ARTIGO TÉCNICO

IMPACTOS AMBIENTAIS DO LANÇAMENTO DE EFLUENTES DA CARCINICULTURA EM ÁGUAS INTERIORES

ENVIRONMENTAL IMPACTS OF INLAND SHRIMP FARMING EFFLUENTS

MARIA CLÉA BRITO DE FIGUEIREDO

Pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical. Mestre em Desenvolvimento Sustentável (Science and Technology Studies) pelo Rensselaer Polytechnic Institute, Estados Unidos

LÚCIA DE FÁTIMA PEREIRA ARAÚJO

Engenheira Química. Especialização e Mestrado em Saneamento Ambiental

RAIMUNDO BEMVINDO GOMES

Professor da Área de Química e Meio Ambiente do CEFET. Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental – UFPB

MORSYLEIDE DE FREITAS ROSA

Pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical. Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela UFRJ

WALT DISNEY PAULINO

Engenheiro Agrícola. Gerente de Desenvolvimento Operacional da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará – COGERH

LÚCIA DE FÁTIMA SABÓIA DE MORAIS

Geógrafa. Bolsista da Embrapa Agroindústria Tropical

Recebido: 21/12/04 Aceito: 30/04/05

RESUMO

A bacia do Baixo Jaguaribe-CE depara-se com a instalação progressiva de fazendas de camarão às margens do rio Jaguaribe onde não há interferência de água salina. Esse trabalho tem como principal objetivo avaliar as características físicas, químicas e bacteriológicas dos efluentes contínuos e da despesca de fazendas de camarão, refletindo sobre os possíveis impactos do lançamento desses efluentes e formas de atenuação desses impactos. Foram analisadas amostras da água de captação e dos efluentes de dois viveiros de duas diferentes fazendas. Os parâmetros analisados para os efluentes contínuos foram: pH, turbidez, nitrato, amônia total, condutividade elétrica, DBO_5, fósforo total, fósforo solúvel, alcalinidade total, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, sólidos suspensos, coliformes termotolerantes e clorofila *a*. Para os efluentes da despesca foram acrescentados OD e a fração de sólidos sedimentáveis. Os resultados mostraram que, embora os efluentes contínuos se apresentem dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, na despesca os valores obtidos para pH, amônia total, sólidos suspensos e sedimentáveis estão acima dos valores permitidos contribuindo para a deterioração progressiva da qualidade da água dos corpos hídricos da região.

PALAVRAS-CHAVE: Carcinicultura, impacto de efluentes, rio Jaguaribe.

ABSTRACT

The Baixo Jaguaribe waterbasin has faced the installation of a growing number of shrimp farms along the Jaguaribe River, where there is no saline water interference. This work aims to show the chemical, physical-chemical and bacteriological characteristics of the inland shrimp farms continuous and harvest effluents, located in the Baixo Jaguaribe region, Ceará State, to discuss the possible impacts of these effluents in the water bodies and to suggest mitigating measures. It was analyzed water samples from the Jaguaribe river and the effluents of 2 tanks belonging to 2 different shrimp farms, during 1 production cycle. The parameters analyzed were: pH, turbidity, nitrate, total ammonia, electric conductivity, BOD_5, total phosphorus, soluble phosphorus, total alkalinity, total solids, total dissolved solids, total suspended solids, coliform organisms and chlorophylla. The harvest effluents, its was also analyzed DO and the fraction of sedimented solids. The results showed that although the continuous effluents complied with the legislation standards, in the harvest the values obtained from pH, total ammonia , suspended and settleable solids were higher than those allowed by the legislation. The total load resulting from the great volume drained by the shrimp farms contributes to a progressive deterioration of the water bodies quality in the region.

KEYWORDS: Shrimp farming, impact of effluents, Jaguaribe River.

INTRODUÇÃO

No ano de 2003, o Brasil produziu 90 mil toneladas de camarão, exportando para os Estados Unidos e a Europa 62 mil toneladas, gerando um faturamento de 220 milhões de dólares. A previsão para 2004 é de 120 mil toneladas de camarão, exportação de 90 mil e geração de receita de 360 milhões de dólares (Costa, 2004).

A criação de camarão vem se intensificando no Nordeste do Brasil, sobretudo no estado do Ceará em função da alta rentabilidade econômica, elevada produtividade e fácil adaptação da espécie *Litopenaeus vannamei.* Esse crescimento vem ocorrendo não só na região litorânea, mas também em áreas interiores, como é o caso da região do Baixo Jaguaribe, pela adaptação dessa espécie a ambientes de baixa salinidade.

O desenvolvimento dessa atividade instiga a especulação sobre os aspectos ambientais inerentes às etapas de produção e, conseqüentemente, aos impactos provocados nos ecossistemas naturais. Com relação à poluição hídrica na área de atividade da carcinicultura, o Código de Boas Práticas na Criação de Camarão da Aliança Global de Aquicultura (GAA, 2003) chama a atenção para dois aspectos: (1) os requisitos de qualidade da água para o cultivo e (2) os possíveis efeitos das trocas de água e da drenagem durante a despesca sobre os corpos hídricos receptores. Muitas vezes a água de cultivo é captada à jusante de grandes cidades, de áreas agrícolas e ou industriais, podendo vir contaminada com esgotos, pesticidas e outras substâncias químicas que podem causar problemas no processo de cultivo.

