

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**USO DE AERADORES E SUBSTRATOS NO
CULTIVO SEMI-INTENSIVO DO CAMARÃO-DA-
AMAZÔNIA *Macrobrachium amazonicum*:
ANÁLISE TÉCNICA, ECONÔMICA E EMISSÃO
DE GASES DO EFEITO ESTUFA**

Bruno de Lima Preto

Jaboticabal – SP

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**USO DE AERADORES E SUBSTRATOS NO
CULTIVO SEMI-INTENSIVO DO CAMARÃO-DA-
AMAZÔNIA *Macrobrachium amazonicum*:
ANÁLISE TÉCNICA, ECONÔMICA E EMISSÃO
DE GASES DO EFEITO ESTUFA**

Bruno de Lima Preto

Dr. Wagner Cotroni Valenti

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor.

Jaboticabal – SP

2012

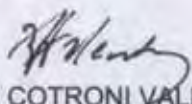
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Uso de aeradores e substratos no cultivo semi-intensivo do camarão-da-amazonia *Macrobrachium amazonicum*: análise técnica, econômica e emissão de gases do efeito estufa.

AUTOR: BRUNO DE LIMA PRETO

ORIENTADOR: Prof. Dr. WAGNER COTRONI VALENTI

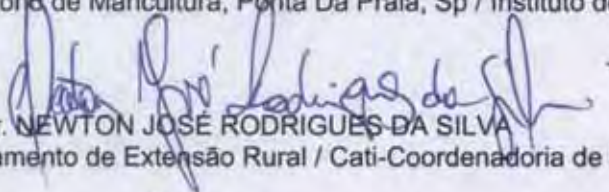
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Aquicultura, pela Comissão Examinadora:



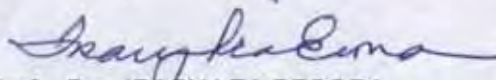
Prof. Dr. WAGNER COTRONI VALENTI
Coordenadoria de Curso / Unidade do Litoral Paulista



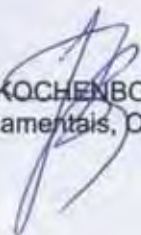
Prof. Dr. MARCELO BARBOSA HENRIQUES
Laboratório de Maricultura, Ponta Da Praia, Sp / Instituto de Pesca



Prof. Dr. NEWTON JOSÉ RODRIGUES DA SILVA
Departamento de Extensão Rural / Cati-Coordenadoria de Defesa Agropec. Do Est. de S. Paulo



Profa. Dra. IRACY LEA PECORA
Departamento de Física e Biofísica / Instituto de Biociências de Botucatu



Prof. Dr. JOAO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES
Laboratório de Peixes Ornamentais, Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal, SP

Data da realização: 29 de fevereiro de 2012.

Preto, Bruno de Lima

Z3 4u Uso de aeradores e substratos no cultivo semi-intensivo do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum*: análise técnica, econômica e emissão de gases do efeito estufa / Bruno de Lima Preto. -- Jaboticabal, 2012

iv, 83 f. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2012

Orientador: Wagner Cotroni Valenti

Banca examinadora: Marcelo Barbosa Henriques, Newton José Rodrigues da Silva, Iracy Lea Pecora, João Batista Kochenborger Fernandes

Bibliografia

1. carcinicultura. 2. *Macrobrachium amazonicum* 3. Aerador. 4. Substrato. 5. Análise econômica. 6. Gases do efeito estufa.

CDU 639.31

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Dedico com muito carinho à minha família: meu pai Vaico, minha mãe Aparecida, meu irmão Artur, meus avôs Brasileu (*in memorian*) e Luzia (*in memorian*) e meus nonos Vaico (*in memorian*) e Lanfranca.

Ofereço ao meu orientador Wagner Cotroni Valenti, que com muito carinho, dedicação e competência, me influenciou e incentivou nos últimos 10 anos.

(...) “Por que um dia é preciso parar de sonhar, tirar os planos das gavetas e, de algum modo, começar” (...)

Amyr Klink

SUMÁRIO

Agradecimentos	1
Apoio Financeiro	4
Resumo	5
Abstract	6
Introdução Geral	7
Referências	12
Artigo I	14
Artigo II	37
Artigo III	67
Considerações Finais	83

AGRADECIMENTOS

Ao Caunesp, especialmente ao setor de carcinicultura, que durante 10 anos foi minha segunda casa. Além de todo aprendizado e de todas as oportunidades que tive no setor, foi neste local que fiz algumas de minhas mais valiosas amizades.

À minha família, especialmente aos meus pais, Vaico e Aparecida, que me incentivaram e permitiram que eu alcançasse tudo o que tenho hoje, e meu irmão Artur, que sempre foi uma referência para mim.

Aos demais familiares, meus nonos Vaico (*in memorian*) e Lanfranca, meus avôs Brasileu (*in memorian*) e Luzia (*in memorian*), meus tios Gigi, Roberto e Alexandre, as minhas tias Márcia, Fran e Damares, e meus primos João Felipe, Ana Luiza, Thaís, Ryan e Maysa.

Aos meus padrinhos Marcos e Ivonete, que sempre me acolheram e apoiaram. Também aos seus filhos, meus amigos, Guilherme e Tacila.

Ao professor Wagner Valenti, que foi para mim uma inspiração profissional. Em momentos confusos, mostrou alguns caminhos para minha satisfação profissional. Agradeço não apenas pela oportunidade de ser seu orientado, mas também pela amizade durante este período. Junto com sua esposa, Patricia Valenti, me acolheu no setor de carcinicultura, com cuidado e carinho semelhante aos que pais têm pelos filhos.

Aos meus companheiros deste trabalho:

- Matheus, parceiro de doutorado, de experimento e principalmente grande amigo. Desde o início do doutorado, foi para mim uma referência de dedicação e compromisso com o trabalho.

- Fabrício, eterno amigo. Companheiro de muitos trabalhos, muitas despescas, biometrias, coletas, risadas e, principalmente, companheiro de vida!

- Michelle Roberta, parceira neste experimento e figura imprescindível para outros trabalhos que foram desenvolvidos no setor.

- Janaina, que desde a iniciação científica inovou nossos trabalhos com suas idéias, tendo um papel fundamental na redação final desta tese e, principalmente, na minha vida pessoal.

Ao Roberto Polachini, o “cara” que sempre resolveu tudo para nós no setor de carcinicultura, independente do dia, da hora e do “peso”. Ao longo destes anos se tornou um grande amigo. Valeu Dr.!

Aos membros da banca de qualificação: Hécio Marques e João Batista, que além das valiosas recomendações que fizeram neste trabalho, são importantes conselheiros e amigos.

Aos membros da banca de defesa de tese: Iracy Pécora, Marcelo Henriques, Newton Rodrigues e João Batista, que avaliaram esta tese com muita dedicação. Seus conselhos, sem dúvida, serão para toda minha carreira profissional.

Aos amigos do setor de carcinicultura do Caunesp: Fernanda, Josi, Adriana, Val, Michelle Vetorelli, Michelle Roberta, Tavani, Alessandra, Patrícia, Janaina, Cilene, Maria, Zé Mario, Roberto, Fabrício, Matheus, Bruninho, Rafa, Rabera, Bauru, Roberto, Caio e a muitos outros que me apoiaram.

Aos funcionários do Caunesp: Valdecir, Márcio, Márcio (Perereca) e “Seu” Mauro, pela convivência e apoio à implantação do experimento.

Às professoras:

- Irene Vicentini, que sempre me aconselhou e apoiou desde a seleção de mestrado até o final de meu doutorado,

- Laura Nakaghi, por todo apoio, principalmente na fase final de meu doutorado.

- Maria Inês Martins, pela ótima convivência e pelos conselhos durante meu doutorado.

- Rose Vidotti, pela amizade e convivência durante minha pós-graduação.

À Verinha, que além de resolver “as coisas” na PG, é uma grande companheira de confraternizações e risadas.

Ao David, que me deu apoio logístico na PG, principalmente na fase final de meu doutorado.

Aos queridos amigos:

- Felipe Ribeiro (meu irmão), Renata e Mari,

- Michelle e Laurindo

- Chico, Paulo, Brandão, André e Chaba (família são carlense)

- Da república Tipo 0, especialmente ao “Perêra”, por todo apoio e incentivo

Especialmente à minha família Biozona, que foi o principal motivo de minhas felicidades durante meu doutorado: Spinha, Fabrício, Tanga, Erico, Bauru, Cravo, Rhosa, Caio, Pastor, Sansão, Ariel, Natalie, Maria, Janaina, Terezinha e Mel.

À Esther por todo apoio, respeito e convivência durante minha graduação, mestrado e doutorado.

Aos queridos e novos amigos “Quatrilheiros”: Tuim, Sonia, Mariana, Glaucia, André, Sonia, Casé (*in memoriam*), Gê, Simone, Claudio, Charline, João Gilberto, Pavesi, Marinete, Thais, Dinorah, e a todos seus familiares.

Ao IFES, pelo apoio durante a fase final de meu doutorado e por todas as oportunidades concedidas.

APOIO FINANCEIRO

- CAPES
- CNPq
- FAPESP

RESUMO

O objetivo desta tese foi avaliar os efeitos do uso de aeração noturna e substratos artificiais na engorda do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* em sistema semi-intensivo de curta duração. Avaliaram-se os efeitos sobre a estrutura populacional e produção dos camarões (artigo I). Em seguida, foi realizada uma análise econômica exploratória considerando as tecnologias testadas (artigo II). Além destas análises, avaliou-se a emissão de gases do efeito estufa pelos viveiros, durante o período de engorda (artigo III). No artigo I foi apresentado que o uso aeração noturna aumentou a produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e o peso médio dos animais, porém reduziu a produção unitária. A utilização de substratos aumentou a produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e o peso médio dos animais sem comprometer a produção unitária. No artigo II foi apresentado que apesar do uso de aeradores em cultivos de curta duração elevar a produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e o peso médio de camarões *M. amazonicum*, não se justifica a adoção desta tecnologia. O uso de substrato artificial mostrou-se como uma alternativa interessante. O mercado voltado para consumo humano não viabilizou economicamente o monocultivo de *M. amazonicum*, usando a tecnologia disponível nesse momento. As análises mostraram que há viabilidade com elevada liquidez quando se objetiva mercados de espécies ornamentais ou de iscas vivas. No artigo III foi exposto que os viveiros de criação de camarões em sistema semi-intensivo emitem gases do efeito estufa. No entanto é necessário que se faça estudos mais conclusivos utilizando números maiores de amostras, pois a variabilidade encontrada foi elevada.

Palavras-chave: carcinicultura, *Macrobrachium amazonicum*, aerador, substrato, análise econômica, gases do efeito estufa

ABSTRACT

The aim of this thesis was to evaluate the effects of nocturnal aeration and artificial substrates in the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum* semi-intensive short rearing cycle. The effects of these factors on prawns population structure and production were evaluated (article I). Then, an economic exploratory analysis was carried out considering the tested technologies and two different ways of commercialization, proposing its use in small rural farms as an alternative of income enhancement (article II). Moreover, the greenhouse gases emission by ponds was evaluated during the grow-out period (article III). In article I, it was shown that the use of nocturnal aeration increased both productivity ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) and mean weight, but reduced the unitary production. The use of substrates also increased both productivity ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) and prawns mean weight, but it did not interfere in unitary production. In article II, it is shown that although increasing productivity ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) and animals mean weight in *M. amazonicum* short period farming, the use of aerators is not justified. The use of artificial substrates is an interesting alternative. Marketing prawns as human food is not economically feasible for *M. amazonicum* monoculture using the available technology. Analyses have shown that marketing animals for ornamental or live bait purposes is feasible and has high liquidity. In article III it was shown that prawn ponds in semi-intensive system release greenhouse gases. However, more conclusive studies using more samples are necessary, as variability found was high.

