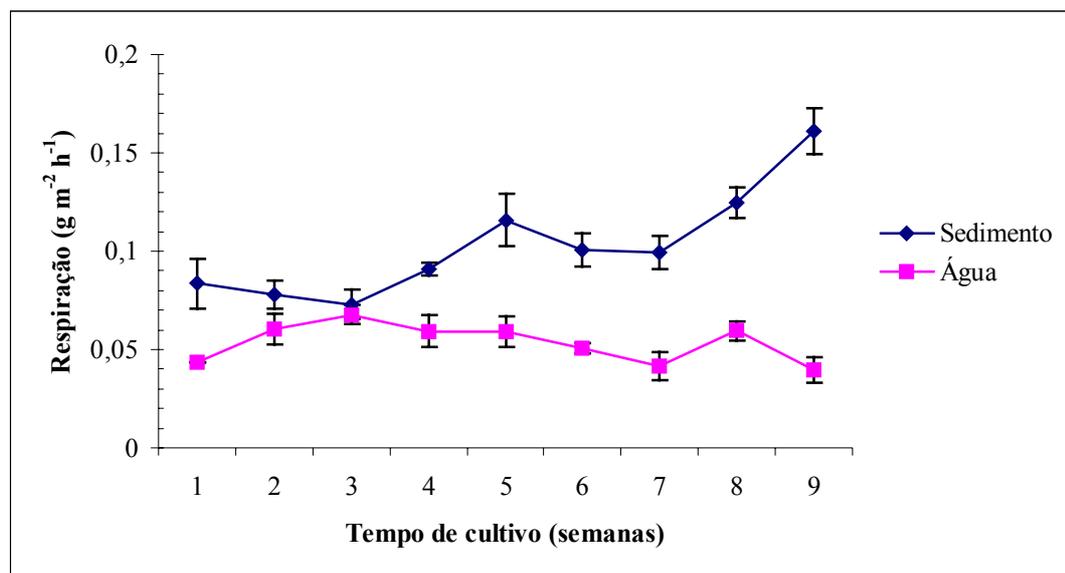


Fig. 1. Médias das taxas de respiração do sedimento e da coluna de água de três viveiros de cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* durante um ciclo de cultivo. As barras de erro indicam os desvios padrão.

Os valores da TRS mostraram uma alta variação durante o período experimental ($0,07 \pm 0,007$ a $0,16 \pm 0,01$ g m⁻² h⁻¹), sendo que a taxa máxima de respiração ocorreu na última semana de cultivo, apresentando uma diferença significativa ($P < 0,05$) das demais semanas. No entanto, observou-se que a TRS não foi linear, podendo ser notado períodos de elevação e queda destas

taxas ao longo do ciclo de produção (Tab. 1). Como a TRS, a concentração de compostos orgânicos no sedimento também aumentou. No início do ciclo de cultivo, o sedimento mostrou uma concentração média de matéria orgânica (3,4%), mas no final do período experimental, esta concentração foi mais elevada (6,3%), igualmente a respiração do sedimento.

Por outro lado, os valores da TRA variaram pouco ($0,04 \pm 0,006$ a $0,07 \pm 0,005$ $\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$), não sendo observada uma diferença significativa ($P < 0,05$) entre a primeira e a última semana do experimento. Da mesma maneira que os valores da TRS, o comportamento da TRA não foi linear durante o período experimental, chegando a decair na última semana de cultivo (Tab. 1). A fotossíntese apresentou um perfil similar ao da TRA, exibindo uma elevação no início do ciclo de cultivo e um decréscimo no final, de modo que não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre a primeira e última semana de experimento (Fig. 2).

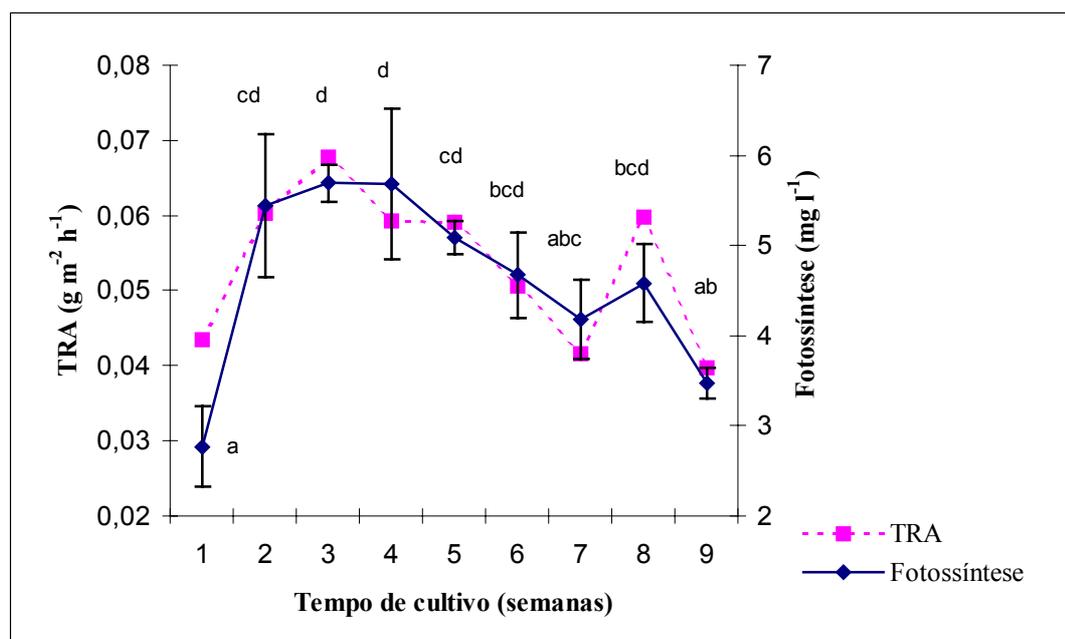


Fig. 2. Média das taxas de respiração da coluna de água (TRA) e fotossíntese de três viveiros do camarão *Litopenaeus vannamei* durante um ciclo de cultivo. Na fotossíntese as barras de erros indicam os desvios padrão, e as letras indicam a diferença significativa entre as médias ($P < 0,05$)

Quanto aos parâmetros da qualidade da água (Fig. 3), a salinidade, temperatura e pH mantiveram-se dentro de uma faixa adequada para o cultivo do *L. vannamei* durante todas as semanas do experimento. Já a transparência da água apresentou um acentuado declive da primeira

para a segunda semana de cultivo, tornando-se mais estável nos demais períodos experimentais. As médias de oxigênio dissolvido ficaram sempre acima de 4 mg l^{-1} .