Por outro lado, durante o cultivo não é possível aumentar a produção de camarão com fertilizantes e rações sem que restos da ração, fezes e metabólitos sejam acumulados nos tanques, causando a eutrofização do meio. Dessa forma os efluentes gerados nas trocas de água e na despesca podem enriquecer os corpos receptores com nutrientes, matéria orgânica e mineral, solúvel e suspensa.(Boyd, 1985 apud GAA, 2003).

Os dados disponibilizados na literatura, de forma geral, referem-se à carcinicultura realizada em águas salinas, observando-se a carência de estudos sobre o impacto dessa atividade quando realizada em águas interiores de baixa salinidade. Esse trabalho tem como objetivos: identificar o corpo receptor dos efluentes da carcinicultura em águas interiores no Baixo Jaguaribe; avaliar as características físicas, químicas e bacteriológicas dos efluentes contínuos e da despesca de fazendas de camarão, comparando as alterações nos parâmetros analisados com os da água de captação; apresentar a carga poluidora desses efluentes, comparando-os com a carga estimada do esgotamento sanitário dos municípios da região em estudo, e; refletir sobre os possíveis impactos do lançamento desses efluentes e formas de atenuação desses impactos.

METODOLOGIA

Entre os meses de fevereiro e julho de 2003, uma equipe de pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) percorreram a planície aluvial do Rio Jaguaribe, entre as barragens do Castanhão e Itaiçaba. No mapa das bacias do Estado do Ceará (Figura 1), a área levantada compreende parte da bacia do Médio Jaguaribe e a totalidade do trecho de água doce da bacia do Baixo Jaguaribe, onde não ocorre interferência de água salina.

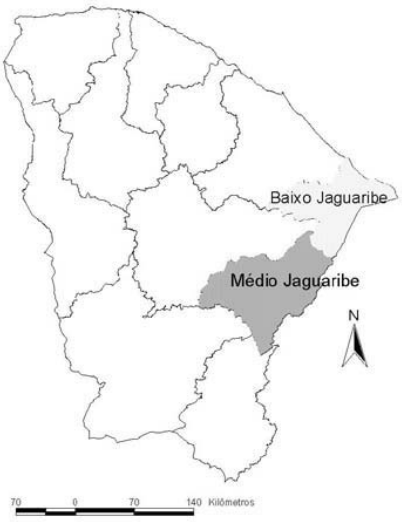

Figura 1 - Mapa das bacias do Estado do Ceará

Inicialmente, foram identificados na região todos os viveiros de camarão, através de visita às propriedades e determinação com GPS das poligonais de cada fazenda, sendo todos os empreendimentos georeferenciados no mapa das bacias em estudo (Figura 2).

Posteriormente, uma equipe técnica aplicou questionários junto aos proprietários ou gerentes técnicos de 31 fazendas em operação e 1 desativada. A aplicação de questionários buscou, dentre outros aspectos, identificar o sistema de produção praticado em cada fazenda, o tipo de tratamento dado aos efluentes e seu destino final.

Após a análise dos questionários, foram selecionados dois viveiros de duas fazendas para o acompanhamento da evolução da qualidade da água ao longo do processo de cultivo e a caracterização dos efluentes do processo de despesca. As fazendas foram selecionadas por adotarem diferentes sistemas de engorda, sem fertilização (Fazenda 1) e com fertilização (Fazenda 2) e também por representarem os sistemas de engorda adotados pela grande maioria dos empreendimentos (25 fazendas). Para a caracterização dos efluentes contínuos, foram coletadas amostras quinzenais de água, durante um ciclo da engorda, no período de outubro de 2003 a março de 2004. Os pontos selecionados para o monitoramento em cada fazenda foram o da captação de água no Rio Jaguaribe e o do vertedouro de saída. Durante a despesca dos viveiros monitorados, foram coletadas amostras do efluente, em intervalos aproximados de 2 horas, a partir da abertura das comportas até o final do processo.

Os parâmetros analisados no monitoramento dos efluentes contínuos foram: pH, turbidez, nitrato, amônia total, condutividade elétrica, DBO_5, fósforo total, fósforo solúvel, alcalinidade total, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, sólidos suspensos, coliformes termotolerantes e clorofila *a*. Para a despesca foram acrescentados oxigênio dissolvido e a fração de sólidos sedimentáveis. As análises foram realizadas no Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias - LIAMAR do CEFET-CE, seguindo a metodologia recomendada pela APHA (1995).