Keywords: prawn farming, *Macrobrachium amazonicum*, aerator, substrate, economic analysis, greenhouse gases

INTRODUÇÃO GERAL

A carcinicultura de água doce foi um dos setores da aquicultura que mais cresceu no mundo na última década. Em 2010 a produção mundial foi de aproximadamente 440.000 t, movimentando cerca de 2,2 bilhões de dólares (FAO, 2012). No entanto, o volume de produção de *Macrobrachium rosenbergii* no Brasil decaiu neste mesmo período. De acordo com dados da FAO (2012), no início da década de 2000 a produção de camarões de água doce no Brasil foi de 400 t, reduzindo a 100 t no ano de 2010. New e Kutty (2010) explicam que o declínio da produção ocorreu, entre outros fatores, devido à interrupção de assistência governamental para o setor, fechamento de fazendas de cultivo na região nordeste e desestímulo ocasionado por rumores de que a atividade não é viável, que não há mercado para este produto e que não é possível organizar a indústria se baseando em pequenas fazendas de criação. Influenciado por estes fatores, atualmente, a cadeia produtiva encontra-se desorganizada. Isto é evidenciado pela falta de continuidade de suprimento de pós-larvas e juvenis em algumas regiões brasileiras. Como as fazendas de engorda de camarões de água doce possuem, em sua grande maioria, produtividade abaixo do potencial e variação na quantidade produzida, as larviculturas são afetadas com a descontinuidade de encomendas de pós-larvas. Este círculo vicioso poderia ser sanado por uma ação governamental de reestruturação da cadeia produtiva. O incentivo governamental para a consolidação de unidades mínimas de produção (pólos regionais que possuam unidade de larvicultura, berçário e engorda) e apoio técnico para profissionalização dos proprietários das pequenas fazendas de engorda, poderia resultar em continuidade e qualidade de produção.

O Espírito Santo é reconhecido como o maior produtor nacional de camarões de água doce (New e Kutty, 2010). Contudo, dados reais sobre o volume de produção nacional são difíceis de serem obtidos. Um motivo para esta dificuldade é a existência de pequenas empresas que produzem pós-larvas de forma descontínua, dificultando a mensuração da quantidade comercializada. Outro motivo é que no Brasil esta atividade é caracterizada pela produção em pequenas fazendas de criação (New e Kutty, 2010) com muita variação de produtividade. Por último, a maior parte do produto não é comercializada por meio

de centros como cooperativas e associações e sim vendida diretamente a pequenos compradores individuais. O volume vendido em cada pequena propriedade dificilmente é coletado. A falta de conhecimento sobre o volume real produzido dificulta a gestão da cadeia produtiva e o desenvolvimento de políticas públicas para o setor.

Apesar de muitos empresários rurais estarem desestimulados a iniciar ou continuar a produzir camarões de água doce, há empresas que produzem estes crustáceos há mais de 20 anos (observação pessoal). Isto mostra que a atividade pode ser perene. Esta informação é importante, pois no Brasil existem poucas atividades de produção de organismos aquáticos que persistem continuamente por longo período. Em muitos casos, as atividades aquícolas se iniciam com grande furor e recebem muito investimento externo. Quando a manutenção externa é revogada, a atividade não se sustenta. Isto causa um grande transtorno na cadeia produtiva e aos atores ligados a ela. Se a cadeia produtiva do camarão de água doce é interessante, é importante conhecer e fortalecer os elos dessa cadeia. Assim, foi criado em 1994 o Grupo de Trabalho com Camarões de Água Doce (GTCAD) com objetivo de discutir os principais problemas da atividade, propondo soluções (GTCAD, 2011). O grupo vem articulando planejamentos futuros para esta atividade, com representantes de governos municipal, estadual e federal (GTCAD, 2011).

Ao mesmo tempo em que se procura reestruturação da cadeia produtiva da espécie exótica *M. rosenbergii*, pesquisas vem se desenvolvendo no Brasil no intuito de criar tecnologias para a produção de camarões nativos. A preocupação dos impactos que espécies exóticas podem causar na natureza, levou a criação de uma rede de pesquisa que estuda diversos aspectos biológicos e zootécnicos do camarão-da-amazônia. Maciel e Valenti (2009) e Moraes-Valenti e Valenti (2010) mostraram a situação atual dos conhecimentos sobre as fases de criação dos camarão-da-amazônia. A fase de larvicultura dessa espécie já está razoavelmente definida e há necessidade de esforços principalmente no aprimoramento do manejo de reprodutores e na melhora da taxa de conversão alimentar dos camarões na fase de crescimento final. As avaliações econômicas realizadas até o momento indicam viabilidade em alguns cenários (Moraes-Riodades, 2005; Valenti *et al.*, 2011). Porém, estes estudos são hipotéticos e

realidade pode apresentar algumas divergências. Por isso, no Estado do Pará, vem sendo implantado o primeiro laboratório de produção de pós-larvas e estação de engorda “piloto” de *M. amazonicum*. Estudos em fazenda comercial também têm sido realizados no Estado de São Paulo. Os dados obtidos nestes empreendimentos poderão confirmar a viabilidade da tecnologia.

A primeira “engorda” experimental de *M. amazonicum* foi realizada de 2002 a 2003. Verificaram-se os efeitos da intensificação (uso de diferentes densidades de estocagem) sobre a produção desses camarões (Moraes-Valenti e Valenti, 2007). Após este trabalho, outros sete trabalhos sobre crescimento final de camarões foram desenvolvidos no setor de carcinicultura do CAUNESP. Estes trabalhos focaram o uso de bandejas de alimentação (Preto *et al.*, 2008), o uso de gradeamento de juvenis e de despescas seletivas (Preto *et al.*, 2010; Preto *et al.*, 2011; Kimpara *et al.*, 2011) o uso de elevadas densidades de estocagem (dados não publicados), uso de aeradores e renovação de água (Kimpara, 2011), uso de substratos e aeradores (presente trabalho) e manejo alimentar e densidade de estocagem (Rodrigues, 2011). Além destes trabalhos desenvolvidos no setor de carcinicultura do CAUNESP, muitos outros relacionados à fase de crescimento final destes camarões foram realizados por pesquisadores do Instituto de Pesca de São Paulo, além de outras instituições. De uma forma geral, foi possível observar que em ciclos de curta duração os camarões crescem pouco atingindo cerca de 4 g. Além disso, os volumes de dieta artificial utilizados foram elevados, resultando em conversões alimentares que variam de 3 a 5. Por isso, estudos devem ser realizados para racionalizar a alimentação do *M. amazonicum*. Com relação à estratégia de venda, mercados que aceitem camarões pequenos devem ser explorados. A venda unitária desses camarões em mercados crescentes como de organismos ornamentais e iscas-vivas para pesca esportiva devem ser considerados.

Paralelamente aos trabalhos desenvolvidos em cultivo do camarão-da-amazônia, pesquisadores vêm desenvolvendo e aplicando indicadores de sustentabilidade para aqüicultura. Dentro da ótica do desenvolvimento sustentável as decisões tomadas somente com base em resultados técnicos e econômicos são insuficientes. Os indicadores de sustentabilidade permitem um estudo mais amplo que considere os valores ambientais, sociais e econômicos de forma

conjunta. Esses indicadores estão disponíveis no trabalho publicado por Valenti et al. (2011).

Um dos índices de sustentabilidade menos conhecidos pela comunidade científica é a emissão, por viveiros de aquicultura, dos gases que provocam efeito estufa. A quantidade desses gases deve ser estimada e os sistemas de criação devem ser formulados para que a emissão seja mínima. Poucos trabalhos abordaram este tema na aquicultura. A metodologia de coleta e avaliação de amostras é bastante moderna e intensamente utilizada em estudos de ambientes naturais, represas e na agropecuária.

Considerando o exposto, esta tese de doutorado teve como objetivo dar continuidade ao desenvolvimento de uma tecnologia viável para criação do camarão-da-amazônia. Diferentes estratégias de criação foram testadas em uma engorda de curto período de duração. Verificou-se o efeito da aeração noturna (Figura 1) e dos substratos artificiais (Figura 2). A aeração noturna permite que a água dos viveiros esteja sempre bem oxigenada. Os substratos artificiais aumentam a área de cultivo dos camarões, reduzindo assim os contatos agonísticos. Dessa forma, as duas tecnologias podem trazer benefícios para o desenvolvimento da estrutura populacional, peso médio final e produtividade dos camarões. Analisou-se também a viabilidade econômica da produção de *M. amazonicum* em diferentes cenários de criação e comercialização. Para isso, optou-se pela simulação de uma propriedade comercial. Por fim, avaliou-se a emissão dos gases dióxido de carbono e metano pelos viveiros de criação de camarões. Utilizando câmaras gasométricas (Figura 3) e funis (Figura 4) mediram-se, respectivamente, as quantidades de gases emanados e liberados por meio de bolhas.



Figura 1. Aerador



Figura 2. Substrato artificial



Figura 3. Câmara gasométrica
Construmaq São Carlos



Figura 4. Funil para coleta de gases
Construmaq São Carlos

REFERÊNCIAS

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2012. Dataset of Global aquaculture production - online query (obtido no endereço <http://www.fao.org/fishery/statistics/en>)
- GTCAD (Grupo de Trabalho com Camarões de Água DOCE), 2012. (obtido no endereço <http://gtcad.wordpress.com/>)
- KIMPARA, J. M. 2011. Sustentabilidade, manejo da água e da aeração no cultivo semi-intensivo do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* em água hipereutrófica. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura. 179p.
- KIMPARA, J. M.; ROSA, F. R. T.; PRETO, B. L.; VALENTI, W. C. 2011. Limnology of *Macrobrachium amazonicum* grow-out ponds subject to high inflow of nutrient-rich water and different stocking and harvest management. *Aquaculture research*, 42:1289-1297.
- MACIEL, C. R.; VALENTI, W. C. 2009. Biology, Fisheries, and Aquaculture of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*: A Review. *Nauplios*, 17(2):61-79.
- MORAES-RIODADES, P. M. C. 2005. Cultivo do camarão-da-amazônia. *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustácea, Decapoda, Palaemonidae) em diferentes densidades: Fatores ambientais, biologia populacional e sustentabilidade econômica. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura. 117p.
- MORAES-VALENTI, P. M. C.; VALENTI, W. C. 2007. Effect of Intensification on Grow Out of the Amazon River Prawn, *Macrobrachium amazonicum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(4):516-526.
- MORAES-VALENTI, P. M. C.; VALENTI, W. C. 2010. Culture of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum* In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C., TIDWELL, J. H., D'ABRAMO, L. R., KUTTY, M. N. (Eds.). *Freshwater prawn*

farming: the farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Oxford. Blackwell Science. p. 485-501.

NEW, M. B.; KUTTY, M. N. 2010. Commercial Freshwater Prawn Farming and Enhancement around the World In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C., TIDWELL, J. H., D'ABRAMO, L. R., KUTTY, M. N. (Eds.). Freshwater prawn farming: the farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Oxford. Blackwell Science. p. 346-399.