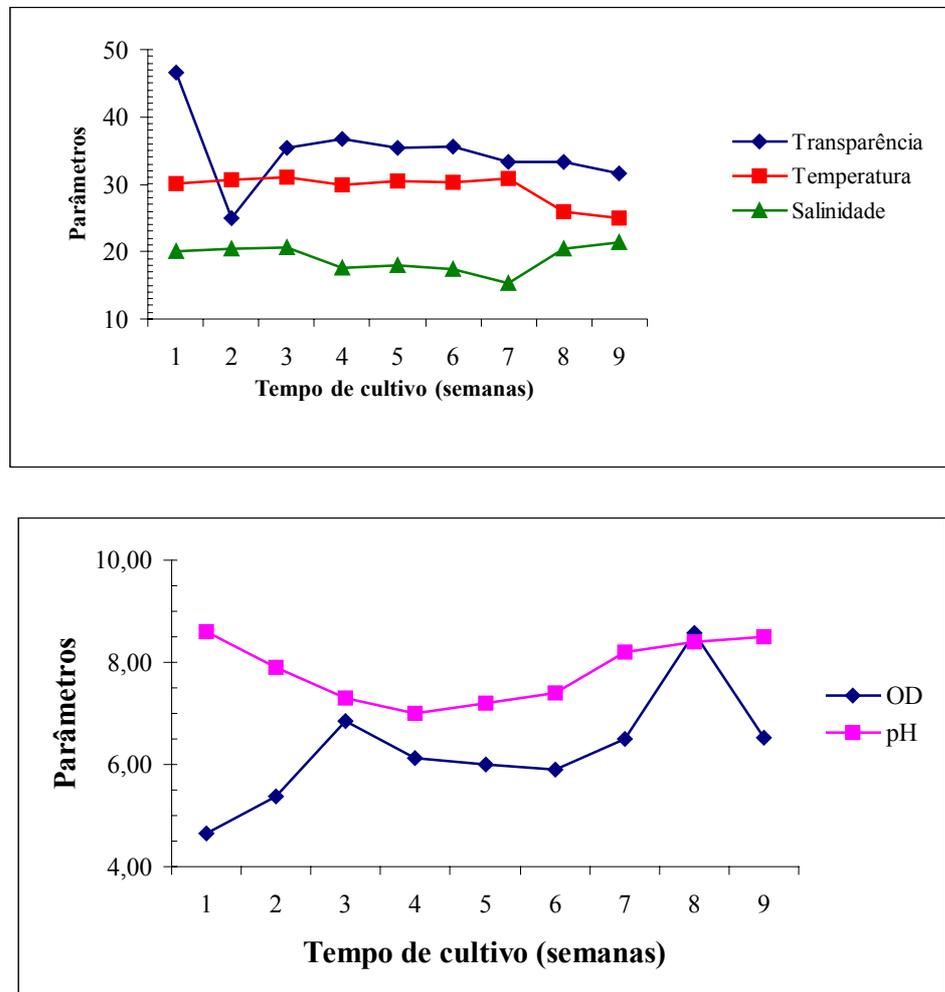


Fig.3 . Médias dos parâmetros da qualidade da água de três viveiros do camarão *Litopenaeus vannamei* durante um ciclo de cultivo. (A) transparência (cm), temperatura (°C) e salinidade (ppt). (B) pH e oxigênio dissolvido (OD) (mg l^{-1}).

3.2. Caracterização da necessidade temporal de aeração mecânica

Através dos dados da TRS, TRA e das taxas de respiração de juvenis do camarão *L. vannamei*, foi caracterizada a necessidade de aeração durante um ciclo de cultivo. Na Tab. 1 pode-se observar os dados médios da demanda total de oxigênio (DTO) e da necessidade de aeração de três viveiros, durante cada semana do experimento.

Como os cálculos de aeração foram realizados com base nos dados da DTO, e ambos terem apresentado um perfil muito similar em relação a variável tempo de cultivo, foi realizada análise estatística apenas para os resultados da caracterização da necessidade de aeração. Pela análise de regressão, constatou-se que a necessidade de aeração não foi linear com o tempo de cultivo. Todavia, foi detectada uma relação entre estas variáveis pela análise de regressão polinomial de sexto grau ($R^2=0,815$). Observou-se que os resultados de aeração estão claramente relacionados com os dados da DTO, sendo necessário uma maior potência de aeração na última semana de cultivo ($2,62 \pm 0,06$ cv/ha). No entanto, somente para a primeira semana do ciclo, a potência de aeração calculada ($1,08 \pm 0,05$ cv/ha) tornou-se mais próxima daquela utilizada na Estação Experimental Yakult (1,7 cv/ha). Na segunda semana, a potência utilizada em cada viveiro (3,3 cv/ha) foi praticamente o dobro daquela estimada ($1,16 \pm 0,04$ cv/ha). Já a partir da terceira semana, quando foram utilizados cerca de 5 cv/ha, os valores calculados foram ainda mais discrepantes em relação a potência empregada na fazenda Yakult, ocorrendo uma maior diferença na terceira, quarta e sexta semanas do cultivo (Tab. 1).

Tab. 1 - Semanas de cultivo e peso médio do camarão (PMC) Litopenaeus vannamei. Taxa de respiração do camarão (TRC), da água (TRA) e do sedimento (TRS). Demanda total de oxigênio (DTO) dos viveiros, potência de aeração estimada (PE) e potência utilizada na Estação Experimental Yakult (PY).

Semanas	PMC(g)	Taxa de Respiração (g m ⁻² h ⁻¹)			DTO (kg h ⁻¹)	P E (cv/ha)	P Y (cv/ha)
		TRC **	TRA *	TRS *			
1	2,5	0,02	0,04 ± 0,000 ^{ab}	0,08 ± 0,043 ^{ab}	1,76 ± 0,15	1,08 ± 0,05	1,7
2	4,7	0,02	0,06 ± 0,008 ^{bc}	0,08 ± 0,060 ^{ab}	1,90 ± 0,15	1,16 ± 0,04	3,3
3	5,4	0,02	0,07 ± 0,005 ^c	0,07 ± 0,068 ^a	1,93 ± 0,15	1,18 ± 0,04	5
4	6,3	0,08	0,06 ± 0,008 ^{bc}	0,09 ± 0,059 ^{abc}	2,76 ± 0,08	1,68 ± 0,02	5
5	7,7	0,08	0,06 ± 0,008 ^{bc}	0,12 ± 0,059 ^{cd}	3,06 ± 0,22	1,86 ± 0,07	5
6	9,0	0,08	0,05 ± 0,002 ^{abc}	0,10 ± 0,051 ^{bcd}	2,78 ± 0,09	1,68 ± 0,03	5
7	9,7	0,16	0,04 ± 0,007 ^a	0,10 ± 0,042 ^{abcd}	3,61 ± 0,18	2,20 ± 0,06	5
8	10,8	0,16	0,06 ± 0,005 ^{bc}	0,12 ± 0,060 ^d	4,13 ± 0,04	2,50 ± 0,01	5
9	12	0,16	0,04 ± 0,006 ^a	0,16 ± 0,040 ^e	4,33 ± 0,19	2,62 ± 0,06	5

A TRA, TRS , DTO e PE são representadas com suas médias ± DP.

