

BACTERIOPLÂNCTON E VARIÁVEIS ABIÓTICAS COMO INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA DE VIVEIROS DE CAMARÃO EM REGIÃO TROPICAL (NORDESTE, BRASIL)*

Margarida de Lourdes Melo Nelson dos SANTOS ¹; Luiz SODRÉ-NETO ²; Ivaneide Alves Soares da COSTA ³; Magnólia Fernandes Florêncio ARAÚJO ⁴

RESUMO

O presente trabalho objetivou determinar a densidade do bacterioplâncton em dois viveiros de camarão no Nordeste do Brasil durante ciclos completos de cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei*, bem como avaliar as variáveis que influenciam a qualidade da água e a dinâmica desses ecossistemas. O estudo foi realizado em duas fazendas de camarão: uma de água doce e outra de água salgada. Foram verificados clorofila-*a*, fósforo total, pH, oxigênio dissolvido, salinidade, temperatura e transparência da água. A densidade bacteriana foi determinada por microscopia de fluorescência. Uma modelagem do logaritmo da média como uma função linear das co-variáveis observadas foi desenvolvida. O resultado foi um modelo linear generalizado com resposta de Poisson e função de ligação logarítmica. Os viveiros estudados, caracterizados como ambientes eutrofizados, apresentaram elevada densidade do bacterioplâncton ($0,51 \times 10^8$ a $1,72 \times 10^8$ org mL⁻¹) e altas concentrações de clorofila-*a* e fósforo total. O estudo alerta para a necessidade de técnicas de gerenciamento adequadas visando manter a qualidade da água dos viveiros de camarão e dos seus efluentes.

Palavras chave: Bactérias heterotróficas; carcinicultura; ambientes eutrofizados; modelo linear generalizado

BACTERIOPLANKTON AND ABIOTIC VARIABLES AS INDICATORS OF WATER QUALITY IN SHRIMP PONDS OF THE TROPICAL REGION (NORTHEASTERN, BRAZIL)

ABSTRACT

This work aimed to determine density of the bacterioplankton in two shrimp ponds in Northeastern Brazil during complete cultivate cycles of the *Litopenaeus vannamei* shrimp, as well as to evaluate correlated variables that influence the water quality and the dynamics of these ecosystems. The study was carried out in two shrimp ponds: one of them with fresh water, and another with marine water. Chlorophyll-*a*, total phosphorus, pH, dissolved oxygen, salinity, temperature and transparency were verified. Bacterial densities were determined by fluorescence microscopy. A model of the logarithm of the mean as a linear function of observed covariates was carried out. The result is a generalized linear model with Poisson response and link log. Both ponds, characterized as eutrophic environments, presented elevate densities of bacterioplankton (0.51×10^8 to 1.72×10^8 org mL⁻¹), and high concentrations of chlorophyll-*a* and total phosphorus. The study highlights the importance of the adequate management techniques to maintain the water quality in shrimp ponds and its effluents.

Key words: Heterotrophic bacteria; shrimp farming; eutrophic environments; generalized linear model

Artigo Científico: Recebido em 04/08/2011 – Aprovado em 09/02/2012

¹ Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Bioecologia Aquática. Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Praia de Mãe Luíza, s/n, Via Costeira – CEP: 59.014-100 – Natal – RN – Brasil. e-mail: margomelo1@hotmail.com (autor correspondente)

² Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Prof. da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG – Centro de Educação e Saúde - Campus Cuité – CEP: 58.175-000 – Cuité – PB – Brasil. e-mail: luizsodre@ufcg.edu.br

³ Profª. Drª. do Departamento de Microbiologia e Parasitologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências - Campus Universitário, Lagoa Nova – CEP: 59.072-970 – Natal – RN – Brasil. e-mail: iasoares@cb.ufrn.br

⁴ Profª. Drª. do Departamento de Microbiologia e Parasitologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências - Campus Universitário, Lagoa Nova – CEP: 59.072-970 – Natal – RN – Brasil. e-mail: mag@cb.ufrn.br

*Apoio financeiro: CAPES - bolsa de Mestrado concedida à primeira autora

INTRODUÇÃO

A aqüicultura, na atualidade, é responsável por aproximadamente 27% da produção total de pescado do Brasil, e a região Nordeste do país contribui com grande parte desse montante, tanto com a atividade marinha quanto com a continental. Expresso em números, o total nacional ultrapassa um milhão de toneladas anuais, com destaque para a produção de pescado continental, que representa em torno de 20% do volume total produzido, superando duzentas mil toneladas, e com um valor econômico estimado em 800 milhões de reais (IBAMA, 2007).

Dentre as práticas de aqüicultura, a criação de camarão em viveiros, principalmente na região Nordeste, é destacada pelas mudanças econômicas provocadas e pelos consequentes danos ao meio ambiente. Nesse sentido, o entendimento das relações entre fatores bióticos e abióticos do ambiente aquático é de fundamental importância para a manutenção da qualidade da água na aqüicultura e pode ser considerado requisito básico para o sucesso econômico do sistema produtivo (MERCANTE *et al.*, 2004).