Os valores obtidos para os efluentes foram comparados com os limites estabelecidos pela Portaria 154, de 22 de Julho de 2002 da Superintendência Estadual de Meio Ambiente (SEMACE) que *"dispõe sobre padrões de lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras"*. A dificuldade de caracterizar os efluentes da carcinicultura em relação aos parâmetros de efluentes de outras fontes poluidoras, levou a uma associação da dinâmica de um viveiro de camarão a de uma lagoa de maturação. Pela peculiaridade da situa-

Figura 2 – Mapa das empresas de carcinicultura na região de estudo

ção e só para efeito de ilustração na discussão deste trabalho, foram considerados os padrões constantes no parágrafo 2º do artigo 4º da referida Portaria, relacionados a efluentes de lagoas de estabilização. Para a água de captação, como ainda não foram enquadrados os corpos d'água no Ceará, adotaram-se como referência os padrões estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA Nº 357 de 18 de março de 2005 para as águas de Classe 2.

Como a infra-estrutura hidráulica disponível nas fazendas de camarão (canal de drenagem e comporta) não foi projetada nem construída com o propósito de medir vazão, as mesmas não oferecem uma precisão suficientemente boa para que seja calculada a vazão dos efluentes contínuos e da despesca. Para a estimativa do valor de vazão, optou-se pelo acompanhamento da variação do volume armazenado no viveiro, conforme metodologia que se segue: num intervalo de cultivos, com o viveiro vazio, foi feito um levantamento topográfico planialtimétrico que tornou possível o traçado das curvas de níveis do interior do tanque e assim associar o volume a cada nível da água armazenada. Para o cálculo da vazão total dos efluentes contínuos, foi instalada uma régua limnimétrica nos dois viveiros monitorados, realizadas leituras diárias no início da manhã e ao final da tarde e calculada a vazão total de lançamento dos efluentes em cada cultivo. No cálculo da vazão associada a cada coleta de amostra de água durante a despesca foi também usada a régua para medir a diferença entre o volume armazenado 15 minutos antes da coleta e 15 minutos após a coleta. A razão entre a diferença de volume e o tempo transcorrido foi a vazão estimada.

Foi calculada a carga poluidora referente a DBO_5, amônia total, fósforo total e sólidos suspensos totais. Para os efluentes contínuos, a carga foi calculada multiplicando-se a vazão total de lançamento do cultivo pelo valor médio da concentração de cada parâmetro. Para os efluentes da despesca, a carga foi calculada multiplicando-se cada medida de vazão pelo valor do parâmetro, somando-se todas essas medidas e gerando-se a carga acumulada final. Considerou-se que cada fazenda realiza em média dois ciclos e meio de produção por ano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levantamento de campo

O levantamento realizado mostrou que na planície fluvial do Rio Jaguaribe, na bacia do Baixo Jaguaribe, estão instaladas 36 fazendas de camarão, compreendendo uma área total de 413 ha, identificando-se 32 em operação (350ha) e 04 desativadas (Mapa 2). O início das atividades data de janeiro de 2000 e as fazendas estão concentradas nos municípios de Quixeré, Russas, Jaguaruana e Itaiçaba, onde não há interferência de água salina, sendo 31 delas abastecidas pelo Rio Jaguaribe e uma pela lagoa de São Bento.

Os viveiros de engorda na região possuem entre 01 a 06 ha, sendo a densidade de estocagem média de 42 camarões/m^2 (máximo de 60 cam/m^2 e mínimo de 30 cam/m^2). A engorda dura entre 90 e 160 dias, dependendo da biometria que se quer atingir ao final do cultivo.

Os efluentes das 32 fazendas pesquisadas, gerados pela troca de água nos viveiros e na despesca, são lançados nos corpos d'água sem tratamento prévio. O rio Jaguaribe é o destino final dos efluentes de 14 fazendas, o Rio Palhano, de 02 fazendas, as lagoas da região, de 15 fazendas e um córrego natural, de 01 fazenda. Com relação às descargas nas lagoas da região, a Portaria 154/2002 da SEMACE proíbe o lançamento de efluentes *in natura* em corpos lênticos. Outro fato a considerar é o lançamento desses efluentes da carcinicultura no rio Jaguaribe, cujas águas abastecem a população das cidades de Russas, Jaguaruana, Quixeré e Itaiçaba.

As fazendas da região em estudo utilizam três diferentes métodos de culti-

vo na engorda: com fertilização e aeração dos viveiros; com aeração e sem fertilização e, sem fertilização e sem aeração. A fertilização é praticada com o objetivo de aumentar o fitoplâncton, que serve de alimento natural ao camarão, reduzindo a quantidade de ração ofertada. Nessas fazendas a transparência da água é inferior a 0,20m, sendo necessária uma maior aeração, principalmente no período noturno. O método de cultivo que não fertiliza procura manter a transparência entre 0,30 e 0,40m, sendo a ração farelada a fonte principal de alimento dos camarões. Essa prática é comum nas fazendas localizadas nos estuários. As fazendas que não fertilizam nem aeram fazem o controle das condições do viveiro com a renovação da água. Das fazendas pesquisadas, 07 pertencem ao grupo das que fertilizam e aeram, 18 ao grupo das que aeram e não fertilizam e 07 ao grupo das que não fertilizam e não aeram.

Os insumos utilizados, a área de cada viveiro, a produção, o tempo e a densidade de cultivo das Fazendas 1 e 2 monitoradas estão apresentados na Tabela 1.