* As letras sobrescritas nos valores da TRA e TRS indicam a diferença significativa entre as médias ($P < 0,05$).

** A TRC (mínima, média e máxima) foi obtida da literatura.

4. Discussão

Em viveiros de aquicultura é sabido que diversos fatores podem afetar as características do sedimento, e conseqüentemente alterar as taxas de respiração. Dentre os trabalhos que caracterizaram a taxa de respiração do sedimento (TRS), foi observado que esta pode variar em função da região de estudo, tipo de cultivo e metodologia empregada. De acordo com Berthelson et al. (1996), a TRS pode ainda ser heterogênea dentro de um mesmo viveiro, sendo que estas diferenças podem estar relacionadas com a intensidade das correntes geradas pelos aeradores e pelo vento, e também com o manejo da alimentação. Desta maneira, para representar homogeneamente a TRS das unidades experimentais do presente trabalho, os ensaios foram feitos em triplicata e com pontos de coleta estrategicamente localizados dentro de cada viveiro. Além do mais, as unidades experimentais utilizadas possuíam as mesmas características, o que provavelmente influenciou na pequena variação dos resultados.

Neste estudo, foi visto que a amplitude de valores da TRS caracterizados ao longo do ciclo de produção (0,07 a 0,16 g m⁻² h⁻¹), encontram-se dentro da faixa de resultados citados na revisão de Avnimelech e Ritvo (2003), que foi de 0,01 a 5,3 g m⁻² h⁻¹. No entanto, os valores acima citados são referentes à respiração do sedimento de viveiros de uma grande diversidade de organismos cultivados. Já em viveiros de camarão de água doce e de água salgada, foram observadas taxas médias de TRS de aproximadamente 0,23 e 0,29 g m⁻² h⁻¹, respectivamente (Madenjian et al., 1987; Madenjian, 1990). Segundo Garcia e Brune (1991), em viveiros sem aeração com uma densidade de 5 camarões/m², a TRS máxima encontrada foi de 0,04 g m⁻² h⁻¹, enquanto que em viveiros com aeração e densidades entre 20 –200 camarões/m², a média da TRS ficou em torno de 0,06 g m⁻² h⁻¹.

Geralmente, em viveiros de camarão, a concentração de matéria orgânica e a TRS tendem a aumentar com o tempo de cultivo (Ritvo, 1998). Neste trabalho foi observado um padrão semelhante, onde a TRS aumentou cerca de 2 vezes do início ao final do ciclo de cultivo. No trabalho de Suplee e Cotner (1996) foi constatado o mesmo comportamento, porém, a TRS cresceu cerca de 4 vezes da terceira semana de cultivo até o final do ciclo de produção, apresentando uma variação de 0,06 e 0,24 g m⁻² h⁻¹. Utilizando o método das colunas em viveiros de peixe (*Cyprinus carpio*), Shapiro e Zur (1981) também relataram um acréscimo nos valores da TRS, os quais foram de 0 a 0,09 e de 0 a 0,05 g m⁻² h⁻¹, para densidades de 20.000 e 7.000 animais/ha, respectivamente.

Na análise do sedimento, foi observado um acréscimo na concentração de matéria orgânica do início para final do ciclo de cultivo (de 3,4 a 6,3%). Isso possivelmente acarretou numa maior demanda de oxigênio pelas bactérias decompositoras e a elevação da TRS no final do cultivo. O trabalho de Martinez-Cordova et al. (2002), também exibiu este comportamento em viveiros de *L. stylirostris* (20 camarões/m²) supridos com dois tipos de dietas. Apesar de ambas as dietas terem sido fornecidas de acordo com o consumo diário, a concentração final (2,78 e 3,63%) de matéria orgânica foi bem menor que a observada no presente trabalho. Por outro lado, Suplee e Cotner (1996) constataram que a superfície do sedimento de viveiros de *L. vannamei* (21 camarões/m²) era altamente enriquecida com compostos orgânicos (8-15%) no fim de um ciclo de produção. Tendo em vista que os trabalhos acima citados utilizaram uma densidade de estoque muito similar, provavelmente o fator mais atuante sobre a qualidade do sedimento foi o manejo dos viveiros.

O perfil não linear dos dados de respiração encontrados neste trabalho, também sugere que houve uma influência do manejo sobre a TRS. Nas primeiras semanas ocorreu uma menor TRS, e isto supostamente ocorreu devido ao esgotamento parcial da biomassa benthica, provocada pelas práticas de manejo (desinfecção, oxidação e mineralização da matéria orgânica do sedimento) no início do cultivo. Já na sétima semana do experimento, a diminuição da TRS foi provavelmente devido a uma forte renovação de água (40%), com a conseqüente suspensão e remoção da matéria orgânica do ambiente de cultivo. Nas duas últimas semanas, quando houve a calagem da água dos viveiros, a TRS novamente aumentou, possivelmente em função da precipitação da matéria orgânica e do fitoplâncton suspensos na coluna de água pelo carbonato de cálcio (CaCO₃) adicionado no ambiente.

Ao contrário da TRS, a TRA foi baixa no final do ciclo de cultivo, não apresentando diferença significativa do valor encontrado na primeira semana de experimento. Normalmente, a TRA é proporcional à incidência do fitoplâncton, e é ocasionada basicamente pela respiração destas microalgas na ausência de luminosidade. Durante as duas últimas semanas deste experimento ocorreram fortes chuvas, o que pode ter ocasionado a morte do fitoplâncton, e conseqüentemente, uma queda na TRA. Em trabalhos realizados em viveiros de camarão, foi relatado que a produtividade do fitoplâncton pode variar amplamente em função de alguns fatores. Buford (1997), analisando a produtividade primária em viveiros de camarão, por um período de 6 meses, relatou que a luminosidade, profundidade e a turbidez da água afetaram a produtividade primária. Ainda de acordo com esse autor, a ocorrência de chuvas fortes durante um ciclo de cultivo pode resultar em uma alta turbidez da água, bloqueando a penetração de luz

e causando um decréscimo da biomassa do fitoplâncton. Na revisão de Alonso-Rodríguez e Páez-Osuna (2003), foi relatado que em viveiros de camarão localizados no México, a população de fitoplâncton variou grandemente em termos quantitativos, de forma que tanto o decréscimo como o aumento das microalgas foi observado no final de ciclos de produção. Segundo estes autores, a ampla variação do fitoplâncton comprova a influência do manejo do alimento, fertilização, intensidade de renovação e da qualidade de água de abastecimento na concentração destas microalgas.