PRETO, B. L.; PIZZATO, G. M., VALENTI, W. C. 2008. Uso de bandejas de alimentação na fase de engorda do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). B. Inst. Pesca, 34(1):125-130.

PRETO, B. L.; KIMPARA, J. M.; MORAES-VALENTI, P. M. C.; VALENTI, W. C. 2010. Population structure of pond-raised *Macrobrachium amazonicum* with different stocking and harvesting strategies. Aquaculture, 307:206-211.

PRETO, B. L.; KIMPARA, J. M.; MORAES-VALENTI, P. M. C.; ROSA, F. R. T.; VALENTI, W. C. 2011. Production strategies for short term grow-out of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) in ponds. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 6(1):1-8.

RODRIGUES, M. M. 2011. Efeito da alimentação e densidade de estocagem no desempenho zootécnico e no perfil celular do hepatopâncreas do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura. 46p.

VALENTI, W.C.; HAYD, L. A.; VETORELLI, M. P.; MARTINS, M. I. E. G. 2011. Economic analysis of amazon river prawn farming to the markets for live bait and juveniles in Pantanal, Brazil. Bol. Inst. Pesca, 37(2): 165 – 176.

VALENTI, W.C.; KIMPARA, J.M.; PRETO, B.L. 2011. Measuring aquaculture sustainability. World Aquaculture, 26-29 – 72.

USO DE AERADORES E SUBSTRATOS NA ENGORDA DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA EM SISTEMA SEMI-INTENSIVO DE CURTA DURAÇÃO

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do uso de aeradores e substratos artificiais sobre a estrutura populacional e produção do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum*. Doze viveiros de fundo natural (0,01 ha) foram povoados com 45 juvenis.m⁻² segundo os tratamentos: A= cultivo com uso de aeração noturna; S= cultivo com uso de substrato artificial; A+S= cultivo com uso de aeração noturna e substrato artificial; T= cultivo tradicional. Os substratos utilizados foram panagens de tela de nylon com abertura de malha de 2 cm (rede anti-pássaro), dispostos na vertical, com área equivalente a 50% da área do viveiro. A aeração noturna consistiu no acionamento dos aeradores no período das 02h00 às 05h00. Após quatro meses de cultivo, os camarões foram despescados e os parâmetros da estrutura populacional e do desempenho produtivo foram avaliados. Para cada viveiro foi determinado a frequência dos morfotipos de machos e das classes de fêmeas, o sex-ratio, o peso médio da população, a sobrevivência, a produtividade e a conversão alimentar aparente. Os dados de cada variável foram submetidos à ANOVA paramétrica, para avaliar o efeito dos fatores “aeração noturna” e “substrato” e a interação entre eles. Poucas interações foram encontradas. O curto período de cultivo proporcionou uma estrutura populacional pouco desenvolvida e a produção de camarões com baixo peso médio final ($2,79 \pm 0,05$ a $3,48 \pm 0,13$ g). A utilização da aeração noturna ou do substrato artificial provocou maior desenvolvimento da estrutura populacional. Isto foi evidenciado pela maior frequência de machos dominantes (GC1 e GC2) e menor frequência de machos TC. O uso de aeração noturna resultou em menor sobrevivência dos animais. Os dois fatores contribuíram para o aumento do peso médio final e da produtividade dos camarões. A conversão alimentar aparente foi melhor quando se utilizou substrato artificial. Em cultivos curtos o uso desses fatores não parece ser vantajoso para a produção de camarões como alimento. Devem-se verificar estratégias de elevação do peso

médio final em cultivos mais prolongados e estratégias de venda de animais pequenos.

Palavras-chave: *Macrobrachium amazonicum*; intensificação; aerador; substrato

USE OF AERATORS AND SUBSTRATES ON AMAZON RIVER PRAWN SHORT TERM GROW-OUT SYSTEM

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of using aerators and artificial substrates in population structure and production of the amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. Twelve earthen ponds (0.01 ha) were stocked with 45 juveniles.m⁻² according to treatments: A= use of nocturnal aeration; S= use of artificial substrate; A+S= use of nocturnal aeration and artificial substrate; T= traditional farming. The substrates used were made of 2 cm-nylon mesh net, vertically placed with an equivalent area equal to 50% of the pond. Nocturnal aeration consisted in turning the aerators on from 02h to 05h. After four months, prawns were harvested and the population structure and productive performance were evaluated. For each pond, the frequency of males morphotypes, classes of females, sex-ratio, population mean weight, survival, productivity and feed conversion rate were evaluated. Data from each variable were subjected to parametric ANOVA to compare the factors “nocturnal aeration” and “substrate”, and the interaction between them. Few interactions among the factors were found. Farming length resulted in a few developed population structure and the production of low mean final weight prawns (2.79 ± 0.05 to 3.48 ± 0.13 g). The use of nocturnal aeration or artificial substrate caused higher population structure development. It was evidenced by the higher frequency of dominant males (GC1 and GC2) and lower frequency of TC males. The use of nocturnal aeration resulted in lower survival. Both factors contributed to the enhancement of the final mean weight and productivity of prawns. Apparent feed conversion rate was better when artificial substrate was used. In short period farming the use of these factors does not seem an advantage for producing prawns as food. Strategies must be verified to enhance average mean weight in longer farming periods as well as sales strategies for small animals.

Key-words: *Macrobrachium amazonicum*; intensification; aerator; substrate.

INTRODUÇÃO

O cultivo semi-intensivo de camarões de água doce é interessante porque garante uma boa produtividade aos produtores rurais, utilizando-se uma prática de manejo simples e de baixo impacto ambiental em comparação à outras atividades aquícolas. No entanto, o cultivo pode ser intensificado, em busca de maior produtividade por unidade de área. A maior produtividade pode ser resultado tanto do aumento da densidade de estocagem quanto aumento do peso médio final dos camarões. Embora o processo de intensificação envolva maior aporte de energia externa sob a forma de fertilizantes, alimento alóctone e aeração (Moraes-Riodades et al., 2006), se praticada com base científica pode aumentar a eficiência econômica e ambiental dos sistemas de cultivo porque possibilita aumentar a produção nas mesmas instalações. Isto, conseqüentemente, evita os gastos e o impacto ambiental decorrentes da ampliação do número de viveiros.

Os camarões de água doce podem ser criados em curto (3-4 meses), médio (4-6 meses) e longo (6-9 meses) período (Preto et al., 2011). A criação de camarões em um período de engorda de 3-4 meses é interessante, pois otimiza o uso da terra e eleva a produtividade anual (Preto et al. 2011). Esta estratégia permite a realização de um ciclo de criação rentável em regiões temperadas, dois em regiões subtropicais e três em regiões tropicais (Valenti & Tidwell 2006).

Para o sucesso da criação de camarões de água doce em curto período, algumas tecnologias vêm sendo abordadas. Uma alternativa que permite a intensificação da produção de camarões de água doce é o uso de aeradores. Embora esta medida implique em maior consumo de energia, ela permite a manutenção das concentrações de oxigênio dissolvido em níveis sempre adequados. Além disso, possibilita a redução na taxa de renovação da água de cultivo, reduzindo os impactos ocasionados pelo consumo de água e lançamento dos efluentes. Embora o uso de aeradores seja uma técnica bastante difundida entre os aquicultores, trabalhos que avaliem os benefícios de seu uso em cultivo de camarões de água doce são escassos.

Outra prática comumente utilizada para aumentar a produtividade de camarões de água doce é a adição de substratos artificiais (Tidwell et al., 2002;

Tidwell et al., 2004; Tidwell et al., 2005; Tidwell e Coyle, 2008). Os substratos podem ser feitos tanto de materiais naturais, como bambu (Uddin et al., 2007), quanto artificiais, como telas de polietileno ou de nylon, e permitem o incremento na área de superfície de até 100% (Tidwell e Coyle, 2008). A adição de substratos promove o aumento na produtividade e no peso médio no cultivo de *M. rosenbergii* (Tidwell e Coyle, 2008). Além disso, os substratos melhoram a qualidade da água e reduzem a taxa de conversão alimentar devido ao acúmulo de perifiton, que metaboliza compostos nitrogenados e serve de alimento aos camarões (Tidwell et al., 1999; 2000; 2001). Os substratos reduzem os contatos agonísticos, melhorando o bem estar animal e por isso possibilitam uma maior intensificação do cultivo (Tidwell et al., 1999; 2000; 2001). Portanto, o efeito do uso de substratos pode ser aditivo ao uso de aeradores.

Este trabalho teve como objetivo estudar o efeito do uso de aeradores e substratos artificiais na criação do camarão-da-amazônia *M. amazonicum*. Foram avaliados os efeitos na estrutura populacional e na produção desses animais na fase de crescimento final em cultivo semi-intensivo de curta duração.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado de janeiro a maio de 2009, no Setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da Unesp (Caunesp), campus de Jaboticabal. Foram utilizados 12 viveiros retangulares de fundo natural, com aproximadamente 0,01 ha e profundidade média de 1 m (unidades experimentais). Antes do abastecimento, os viveiros foram drenados, secos ao ar e os sedimentos foram removidos. Em seis viveiros foram instalados substratos artificiais. Em seguida, os viveiros foram submetidos à calagem, utilizando-se calcário agrícola ($1000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Posteriormente, foram abastecidos com água de uma represa, após passar por um sistema de filtragem mecânica. Após duas semanas, foi realizada a primeira fertilização utilizando-se superfosfato simples ($8 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$) e uréia ($4 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$). Para possibilitar a colonização perifítica dos substratos artificiais, os viveiros foram povoados com animais somente após 15 dias dos viveiros estarem completos de água. Não foi observada proliferação de predadores ou competidores durante este período. O volume de água de entrada foi mantido apenas para a reposição da água perdida por evaporação e infiltração (aproximadamente 10% do volume do viveiro $\cdot \text{dia}^{-1}$). Após dois meses do início do abastecimento, a segunda fertilização foi realizada, utilizando as mesmas concentrações da primeira.

Pós-larvas de *M. amazonicum* foram produzidas no Setor de Carcinicultura do Caunesp e cultivadas por um mês em sistema de berçário em tanques-rede na densidade de aproximadamente $4,5 \text{ indivíduos} \cdot \text{L}^{-1}$. Após o berçário, na primeira quinzena de janeiro de 2009, as 12 unidades experimentais foram povoadas com 45 juvenis ($24 \pm 12 \text{ mg}$) $\cdot \text{m}^{-2}$. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×2 , com três repetições. Os fatores testados foram a “aeração noturna” e “substratos artificiais”, resultando nos seguintes tratamentos:

A: cultivo com uso de aeração noturna;

S: cultivo com uso de substrato artificial;

A+S: cultivo com uso de aeração noturna e substrato artificial;

T: cultivo tradicional (sem a utilização de aeração noturna e substrato artificial)

Os substratos utilizados foram panagens de tela de nylon (rede anti-pássaro) com abertura de malha de 2 cm. Foram dispostos na vertical, no sentido da entrada para a saída de água, com área equivalente a 50% da área do viveiro. Somente um dos lados da tela foi considerado nesse cálculo. Todos os viveiros foram providos de aeração (Aquahobby Bernauer 0,5 hp) das 12h00 as 14h00 horas para “quebrar” a estratificação física e química da água. Nos tratamentos com uso de aeração noturna, os aeradores foram acionados também no período das 2h00 às 5h00 horas, para manter o nível de oxigênio dissolvido sempre elevado.