O tempo de cultivo dos viveiros analisados foi além do tempo médio de cultivo da região, devido aos problemas de acesso às fazendas, prejudicado pelas chuvas, e à reduzida taxa de crescimento dos camarões.

Para compreensão do valor de alguns parâmetros na captação, é importante observar que a Fazenda 2 está localizada à montante da Fazenda 1, e ambas estão instaladas nas proximidades do leito do Rio Jaguaribe.

Análise dos efluentes

As Tabelas 2 e 3 mostram a média dos resultados das análises da água coletada no ponto de captação e no vertedouro de saída dos viveiros durante o cultivo e, pela grande variabilidade encontrada, são mostrados os valores máximo e mínimo dos parâmetros analisados durante a despesca nas fazendas 1 e 2, respectivamente.

Nas duas fazendas, a turbidez, assim como os sólidos suspensos totais apresentaram uma tendência de aumento no ponto de saída do viveiro (vertedouro) em relação à captação, durante o cultivo. O aumento pode ser atribuído aos resíduos de ração não convertidos e à maior biomassa de fitoplâncton no viveiro. Não se verificaram mudanças significativas nos sistemas das duas fazendas durante o cultivo. Na despesca, os valores da turbidez e dos sólidos suspensos vão aumentando ao longo do tempo, chegando ao seu valor máximo no final, quando o material depositado no fundo do viveiro é revolvido, especialmente na fazenda 2 que realiza fertilização (Figura 3).

Os sólidos suspensos do efluente na despesca das duas fazendas atingem valores superiores ao padrão estabelecido pela Portaria 154/2002, Art. 4º – SEMACE tanto para o lançamento de efluentes industriais (100mg/L) como de lagoas de estabilização (150mg/L) em corpos hídricos. Em ambos os sistemas de cultivo, a fração volátil é maior no início da despesca. No final o aumento é observado na fração fixa, indicando um maior carreamento de matéria inorgânica.

A variação média da concentração de amônia total no vertedouro, durante o cultivo, em relação à do ponto de captação é pequena, com o maior valor (0,24mg/L) na Fazenda 2. Entretanto, durante a despesca, na Fazenda 2, os valores de amônia total cresceram cerca de 15 vezes a média encontrada nos efluentes contínuos ao longo do processo de engorda, ultrapassando os padrões legais. O valor máximo de 6,39mg/L ao final da despesca na fazenda 2 pode ser atribuído à fertilização e maior aporte de ração com acumulação de matéria orgânica no fundo do viveiro (Figura 4). Considerando as concentrações de amônia total nas condições dos valores máximos registrados para o pH e temperatura, o percentual de amônia livre no efluente da despesca chega a 68% na Fazenda 1 e 42% na Fazenda 2. Deve ser ressaltado que esta é a forma mais tóxica às espécies animais.

Durante a engorda, apenas na fazenda 2 os valores de nitrato da saída do viveiro ultrapassam o valor médio da água de captação do rio. No processo de despesca há elevação dos níveis de nitrato, no entanto a concentração se mantém muito abaixo do padrão de 10mg/L estabelecido para as águas de Classe 2.

Na Fazenda 1, observou-se que a média do fósforo total no ponto de saída do vertedouro aumentou um pouco em relação à captação, provavelmente devido aos resíduos de ração e de excreções dos camarões nos viveiros ao longo do cultivo. Na Fazenda 2, o aumento foi mais significativo, devendo ser atribuído, além das contribuições já citadas para a Fazenda 1, à adição de superfosfato triplo no viveiro. É importante observar ainda, que o valor médio de fósforo total na água de captação nos dois trechos do rio já é superior aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357, para as águas de Classe 2. Durante a despesca, o aumento dos valores de fósforo total foi maior para a Fazenda 2 (0,27 para 0,85 mg/L), provavelmente devido à fertilização (Figura 5).

Nas duas fazendas, a clorofila *a* aumentou substancialmente durante o cultivo entre os pontos de captação e de saída do viveiro, o que era esperado, pela maior disponibilidade de nitrogênio e fósforo oriundos da ração não consumida e das excreções dos camarões, o que provoca um aumento da atividade fitoplanctônica. No caso da Fazenda 2 essa atividade é ainda estimulada pela fertilização. Ao final da despesca observou-se um decréscimo nos valores de clorofila *a*, provavelmente devido à menor biomassa de fitoplâncton no fundo do viveiro. Como esperado, a concentração inicial de cloro-

Tabela 1 – Dados dos viveiros monitorados

Fazendas	Sistema de cultivo adotado	Densidade de cultivo	Área viveiro (ha)	Duração engorda (dias)	Insumos adicionados à água/cultivo	Produção/ cultivo
1	Não fertilização e aeração	40 camarões/m^2	6	196	Ração: 21.780kg Calcário dolomítico: 3.600 kg	13.296kg
2	Fertilização e aeração dos viveiros	28 camarões/m^2	3	157	Uréia:180kg Superfosfato triplo: 60kg Calcário dolomítico: 1.200kg Ração: 13.773kg	8.700kg