A água de abastecimento da Estação Experimental Yakult, onde foi realizada a presente pesquisa, apresentou uma alta transparência na primeira semana de cultivo, o que indicou uma baixa concentração de microalgas. De acordo o estudo de Boyd (2001), realizado em viveiros de bagre do canal (*Ictalurus punctatus*), a maior parte do oxigênio no ambiente foi produzida pela fotossíntese do fitoplâncton, e consumida pela respiração destes organismos. Em viveiros de camarão localizados no Texas, a mesma situação foi relatada por Garcia e Brune (1991).

Na presente estudo, a relação entre a produção e o consumo de oxigênio pelo fitoplâncton, pode ser observada analisando-se o perfil da fotossíntese e da TRA. Assim como a TRA, a fotossíntese aumentou nas primeiras semanas e decaiu no final do ciclo de produção, sugerindo que a produtividade primária e a TRA são proporcionais à concentração do fitoplâncton.

Além disso, a TRA foi baixa e não variou entre a primeira e última semana do cultivo ($0,04 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$), quando comparada aos valores de TRS. Da mesma forma, Shapiro e Zur (1981) constataram uma baixa respiração da água em viveiros de peixes, enquanto que Barry et al. (1984), relataram que a respiração da água ($0,02$ a $0,31 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) foi maior que a do sedimento ($0,01$ a $0,04 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) em viveiros de *Macrobrachium rosenbergii*.

Assim como a TRA e a TRS, a demanda de oxigênio requerida pelo camarão pode diferir ao longo do tempo de cultivo, de modo que uma maior taxa de respiração pode ocorrer em animais menores que 3 g (Egusa, 1961). Como neste trabalho o peso médio dos camarões variou de 2,5 g a 12 g durante as nove semanas de cultivo, considerou-se três taxas de respiração para *L. vannamei* (mínima, média e máxima).

Quanto à caracterização da necessidade de aeração, foi necessária uma maior potência de aeração na última semana de cultivo ($2,62 \pm 0,06 \text{ cv/ha}$). No entanto, observou-se que a potência de aeração utilizada na Fazenda Yakult extrapolou aquela estimada neste trabalho durante todas as semanas do experimento. Somente na primeira semana do ciclo, a potência de aeração calculada se aproximou daquela utilizada na fazenda (1,08 e 1,7 cv/ha, respectivamente). Isso

pode ser explicado, pelo fato da maior parte dos produtores de camarão excederem a quantidade de aeração realmente requisitada pelo sistema, a fim de garantirem o sucesso do cultivo. Por exemplo, no Brasil emprega-se uma relação mínima de 2 cv/ha, podendo ser utilizado até 20 cv/ha em densidades mais elevadas (Barbieri Junior e Ostrensky, 2002). Porém, é de suma importância enfatizar, que os cálculos feitos por este método podem variar de acordo com os valores de respiração da região ou tipo de cultivo, o que torna necessário à realização de mais estudos para elucidar os mecanismos do equilíbrio do oxigênio e da necessidade de aeração.

5. Conclusões

Os resultados do presente trabalho mostraram que em viveiros do camarão L. vannamei, tanto a demanda total de oxigênio como a necessidade de aeração variaram ao longo do tempo de cultivo. Os métodos in situ empregados parecem ter representado adequadamente as condições naturais do ambiente de cultivo, como indicado pelos valores de fotossíntese e das taxas de respiração do sedimento (TRS) e coluna a água (TRA), os quais foram alterados concomitantemente com o manejo dos viveiros e com as condições climáticas da região. De maneira geral, a necessidade de aeração estimada para todas as semanas de cultivo foi baixa, o que indicou uma boa qualidade do ambiente de cultivo. No entanto, para comprovar se a potência de aeração calculada neste trabalho foi realmente apropriada, torna-se necessário à realização de um futuro estudo na Estação Experimental Yakult que empregue os dados de respiração e quantidade de aeradores estimados.

Agradecimentos

A execução deste trabalho foi realizada com a colaboração dos funcionários e estagiários da Estação Experimental Yakult, pertencente à Universidade Federal de Santa Catarina, e também com o apoio da Empresa Bernauer, a qual forneceu equipamentos necessários a esta pesquisa.

Referências Bibliográficas

Alonso-Rodríguez, R., Páez-Osuna, F. 2003. Nutrients, phytoplankton and harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with especial reference to the situation in the Gulf of California. *Aquaculture*. 219, 317-336.

Avnimelech, Y., Ritvo, G. 2003. Shrimp and fish pond soils: processes and management. *Aquaculture*. 220, 549-569.

Barbieri- Júnior, R. C., Ostrensky, A. O. 2002. Camarões marinhos – Engorda. Viçosa: Ed. Aprenda Fácil. p. 350.

Barry, A., Costa-Pierce, D. B., Craven, D. M., Laws, K., Laws, A. E. 1984. Correlation of in situ respiration rates microbial biomass in prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) ponds. *Aquaculture*. 37, 157-168.

Berthelson, C. R., Cathcart, T. P., Pote, J. 1996. W. In situ measurement of sediment oxygen demand in catfish ponds. *Aquac. Eng.* .15, 261-271.

Boddeke, R. 1983. Survival strategies of Penaeid shrimps and their significance for shrimp culture. In: Rogers, G. L., Day, R., Lim, A. (Eds.). *Proceedings of the First International Conference on Warm Water Aquaculture-Crustacea*. Brigham Young University Hawaii Campus, Laie, HI.

Bowman, G. T., Delfino, J. J. 1980. Sediment oxygen demand techniques: a review and comparison of laboratory and in situ systems. *Water Res.* 14, 491-499.

Boyd, C. E. 1990. *Water quality in ponds aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL. p. 442

Boyd, C. E. 1995. *Bottom soils, sediment, and pond aquaculture*. New York. Ed. Chapman e Hall. p. 348.

Boyd, C. E. 2001. Manejo da qualidade da água na aqüicultura e no cultivo do camarão marinho. Associação Brasileira de Criadores de Camarão – ABCC. Recife, PE. p. 157.