Diariamente, às 07h00, avaliou-se a temperatura e a concentração de oxigênio dissolvido na água. A transparência foi medida semanalmente às 14h00. O pH foi avaliado quinzenalmente às 06h00. Nestes momentos, amostras de água foram coletadas para avaliação da alcalinidade e N-amoniacal. Foram utilizados os seguintes equipamentos e/ou métodos:

- Temperatura: oxímetro digital YSI 55 (07h00);
- Oxigênio dissolvido: oxímetro digital YSI 55 (07h00);
- Transparência: disco de Secchi (14h00)
- pH: peagômetro digital YSI 63 (06h00);
- Alcalinidade total: método titulométrico (Boyd, 1994) (06h00);
- N-amoniacal: método do fenato, (APHA, 2005) (06h00).

Os valores médios das variáveis encontraram-se na mesma faixa dos observados em cultivos prévios de *M. amazonicum* (Moraes-Riodades et al., 2006; Preto et al., 2010; Preto et al., 2011), sendo considerados adequados para o cultivo de camarões de água doce. Houve pequena variação dos valores médios das variáveis entre os tratamentos, sendo que a temperatura variou de 26,01 a 26,12° C, a transparência variou de 38,5 a 42,3 cm, o oxigênio dissolvido de 6,40 a 7,09 mg.L⁻¹, o pH de 7,03 e 7,36, o N-amoniacal de 59,86 a 89,14 µg.L⁻¹

¹, o N-nitrito de 8,35 a 11,76 $\mu\text{g.L}^{-1}$, o N-nitrato de 120,12 a 219,58 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e os sólidos totais em suspensão de 17,99 a 25,11 mg.L^{-1} .

Os camarões foram alimentados diariamente com dieta comercial peletizada com teor protéico de 35%, formulada para camarões marinhos. No primeiro mês, o concentrado foi triturado para facilitar sua captura pelos juvenis. Neste período, o alimento foi oferecido em uma proporção de 2,5 g.m^{-2} . A partir do segundo mês, a taxa de arraçoamento foi de 9 a 3% da biomassa contida em cada viveiro, conforme a fase de desenvolvimento. A biomassa dos camarões foi estimada por meio de biometrias a cada três semanas. Nestas biometrias foram coletadas amostras aleatórias de 50 camarões estocados em cada viveiro. Os animais foram pesados individualmente numa balança Marte A 500, com precisão de 0,01 g. Após as biometrias os animais foram devolvidos aos seus respectivos viveiros. A quantidade de dieta foi corrigida semanalmente, considerando-se 1% de mortalidade e 20% de ganho de peso por semana. A ração foi oferecida “a lanço” sobre toda superfície dos viveiros, em duas porções diárias, distribuídas às 08h00 e às 16h00 horas.

Após quatro meses de crescimento final, os viveiros foram drenados, os camarões despescados e mortos por choque térmico. Para avaliar os parâmetros da estrutura populacional e do desempenho produtivo dos camarões, foram retiradas amostras aleatórias de 10% dos animais de cada viveiro. Os animais foram pesados (Balança Marte A 500, com precisão de 0,01 g) e diagnosticados quanto ao sexo. Os machos foram classificados em “Translucent Claw” (TC), “Cinnamon Claw” (CC), “Green Claw 1” (GC1) e “Green Claw 2” (GC2), de acordo com os critérios definidos por Moraes-Riodades e Valenti (2004). As fêmeas foram classificadas em virgens (FV), ovígeras (FO) e adultas não ovígeras (FA). A seguir, para cada viveiro determinou-se o peso médio individual, a sobrevivência, a produtividade e a conversão alimentar aparente.

A avaliação estatística foi realizada para verificar os efeitos da presença da aeração noturna e substratos artificiais sobre as variáveis de avaliação e a interação entre os fatores. A normalidade e a homocedasticidade dos dados foram avaliadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Brown-Forsythe, respectivamente. Como as condições foram satisfeitas, os dados de cada variável foram

submetidos à Análise de Variância (Two-way ANOVA) paramétrica por meio do teste F (Sokal e Rohlf, 1995). Os valores expressos em porcentagens foram previamente transformados em arcoseno da raiz quadrada de x . Os valores das probabilidades das médias comparadas serem erroneamente consideradas diferentes entre si (erro tipo I ou α) são apresentadas. As análises foram realizadas por meio do software Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., versão 9.0).

RESULTADOS

A estrutura populacional dos morfotipos de machos se apresentou mais desenvolvida nos tratamentos em que ao menos um dos fatores foi utilizado. A tabela 1 mostra que, no tratamento T, obteve-se a maior frequência de machos TC e a menor frequência de machos GC2. Nesta tabela, observa-se que, no tratamento A+S, ocorreram menores frequências de machos TC e maiores frequências de machos dominantes (GC1 e GC2). Os valores de P expostos nesta tabela indicam que a presença da aeração noturna reduziu em 22,7% a frequência de machos TC ($P=1,3\%$) e aumentou em 69,8% a frequência de machos GC1 ($P=1,9\%$) e 23,1% a frequência de machos GC2 ($P=9,0\%$). Observa-se, por meio dos valores de P , que a frequência de machos TC foi reduzida em 16,1% quando se utilizou substrato ($P=6,1\%$), enquanto que a frequência de machos GC1 aumentou em 36,1% ($P=14,1\%$) e a frequência de machos GC2 aumentou em 57,1% ($P=0,4\%$) com o uso desta tecnologia (Tabela 1). Com exceção do morfotipo GC1, não foram observadas elevadas probabilidades de interação entre os dois fatores (Tabela 1). Isto indica que para os morfotipos TC, CC e GC2 os fatores se comportaram de forma independente um do outro. Apesar da possibilidade de haver interação entre os fatores quando se verifica o morfotipo GC1 ($P=14,9\%$) (Tabela 1), o desdobramento desta interação é irrelevante para as conclusões.

Tabela 1. Valores médios (\pm desvio padrão) das frequências dos morfotipos de machos de *M. amazonicum* em relação ao total de machos despescados. Valores apresentados em cada tratamento e em relação à presença ou ausência dos fatores. A=Aeração noturna, S=Substrato, A+S=Aeração noturna + substrato, T=Tradicional. TC=Translucent Claw, CC=Cinnamon Claw, GC1=Green Claw 1 e GC2=Green Claw 2.

Tratamentos	TC (%)	CC (%)	GC1 (%)	GC2 (%)
A	30,7 \pm 2,5	55,0 \pm 5,2	8,1 \pm 3,2	6,2 \pm 0,7
S	33,3 \pm 4,3	52,4 \pm 7,7	6,3 \pm 2,5	7,9 \pm 2,0
A + S	25,9 \pm 6,2	51,1 \pm 5,6	13,3 \pm 1,1	9,7 \pm 0,1
T	39,9 \pm 4,2	48,9 \pm 5,2	6,2 \pm 2,3	5,0 \pm 1,6
Aeração noturna				
Com	28,3 \pm 4,9	53,0 \pm 5,3	10,7 \pm 3,5	8,0 \pm 2,0
Sem	36,6 \pm 5,2	50,6 \pm 6,2	6,3 \pm 2,2	6,5 \pm 2,3
Substrato				
Com	29,6 \pm 6,2	51,8 \pm 6,1	9,8 \pm 4,2	8,8 \pm 1,6
Sem	35,3 \pm 5,9	51,9 \pm 5,8	7,2 \pm 2,7	5,6 \pm 1,3
Valores de P*				
A	0,0128	0,5117	0,0188	0,0901
S	0,0610	0,9579	0,1409	0,0042
A x S	0,8074	0,3119	0,1487	0,8585

*Probabilidade dos valores médios não serem estatisticamente diferentes (erro α) (two-way ANOVA por meio do teste F).

O uso dos aeradores ou substratos não provocou efeitos sobre a estrutura populacional das fêmeas. Observa-se na tabela 2 que o número de FV foi elevado em todos os tratamentos, com valores de aproximadamente 50%. A proporção sexual obtida (sex-ratio) foi praticamente a mesma em qualquer situação testada e observou-se maior presença de machos na despesca total (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios (\pm desvio padrão) das frequências dos grupos de fêmeas de *M. amazonicum* em relação ao total de fêmeas despescadas e “sex-ratio” (n° de machos/n° de fêmeas) após despesca. Valores apresentados em cada tratamento e em relação à presença ou ausência dos fatores. A=Aeração noturna, S=Substrato, A+S=Aeração noturna + substrato, T=Tradicional. FV=Fêmeas virgens, FO=Fêmeas ovígeras, FA=Fêmeas adultas não ovígeras.

Tratamentos	FV (%)	FO (%)	FA (%)	sex-ratio
A	55,0 \pm 5,6	32,7 \pm 3,2	12,3 \pm 2,8	1,2 \pm 0,1
S	49,9 \pm 12,4	35,5 \pm 6,7	14,6 \pm 5,7	1,3 \pm 0,5
A + S	44,9 \pm 14,6	39,9 \pm 10,3	15,2 \pm 4,6	1,4 \pm 0,1
T	56,8 \pm 7,4	31,1 \pm 0,6	12,1 \pm 7,8	1,2 \pm 0,0
Aeração noturna				
Com	49,9 \pm 11,3	36,3 \pm 7,9	13,7 \pm 3,7	1,3 \pm 0,1
Sem	53,4 \pm 9,9	33,3 \pm 4,9	13,4 \pm 6,2	1,3 \pm 0,3
Substrato				
Com	47,4 \pm 12,4	37,7 \pm 8,1	14,9 \pm 4,6	1,4 \pm 0,3
Sem	55,9 \pm 6,0	31,9 \pm 2,2	12,2 \pm 5,2	1,2 \pm 0,1
Valores de P*				
A	0,5897	0,4328	0,8283	0,7792
S	0,2033	0,1533	0,4042	0,3505
A x S	0,8024	0,7278	0,9819	0,6758

*Probabilidade dos valores médios não serem estatisticamente diferentes (erro α) (two-way ANOVA por meio do teste F).

A sobrevivência dos camarões foi elevada em qualquer situação, variando de 74,0 \pm 2,4 a 82,8 \pm 5,6% (Tabela 3). O tratamento T proporcionou menores valores de peso final e produtividade e o tratamento A+S condicionou os maiores valores para estas variáveis (Tabela 3). A dieta não foi utilizada de forma eficiente, pois a conversão alimentar aparente foi de aproximadamente 4 em todos os tratamentos (Tabela 3). Os valores de *P* expostos nesta tabela indicam que a presença da aeração noturna reduziu em 6,1% a sobrevivência dos animais ($P=4,6\%$). O peso médio foi 17,7% maior quando se utilizou a aeração noturna ($P=0,02\%$) e 5,6% maior quando se utilizou substrato ($P=5,4\%$). Nas unidades em que foi utilizada aeração noturna, o ganho de peso dos camarões compensou a mortalidade resultando em produtividade 9,6% maior ($P=5,2\%$). No entanto, a quantidade unitária de camarões produzidos sem utilização de aeração noturna foi de 36,1 \pm 2,2 camarões.m⁻², 6,5% maior do que quando se utiliza essa

tecnologia ($P=4,2\%$) (Tabela 3). Possivelmente, a adição dos substratos aos viveiros aumenta a produtividade ($P=14,2\%$) e a eficiência alimentar do uso da dieta ($P=10,7\%$) (Tabela 3). Ao fim do cultivo, o acúmulo de massa fresca (perifíton + material particulado) nos substratos foi de $1,15 \pm 0,67 \text{ kg.m}^{-2}$ quando havia aeração noturna e $0,53 \pm 0,12 \text{ kg.m}^{-2}$ quando não havia aeração noturna. Foi detectada interação entre os fatores ao nível de 9,8% para a variável sobrevivência (Tabela 3), no entanto esta interação não foi desdobrada.