Tabela 2 – Resultados das análises laboratoriais realizadas para a Fazenda 1

Parâmetros	Cultivo		Despesca		Padrões		
	Média da captação	Média do vertedouro	Mínimo	Máximo	Água captação*	Efluente industrial**	Efluente de lagoa de estabilização**
pH	7,8	8,4	7,1	9,0	>6 e <9	>5 e <9	> 7,5 e < 10
Temperatura (°C)	29,4	29,3	25,0	28,0	-	40,0	40,0
Turbidez (uT)	26,00	42,15	90,00	461,00	100,00	-	-
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	18,0	56,3	182,0	1130,0	-	100,0	150,0
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	-	-	80,0	824,0	-	-	-
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	-	-	102,0	306,0	-	-	-
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	-	-	0,70	31,00	-	1,00	1,00
Nitrato (mgN/L)	0,17	0,21	0,13	0,26	10,00	-	-
Amônia Total (mgN/L)	0,17	0,41	0,51	6,39	2,00	5,00	5,00
CE (µS/cm)	356,0	444,2	318,0	585,0	-	-	-
DBO_5 (mg/L)	2,48	11,17	121,00	148,00	5,00	-	-
OD (mg/L)	-	-	0,00	8,00	>=5		>=3
Fósforo Total (mgP/L)	0,11	0,31	0,27	0,85	0,050	-	-
Clorofila *a* (µg/L)	4,50	86,52	83,70	385,80	30,00	-	-
Alc. Total ($mgCaCO_3$/L)	84,60	125,09	98,00	261,00	-	-	-
Col. Termotolerantes (NMP/100mL)***	129	44	2	130	1000	5000	5000

* Padrão Resolução CONAMA 357/05 - Águas Classe 2 ** Padrão Portaria SEMACE 154/2002 *** Média geométrica

Tabela 3 – Resultados das análises laboratoriais realizadas para a Fazenda 2

Parâmetros	Cultivo		Despesca		Padrões		
	Média da captação	Média do vertedouro	Mínimo	Máximo	Água captação*	Efluente industrial**	Efluente de lagoa de estabilização**
pH	7,9	8,8	7,6	9,3	>6 e <9	>5 e <9	> 7,5 e < 10
Temperatura (°C)	30,95	29,46	26,00	33,00	-	40,00	40,00
Turbidez (uT)	32,70	41,30	54,00	624,00	100,00	-	-
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	24,33	56,67	22,00	936,00	-	100,00	150,00
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	-	-	4,00	814,00	-	-	-
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	-	-	17,00	122,00	-	-	-
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	-	-	0,00	3,50	-	1,00	1,00
Nitrato (mgN/L)	0,32	0,31	0,02	0,11	10,00	-	-
Amônia Total (mgN/L)	0,28	0,36	0,31	2,87	2,00	5,00	5,00
CE (µS/cm)	434,69	463,91	282,00	356,00	-	-	-
DBO_5 (mg/L)	3,65	15,08	26,40	60,10	5,00	-	-
OD (mg/L)	-	-	1,30	6,40	>=5	-	>=3
Fósforo Total (mgP/L)	0,17	0,23	0,06	0,53	0,05	-	-
Clorofila *a* (µg/L)	7,29	134,97	13,70	56,00	30,00	-	-
Alc. Total ($mgCaCO_3$/L)	105,70	115,57	90,00	265,00	-	-	-
Col. Termotolerantes (NMP/100mL)***	171,00	13,98	1,00	500,00	1000,00	5000,00	5000,00

* Padrão Resolução CONAMA 357/05 - para as águas de Classe 2 ** Padrão Portaria SEMACE 154/2002 *** Média geométrica

fila "a" em ambas as fazendas durante a despesca é bem superior à média encontrada para a água de captação.

A DBO_5 aumenta entre a captação e o ponto de lançamento dos efluentes contínuos durante o cultivo de forma semelhante para as duas Fazendas, o que pode ser associado ao aumento da matéria orgânica no viveiro. Também ao longo da despesca ocorre um aumento do valor da DBO_5, sendo mais significativo para a Fazenda 1. Entretanto, o valor inicial de DBO_5 encontrado na despesca da Fazenda 2 já é cerca de duas vezes superior à concentração do final da despesca da Fazenda 1(Figura 6).

A condutividade elétrica (CE) do efluente contínuo do viveiro aumenta quando se compara à da água de captação nas duas fazendas, sendo esse aumento superior na fazenda que realiza a fertilização. Outro fator que contribui para a concentração de sais e consequentemente para a variação observada é a evaporação intensa, que na região fica, numa média anual, em torno de 6 mm/dia (DNMET, 1992). Durante a despesca a condutividade elétrica também aumenta, sendo mais significativa nas amostras finais, provavelmente pelo processo de mineralização da matéria orgânica e conseqüente solubilização no fundo do viveiro (Figura7).