A presença e a diversidade de microrganismos são importantes fatores para o funcionamento dos ecossistemas aquáticos. Os microrganismos são considerados componentes-chave nas teias alimentares destes ambientes, principalmente devido à grande diversidade de suas vias metabólicas. Tal versatilidade e eficiência no processamento de substratos orgânicos e inorgânicos fazem com que se tornem fundamentais na reciclagem de nutrientes e no fluxo energético desses sistemas (BARIK *et al.*, 2001; HRENOVIC *et al.*, 2003; SODRÉ-NETO e ARAÚJO, 2008).

Em viveiros de aqüicultura, ambientes tipicamente rasos e eutrofizados, os microrganismos desempenham várias funções no que diz respeito à produtividade, ciclagem de nutrientes, qualidade de água e ao impacto dos efluentes no ambiente. A teia microbiana é uma parte integral de todos os viveiros e tem um impacto direto na produtividade devido ao fato do nível de oxigênio ser determinado pelas atividades das algas e bactérias (MORIATY, 1997). As bactérias contribuem significativamente na teia alimentar pela sua atividade decompositora, que promove reciclagem de nitrogênio e fósforo e

favorece a produtividade primária. Por sua vez, as algas podem servir de alimento para camarões e peixes, substituindo total ou parcialmente o alimento artificial por alimento natural, especialmente nos primeiros estágios de vida dos animais cultivados (MORIATY, 1997).

Uma água de boa qualidade em viveiros de camarão é fundamental para o crescimento adequado desses organismos (JOHNSTON *et al.*, 2002). Estes autores ainda evidenciaram que há poucos estudos sobre a produção primária em viveiros de aqüicultura, principalmente em áreas tropicais.

Considerando-se a forte interferência dos fatores físicos e químicos sobre o funcionamento dos ambientes aquáticos, a análise dessas variáveis pode ajudar no entendimento da dinâmica do ambiente e servir como parâmetro para avaliação de qualidade do sistema de produção. Nesse contexto, o presente estudo buscou determinar a densidade do bacterioplâncton em dois viveiros de camarão *Litopenaeus vannamei* durante ciclos completos de cultivo, bem como avaliar as variáveis que influenciam o bacterioplâncton e a qualidade da água desses ecossistemas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi conduzido em duas fazendas comerciais de criação do camarão *Litopenaeus vannamei*, localizadas próximas ao litoral leste do Estado do Rio Grande do Norte (Figura 1).

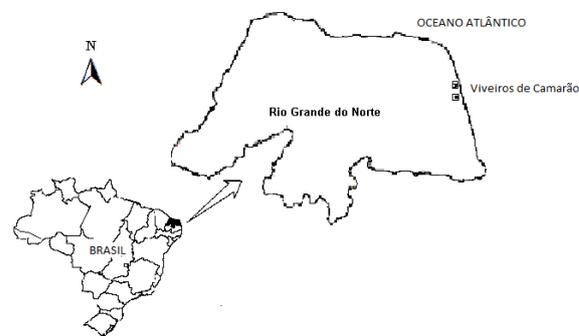


Figura 1. Localização das fazendas de camarão

Uma das fazendas está situada nas coordenadas (5°37'38.4"S e 35°19'20"O), no

município de Ceará-Mirim, e apresenta característica de água doce. A outra, de água salgada, localiza-se nas coordenadas (05°51'30"S e 35°21'14"O), nas proximidades do estuário do rio Potengi, no município de Macaíba. Os dados morfométricos e do cultivo dos viveiros de camarão de água salgada (VS) e de água doce (VD) estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados morfométricos dos viveiros de produção e de cultivo: VS = Viveiro de água salgada; VD = Viveiro de água doce

Viveiros de Camarão	VS	VD
Área (ha)	1,6	2,5
Profundidade (m)	1,2	1,5
Quantidade de pós larvas	1.000.000	6.000.00
Densidade (camarões m ²)	62,5	24,0

Amostragem e determinação das variáveis

As coletas foram realizadas a cada quinze dias, no período de maio a agosto de 2007 no viveiro de água doce (n = 8) e, semanalmente, entre outubro de 2005 e fevereiro de 2006 no viveiro de água salgada (n = 15). As variáveis analisadas foram temperatura, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, transparência da água, fósforo total, clorofila-*a* e bacterioplâncton.

As variáveis físico-químicas, como temperatura e oxigênio dissolvido, foram medidas com a sonda HANNA Oxy-Check instruments, e o pH foi medido por meio da sonda PHTEK, no viveiro de água doce. Já no viveiro de água salgada, a temperatura e oxigênio dissolvido foram medidos com a sonda digital YSI F1055, e o pH foi medido com a sonda digital YSI F1002. As medições foram feitas na subsuperfície da água. Para ambos os viveiros, a salinidade da água foi verificada utilizando-se um salinômetro, enquanto a profundidade e a transparência da água foram determinadas por uma régua milimetrada e pelo disco de Secchi, respectivamente.