Tabela 3. Valores médios (\pm desvio padrão) de sobrevivência, peso final, produtividade, CAA (conversão alimentar aparente) e PU (produção unitária) dos camarões *M. amazonicum* após a despesca total. Valores apresentados em cada tratamento e em relação à presença ou ausência dos fatores. A=Aeração noturna, S=Substrato, A+S=Aeração noturna + substrato, T=Tradicional.

Tratamentos	Sobrevivê (%)	Peso final (g)	Produtivid (t.ha ⁻¹)	CAA	PU (camarões.)
A	76,5 \pm 1,9	3,29 \pm 0,05	1,13 \pm 0,01	4,0 \pm	34,4 \pm 0,8
S	82,8 \pm 5,6	2,95 \pm 0,22	1,10 \pm 0,15	3,8 \pm	37,2 \pm 2,5
A + S	74,0 \pm 2,4	3,48 \pm 0,13	1,16 \pm 0,07	3,9 \pm	33,3 \pm 1,1
T	77,5 \pm 3,0	2,79 \pm 0,05	0,97 \pm 0,02	4,3 \pm	34,9 \pm 1,4
Aeração noturna					
Com	75,2 \pm 2,6	3,38 \pm 0,14	1,14 \pm 0,05	3,93 \pm	33,9 \pm 1,2
Sem	80,1 \pm 4,9	2,87 \pm 0,17	1,04 \pm 0,12	4,09 \pm	36,1 \pm 2,2
Substrato					
Com	78,4 \pm 6,1	3,21 \pm 0,33	1,13 \pm 0,11	3,85 \pm	35,3 \pm 2,8
Sem	77,0 \pm 2,3	3,04 \pm 0,28	1,05 \pm 0,09	4,17 \pm	34,7 \pm 1,0
Valores de P*					
A	0,0465	0,0002	0,0519	0,3937	0,0422
S	0,4651	0,0536	0,1424	0,1066	0,5142
A x S	0,0977	0,8384	0,3204	0,3197	0,0922

*Probabilidade dos valores médios não serem estatisticamente diferentes (erro α) (Two-way ANOVA por meio do teste *F*).

DISCUSSÃO

Este trabalho mostra que o cultivo de camarões *M. amazonicum* é afetado positivamente por meio do uso de aeração noturna ou substratos artificiais. A estrutura populacional se desenvolve mais com a adoção dessas tecnologias, ou seja, há redução no número de indivíduos dominados e aumento no número de indivíduos dominantes. Apesar do peso médio final superior atingido com a adoção dessas tecnologias não permitir o enquadramento dos camarões em uma classe mais especial de venda, a produtividade é acrescida.

O delineamento deste trabalho foi em esquema fatorial permitindo avaliar se o efeito da aeração noturna é ou não aditivo ao efeito do substrato artificial. Porém poucas interações entre os fatores foram encontradas, mostrando que na maioria das vezes seus efeitos são independentes. Por isso, os efeitos dos fatores aeração noturna e substratos são tratados isoladamente.

Os aeradores utilizados neste estudo trabalham por meio de uma hélice e fazem um efeito de centrífuga, puxando água de baixo e a jogando para cima. Neste processo há a oxigenação (devido maior contato da água com o ar) e a desestratificação física e química da coluna da água. Os aeradores foram acionados em todos os viveiros (12h - 14h) com o intuito de promover a desestratificação. Porém, Kimpara (2011) observou que em cultivos com e sem o uso de aeradores para desestratificação resultaram em valores semelhantes de produtividade de camarões *M. amazonicum*.

Tidwell e Coyle (2008) testaram o efeito do uso de substratos com diferentes características físicas no cultivo de *M. rosenbergii*. A rede anti-pássaro foi um dos substratos testados e seu efeito sobre a sobrevivência e produtividade dos camarões foi semelhante à dos outros materiais utilizados. Em comparação com o controle (sem substratos), essas variáveis foram significativamente maiores quando se utilizaram substratos. Apesar da rede anti-pássaro não ser constituída de material natural renovável, é um substrato de elevada durabilidade, baixo custo e disponível em diversos mercados. Por isso foi o material escolhido para o presente trabalho.

O maior desenvolvimento da estrutura populacional dos morfotipos de machos, observado nos viveiros que possuíam aeração noturna ou substrato, é evidenciado pela menor frequência de machos TC e maior frequência de machos GC1 e GC2. Os processos que regulam a passagem de um morfotipo para outro em *M. rosenbergii* não são bem definidos (Tidwell e D´Abramo, 2010) e são pouco estudados em *M. amazonicum*. Sabe-se que a redução do acesso ao alimento e o maior intervalo entre ecdises são mecanismos que controlam o crescimento dos camarões TC quando na presença de machos GC2 (Ibrahim, 2011). Como houve menor sobrevivência de camarões quando se utilizou aeração noturna, a redução na densidade populacional pode explicar o maior desenvolvimento da estrutura populacional, devido à menor chance de encontros entre os animais. Quando se adicionou substratos artificiais nos viveiros, os camarões também puderam se distanciar mais uns dos outros e competir menos por alimentos. Conclui-se que a redução dos contatos agonísticos possibilitada pelo uso de qualquer uma das tecnologias resultou em maior desenvolvimento da estrutura populacional dos camarões.

As tecnologias testadas não provocaram efeitos na estrutura dos grupos de fêmeas. Apesar do sex-ratio obtido na despesca total ter indicado maior presença de machos, estudos anteriores mostraram proporções sexuais bem mais elevadas, variando de 2,0 a 2,8 (Preto et al., 2010; Moraes-Valenti et al., 2010). Preto et al. (2010) e Moraes-Valenti et al. (2010) obtiveram, após 3,5 e 5,5 meses, respectivamente, de engorda em cultivo tradicional, baixa frequência de camarões TC e FV e elevada frequência de camarões GC2 e FO. Deve-se advertir que Preto et al. (2010) utilizaram berçário de um mês de duração antes do início da engorda e que Moraes-Valenti et al. (2010) estocaram os viveiros diretamente com pós-larvas. Considerando a semelhança entre as situações de cultivo, estes dados indicam que as características intrínsecas dos camarões estudados não permitiram um maior desenvolvimento da estrutura populacional. Isso pode ser devido a um manejo nutricional inadequado dos reprodutores utilizados para obtenção dos animais, problemas durante a fase de berçário ou alterações genéticas. A população de camarões *M. amazonicum* do setor de carcinicultura do CAUNESP foi obtida em 2001 e desde então se utiliza a mesma população. O

sucessivo cruzamento entre as proles pode ter reduzido o potencial de crescimento dos animais.

A sobrevivência dos camarões obtida após quatro meses de engorda é considerada satisfatória (74 a 83% aproximadamente). Em estudos anteriores foram obtidas sobrevivências de aproximadamente 65% em 5,5 meses de cultivo (Moraes-Valenti e Valenti, 2007) e 68% em 3,5 meses de cultivo (Preto et al., 2011), em situações semelhantes. As boas características da qualidade da água, a disponibilidade de alimento e a utilização de berçário antes da estocagem nos viveiros de engorda podem ser responsáveis pela elevada sobrevivência.

Apesar das características da qualidade da água permanecerem adequadas ao cultivo dos camarões, o uso da aeração noturna implicou em maior mortalidade dos animais. A maior exposição dos animais a partículas de sedimento re-suspendidas na coluna d'água devido ao funcionamento dos aeradores noturnos pode ter comprometido suas brânquias. Isso deve ter contribuído para a redução da sobrevivência desses animais. Porém, as brânquias dos animais não foram analisadas para comprovação desta hipótese.

O uso de berçário na carcinicultura de água doce é feito em regiões com restrições climáticas ou quando se pretende intensificar o número de ciclos de cultivo ao ano. No cultivo de *M. rosenbergii*, as vantagens do uso dessa fase são aumento na sobrevivência, maior peso médio e maior produtividade nos viveiros de crescimento final (Ra'anán e Cohen, 1982). No entanto, Kimpara (2011) afirma que não se justifica uso de berçário no cultivo semi-intensivo de *M. amazonicum*, já que implica em maior investimento inicial, maior manutenção e mão-de-obra, sem que haja aumento na produtividade. O berçário utilizado no presente estudo foi do tipo tanque-rede, que pode ser montado dentro dos próprios viveiros de engorda. Este sistema economiza área e investimento inicial quando comparado ao berçário direto em viveiros ou tanques. Teoricamente, o uso deste berçário possibilitaria manter os animais em elevada densidade durante um a dois meses, até que estes possam ser estocados em viveiros de engorda. Esta técnica permite o início do crescimento final com animais mais fortes e adaptados ao ambiente externo. Durante a engorda, o crescimento desses camarões compensaria o período em que cresceram pouco por causa da elevada densidade. Porém, os

estudos existentes sobre crescimento compensatório de *M. amazonicum*, que foram realizados por pesquisadores do Instituto de Pesca de SP, ainda não foram concluídos.

O uso de aeração noturna ou substrato resultou em produção de camarões com maior peso médio final. A elevação do peso de *M. rosenbergii*, por meio da adição de substratos artificiais, também foi observada por Tidwell e Coyle (2008), Tidwell et al. (2002, 2004, 2005) e Uddin et al. (2007). A redução da densidade populacional proporcionada pela utilização de aeração noturna (devido à mortalidade dos animais) ou substrato (devido ao aumento da área útil), além de permitir o maior desenvolvimento da estrutura populacional, possibilitou a elevação do peso médio final dos camarões. No entanto, em qualquer situação estudada, os pesos médios obtidos não possibilitam que os animais sejam vendidos em classes mais especiais de tamanho. De acordo com Moraes-Riodades (2004), camarões *M. amazonicum* com peso superior a 7 g são mais bem valorados pelo mercado consumidor paraense. Os camarões obtidos neste estudo apresentaram peso médio de aproximadamente 3 g. Camarões marinhos sete-barbas com peso semelhante são comumente comercializados em regiões litorâneas (observação pessoal). Portanto, este pode ser um mercado potencial para comercialização de pequenos camarões *M. amazonicum*, principalmente durante o período de defeso dos camarões marinhos.

Em cultivos experimentais de *M. amazonicum* (cultivo tradicional), foram obtidas produtividades de 1,3 t.ha⁻¹ (Moraes-Valenti e Valenti, 2007) e 1,1 t.ha⁻¹ (Preto et al., 2011). No primeiro exemplo, o cultivo teve 5,5 meses de duração e as pós-larvas apresentavam 0,01 g no povoamento. No segundo exemplo, o cultivo durou 3,5 meses e o povoamento foi feito com juvenis de 0,5 g. Tanto o maior tempo de cultivo quanto o maior peso de estocagem podem ter contribuído para a maior produtividade em relação ao tratamento T do presente estudo, no qual se obteve 0,9 t.ha⁻¹. No entanto, deve-se ressaltar a possibilidade de diferenças intrínsecas aos animais estocados, conforme discutido anteriormente.