A média dos coliformes termotolerantes na saída do viveiro ao longo do cultivo nas duas fazendas mostrou-se inferior à média da captação, o que era esperado, dada a inexistência de aporte desses microrganismos na área dos viveiros. Ao longo da despesca, os valores dos coliformes termotolerantes aumentaram. No entanto, os valores máximos encontrados nos efluentes conservam-se abaixo do padrão de 5000 NMP/100mL estabelecido pela Portaria SEMACE Nº 154/02.

Análise da carga poluidora

A Tabela 3 apresenta a carga poluidora total por hectare das Fazendas 1 e 2 estimada para um ano, considerando-se os resultados encontrados na análise dos efluentes contínuos e na despesca para os parâmetros sólidos suspensos totais, amônia, fósforo total e DBO_5. Percebe-se que a etapa da despesca é responsável pela maior carga de sólidos suspensos totais, amônia total e DBO_5 nas duas fazendas. A carga poluidora total da Fazenda 2 é superior a da Fazenda 1 para os sólidos suspensos totais e DBO_5.

Com relação ao fósforo total, apesar de não haver diferença significativa entre

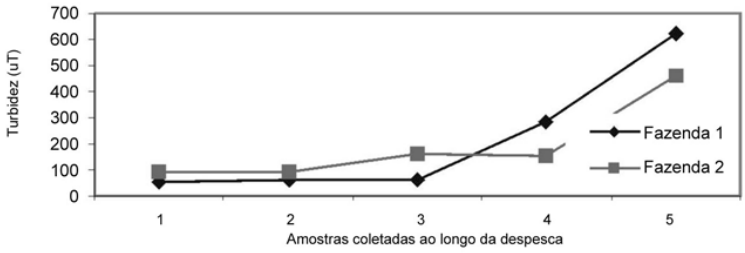

Figura 3 - Valores de turbidez ao longo do processo de despesca nas fazendas 1 e 2

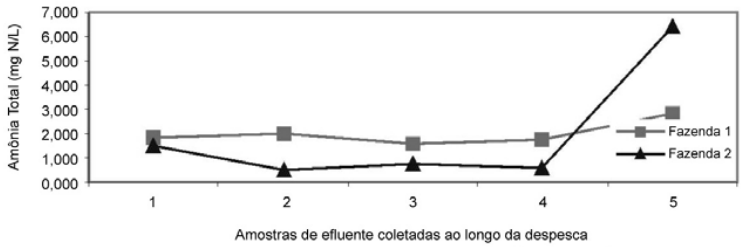

Figura 4 - Variação dos valores de amônia total ao longo do processo de despesca nas fazendas 1 e 2

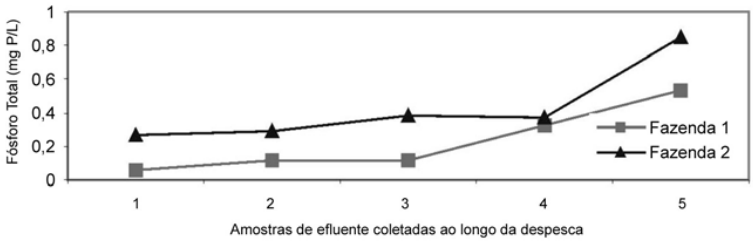

Figura 5 - Variação dos valores de fosforo total ao longo do processo de despesca nas fazendas 1 e 2

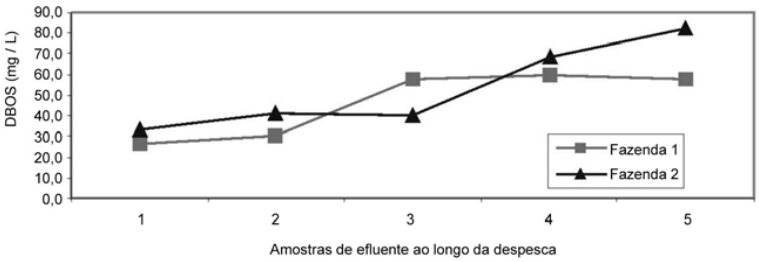

Figura 6 - Variação da DBO_5 ao longo do processo de despesca nas fazendas 1 e 2

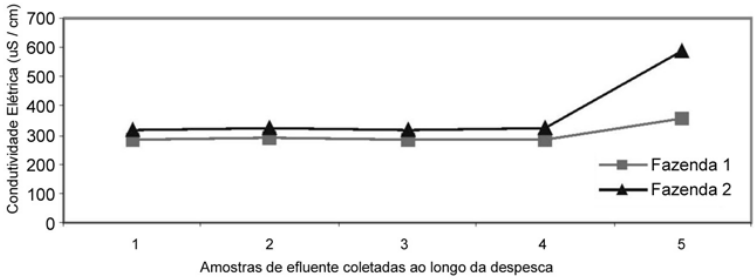

Figura 7 - Variação dos valores de condutividade elétrica ao longo do processo de despesca nas fazendas 1 e 2

a carga total para as duas fazendas, observa-se que para os efluentes contínuos a carga maior é fornecida pela Fazenda 1. Tal fato é explicado pelo diferente manejo com a renovação de água, uma vez que a Fazenda 1, que não fertiliza, apresenta uma vazão de efluentes contínuos três vezes superior ao da Fazenda 2, que adota a fertilização (vazão da Fazenda 1= 199,2 m³/ha.dia e da Fazenda 2 = 63,8 m³/ha.dia). A mesma análise aplica-se para a carga de amônia total nos efluentes contínuos da Fazenda 1 que é superior, pela maior vazão.