Em ambos os viveiros, alíquotas de toda a coluna d'água foram integradas em um recipiente de onde foram retiradas subamostras para análise de fósforo total. No viveiro de água doce, a determinação do fósforo total foi feita por colorimetria, pelo método do ácido ascórbico após

digestão das amostras em persulfato de potássio, e a leitura realizada em espectrofotômetro no comprimento de onda de 880 nm (APHA, 2000). Para o viveiro de água, salgada a análise do fósforo foi realizada por meio da oxidação de compostos nitrogenados em meio básico e de compostos fosforados em meio ácido, sendo a digestão feita com persulfato de potássio a 124 °C (VALDERRAMA, 1995).

Para análise de clorofila-*a*, amostras integradas na coluna de água do viveiro foram obtidas com um tubo PVC, alcançando toda a coluna, em três pontos distintos: comporta de abastecimento, comporta de drenagem e centro do viveiro, visando à obtenção de uma amostra mais representativa de um ambiente aparentemente heterogêneo. Da amostra integrada, com volume de 100 litros, retiraram-se alíquotas de 300 mL em frascos de polietileno protegidos da luz e refrigerados até a chegada ao laboratório para a filtração. As concentrações de clorofila-*a* (Cl-*a*) dos dois viveiros foram determinadas espectrofotometricamente a 665 nm e 750 nm de comprimento de onda, após extração do pigmento com etanol concentrado por aproximadamente 20 horas (MARKER *et al.*, 1980; JESPERSEN e CHRISTOFFERSEN, 1988).

Para as análises do bacterioplâncton, amostras de 30 mL foram coletadas na comporta de saída do viveiro, uma vez que este ponto amostral foi considerado representativo por ser o mais profundo e acumular uma maior quantidade de matéria orgânica. Utilizaram-se frascos estéreis contendo 1 mL de formol filtrado a 2% (concentração final) para a fixação das amostras. Subamostras de 2 mL foram coradas com 200 µL de laranja de acridina por cinco minutos e filtradas em filtros de policarbonato escuro (Millipore), com poro de 0,2 µm. Para se obter uma melhor distribuição de células bacterianas, durante a montagem da lâmina, utilizou-se uma membrana de acetato de celulose com poro de 0,45 µm (Poretics). A contagem foi feita em um microscópio de epifluorescência, com um aumento de 1.250x e filtro de contraste 450 - 560 (Olympus BX41). Pelo menos 300 bactérias foram contadas em 10 a 20 campos microscópicos. Os cálculos foram baseados na metodologia de SIMON e AZAM (1989), NORLAND (1993) e POSCH *et al.* (2001).

Modelagem

Os valores brutos de todas as análises foram log transformados e agrupados em um único banco de dados. Em virtude desses dados não apresentarem uma distribuição normal e não serem negativos em forma de contagem surgiu a possibilidade de aplicação da família de Poisson dos Modelos Lineares Generalizados (MLGs) (TADANO *et al.*, 2009). Uma modelagem log-linear com resposta de Poisson (TURKMAN e SILVA, 2000; RODRÍGUEZ, 2007) foi desenvolvida, bem como foram feitas as devidas avaliações de eficácia e ajuste do modelo por meio de uma ANOVA ($P < 0,001$) e da análise de diagnóstico dos resíduos (DEMÉTRIO, 2002; PAULA, 2010), os quais apresentaram distribuição normal e confirmaram a eficiência da ferramenta. O modelo representa o comportamento da variável bacterioplâncton em função do conjunto das co-variáveis analisadas.

O procedimento de regressão apresentado foi executado com o uso do software estatístico R.. Este programa foi selecionado por permitir o uso de diversas funções de ligação para regressão por modelos lineares generalizados.

RESULTADOS

Variáveis abióticas e Clorofila-*a*

No viveiro de água salgada, a salinidade média foi de 34 ($\pm 4,57$), com uma oscilação significativa entre o valor mínimo de 25, encontrado em setembro de 2005, e o máximo de 39, em fevereiro de 2006. A transparência no viveiro de água doce variou entre 0,17 m e 0,28 m, apresentando média de 0,2 m ($\pm 0,033$) e, contrastando com altas variações entre 0,50 m e 0,25 m do viveiro de água salgada, que teve média de 0,29 m ($\pm 0,07$). Os dois ambientes, considerados rasos, apresentaram profundidades de 1,0 e 1,6 m, respectivamente, durante o período estudado.