O pequeno ganho em produtividade de camarões quando se utiliza aeração noturna ou substrato, pode ser significativo para a produção comercial. O efeito positivo da adição de substratos torna-se mais pronunciado em elevadas

densidades de estocagem (Tidwell e D'Abramo 2010), que no caso de *M. amazonicum* deve ser superior a 80 indivíduos.m⁻², que é uma densidade é bem suportada pela espécie sem utilização de substratos (Moraes-Valenti e Valenti, 2007). Portanto, são necessários estudos envolvendo uso de substratos e elevadas densidades de estocagem.

Como foram produzidos camarões pequenos, o comércio desse produto deve ser explorado. Os camarões pequenos são utilizados em culinárias regionais, mas podem apresentar dificuldades de aceitação em diversas localidades. Em regiões onde há comercialização de camarões pequenos pescados, o valor de venda dos animais pescados é mais competitivo do que o valor de camarões pequenos de criação. Por isso, outras estratégias de comercialização devem ser exploradas. A venda de camarões para ornamentação ou para uso como iscas-vivas são algumas possibilidades. Para estas estratégias, interessa mais a produtividade unitária do que a produtividade por biomassa. Como a sobrevivência foi maior nas unidades que não utilizaram a aeração noturna, a produção unitária também foi maior. Como a diferença entre os pesos médios dos camarões nos sistemas estudados é comercialmente irrelevante, não se justifica a utilização de aeração noturna para venda unitária.

A eficiência alimentar do uso da dieta foi baixa em todos os tratamentos. A dieta foi fornecida assegurando-se que não houvesse falta de alimento, evitando assim, interferência nos efeitos dos fatores testados. A conversão alimentar foi melhor nas unidades onde se utilizou substrato. A redução do contato agonístico pode ter melhorado a conversão alimentar dos camarões. Além disso, foi observada uma grande quantidade de material aderido ao substrato. A presença do perifíton como alimento natural pode ter colaborado com o aumento da eficiência alimentar. No entanto, os camarões não foram avaliados quanto à ingestão desse material.

Conclui-se que a adoção de tecnologias como aeração noturna ou substratos artificiais podem melhorar o desenvolvimento da estrutura populacional e os índices zootécnicos de camarões *M. amazonicum*. No entanto, como os camarões produzidos são pequenos, sua comercialização é limitada. Devem-se verificar estratégias de cultivo mais prolongado que possibilite maior

desenvolvimento da estrutura populacional e conseqüentemente a elevação do peso final. Além disso, deve-se avaliar a viabilidade econômica de comercialização de animais pequenos para mercado de isca viva e ornamental. Em cultivos curtos, com duração de cerca de quatro meses, utilizados em regiões onde há restrições térmicas ou quando a estratégia de cultivo é de produzir três ciclos anuais, o uso dessas estratégias não parece ser vantajosas para a produção de camarão como alimento.

REFERÊNCIAS

- APHA (American Public Health Association). 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Ed., Washington, DC, USA.
- BOYD, C. E. 1984. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Alburn, Alburn University, 359 p.
- KIMPARA, J. M. 2011. Sustentabilidade, manejo da água e da aeração no cultivo semi-extensivo do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, 157 p.
- MORAES-RIODADES, P. M. C. 2004. Cultivo do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) (CRUSTACEA, DECAPODA, PALAEMONIDAE) em diferentes densidades: fatores ambientais, biologia populacional e sustentabilidade econômica. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, 118 p.
- MORAES-RIODADES, P. M. C.; VALENTI, W. C. 2004. Morphotypes in male Amazon river prawns, *Macrobrachium amazonicum*. *Aquaculture*, 236:297-307.
- MORAES-RIODADES, P.M.C.; KIMPARA, J.M.; VALENTI, W.C. 2006. Effect of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* culture intensification on ponds hydrobiology. *Acta Limnol. Bras.*, 18(3):311-319.
- MORAES-RIODADES, P. M. C.; VALENTI, W. C. 2007. Effect of Intensification on Grow Out of the Amazon River Prawn, *Macrobrachium amazonicum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38:516-526
- MORAES-VALENTI, P. M. C.; PRETO, B. L.; VALENTI, W. C. 2010. Effect of density on population development in the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*. *Aquatic Biology*, 9: 291-301.
- PRETO, B. L.; KIMPARA, J. M.; VALENTI, P. M. R.; ROSA, F. R. T.; VALENTI, W. C. 2011. Production strategies for short term grow-out of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) in ponds. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 6:1-8.

- PRETO, B. L., KIMPARA, J. M., VALENTI, P. M. C., VALENTI, W. C. 2010. Population structure of pond-raised *Macrobrachium amazonicum* with different stocking and harvesting strategies. *Aquaculture (Amsterdam)*, 307:206-211.
- RA'ANAN, Z.; COHEN, D. 1982. Production of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in Israel: winter activities 1980-1981. *Bamidgeh*, 34:47-58.
- SOKAL, R. R. & F. J. ROHLF. 1995. *Biometry*. New York, Freeman, 3^a ed. 87p.
- TIDWELL, J. H.; COYLE, S. D.; WEIBEL, C.; EVANS, J. 1999. Effects and interactions of stocking density and added substrate on production and population structure of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 30(2):174-179.
- TIDWELL, J. H.; COYLE, S. D.; VANARNUM, A.; WEIBEL, C. 2000. Production response of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* to increasing amounts of artificial substrate in ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31(3):452-458.
- TIDWELL, J. H.; COYLE, S. D.; VANARNUM, A.; WEIBEL, C.; D'ABRAMO, L. 2001. Use of artificial substrates to maximize production of freshwater prawns in temperate climates. *World Aquaculture Magazine*, 32(3):40-42+60.
- TIDWELL, J. H.; COYLE, S. D. VANARNUM, A., WEIBEL, C. 2002. Effects of substrate amount and orientation on production and population structure of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* in ponds. *Journal of the Aquaculture Society*, 33 (1): 63-69.
- TIDWELL, J. H.; COYLE, S. D.; DASGUPTA, S.; BRIGHT, L. A.; YASHARIAN, D. K. 2004. Impact of different management technologies on the production population structure, and economics of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* culture in temperate climates. *Journal of the World Aquaculture Society*, 35(4):498-505.
- TIDWELL, J. H., D'ABRAMO, L. R., COYLE, S. D., YASHARIAN, D. Overview of recent research and development in temperate culture of the freshwater

prawn (*Macrobrachium rosenbergii* De Man) in the South Central United States. *Aquaculture research*, 36: 264-277.

TIDWELL, J. H., COYLE, S. D. 2008. Impact of substrate physical characteristics on grow out of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, in ponds and pond microcosm tanks. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39 (3): 406-413.

TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R. 2010. Grow-out systems - culture in temperate zones In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C., TIDWELL, J. H., D'ABRAMO, L. R., KUTTY, M. N. (Eds.). *Freshwater prawn farming: the farming of *Macrobrachium rosenbergii**. Oxford. Blackwell Science. p. 180-195.

UDDIN, M. S., FARZANA, A., FATEMA, M. K., AZIM, M. E., WAHAB, M. A., VERDEGEM, M. C. J. 2007. Technical evaluation of tilapia (*Oreochromis niloticus*) monoculture and tilapia-prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) polyculture in earthen ponds with or without substrates for periphyton development. *Aquaculture*, 269: 232-240.

VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H. 2006. Economics and management of freshwater prawn culture in Western Hemisphere. Pp. 261-276. In: Leung, P. S. & Engle C. (Eds.) *Shrimp Culture: Economics, Market and Trade*. Blackwell Publishing, Oxford, 335 p.

ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE CAMARÕES-DA-AMAZÔNIA, SUBMETIDOS A DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE CRIAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise econômica da criação de *M. amazonicum* em ciclo de curta duração nos sistemas tradicional, com uso de aeradores e com uso de substratos artificiais. Para a análise econômica optou-se por simular uma pequena propriedade rural localizada na região sul do Espírito Santo, que utiliza mão de obra familiar. Nesta propriedade, a carcinicultura de água doce seria uma forma de diversificação de produção e renda. O manejo e os dados zootécnicos considerados nesta avaliação são referentes a um experimento realizado no setor de carcinicultura do CAUNESP (Jaboticabal-SP). Consideraram-se duas formas de comercialização de camarões: para alimentação humana e para a venda como ornamentais/iscas vivas. Na primeira os camarões seriam vendidos por quilograma e na segunda seriam vendidos por unidade. Os valores de venda considerados, bem como os valores de todos os materiais e serviços necessários para a produção, foram obtidos na região onde se simulou a propriedade. Foram realizadas três análises econômicas: análise de custo-retorno, análise de fluxo de caixa e análise financeira de viabilidade do investimento. O uso de aeradores em cultivos de curta duração só seria justificado em caso de déficit de oxigênio dissolvido na água de cultivo. O uso de substrato artificial é uma alternativa interessante. Seu uso exige investimento inicial maior e acréscimo de mão de obra. No entanto, esses desembolsos são compensados pela obtenção de lucro ligeiramente maior que o cultivo tradicional. O mercado voltado para consumo humano não viabilizou economicamente o monocultivo de *M. amazonicum*, usando a tecnologia disponível nesse momento. Por outro lado, verificou-se viabilidade com elevada atratividade quando se objetiva mercados de espécies ornamentais ou de iscas vivas.

Palavras-chave: *Macrobrachium amazonicum*; aerador, substrato, análise econômica.

ECONOMIC ANALYSIS OF AMAZON RIVER PRAWN SUBJECT TO DIFFERENT STRATEGIES FOR GROW-OUT AND MARKETING

ABSTRACT

The objective of this study was to run an economic analysis of *M. amazonicum* farming in a short rearing cycle in the traditional farming and farming with nocturnal aeration and artificial substrates. For the economic analysis, it was considered a small scale rural farm at Southern Espírito Santo State, using familiar labor. In this farm, freshwater prawn farming would be a way to diversify production and income. Management and production data considered in this evaluation refer to an experiment conducted at the Freshwater Prawn Sector in Caunesp (Jaboticabal-SP). Two sale strategies were studied: as human food and ornamental/ bait market. In the first strategy, prawns would be sold per kilogram and in the second, per unity. The sale prices as well as the value of all materials and services necessary to run production were obtained in the region where the farm was simulated. Three economic analysis were done: cost-return, cash flow and investment feasibility. The use of aerators in short rearing cycles would only be justified when dissolved oxygen are deficient in pond water. The use of artificial substrate is an interesting alternative. Its use requires higher initial investment and labor. However, its use results in a slightly higher profit than the traditional farming. Marketing prawns as human food is not feasible in *M. amazonicum* monoculture farming using available technology. On the other hand, selling prawns as ornamental animals or live bait results in feasibility with high attractiveness.

Key-words: *Macrobrachium amazonicum*; aerator, substrate; economic analysis.