Foram comparadas a carga poluidora média anual estimada para as 32 fazendas de camarão em operação (cada uma com 2,5 ciclos anuais de produção) com a estimativa da carga proveniente do esgotamento sanitário dos municípios de Quixeré, Russas, Jaguaruana e Itaiçaba (contribuição per capita de esgoto de 100L/dia) (ver Tabela 4).

Os resultados mostram que a carga poluidora da carcinicultura equivale:

- ao que produzem 119.508 habitantes de esgoto, no que diz respeito a Sólidos Suspensos Totais;
- ao que produzem9.504 habitantes, no que diz respeito à Amônia;
- ao que produzem 6.260 habitantes, no que diz respeito à Fósforo Total, e;
- ao que produzem 53.955 habitantes, no que diz respeito a DBO_5 (Tabela 4).

Com exceção dos sólidos suspensos totais, a carga poluidora anual gerada pela carcinicultura é inferior à do esgotamento sanitário, nos 4 municípios em estudo.

Alternativas para mitigação dos impactos do lançamento dos efluentes

Na década de 90, as experiências mostravam que uma alta taxa de renovação de água na carcinicultura era necessária para a remoção de resíduos metabólicos considerados potencialmente tóxicos e fator limitante na produção do camarão (Hossain et al, 2004). Baseada nessa teoria, a preocupação com os impactos relacionados com a quantidade e qualidade dos efluentes de viveiros nos corpos hídricos receptores vem sendo manifestada nos trabalhos que investigam os processos de cultivo do camarão. Hossain et al (2004) comentam pesquisas mais recentes que põem em dúvida a necessidade de altas taxas de troca de água dos viveiros e sugerem que, com um manejo adequado dos tanques, a troca de água pode chegar a zero em áreas costeiras. O "Código de conduta para o desenvolvimento sustentável e responsável da carcinicultura brasileira"(ABCC, 2004) estabelece entre outros compromissos*: - que a taxa de renovação deve acompanhar a tendência de troca zero, buscando sistemas de recirculação e trocas mínimas, adaptando o modelo às condições locais da fazenda; - que a drenagem dos viveiros deve ser feita de forma que minimize a suspensão dos sedimentos, evite a velocidade excessiva da água nos canais e nas comportas de saída e contemple sistemas de redução de material em suspensão na água residual.*

Tendo em vista que as mais altas concentrações de sólidos suspensos e nutrientes são observadas nos 15 a 20% do efluente final da despesca, SEOK et al, 1995 apud GAA, 2003, defendem que uma drenagem mais lenta dos viveiros reduz a ressuspensão dos sólidos e melhora a qualidade do efluente. Para Boyd et al,1998 apud GAA, 2003, a redução do impacto do efluente final da despesca nos corpos hídricos pode ser melhorada com a utilização de bacias de sedimentação.

Confirmando pesquisas realizadas na área costeira, os resultados obtidos na área deste estudo constatam a necessidade de tratamento prévio do efluente gerado pela carcinicultura através de alternativas que também contemplem o uso de bacias de sedimentação, recirculação e/ou reúso da água nas fazendas da região. A necessidade do tratamento é reforçada pelo fato das águas do Rio Jaguaribe serem utilizadas para o abastecimento humano dos municípios da área de influência. Sendo o Baixo Jaguaribe uma região de intensa atividade agrícola, o reúso dos efluentes para irrigação torna-se a alternativa que pode contemplar o uso racional da água, economia de fertilizantes e redução da poluição hídrica. A recirculação, por sua vez, vem racionalizar o consumo da água, otimizar os custos com outorga e com a energia para a captação, além de reduzir o lançamento de altas cargas de nutrientes e matéria orgânica nos corpos receptores.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos para os dois cultivos apresentados, percebe-se que os efluentes contínuos e da despesca contribuem para uma elevação do pH, turbidez, sólidos suspensos, condutividade elétrica, fósforo total, clorofila *a*, DBO_5, amônia total e alcalinidade total no corpo receptor. Os valores de sólidos suspensos totais, fósforo total, amônia total, clorofila *a* e DBO_5, associados à elevada vazão de descarga durante a despesca, representam alta carga de poluição para os recursos hídricos superficiais, sendo causa potencial de assoreamento do leito e eutrofização das águas, principalmente nos meses de junho a dezembro, quando não ocorrem chuvas e a vazão do rio é reduzida.