A concentração de oxigênio dissolvido na água doce foi de 7,14 mg L⁻¹ ($\pm 1,17$), sem grandes variações durante o período estudado. Na água salgada, foi de 9,9 mg L⁻¹ ($\pm 2,75$). Em janeiro de 2006 houve uma queda brusca dos valores de concentração de oxigênio dissolvido (3,25 mg L⁻¹), restabelecendo os valores médios no decorrer do

período, com valor máximo de 14,8 mg L⁻¹ em fevereiro de 2006. As temperaturas médias nos viveiros de água doce e salgada foram de 26,39 °C ($\pm 0,97$) e 30,00 °C ($\pm 0,83$), permanecendo constantes ao longo do ciclo de cultivo, assim como o pH, que apresentou valores médios de 9,98 ($\pm 0,81$) e 8,15 ($\pm 0,37$), respectivamente.

O fósforo total apresentou valores de 430 µg L⁻¹ (± 291) na água doce e 627 µg L⁻¹ (± 173) na água salgada, variando, respectivamente, entre 200 e 1.106,6 µg L⁻¹, e entre 321 e 831 µg L⁻¹. Concentrações de clorofila-*a* na água doce foram altas durante todo o período de cultivo, apresentando média de 182,9 µg L⁻¹ (± 99). Na água salgada, a concentração foi 60,2 µg L⁻¹ (± 35).

Bacterioplâncton

A densidade do bacterioplâncton total variou entre 0,51 x 10⁸ e 0,85 x 10⁸ org mL⁻¹ na água doce, e entre 0,53 x 10⁸ e 1,72 x 10⁸ org mL⁻¹ na água salgada (Figura 2). As médias de densidade do bacterioplâncton foram 0,69 x 10⁸ ($\pm 0,12 \times 10^8$) e 0,76 x 10⁸ ($\pm 0,29 \times 10^8$), respectivamente, para água doce e salgada.

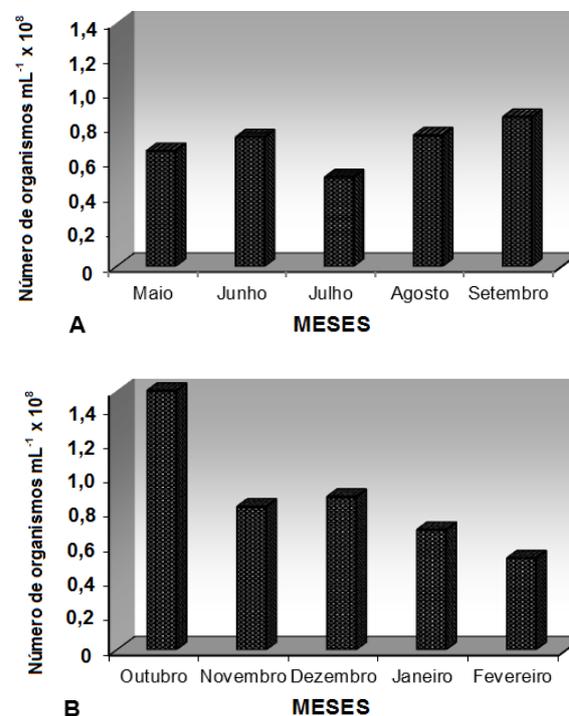


Figura 2. Densidade do bacterioplâncton total no viveiro de água doce (A): Maio a setembro/2007 (n = 8); e na água salgada (B): Outubro/2005 a fevereiro/2006 (n = 15).

Modelo log-linear de Poisson

As variações observadas nos fatores abióticos, clorofila-*a* e bacterioplâncton foram utilizadas para o desenvolvimento de um modelo estatístico cujas estimativas encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros do modelo log-linear de Poisson ajustado aos dados sobre a densidade bacteriana, onde os coeficientes de ponderação foram significativos ($P < 0,001$).

	Estimativa	Erro padrão
Intercepto	$-5,68 \times 10^1$	$1,16 \times 10^{-3}$
Temperatura	$9,53 \times 10^{-1}$	$5,82 \times 10^{-5}$
Oxigênio Dissolvido	$-7,76 \times 10^{-1}$	$1,43 \times 10^{-5}$
pH	$1,76 \times 10^0$	$8,23 \times 10^{-5}$
Transparência da água	$9,28 \times 10^1$	$4,67 \times 10^{-4}$
Profundidade	$1,81 \times 10^1$	$1,60 \times 10^{-4}$
Salinidade	$3,33 \times 10^{-1}$	$9,56 \times 10^{-6}$
Fósforo Total	$-2,05 \times 10^{-2}$	$2,62 \times 10^{-7}$
Clorofila- <i>a</i>	$-2,10 \times 10^{-2}$	$6,76 \times 10^{-7}$

O resultado é o modelo linear generalizado, com resposta de Poisson e função de ligação logarítmica descrito abaixo, no qual os valores das estimativas apresentam-se em formato numérico:

$$\log(\text{Bac}) = -56,77 + 0,95(\text{Temp}) - 0,78(\text{OD}) + 1,76(\text{pH}) + 92,83(\text{Trans}) + 18,12(\text{Prof}) + 0,33(\text{Sal}) - 0,02(\text{PT}) - 0,02(\text{Cl } a) + E$$

onde: (Bac) = Bacterioplâncton

(Temp) = Temperatura

(OD) = Oxigênio Dissolvido

(pH) = pH

(Trans) = Transparência

(Prof) = Profundidade

(Sal) = Salinidade

(PT) = Fósforo Total

(Cl *a*) = Clorofila-*a*

E = Resíduo ou Erro de previsão

De acordo com o modelo proposto, a densidade do bacterioplâncton cresce com o aumento da temperatura, do pH, da transparência, da profundidade e da salinidade, e diminui com o aumento do oxigênio dissolvido, do fósforo total e da clorofila-*a*.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