INTRODUÇÃO

Embora os camarões de água doce sejam cultivados em menor escala que outras espécies aquícolas, estes apresentam elevado valor de mercado. Somente a título de comparação, em 2009, a produção mundial de camarões de água doce foi de 439.000 t (FAO, 2012). Neste mesmo ano, a produção mundial de tilápia do Nilo foi de 2.169.000 t (FAO, 2012), 394% maior do que a dos crustáceos. Entretanto, o valor movimentado pela comercialização das tilápias foi de U\$ 3,3 bilhões, apenas 50% superior que a dos crustáceos, que movimentaram U\$ 2,2 bilhões (FAO, 2012). O elevado valor de mercado, somado ao domínio da tecnologia de produção possibilita que pequenos empreendimentos gerem renda anual bastante satisfatória. Por isso, a atividade é considerada uma boa alternativa para incremento e diversificação de renda, principalmente em pequenas propriedades rurais.

Assim como na maior parte do mundo, a carcinicultura de água doce no Brasil é baseada na criação da espécie exótica *Macrobrachium rosenbergii*. Se em curto prazo a atividade pode trazer benefícios sociais, em longo prazo pode trazer sérios problemas ambientais. Esses problemas ambientais são sentidos por toda a população, independente de participar ou não da divisão de lucros gerados pela atividade ou consumir ou não o produto. Em vista disso, tem-se desenvolvido a tecnologia para produção do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum*, que é nativo e ocorre em quase todo território nacional.

O valor de venda de camarões *M. rosenbergii* produzidos no Brasil varia de R\$ 20,00 a R\$ 60,00.kg⁻¹, de acordo com as classes de tamanho. No entanto, estas classes variam de 15 a 60 g, que são 3 a 12 vezes maiores que os pesos médios obtidos em cultivos experimentais de *M. amazonicum*. Em vista disso, tecnologias que permitam o uso mais racional da dieta, aumento do peso médio e da produtividade devem ser aplicadas para viabilizar a criação do camarão-da-amazônia. Assim, testou-se, na fase de engorda, o efeito do uso de bandejas de alimentação (Preto et al., 2008), da intensificação (Moraes-Riodades e Valenti, 2007; Moraes-Valenti et al., 2010) e do uso de gradeamento e despescas seletivas (Preto et al., 2010 e 2011). Por último, foi testada a utilização de

aeradores e substratos artificiais sobre a produção desses animais em ciclo de curto período (capítulo 2 dessa tese). Este experimento mostrou que a aeração noturna gera um ligeiro aumento do peso médio e da produtividade de animais em quilogramas por ha, enquanto que os substratos artificiais geram um ligeiro aumento do peso médio e da produção unitária de animais. No entanto, estudos econômicos precisam ser realizados para avaliar se essas vantagens compensam o aumento de custos com a implantação dessas tecnologias.

Paralelamente ao uso de tecnologias que aumentam a eficiência na produção, diversificar a comercialização pode permitir maior rentabilidade ao produtor rural. Explorar nichos de mercado específicos para camarões pequenos pode ser bastante interessante do ponto de vista econômico. Um exemplo disso é a venda de *M. amazonicum* como isca viva no Pantanal, cujo estudo simulado mostrou elevada atratividade e lucratividade (Valenti et al., 2011a). A utilização de camarões do gênero *Macrobrachium* como ornamentais é outro nicho que pode ser explorado (vide Ishikawa, 2012). Porém, estudos são necessários para verificar a viabilidade econômica de comercialização nestes mercados.

Em face do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise econômica da criação de *M. amazonicum* em ciclos de curta duração, em sistemas tradicional, com uso de aeradores e com uso de substratos, considerando a comercialização para consumo humano ou como iscas vivas/ornamentais. As análises foram realizadas de forma exploratória, simulando uma pequena propriedade rural que utiliza mão de obra familiar. Verificaram-se em quais cenários a produção poderia ser lucrativa ou o que seria necessário para torná-la lucrativa.

MATERIAL E MÉTODOS

Camarões *Macrobrachium amazonicum* foram produzidos no setor de carcinicultura do CAUNESP, Jaboticabal-SP. Após um mês de berçário em tanques-rede, os animais foram estocados (45.m⁻²) em viveiros de fundo natural semelhantes aos utilizados em cultivos comerciais (0,01 ha). Os camarões foram submetidos ao efeito do uso de aeradores e substratos artificiais. Os tratamentos utilizados, bem como os índices zootécnicos obtidos estão expostos na tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de sobrevivência, peso final, produtividade, CAA (conversão alimentar aparente) e PU (produção unitária) dos camarões *M. amazonicum* após a despesca total. A=Aeração noturna, S=Substrato, A+S=Aeração noturna + substrato, T=Tradicional.

Tratament os	Sobrevivên (%)	Peso (g)	Produtivid (t/ha)	CA A	PU (camarões/
A	76,5	3,29	1,13	4,0	34,4
S	82,8	2,95	1,10	3,8	37,2
A + S	74,0	3,48	1,16	3,9	33,3
T	77,5	2,79	0,97	4,3	34,9

O experimento foi desenvolvido em esquema fatorial. Não houve interação entre os fatores aeração noturna e substrato (vide capítulo 2), portanto os fatores são independentes. Considerando esta informação, avaliaram-se seis diferentes cenários, excluindo o cenário que seria obtido pelo tratamento A+S. Os cenários foram montados considerando o tipo de tecnologia empregado ao cultivo (aeração, substrato ou tradicional) e o tipo de comercialização (venda para alimentação humana e venda unitária para ornamentação ou como isca-viva para pesca esportiva):

- Cenário 1: Aerador e alimentação humana
- Cenário 2: Substrato e alimentação humana
- Cenário 3: Tradicional e alimentação humana
- Cenário 4: Aerador e venda unitária

- Cenário 5: Substrato e venda unitária
- Cenário 6: Tradicional e venda unitária

A presença e ausência da aeração noturna e do substrato provocaram diferenças nos valores médios de peso final (vide capítulo 2). Entretanto, estas diferenças não permitem classificar os camarões em classes com preço diferenciado. O mercado considerado para a venda destes crustáceos para alimentação humana é o mesmo utilizado para a comercialização de pequenos camarões sete-barbas pescados.

A tabela 1 mostra que a utilização de substrato proporcionou melhor taxa de conversão alimentar (vide capítulo 2). Entretanto, esta taxa foi elevada em qualquer situação estudada (Tabela 1) porque no experimento realizado foi fornecida ração em excesso para evitar que a indisponibilidade de alimento interferisse nas variáveis estudadas. Por isso, nesta simulação foi considerado uma taxa de conversão alimentar de 3 em todos os cenários estudados, que é um valor bastante razoável para essa espécie.

Para a avaliação da viabilidade econômica do cultivo de *M. amazonicum*, optou-se por uma simulação. Considerou-se uma pequena propriedade agrícola que utiliza mão de obra familiar (BRASIL, 2012a) localizada no sul do Espírito Santo (ES). Esta propriedade possui 30 ha de área produtiva e a atividade principal é a cafeicultura, seguida pela bovinocultura leiteira e aquicultura. Estas atividades são tradicionais na região sul do ES. De acordo com especialistas do INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural) (comunicação pessoal), neste local há diversas micro-regiões que são recomendáveis à carcinicultura de água doce. Devido ao clima quente e recursos hídricos em abundância o ano inteiro (temperatura média no mês mais frio=23°C), considerou-se a criação dos camarões de forma ininterrupta em 2,8 ciclos por ano. Foi considerada uma estrutura 0,3 ha de lâmina d'água para a criação dos camarões, que é um tamanho de propriedade aquícola bastante comum na região. Os valores dos itens de investimento, despesas operacionais e custos de oportunidade foram obtidos na região sul do ES em 2011. Os valores dos

materiais indisponíveis nesta região foram obtidos de outras regiões e o valor do frete foi incluído no valor total.

O manejo de engorda considerado nesta avaliação é o convencionalmente utilizado para a carcinicultura de água doce. No entanto, dependendo da estratégia de comercialização há adaptações ao manejo. As principais diferenças entre as duas estratégias de comercialização são que quando o objetivo é vender camarões para alimentação humana, estes são vendidos por kg. Neste caso os animais devem ser mortos em água clorada e gelo. Quando o objetivo é a venda unitária, há necessidade de estocagem de animais em hapas para reduzir o trabalho diário de coleta de animais. Além disso, é necessário que os animais permaneçam vivos e saudáveis durante a venda e o transporte pelo cliente.

Foi avaliada a construção de três viveiros escavados (0,1 ha), com sistema de drenagem de água interno por meio de tubos de PVC (incluso no valor do viveiro). Como a atividade de carcinicultura representa 1% da área produtiva da propriedade, considerou-se na avaliação apenas o valor de 1% do custo da residência, galpão e veículo, pois estes itens já devem existir para o desenvolvimento das outras atividades da propriedade. Não foram incluídos valores para a compra da terra.

Como a área de lâmina d'água considerada nesta avaliação é inferior a 1 ha, o licenciamento ambiental ficaria sob responsabilidade do IDAF (Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do ES), que não cobra taxas de licenciamento. Neste estudo não foi contabilizado o valor do ICMS, pois o Estado do ES isentou os aquicultores deste imposto. Os componentes, quantidades e valores das despesas operacionais em cada cenário estudado estão expostos nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Componentes e valores das despesas operacionais para a estratégia de venda de camarões para alimentação humana (coleta de valores: dezembro de 2011).

Custos variáveis	Valor unitário (R\$)	Quantidade
Pós-larvas (milheiro)	14,00	450.ano ⁻¹
Concentrado (kg)	1,30	3 kg para 1 kg de camarão
Calcário (t)	58,00	1 t.ha ⁻¹
Mão de obra eventual (R\$.dia ⁻¹) 1)**	30,00	27 homens.dia ⁻¹ .ano ⁻¹
Combustível (L)	2,75	54 L
Energia elétrica (kwh)*	0,35	1840
Embalagem (unidade)	0,20	Uma para cada kg produzido
CESSR ¹		2,7% da receita bruta
Despesas gerais		5% dos custos variáveis
Custos fixos		
Manutenção		2% do valor dos bens

¹Refere-se a contribuição à seguridade social; *somente para o cenário com aerador; **considerar o dobro do valor para cenário com substrato.

Tabela 3. Componentes e valores das despesas operacionais para a estratégia de venda unitária (coleta de valores: dezembro de 2011).

Custos variáveis	Valor unitário (R\$)	Quantidade
Pós-larvas (milheiro)	14,00	450/ano
Concentrado (kg)	1,30	3 kg para 1 kg de camarão
Calcário (t)	58,00	1 t/há
Mão de obra eventual (R\$.dia ¹⁾ **	30,00	27 homens/dia/ano
Combustível (L)	2,75	54 L
Energia elétrica (kwh)*	0,35	1840
Embalagem (unidade)	0,10	Uma para cada 10 indivíduos
CESSR		2,7% da receita bruta
Despesas gerais		5% dos custos variáveis
Custos fixos		
Manutenção		2% do valor dos bens

¹Refere-se a contribuição à seguridade social; *somente para o cenário com aerador; **considerar o dobro do valor para cenário com substrato.

Os custos de oportunidade considerados nesta análise foram a “remuneração sobre o capital fixo” (juros anuais da popança = 8%), a “remuneração da terra” (valor do arrendamento = R\$ 50,00 o ha) e a “remuneração do empresário” (1/2 salário mínimo). Considerou-se que o empresário é quem vai conduzir a atividade. Admitiu dedicação do empresário de meio período por dia em qualquer cenário estudado. Considerou-se para todos os cenários que o esterco utilizado para as fertilizações é obtido na própria propriedade e o custo de coleta esta embutido na remuneração do empresário.