A elevação da condutividade elétrica da água não compromete o uso do efluente para irrigação da maioria das culturas, já que as restrições começam quando a condutividade elétrica é superior a 700 µS/cm (Ayers & Westcot,1991). O

Tabela 4 – Carga poluidora das Fazendas 1 e 2

Parâmetros	Fazenda 1			Fazenda 2		
	Carga efluentes contínuos (Kg/ha.ano)	Carga despesca (Kg/ha.ano)	Carga Total (Kg/ha.ano)	Carga efluentes contínuos (Kg/ha.ano)	Carga despesca (Kg/ha.ano)	Carga Total (Kg/ha.ano)
Sól.Suspensos Totais	1.694	2.000	3.693	538	5.725	6.263
Amônia Total	10,5	27,3	37,8	3,8	17,8	21,6
Fósforo Total	6,6	2,6	9,2	2,9	6,2	9,1
DBO_5	446	794	1.240	107	2.586	2.693

Tabela 5 – Comparação carga poluidora da carcinicultura com a do esgoto bruto

Parâmetros	Carcinicultura		Esgoto domestico			Carga total		
	Carga média total (Kg/ha.ano)	Carga total para 350,48ha (Kg/ano)	Esgoto bruto* (mg/l)	Esgoto (kg per capita ano)**	Carga total dos 4 municípios (Kg/ano)	Esgoto + carcinicultura (kg/ano)	Carcini.	População equivalente carcini
Sól. Suspensos Totais	4.978	1.744.811	400	14,6	1.613.242	3.358.053	52,0%	119.508
Amônia Total	30	10.407	30	1,1	120.993	131.400	7,9%	9.504
Fósforo Total	9	3.194	14	0,5	56.463	59.658	5,4%	6.251
DBO_5	1.967	689.272	350	12,8	1.411.586	2.100.859	32,8%	53.955

* von Sperling, 1995 ** Segundo Araújo, 2000 (Contribuição *per capita* de esgoto bruto = 100 L/dia).

valor máximo obtido para condutividade elétrica foi de 585 µ*S*/cm (Fazenda 2).

Os sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis, pH e amônia total na despesca apresentam concentração que ultrapassa os níveis máximos estabelecidos pela legislação federal e estadual para o lançamento de efluentes diretamente em corpos hídricos. É importante observar que o impacto da carga poluidora da despesca é maior devido a todo o volume do viveiro ser lançado diretamente em corpos d'água da região do Baixo Jaguaribe num curto espaço de tempo.

O cenário encontrado na pesquisa aponta que a drenagem das águas dos viveiros de camarão diretamente nos corpos receptores, representa um fator potencial de assoreamento e de ameaça aos usos prioritários de abastecimento humano e dessedentação animal dos recursos hídricos superficiais da região.

AGRADECIMENTOS

À FINEP pelo financiamento do Projeto "Suporte Tecnológico para Melhoria da Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos no Baixo Jaguaribe", cujas informações subsidiaram esse trabalho. À Associação de Carcinicultores do Baixo Jaguaribe que apoiou a realização dessa pesquisa. À equipe da COGERH e do CEFET-CE, pela dedicação nos trabalhos laboratoriais e de coleta de amostras.

REFERÊNCIAS

ABCC - Associação Brasileira de Criadores de Camarão. *Código de conduta para o desenvolvimento sustentável e responsável da carcinicultura brasileira.* - Brasília, 2004. Disponível em http://masrv56.agricultura.gov.br/seap/conduta/pdf/cc Acesso em: 18/04/2005.

ARAÚJO, L. F. P..*Reúso com lagoas de estabilização - Potencialidade no Ceará*. Fortaleza: SEMACE, 132 p. il. 2000.

AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. *A qualidade da água na agricultura*. Tradução de GHEYI, H. R., DE MEDEIROS, J. F. e DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1991.

BRASIL. DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA. *Plataforma tecnológica do camarão marinho cultivado*: segmento de mercado/Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. Departamento de pesca e Aqüicultura. Brasília: MAPA/SARC/DPA.CNPq. ABCC, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária – Departamento Nacional de Meteorologia - DNMET. *Normais Climatológicas (1961-1990)*. Brasília:DNMET; 1992.

CEARÁ. GOVERNO DO ESTADO. Portaria 154, de 22/07/2002. *Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras.* Disponível em: <http://www.semace.ce.gov.br/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95>. Acesso em: 25/03/2004.

CHAMBERLAIN, G. - *Cultivo Sustentável do Camarão: Mitos e Verdades II.* Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão-ABCC. Ano 5. N°2. Junho/2003.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. *Resolução CONAMA 357, de 18/03/2005. Dispõe sobre a classificação das águas.* Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html> . Acesso em12/04/2005.

HOSSAIN, S. et al. *Integrated management approach for shrimp culture development in the coastal enviroment of Bangladesh.* World Aquaculture. V.35. N°1, march/2004

GLOBAL AQUACULTURE ALLIANCE. *Codes of Practice for Responsible Shrimp Farming.* 2003. Disponível em: <www. Gaalliance.org/code.html>. Acesso em 13/02/2003.

VON SPERLING, M.. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.* Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG., 240p. 1995.

Endereço para correspondência:

Maria Cléa Brito de Figueiredo
Embrapa Agroindústria Tropical
R. Dra Sara Mesquita, 2270
60511-110 Fortaleza - CE - Brasil
Tel.: (85)3299-1846
Fax:(85) 3299-1803
E-mail: clea@cnpat.embrapa.br