As concentrações médias de fósforo total no viveiro de água salgada foram muito elevadas, embora não sejam determinantes para influenciar o bacterioplâncton de maneira considerável. Corroborando com os resultados apresentados no presente trabalho, KALINOWSKA (2004), em lagos no nordeste da Polônia, observou relação negativa entre o fósforo e o número de bactérias, sugerindo que outros fatores, como predação ou competição, também são importantes na determinação da densidade bacteriana.

O aumento da concentração do fósforo pode ocorrer pela oferta de fertilizantes à base de fósforo e metabolização da matéria orgânica acumulada no viveiro. Portanto, as altas concentrações detectadas na coluna da água, provavelmente ocorreram devido a não digestão ou digestão parcial de partículas de alimento, fezes e do fósforo liberado do sedimento para água, assim como observado por SIPAÚBA-TAVARES *et al.* (2003). Segundo JOHNSTON *et al.* (2002), em fazendas de camarão no Vietnã, o aumento da produtividade por fertilizantes e suplementos alimentares atua diretamente na qualidade de água.

Concentrações de clorofila-*a* foram mais elevadas do que as apresentadas por JOHNSTON *et al.* (2002) ($0,2 \mu\text{g L}^{-1} \pm 0,05$). No viveiro de água salgada, as concentrações foram semelhantes às descritas por BUFORD (1997). De acordo com este autor, geralmente são estimuladas florações de fitoplâncton pela adição de nitrogênio e fósforo orgânicos ou inorgânicos. As florações promovem sombreamento, prevenindo o crescimento de algas bentônicas, mantêm os níveis de oxigênio e servem como fontes de alimento para o zooplâncton e outros invertebrados que, por sua vez, servem de alimento para os camarões.

Os valores de pH encontrados foram similares aos verificados por KRUMMENAUER *et al.* (2009) e WANG *et al.* (2005). Segundo BOYD e FAST (1992), os camarões podem sofrer por estresse se o pH variar em níveis fora do ideal para o seu desenvolvimento (entre 7 e 9).

Os altos valores de oxigênio dissolvido na água, verificados sob temperaturas elevadas, são justificados pela aeração mecânica automatizada dos viveiros. Em média, os valores de oxigênio

dissolvido encontrados no presente trabalho superaram os 3,48 mg L⁻¹ (± 1,32), apresentados por KRUMMENAUER *et al.* (2009), os 3,7 mg L⁻¹ (± 0,15) descritos por JOHNSTON *et al.* (2002), e os 4,0 mg L⁻¹ (± 1,1) relatados por WANG *et al.* (2005). BOYD e FAST (1992) afirmam que o bom crescimento dos camarões ocorre quando os níveis de oxigênio dissolvido estão entre 4 mg L⁻¹ e a saturação.

A investigação da densidade bacteriana em cultivos de camarão é importante como indicadora útil da qualidade de água e do camarão (KUTTANAPPILLY e SURENDRAM, 2004). BRANCO e SENNA (1996) verificaram que o aumento da contagem de bactérias heterotróficas foi associado à entrada de matéria orgânica no reservatório de Paranoá (Brasília-Brasil). SIMON *et al.* (1998), no lago Constance na Alemanha, observaram correlação positiva entre o fósforo total e clorofila-*a* com o bacterioplâncton, considerando assim que o fator mais relevante para o controle do crescimento do bacterioplâncton depende do estado trófico do ambiente.

No caso dos viveiros de camarão investigados neste estudo, a densidade bacteriana permaneceu alta e com pouca variação. Condições ambientais (variáveis químicas, provavelmente nitrogênio e/ou carbono, como verificado no final do parágrafo, e não analisadas nesse estudo) podem ter determinado a dinâmica do bacterioplâncton de modo que os fatores analisados não variassem o suficiente para influenciar essa dinâmica. Este fato pode ser confirmado pelos baixos valores dos coeficientes de ponderação do modelo log-linear desenvolvido, principalmente para o fósforo total e clorofila-*a*. VANDERZANT *et al.* (1971) observaram a microflora bacteriana em viveiros de camarão-marrom (*Penaeus aztecus*), verificando altas densidades de bactérias heterotróficas e possíveis mudanças nessas densidades em função de alterações nas características da água dos viveiros e no estoque de camarão. Os mesmos autores também consideraram que a flora microbiana da água foi influenciada pela razão dos camarões, sendo este o principal fator de controle desta flora na água e nos camarões. BUFORD *et al.* (2003), em viveiros de camarão em Belize, verificaram que as médias da abundância bacteriana nos viveiros estiveram entre 3,35 e 5,42

x 10⁷ org mL⁻¹ e foram associadas a elevados valores de nitrogênio e carbono.