- Boyd, C. E., Tucker, C. S. 1979. Emergency aeration of fish ponds. Transactions of the American Fisheries Society. 108, 299-306.
- Boyd, C. E., Tucker, C. S. 1992. Water quality and pond soil analyses for aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University.
- Braathem, P. C. 1983. Variação na concentração de oxigênio dissolvido em tanques da estação de hidrologia e piscicultura de Viçosa. Revista CERES. 3 (169), 170-188.
- Buford, M. 1997. Phytoplankton dynamics in shrimp ponds. Aquac. Res. 28 (5), 351-360.
- Davis, W. S., Lathrop-Davis, J. E. 1986. Brief history of sediment oxygen demand investigations. In: Hatcher, K. J. (Ed.). Sediment Oxygen Demand: Processes, Modeling and Measurement. University of Georgia Institute of Natural Resources, Athens. pp. 9-21.
- Egusa, S. 1961. Studies on the respiration of the 'Kuruma' prawn, *Pennaeus japonicus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 27, 650-659.
- Engle C. R; Hatch, U. 1988. Economic assessment of alternative aquaculture aeration strategies. J. World Aquac. Soc. 19 (3), 85-86.
- Fast, A., Boyd, C. 1992. Water circulation, aeration and other management practices. In: Fast, A. e Lester, J. (Eds.). Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. pp. 457-495.
- Garcia, A; Brune, D. E. 1991. Transport limitation of oxygen in shrimp culture ponds. Aquac. Eng. 10, 269-279.
- Madenjian, C. P. 1990. Patterns of oxygen production and consumption in intensively managed marine shrimp ponds. Aquac. Fish. Manage. 28, 407-417.
- Madenjian, C. P., Rogers, G. L., Fast, A. W. 1987. Predicting night time dissolved oxygen loss in prawn ponds of Hawaii: Part II. A new method. Aquac. Eng. 6, 209-225.

- Martinez-Cordova, L. R., Campaña-Torres, A., Porchas-Cornejo, M, A. 2002. Promotion and contribution of biota in low water exchange ponds farming blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. *Aquac. Res.* 33, 27-32.
- Munsiri, P., Boyd, C. E., Teichert-Coddington, D., Hajek, B. F. 1996. Texture and chemical composition of soils from shrimp ponds near Choluteca, Honduras. *Aquac. Int.* 4, 157-168.
- Peterson, E. L., Muir, P. R. 1999. Round ponds dynamics. Book of Abstracts, World Aquaculture. World Aquac. Soc. Baton Rouge, LA. p. 597.
- Porcella, D. B.; Mills, W. B.; Bowie, G. L. 1986. A review of modeling formulations for sediment oxygen demand. In: Hatcher, K. J. (Ed.). *Sediment Oxygen Demand: Processes, Modeling, and Measurement*. University of Georgia Institute of Natural Resources, Athens. pp. 121-138.
- Ritvo, G., Dixon, J. B., Lawrence, A. L., Neill, W. H., Speed, M. F. 1998. Accumulation of chemical elements in Texas shrimp pond soils. *J. World Aquac. Soc.* 29, 422-431.
- Sharp, J. 1976. Effects of dissolved oxygen, temperature, and weight on respiration of *Macrobrachium rosenbergii*, In: Knight, A. W. (Ed). *Laboratory studies on selected nutritional, physical, and chemical factors effecting the growth, survival, respiration, and bioenergetics of the giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii**. Water Si. and Eng. Paper 4501, Univ. Calif., Davis.
- Shapiro, J., Zur, O. 1981. A simple *in situ* method for measuring benthic respiration. *Water Res.* 15. 283-285.
- Suplee, M. W., Cotner, J. B. 1996. Temporal changes in oxygen demand and bacterial sulfate reduction in inland shrimp ponds. *Aquaculture.* 145, 141-158.

Referências Bibliográficas da Introdução

AVNIMELECH, Y.; LACHER, M.; RAVCH, R.; ZUR, O. A method for evaluation of conditions in fish pond sediment. **Aquaculture**. v. 58, p. 361-365, 1981.

AVNIMELECH, Y. e RITVO, G. Shrimp and fish pond soils: processes and management. **Aquaculture**. v. 220, p. 549-569, 2003.

BARBIERI JÚNIOR, R. C. e OSTRENSKY, A. O. **Camarões marinhos – Engorda**. Viçosa: Ed. Aprenda Fácil, 2002. 350 p.

BERTHELSON, C. R.; CATHCART, T. P.; POTE, J. W. *In situ* measurement of sediment oxygen demand in catfish ponds. **Aquac. Eng.** v.15, p. 261-271, 1996.

BODDEKE, R. Survival strategies of Penaeid shrimps and their significance for shrimp culture. In ROGERS, G. L., DAY, R., LIM, A. (Eds.), **Proceedings of the First International Conference on Warm Water Aquaculture-Crustacea**. Brigham Young University Hawaii Campus, Laie, HI, 1983.

BOWMAN, G. T. e DELFINO, J. J. Sediment oxygen demand techniques: a review and comparison of laboratory an *in situ* systems. **Water Res.** v.14. p. 491-499, 1980.

BOYD, C. E. e TUCKER, C. S. Emergency aeration of fish ponds. **Transactions of the American Fisheries Society**. v.108, p. 299-306, 1979.

BOYD, C. E. **Aeration in water quality management for pond fish culture: Developments in Aquaculture and Fisheries Science**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. 1982. p. 203-236.

BOYD, C. E. **Water quality in ponds aquaculture**. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL, 1990. 442 p.

BOYD, C. E. e TUCKER, C. S. **Water quality and pond soil analyses for aquaculture**. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University. 1992.

BOYD, C. E.; TANNER, M. E.; MADKOUR, M.; MASUDA, K. Chemical characteristics of bottom soils from freshwater and brackish water aquaculture ponds. **J. World Aquac. Soc.** v. 25, p. 517-534, 1994.

BOYD, C. E. **Bottom soils, sediment, and pond aquaculture**. New York. Ed. Chapman e Hall. 1995. 348 p.

BOYD, C. E. Características microbiológicas y físico-químicas de los sedimentos del suelo y métodos para mejorar la oxigenación de la interfase suelo-agua. **Acuicultura del Ecuador**. Edición 20, Guayaquil, Ecuador. 1997. p. 49-50.

BOYD, C. E. **Manejo da qualidade da água na aqüicultura e no cultivo do camarão marinho**. Recife, PE: Associação Brasileira de Criadores de Camarão – ABCC. 2001. 157 p.

BRAATHEM, P. C. Variação na concentração de oxigênio dissolvido em tanques da estação de hidrologia e piscicultura de Viçosa. **Revista CERES**, v. 3, n. 169, p. 170-188, 1983.

CARVALHO FILHO, J. O camarão ecologicamente correto de Santa Catarina ou o jeito catarinense de criar camarão. **Panorama da AQUICULTURA**. v. 12, n. 74, p. 36 – 41, 2002.

DAVIS, W. S. e LATHROP-DAVIS, J. E. Brief history of sediment oxygen demand investigations. In HATCHER, K. J. (Ed.). **Sediment Oxygen Demand: Processes, Modeling and Measurement**. University of Georgia Institute of Natural Resources, Athens, 1986. p. 9-21.

DELGADO, P. C.; AVNIMELECH, Y.; McNEIL, R.; BRATVOLD, D.; BROWDY, C. L.; SANDIFER, P. Physical, chemical and biological characteristics of distinctive regions in paddlewheel aerated shrimp ponds. **Aquaculture**. v. 217, p. 235-248, 2003.