Em viveiros de camarão na Austrália, BUFORD (1997) observou uma elevada variação diária do bacterioplâncton ocasionada pelo manejo dos viveiros. O autor também verificou que não houve diferença marcante na densidade de bactérias entre os pontos de estudo e profundidade, considerando assim que amostras, quando coletadas em um só ponto e profundidade, podem ser representativas para a dinâmica do ambiente estudado.

Os resultados demonstram que a densidade do bacterioplâncton no viveiro de água salgada foi mais elevada do que no viveiro de água doce. Entretanto, o fato de ser avaliado separadamente, em um ambiente com salinidade 0,0 e em outro com salinidade em torno de 34, além das amostragens em períodos distintos, faz com que não seja possível estabelecer uma relação entre estas variáveis, pois a estrutura e a dinâmica das comunidades bacterianas podem ser amplamente distintas. Por outro lado, quando se tem variação de salinidade em um mesmo ambiente, as respostas da biota podem ser avaliadas e comparadas (BERNHARD *et al.*, 2005). Em ambientes estuarinos, estes autores evidenciaram a redução da densidade bacteriana em função do aumento da salinidade, demonstrando a influência da variação da salinidade em relação à estabilidade e diversidade da comunidade bacteriana, pois a salinidade controla a absorção de NH₄⁺, e, as mudanças nos pulsos dos nutrientes e salinidade podem definir distribuição e diversidade das espécies bacterianas. Relações negativas entre salinidade e bactérias também foram relatadas por HRENOVIC *et al.* (2003), considerando o fósforo como um forte fator limitante e a salinidade como forte responsável pela inativação das bactérias devido ao choque osmótico.

O alto número de bactérias verificado neste trabalho foi atribuído, provavelmente, às práticas de manejo, como fertilização e excesso de ração, que promoveram o aumento de outros nutrientes na água, e não analisados nesse estudo. MERCANTE *et al.* (2011), em estudo limnológico de viveiro de aquicultura, sugerem que alterações na frequência do arraçamento tornam-se uma

ferramenta importante na busca da otimização das perdas e reduzem a liberação de compostos advindos dos restos de alimentos. Considerando-se os valores médios da densidade bacteriana, os viveiros avaliados podem ser classificados como eutróficos (COLE *et al.*, 1988), apesar da influência do clima tropical e da dinâmica do viveiro, que naturalmente contribuem para o aumento da densidade bacteriana. Os resultados desse estudo revelaram valores compatíveis com os valores observados em reservatórios e viveiros de cultivo com frequentes florações de cianobactérias. LUCAS *et al.* (2010) apresentaram o valor médio de $3,1 \times 10^7$ org mL⁻¹ para a densidade de bactérias em viveiro de camarão de região tropical. BOUVY *et al.* (2001), no reservatório de Ingazeira, no semi-árido brasileiro, observaram que a alta abundância de bacterioplâncton (média = $2,46 \times 10^7$ org mL⁻¹) foi atribuída ao florescimento de *Cylindrospermopsis raciborskii*, sugerindo também que a produção da matéria orgânica pode regular o crescimento bacteriano.

Em lagos rasos hipereutróficos na Austria, MAYER *et al.* (1997) também encontraram densidades elevadas (15×10^6 org mL⁻¹), relatando que o número de bactérias é controlado pela disponibilidade de substâncias orgânicas presentes na água e pelo efeito da predação sobre estas, e que o aumento do número de bactérias pode ser uma reação de um bom suprimento alimentar, devido ao uso de matéria orgânica dissolvida durante o florescimento de fitoplâncton e depois do desfalecimento destes.

No que se refere ao modelo linear generalizado aplicado no estudo, este se mostrou ajustado ao comportamento dos dados e pode auxiliar nas estimativas de quantificação do bacterioplâncton desse tipo de ambiente.

A manutenção de uma microbiota adequada, dentre outras importâncias já descritas, impede a entrada ou condições de desenvolvimento de organismos patogênicos ao camarão cultivado (BUGLIONE *et al.*, 2008). Nesse contexto, faz-se necessário um monitoramento e um manejo adequado dos sistemas de carcinicultura, visando o controle das comunidades microbianas e da qualidade da água nesses ambientes que realizam troca de água e alimentação artificial. O aumento excessivo da carga de nutrientes e clorofila-*a*, bem

como a elevada densidade bacteriana, pode desencadear um processo de eutrofização e, conseqüentemente, prejudicar a produção do viveiro e a população que utiliza águas adjacentes a esses ecossistemas para diversos fins, principalmente para consumo humano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a João Maria Nasser e Francisco Carlos Trigueiro (proprietários das fazendas de camarão), e Aline Amorim do Laboratório de Microbiologia Aquática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte por sua ajuda no trabalho de laboratório, e ao professor Alecxandro Alves Vieira, da Universidade Federal de Campina Grande, pela contribuição na análise estatística dos dados.