ENGLE C. R e HATCH, U. Economic assessment of alternative aquaculture aeration strategies. **J. World Aquac. Soc.** v. 19, n. 3, p. 85-86, 1988.

FAO - FISHERIES RESOURCES: Trends in production, utilization and trade. In Part 1: **The State of the World Fisheries and Aquaculture (SOFIA)**, Rome, Italy, 2000.

FAO – FISHERIES: Production, Utilization and Trade. In **Thirty-first Session Conference the State of Food and Agriculture**, Rome, Italy, 70 p. 2001.

FAST, A. e BOYD, C. Water circulation, aeration and other management practices. In FAST, A. e LESTER, J. (Eds.). **Marine Shrimp Culture: Principles and Practices**. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. 1992. p. 457-495.

FLEGEL, T. W. Special topic review: Major viral diseases of the black tiger prawn (*Penaeus monodon*) in Thailand. **World J. of microbiol. and biotechnol.** v. 13, p. 433-442, 1997.

GARCIA, A e BRUNE, D. E. Transport limitation of oxygen in shrimp culture ponds. **Aquac. Eng.** v. 10, p. 269-279, 1996.

GUO, S. Determination of oxidation-reduction potential in Penaeid prawn growing-up ponds. **Mar. Fish. Res.** v. 7, p.89-93, 1986.

HOPKINS, J. S.; SANDIFER, P. A.; BROWDY, C. L. Sludge management in intensive pond culture of shrimp – effect of management regime on water quality, sludge characteristics, nitrogen extinction, and shrimp production. **Aquac. Eng.** v. 13, p.11-30, 1994.

HOROWITZ, A. J. **A primer on sediment-trace element chemistry**. Ed. Lewis Publishers, Chelsea, 1991. 144 p.

HUET, M. **Tratado de piscicultura**. Ed. Mundi Prensa, Madrid, 1978. 745 p.

LIGHTNER, D. V. Shrimp virus diseases: diagnosis, distribution and management. In *Aquaculture 92*, Orlando. **Proceedings os the Special Session on shrimp farming**. Baton Rouge: The World Aquac. Soc. 1992. p. 238 – 253.

LUDIN, C. G. Global attempts to address shrimp disease. In **2nd Asia-Pacific Marine Biotechnology Conference and 3rd Asia-Pacific Conference on Algal Biotechnology**. Thailand. 1997.

MADENJIAN, C. P.; ROGERS, G. L.; FAST, A. W. Predicting night time dissolved oxygen loss in prawn ponds of Hawaii: Part II. A new method. **Aquac. Eng.** v. 6, p. 209-225, 1987.

MADENJIAN, C. P. Patterns of oxygen production and consumption in intensively managed marine shrimp ponds. **Aquac. Fish. Manage.** v. 28, p. 407-417, 1990.

- MARGUIRE, G. B e ALLEN, G. Pilot scale studies into New South Wales prawn farming. **Aust. Fish.** v. 45, p. 26-32, 1986.
- MARTIN, J. L. M.; VERAN, Y.; GUELORGET, O.; PHAM, D. Shrimp rearing: stocking density, growth, impact on sediment, waste output and their relationships studied through the nitrogen budget in rearing ponds. **Aquaculture** _v. 164, p. 135-149, 1998.
- MEIJER, L. E. e AVNIMELECH, Y. On the use of micro-electrodes in fish ponds sediments. **Aquac. Eng.** v. 21, p. 71-83, 1999.
- MUNSIRI, P.; BOYD, C. E.; TEICHERT-CODDINGTON, D.; HAJEK, B. F. Texture and chemical composition of soils from shrimp ponds near Choluteca, Honduras. **Aquac. Int.** v. 4, p. 157-168, 1996.
- NUNES, A. J. P. O cultivo de camarões Marinhos no Nordeste do Brasil. **Panorama da AQUICULTURA.** v. 11, n. 65, p. 26 – 33, 2001.
- PETERSON, E. L. e MUIR, P. R. **Round ponds dynamics.** Book of Abstracts, World Aquaculture. World Aquac. Soc. Baton Rouge, LA. 1999. 597 p.
- PORCELLA, D. B.; MILLS, W. B.; BOWIE, G. L. A review of modeling formulations for sediment oxygen demand. In HATCHER, K. J. (Eds.). **Sediment Oxygen Demand: Processes, Modeling, and Measurement.** University of Georgia Institute of Natural Resources, Athens. 1986. p. 121-138.
- RAM, N.; ULIZUR, S.; AVNIMELECH, Y. Microbial and chemical changes occurring at the mud – water interface in an experimental fish aquarium. **Bamidgeh, Isr. J. Aquac.** v. 33, p. 71-85, 1981.
- RAM, N.; ZUR, O.; AVNIMELECH, Y. Microbial and chemical changes occurring at the mud – water interface in an intensively stocked and fed fish pond. **Aquaculture.** v. 27, p. 63-72, 1982.
- RITVO, G.; DIXON, J. B.; LAWRENCE, A. L.; NEILL, W. H.; SPEED, M. F. Accumulation of chemical elements in Texas shrimp pond soils. **J. World Aquac. Soc.** v. 29, p. 422-431, 1998.

RITVO, G.; SHITUMBANUMA, V.; SAMOCHA, T. M. Changes in the concentration of nutrients and others chemical properties of shrimp pond soils as a function of pond use. **J. World Aquac. Soc.** v. 25, p. 517-534, 2002.

ROCH, P. Defense Mechanisms and disease prevention in farmed marine invertebrates. **Aquaculture.** v. 172, p. 125-145, 1999.

ROCHA I. P. e RODRIGUES. J. A carcinicultura brasileira em 2002. Disponível em: http://www.mcraquacultura.com.br/publicacoes/html/pub_17.htm. Acesso em: 23 set. 2003, 17: 11: 30.

RODIRGUEZ, J. e MOULLAC, G. State of the art of immunological tools and health control of Penaeid shrimp. **Aquaculture.** v.191, p. 109-119, 2000.

ROGER, G. L. e FAST, A. W. Potential effects of low energy water circulation in Hawaiian prawn ponds. **Aquac. Eng.** v.3, n. 7, p. 155-66, 1988.

ROSENBERRY, B. World shrimp farming 1996. In ROSENBERRY, R. (Eds.). **Shrimp News International.** San Diego, CA. 1996. 167 p.

RUP, G. S.; VIANA, G.A.; CAPRA, S. M. **Depleção de oxigênio: métodos de controle e incremento no viveiro.** Trabalho apresentado no Curso de Pós-graduação em Aqüicultura, Departamento de Aqüicultura, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 1991. 30 p.

SHAPIRO, J. e ZUR, O. A simple *in situ* method for measuring benthic respiration. **Water Res.** v. 15, p. 283-285, 1981.

SHARP, J. Effects of dissolved oxygen, temperature, and weight on respiration of *Macrobrachium rosenbergii*, In KNIGHT, A. W. (Ed). **Laboratory studies on selected nutritional, physical, and chemical factors effecting the growth, survival, respiration, and bioenergetics of the giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii*.** Water Si. and Eng. Paper 4501, Univ. Calif., Davis. 1976.

SMITH, P. T. Physical and chemical characteristics of sediments from prawn farms and mangrove habitats on the Clarence River, Australia. **Aquaculture.** v.146, p. 47-83, 1996.

SUBASINGHE, R. P.; BARTLEY, D. M.; MCGLADDERY, S.; BARG, U. Sustainable shrimp culture development: biotechnological tissues and challenges. In FLEGEL, T.W. (Ed). **Advances in Shrimp Biotechnology**. National Center for Genetic Engineering and Biotechnology. Bangkok. 1998. p. 13-18.

SUPLEE, M. W. e COTNER, J. B. Temporal changes in oxygen demand and bacterial sulfate reduction in inland shrimp ponds. **Aquaculture**. v. 145, p. 141-158, 1996.

VILLAREAL, H. Water quality in aquiculture. **Proceedings of the FACT Conference of Aquaculture Australia**. Kooralbyn, Queensland, Australia. 1984.

VINATEA, L. A. **Princípios químicos da qualidade da água em aqüicultura**. Editora da UFSC. Florianópolis. 1997. 166 p.

Aquacultural Engineering

Guide for Authors

Types of contribution

1. Original research papers (Regular Papers)
2. Review Articles
3. Short communications

Original research papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form. *Review Articles* can cover either narrow disciplinary subjects or broad issues requiring interdisciplinary discussion. They should provide objective critical evaluation of a defined subject. Reviews should not consist solely of a summary of published data. Evaluation of the quality of existing data, the status of knowledge, and the research required to advance knowledge of the subject are essential. *Short Communications* are used to communicate results which represent a major breakthrough or startling new discovery and which should therefore be published quickly. They should *not* be used for preliminary research. Papers must contain sufficient data to establish that the research has achieved reliable and significant results.

Submission of manuscripts

Submission of an article is understood to imply that the article is original and unpublished and is not being considered for publication elsewhere. Submission also implies that all authors have approved the paper for release and are in agreement with its content. Upon acceptance of an article by the journal, the author(s) will be asked to transfer the copyright of the article to the publisher. This transfer will ensure the widest possible dissemination of information.

Papers for consideration should be submitted in triplicate directly to the Editor:

J. Colt
 National Marine Fisheries Service
 Northwest Fisheries Science Center
 2725 Montlake Blvd East
 Seattle, WA 98112
 USA
 Fax: +1 206 860-3267
 E-mail: john.colt@noaa.gov

Papers for consideration for Europe, Africa, Australasia and Asia should be submitted in triplicate directly to the Editor:

J.van Rijn
 Department of Animal Science
 Faculty of Agricultural, Food and Environmental Quality Sciences
 The Hebrew University of Jerusalem
 P.O. Box 12
 Rehovot, 76100 Israel

Fax: +972 8 946 5763
 E-mail: vanrijn@agri.huji.ac.il

Electronic manuscripts

Authors can also upload their article as a LaTeX, Microsoft® (MS) Word®, WordPerfect®, PostScript or Adobe® Acrobat® PDF document via the Author Gateway page of this journal (<http://authors.elsevier.com/journal/aquaeng>), where you will also find a detailed description on its use. The system generates an Adobe Acrobat PDF version of the article which is used for the reviewing process. It is crucial that all graphical and tabular elements be placed within the text, so that the file is suitable for reviewing. Authors, Reviewers and Editors send and receive all correspondence by e-mail and no paper correspondence is necessary. Note: compuscripts submitted are converted into PDF for the review process but may need to be edited after acceptance to follow journal standards. For this an editable file format is necessary. See the section on Electronic format requirements for accepted articles and the further general instructions on how to prepare your article below.

Preparation of manuscripts

1. Manuscripts should be written in English. To avoid delays in publication, authors whose native language is not English are strongly advised to have their manuscripts checked by an English-speaking colleague prior to submission.
2. Submit the original and two copies of your manuscript. Enclose the original illustrations and two sets of photocopies (three prints of any photographs).
3. Manuscripts should be typewritten, typed on one side of the paper (if possible with numbered lines), with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc. should be numbered in the upper right-hand corner. However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary, one may refer to sections. Underline words that should be in italics, and do not underline any other words. Avoid excessive usage of italics to emphasize part of the text.
4. Manuscripts in general should be organized in the following order:
 - Title (should be clear, descriptive and concise)
 - Name(s) of author(s)
 - Complete postal address(es) of affiliations
 - Full telephone and fax number and E-mail address of the corresponding author
 - Present address(es) of author(s) if applicable
 - Abstract
 - Keywords (indexing terms), normally 3-6 items
 - Introduction
 - Material studied, area descriptions, methods, techniques
 - Results
 - Discussion
 - Conclusion
 - Acknowledgements and any additional information concerning research grants, etc.
 - References
 - Tables
 - Figure captions
5. In typing the manuscript, titles and subtitles should not be run within the text.

They should be typed on a separate line, without indentation. Use lower-case letter type.

6. SI units should be used.

7. If a special instruction to the copy editor or typesetter is written on the copy it should be encircled. The typesetter will then know that the enclosed matter is not to be set in type. When a typewritten character may have more than one meaning (e.g. the lower case letter l may be confused with the numeral 1), a note should be inserted in a circle in the margin to make the meaning clear to the typesetter. If Greek letters or uncommon symbols are used in the manuscript, they should be written very clearly, and if necessary a note such as a "Greek lower-case chi" should be put in the margin and encircled.

8. Elsevier reserves the privilege of returning to the author for revision accepted manuscripts and illustrations which are not in the proper form given in this guide.

Authors in Japan please note: Upon request, Elsevier Science Japan will provide authors with a list of people who can check and improve the English of their paper (*before submission*). Please contact our Tokyo office: Elsevier Science Japan, 9-15, Higashi-Azabu 1-chome, Minato-ku, Tokyo 106-0044; Japan; Tel: (+81) 3-5561-5032; Fax: (+81) 3-5561-5045; E-mail: info@elsevier.co.jp.

Abstracts

The abstract should be clear, descriptive and not longer than 400 words. It should provide a very brief introduction to the problem and a statement about the methods used in the study. This should generally be followed by a brief summary of results, including numerical data (means and standard errors, for example). The abstract should end with an indication of the significance of the results.