REFERÊNCIAS

- American Public Health Association - APHA. 2000 *Standars Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington DC. 1365p.
- BARIK, S.K.; PURUSHOTHAMAN, C.S.; MOHANTY, A.N. 2001 Phosphatase activity with reference to bacteria and phosphorus in tropical freshwater aquaculture pond systems. *Aquaculture Research*, Oxford, 32: 819-832.
- BERNHARD, A.N.; DONN, T.; GIBLIN, A.E.; STAHL, D.A. 2005 Loss of diversity of ammonia-oxidizing bacteria correlates with increasing salinity in a estuary system. *Environmental Microbiology*, Whashington, 7: 1289-1297.
- BOUVY, M.; PAGANO, M.; TROSSELLIER, M. 2001 Effects of a cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) on bacterial and zooplankton communities in Ingazeira resevoir (northeast Brazil). *Aquatic Microbial Ecology*, Oldendorf/Luhe, 25: 215-227.
- BOYD, C.E. e FAST, A.W. 1992 Pond monitoring and management. *Developments in aquaculture and fisheries science*, Amsterdam, 23: 497-513.
- BRANCO, C.W.C. e SENNA, P.A.C. 1996 Relations among heterotrophic bacteria, chlrophyll-*a*, total phytoplankton, total zooplankton and physical and chermical features in the Paranoá reservoir, Brasília, Brasil. *Hydrobiologia*, Brussels, 337: 171-181.

- BUFORD, M. 1997 Phytoplankton dynamics in shrimp ponds. *Aquaculture Research*, Oxford, 28: 351-360.
- BUFORD, M.A.; THOMPSON, P.J.; McINTOSH, R.P.; BAUMAN, R.H.; PEARSON, D.C. 2003 Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, Amsterdam, 219: 393-411.
- BUGLIONE C.C.; PEDROTTI, F.; VIEIRA, F.N. 2008 Avaliação de bacteriana e *Lactobacillus plantarum* frente à infecção experimental por *Vibrio harveyi* em pós-larvas de *Litopenaeus vannamei*. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, São Paulo, 45: 40-45.
- COLE, J.J.; FINDLAY, S.; PACE, M.L. 1988 Bacterial production in freshwater and saltwater ecosystems: A cross-system overview. *Marine Ecology Progress Series*, Germany, 43: 1-10.
- DEMÉTRIO, C.G.B. 2002 Modelos Lineares Generalizados em Experimentação Agrônômica. ESALQ/USP, Piracicaba, SP. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/referata/arq/10_Ilka/Apostila.pdf> Acesso em 10 nov. 2011.
- HRENOVIC, J.; VILICIC, D.; STILINOVIC, B. 2003 Influence of nutrients and salinity on heterotrophic and coliform bacteria in the shallow, Karstic Zrmanja estuary (eastern Adriatic sea). *Ekoloji*, Izmir, 46: 29-37.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2007 *Estatísticas da pesca 2007, Brasil, Grandes regiões e unidades da federação*. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/recursos-pesqueiros/wp-content/files/estatistica_2007.pdf> Acesso em: 22 set. 2009.
- JESPERSEN, A.M. e CHRISTOFFERSEN, K. 1988 Measurements of chlorophyll-*a* from phytoplankton using ethanol as extraction solvent. *Archiv für Hydrobiologie*, Stuttgart, 109: 445-454.
- JOHNSTON, D.; LOUREY, M.; VAM TIEN, D.; LUU, T.T.; XUAN, T.T. 2002 Water quality and plankton densities in mixed shrimp-mangrove forestry farming systems in Vietnam. *Aquaculture Research*, Oxford, 33: 758-798.
- KALINOWSKA, K. 2004 Bacteria, nanoflagellates and ciliates as components of the microbial loop in three lakes of different trophic status. *Polish Journal of Ecology*, Łomianki, 52: 19-35.
- KRUMMENAUER, D.; CAVALLI, R.O.; BALLESTER, E.L.C.; WASIELESKY, W. 2009 Feasibility of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture in southern Brazil: effects of stocking density and a single or a double CROP management strategy in earthen ponds. *Aquaculture Research*, Oxford, 41: 240-248
- KUTTANAPPILLY, V.L. e SURENDRAM, P.K. 2004 Bacterial microflora with farmed freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) and the aquaculture environment. *Aquaculture Research*, Oxford, 35: 629-635.
- LUCAS, R.; COURTIES, C.; HERBLAND, A.; GOULLETQUER, P.; MARTEAU, A.L.; LEMONNIER, H. 2010 Eutrophication in a tropical pond: understanding the bacterioplankton and phytoplankton dynamics during a vibriosis outbreak using flow cytometric analyses. *Aquaculture*, Amsterdam, 310(1-2): 112-121.
- MARKER, A.F.H.; NUSCH, E.A.; RAI, H.; RIEMAN, B. 1980 The measurements of photophometric pigments in fresh-water and standardization of methods: conclusions and recommendation. *Archiv für Hydrobiologie*, Stuttgart, 14: 91- 106.
- MAYER, J.; DOKULIL, M.Y.; SALBRECHTER, M.; BERGER, M.; POSCH, T.; PFISTER, G.; KIRSCHNER, A K.T.; VELIMIROV, B.; STEITZ, A.; ULBRICHT, T. 1997 Seasonal successions and trophic relations between phytoplankton, zooplankton, ciliate and bacteria in a hypertrophic shallow lake in Vienna, Austria. *Hydrobiologia*, Brussels, 342/343: 165-174.
- MERCANTE, C.T.J.; CABIANCA, M.A.; SILVA, D.; COSTA, S.V.; ESTEVES, K.E. 2004 Qualidade da água em pesque-pagues da região metropolitana de São Paulo, Brasil: Avaliação do processo de eutrofização. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Botucatu, 16(1): 95-102.
- MERCANTE, C.T.J.; CARMO, C.F.; RODRIGUES, C.J.; OSTI, J.A.S.; MAINARDES PINTO, C.S.; VAZ-DOS-SANTOS, A.M.; TUCCI, A.; DI GENARO, A.C. 2011 Limnologia de viveiro de criação de tilápias no Nilo: avaliação diurna visando boas práticas de manejo. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 37(1): 73-84.