Tables

1. Authors should take notice of the limitations set by the size and lay-out of the journal. Large tables should be avoided. Reversing columns and rows will often reduce the dimensions of a table.

2. If many data are to be presented, an attempt should be made to divide them over two or more tables.

3. Drawn tables, from which prints need to be made, should not be folded.

4. Tables should be numbered according to their sequence in the text. The text should include references to all tables.

5. Each table should be typewritten on a separate page of the manuscript. Tables should never be included in the text.

6. Each table should have a brief and self-explanatory title.

7. Column headings should be brief, but sufficiently explanatory. Standard abbreviations of units of measurements should be added between parentheses.

8. Vertical lines should not be used to separate columns. Leave some extra space between the columns instead.

9. Any explanation essential to the understanding of the table should be given as a footnote at the bottom of the table.

Illustrations

1. All illustrations (line drawings and photographs) should be submitted separately, unmounted and not folded.

2. Illustrations should be numbered according to their sequence in the text.

References should be made in the text to each illustration.

3. Each illustration should be identified on the reverse side (or in the case of line drawings on the lower front side) by its number and the name of the author. An indication of the top of the illustrations is required in photographs of profiles, thin sections, and other cases where doubt can arise.
4. Illustrations should be designed with the format of the page of the journal in mind. Illustrations should be of such a size as to allow a reduction of 50%.
5. Lettering should be clear and large enough to allow a reduction of 50% without becoming illegible. The lettering should be in English. Use the same kind of lettering throughout and follow the style of the journal.
6. If a scale should be given, use bar scales on all illustrations instead of numerical scales that must be changed with reduction.
7. Each illustration should have a caption. The captions to all illustrations should be typed on a separate sheet of the manuscript.
8. Explanations should be given in the typewritten legend. Drawn text in the illustrations should be kept to a minimum.
9. Photographs are only acceptable if they have good contrast and intensity. Sharp and glossy copies are required. Reproductions of photographs already printed cannot be accepted.
10. Colour illustrations cannot usually be included, unless the cost of their reproduction is paid for by the author.

References

1. All publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. The manuscript should be carefully checked to ensure that the spelling of author's names and dates are exactly the same in the text as in the reference list.
2. In the text refer to the author's name (without initial) and year of publication, followed if necessary by a short reference to appropriate pages. Examples: "Since Peterson (1988) has shown that..." "This is in agreement with results obtained later (Kramer, 1989, pp. 12-16)".
3. If reference is made in the text to a publication written by more than two authors the name of the first author should be used followed by "*et al.*". This indication, however, should never be used in the list of references. In this list names of first author and co-authors should be mentioned.
4. References cited together in the text should be arranged chronologically. The list of references should be arranged alphabetically on author's names, and chronologically per author. If an author's name in the list is also mentioned with co-authors the following order should be used: publications of the single author, arranged according to publication dates - publications of the same author with one co-author - publications of the author with more than one co-author. Publications by the same author(s) in the same year should be listed as 1994a, 1994b, etc.
5. Use the following system for arranging your references:
 - a. *For periodicals*
Hopkins, J.S., Sandifer, P.A., Browdy, C.L., 1994. Sludge management in intensive pond culture of shrimp: effect of management regime on water quality, sludge characteristics, nitrogen extinction, and shrimp production. *Aquacult. Eng.* 13, 11-30.
 - b. *For edited symposia, special issues, etc. published in a periodical*
Benzie, J.A.H., Ballment, E., Frusher, S., 1993. Genetic structure of *Penaeus monodon* in Australia: concordant results from mt DNA and allozymes. In: Gall, G.A.E., Chen, H. (Eds.), *Genetics in Aquaculture IV. Proceedings of the Fourth*

International Symposium, 29 April-3 May 1991, Wuhan, China. *Aquaculture* 111, 89-93.

c. *For books*

Gaugh, Jr., H.G., 1992. *Statistical Analysis of Regional Yield Trials*. Elsevier, Amsterdam.

d. *For multi-author books*

Liao, I.-C., 1992. Marine prawn culture industry of Taiwan. In: Fast, A.W., Lester, L.J. (Eds.), *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*. Elsevier, Amsterdam, pp. 653-75.

6. Abbreviate the titles of periodicals mentioned in the list of references according to the *International List of Periodical Title Word Abbreviations*.

7. In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek, with English abstract)" should be added.

8. Work accepted for publication but not yet published should be referred to as "in press".

9. References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

Formulae

1. Formulae should be typewritten, if possible. Leave ample space around the formulae.

2. Subscripts and superscripts should be clear.

3. Greek letters and other non-Latin or handwritten symbols should be explained in the margin where they are first used. Take special care to show clearly the difference between zero(0) and the letter O, and between one (1) and the letter I.

4. Give the meaning of all symbols immediately after the equation in which they are first used.

5. For simple fractions use the solidus (/) instead of a horizontal line.

6. Equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered.

7. The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Also powers of e are often more conveniently denoted by exp.

8. Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ and *** $P < 0.001$.

9. In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g. Ca^{2+} not as Ca^{++} .

10. Isotope numbers should precede the symbols, e.g. ^{18}O .

11. The repeated writing of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g. phosphate as P_2O_5).

Footnotes

1. Footnotes should only be used if absolutely essential. In most cases it should be possible to incorporate the information in normal text.

2. If used, they should be numbered in the text, indicated by superscript numbers, and kept as short as possible.

Nomenclature

1. Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.
2. All biota (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals.
3. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.
4. For chemical nomenclature, the conventions of the *International Union of Pure and Applied Chemistry* and the official recommendations of the *IUPAC-IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature* should be followed.

Copyright

1. An author, when quoting from someone else's work or when considering reproducing an illustration or table from a book or journal article, should make sure that he is not infringing a copyright.
2. Although in general an author may quote from other published works, he should obtain permission from the holder of the copyright if he wishes to make substantial extracts or to reproduce tables, plates, or other illustrations. If the copyright-holder is not the author of the quoted or reproduced material, it is recommended that the permission of the author should also be sought.
3. Material in unpublished letters and manuscripts is also protected and must not be published unless permission has been obtained.
4. A suitable acknowledgement of any borrowed material must always be made.

Proofs

One set of proofs will be sent to the corresponding author as given on the title page of the manuscript. Only typesetter's errors may be corrected; no changes in, or additions to, the edited manuscript will be allowed.

Offprints

1. Twenty-five offprints will be supplied free of charge.
2. Additional offprints can be ordered on an offprint order form, which is included with the proofs.
3. UNESCO coupons are acceptable in payment of extra offprints.

Author Services

Authors can also keep a track on the progress of their accepted article, and set up e-mail alerts informing them of changes to their manuscript's status, by using the "Track a Paper" feature of Elsevier's [Author Gateway](#).

***Aquacultural Engineering* has no page charges.**