- MORIATY, D.J.W. 1997 The role of microorganisms in aquaculture ponds. *Aquaculture*, Amsterdam, 151: 333-349.
- NORLAND, S. 1993 The relationship between biomass and volume of bacteria. In: KEMP, P.F.; SHERR, B.F.; SHERR, E.B.; COLE, J.J. *Handbook of methods in aquatic microbial ecology*. London: Lewis publishers, p.303-307.
- PAULA, G.A. 2010 *Modelos de Regressão com apoio computacional*. Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1-403. Disponível em: <http://www.ime.usp.br/~giapaula/texto_2010.pdf> Acesso em: 08 nov. 2011.
- POSCH, T.; LOFERER-KRÖBBACHER, M.; GAO, G.; ALFREIDER, A.; PERNTHALER, J.; PSENNER, R. 2001 Precision of bacterioplankton biomass determination: a comparison of two fluorescent dyes, an of allometric and linear volume-to-carbon conversion factors. *Aquatic Microbial Ecology*, Oldendorf/Luhe, 25(1): 55-63.
- RODRÍGUEZ, G. 2007 *Lecture Notes on Generalized Linear Models*. Disponível em: <<http://data.princeton.edu/wws509/notes/c4.pdf>> Acesso em: 07 nov. 2011.
- SIMON, M. e AZAM, F. 1989 Protein content and protein synthesis rates of planktonic marine bacteria. *Marine Ecology-Progress Series*, 51: 201-213.
- SIMON, M.; TILZER, M.M.; MULLER, H. 1998 Bacterioplankton dynamics in a large mesotrophic lake: I. abundance, production and growth control. *Archiv für Hydrobiologie*, Stuttgart, 143(4): 385-407.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; GOMES, J.PF. dos S.; BRAGA, F.M. de S. 2003 Effect of liming management on the water quality in *Colossoma macropomum* ("Tambaqui"), ponds. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Botucatu, 15(3): 95-103.
- SODRÉ-NETO, L. e ARAÚJO, M.F.F. 2008 Spatial and temporal fluctuations in bacterioplankton and correlated abiotic variables in eutrophic environments of the Brazilian semi-arid region. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Botucatu, 20(4): 325-331.
- TADANO, Y.S.; UGAYA, C.M.L.; FRANCO, A.T. 2009 Método de Regressão de Poisson: Metodologia para avaliação do impacto da poluição atmosférica na saúde populacional. *Ambiente & Sociedade*, Campinas, 12(2): 241-255.
- TURKMAN, M.A.A. e SILVA, G.L. 2000 *Modelos Lineares Generalizados - da teoria à prática*. Lisboa, 1-153. Disponível em: <<http://docentes.deio.fc.ul.pt/maturkman/mlg.pdf>> Acesso em: 07 nov. 2011.
- VALDERRAMA, J.C. 1995 Methods in nutrients analysis. In: HALLEGRAEFF, G.M.; ANDERSON, D.M.; CEMBELLA, A.D. *Manual of harmful marine microalgae*. Unesco, IOC Manuals and Guides, 33: 251-568
- VANDERZANT, C.; NICKELSON, R.; JUDKINS, P.W. 1971 Microbial flora of pond-reared brown shrimp (*Penaeus aztecus*). *American Society for Microbiology*, U.S.A., 21(5): 916-921.
- WANG, Y.; XU, Z.; XIA, M. 2005 The effectiveness of commercial probiotics in northern white shrimp *Penaeus vannamei* ponds. *Fisheries Science*, Tóquio, 71: 1036-1041.