Dados de comércio de camarões de água doce e marinhos foram obtidos no ano de 2011, por meio observacional com visitas em quatro cidades da região sul do ES (Piuma, Anchieta, Marataizes e Cachoeiro do Itapemirim) e na capital (Vitória). Considerou-se que haveria demanda para todos os camarões produzidos independente do cenário estudado. Para a estratégia de venda de animais para o consumo humano, foi considerado o valor pago por camarões marinhos “sete-barbas”. Estes camarões são provenientes da pesca no litoral sul capixaba e os indivíduos pequenos (3 a 5 g) chegam a custar R\$ 12,00 por quilo em Cachoeiro do Itapemirim-ES. Como os camarões obtidos experimentalmente apresentaram peso médio final de aproximadamente 3 g, esse mesmo preço de venda foi utilizado. O mercado-alvo considerado foi de Cachoeiro do Itapemirim-ES. Para a estratégia de venda unitária, considerou-se que os animais poderiam ser comercializados como espécie ornamental ou como iscas vivas. Verificou-se que em Vitória-ES o valor de camarões do gênero *Macrobrachium* vendidos em lojas de aquarismo é de aproximadamente R\$ 0,6 a unidade. Em Cachoeiro do Itapemirim-ES foram encontrados valores que variam de R\$ 0,30 a R\$ 1,20 a unidade. Com relação à opção de venda como iscas-vivas, observou-se a existência de pescadores que vendem camarões do gênero *Macrobrachium* às margens de estradas da região sul capixaba. Estes camarões são provenientes de pesca predatória e, em muitos casos, pesca ilegal. O valor de venda é de aproximadamente R\$ 1,50 cada 10 unidades (5 a 10 g). Para este estudo, considerou-se o valor de venda de R\$ 100,00 por milheiro de camarões vivos, ou seja, R\$ 0,10 a unidade. Considerou-se também que os camarões de peso médio de 3 g teriam possibilidade de serem vendidos como iscas vivas. Os valores das externalidades da produção de camarões não foram considerados nas análises. A tabela 4 resume os dados das variáveis de cultivo utilizadas em cada estratégia de produção e os valores de venda dos camarões em cada estratégia de comercialização.

Tabela 4. Variáveis de cultivo utilizadas em cada estratégia de produção e valores de venda utilizada em cada estratégia de comercialização.

Variáveis	Aerador	Substrato	Tradicional
Tamanho do projeto (ha)	0,3	0,3	0,3
Ciclos/ano	2,8	2,8	2,8
Produção (t.ano ⁻¹)	1,13	1,10	0,97
Produção (milheiro.ano ⁻¹)	288,5	313,2	292,0
Conversão alimentar aparente	3,0	3,0	3,0
Preço de venda em R\$.kg ⁻¹	12,00	12,00	12,00
Preço de venda em R\$.milheiro ⁻¹	100,00	100,00	100,00

Foram realizadas três análises econômicas: análise de custo-retorno, análise de fluxo de caixa e análise financeira de viabilidade do investimento com base no método apresentado por Shang (1990). A análise de custo-retorno é o método básico para avaliar a viabilidade econômica e/ou desempenho de um projeto de aquicultura (Shang, 1990). Utiliza informações sobre: o custo para implantação de uma fazenda, o custo anual para operá-la e permite a identificação dos itens que têm maior peso na composição dos custos de produção. Além disso, estima a lucratividade média anual (ou a impossibilidade de lucro). Envolve a determinação dos custos de produção e a estimativa do valor de venda, de acordo com uma estratégia de produção bem definida, seguido por uma análise econômica de custo-receita (Shang, 1990). Foram determinados os seguintes indicadores econômicos, de acordo com Scorvo-Filho et al. (2004):

- Custo operacional efetivo (COE): valores monetários efetivamente desembolsados pelo produtor anualmente;
- Custo operacional total (COT): COE mais a depreciação;
- Custos variáveis (CV): valores monetários desembolsados mais juros sobre o capital circulante;

- Custos fixos (CF): remuneração da terra, do capital investido e do empresário, depreciação e impostos fixos;
- Custo total de produção (CT): CV mais CF;
- Custo total médio (*breakeven price*): CT dividido pela produção anual;
- Receita bruta (RB): valor total da venda dos camarões;
- Receita líquida (RL): RB menos o COT;
- Lucro (L): RB menos CT.

A depreciação foi calculada por meio do método linear, no qual se divide o valor dos materiais pela vida útil dos mesmos (em anos).

Para análise do fluxo de caixa, considerou-se um horizonte do projeto de 20 anos. No momento zero, consideraram-se todos os investimentos necessários à implantação mais o capital de giro. Este foi considerado como montante referente às despesas operacionais efetivas para executar o primeiro ciclo mais 10% do mesmo. A partir do ano 1, o fluxo de caixa foi composto pela receita bruta mais a venda da sucata (entradas) e pelas despesas operacionais mais os reinvestimentos (saídas). Os reinvestimentos correspondem à reposição dos itens com vida útil inferior ao horizonte do projeto. No último ano, somou-se o valor residual dos bens com vida útil superior ao horizonte do projeto e o capital de giro. Devido a diversos acertos da tecnologia no início do projeto e a inserção do produto no mercado consumidor, considerou-se 60% do valor previsto para a receita bruta no primeiro ano do fluxo de caixa, 80% no segundo ano e 100% a partir do terceiro ano.

Para análise de viabilidade do investimento, foram aplicados os métodos do período de retorno do capital (PRC), valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e relação benefício custo líquida (RBC), de acordo com Shang (1990) e Jolly e Clonts (1993). A taxa mínima de atratividade (TMA) considerada foi 8% (juros anuais da poupança). As fórmulas aplicadas foram:

- $$TIR = \sum_{i=0}^n \frac{Bi - Ci}{(1 + TIR)^i} = 0$$

sendo:

B_i = Benefício total no ano i , (receitas)

C_i = custo total no ano i (capital + despesas operacionais);

N = horizonte do projeto.

- $$VPL = \sum_{i=0}^n \frac{Bi - Ci}{(1 + r)^i}$$

sendo:

B_i = Benefício total no ano i (receitas);

C_i = custo total no ano i (capital + despesas operacionais);

r = taxa de desconto do projeto (taxa de atratividade);

n = horizonte do projeto;

$i = 0, 1, 2 \dots n$.

- $$RBC = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{Y_i}{(1 + r)^i}}{\sum_{i=0}^n \frac{K_i}{(1 + r)^i}}$$

sendo:

Y_i = benefício líquido anual no ano i (receita bruta menos as despesas operacionais);

K_i = capital investido no ano i (investimento inicial mais reinvestimentos);

R = taxa de desconto do projeto (taxa de atratividade);

N = horizonte do projeto.

- $PRC = \sum_{i=0}^j FLC_i = 0$

sendo:

j = PRC, em anos;

FLC_i = fluxo líquido anual do projeto no ano i ;

$i = 0, 1, 2, \dots, j \dots n$.

RESULTADOS

Observam-se nas tabelas 5 e 6 os itens, valores, quantidades e valores totais considerados como investimento, em cada estratégia de comercialização. Estes valores foram obtidos em dezembro de 2011.

Tabela 5. Itens, quantidades e valores de investimento na estratégia de venda para alimentação humana (coleta de valores: dezembro de 2011).

Equipamentos	Valor unitário (R\$)	Quantidade (n°)	Total (R\$)
Balança digital 0,2-30 kg	129,00	1	129,00
Rede de arrasto 8 mm	720,00	1	720,00
Hapas para berçário (10 m ²)	150,00	1	150,00
Caixas polipropileno vazada	20,00	6	120,00
Tarrafa (5 mm)	150,00	1	150,00
Baldes 20L	10,00	6	60,00
Disco de Secchi	15,00	1	15,00
Termômetro de máxima e mínima	30,00	1	30,00
Substrato [*]	0,50	1500	750,00
Aerador com instalação elétrica ^{**}	1800,00	3	5400,00
Caixas de isopor 170L	60,00	4	240,00
Instalações/Veículo			
Galpão (1% do valor) m ⁻²	4,00	200	800,00
Viveiros (R\$.ha ⁻¹)	30000,00	0,3	9001,20
Gramma semente (m ²)	0,55	600	330,00
Residência (m ²) (1% do valor)	5,00	70	350,00
Veículo tipo "pickup" (1% do valor)	320,00	1	320,00

*somente no cenário com substrato; **somente no cenário com aerador.

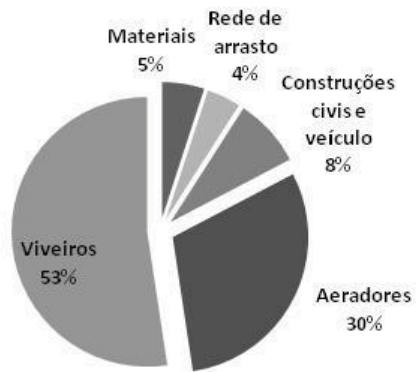
Tabela 6. Itens, quantidades e valores de investimento na estratégia de venda unitária. (coleta de valores: dezembro de 2011).

Equipamentos	Valor unitário (R\$)	Quantidade (n°)	Total (R\$)
Bomba de ar para aquário com mangueiras, difusores e divisores	100,00	1	100,00
Rede de arrasto 8 mm	720,00	1	720,00
Hapas para berçário (10 m ²)	150,00	1	150,00
Hapas animais para a venda (5 m ²)	80,00	2	160,00
Puçá (5 mm)	20,00	2	40,00
Tarrafa (5 mm)	150,00	1	150,00
Baldes 20L	10,00	6	60,00
Disco de Secchi	15,00	1	15,00
Termômetro de máxima e mínima	30,00	1	30,00
Substrato*	0,5	1500	750,00
Aerador c/ instalação elétrica**	1800,00	3	5400,00
Caixas de isopor 170L	60,00	4	240,00
Cilindro de oxigênio	350,00	1	350,00
Instalações/Veículo			
Galpão (1% do valor)	4,00	200	800,00
Viveiros (R\$.ha ⁻¹)	30000,00	0,3	9001,20
Gramma semente (m ²)	0,55	600	330,00
Residência (m ²) (1% do valor)	5,00	70	350,00
Veículo tipo "pickup" (1% do valor)	320,00	1	320,00

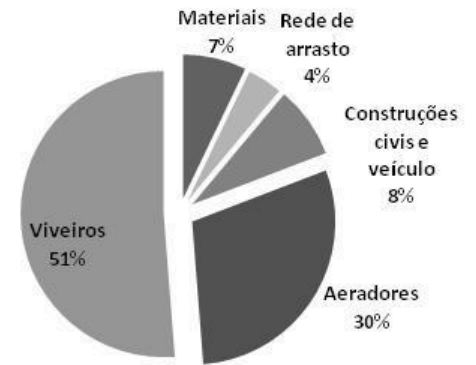
*somente no cenário com substrato; **somente no cenário com aerador.

Em todos os cenários avaliados, os viveiros são responsáveis pela maior participação dos investimentos. Suas participações em relação aos valores totais investidos variam de aproximadamente 52% quando há utilização de aeradores a 74% quando se opta pelo cultivo tradicional (Figura 1). Independente da estratégia de venda, os aeradores representam 30% do custo total investido (Figura 1). O investimento em aeradores resulta num acréscimo de aproximadamente 43% no montante total investido. Porém, a utilização de aeradores proporcionou as piores receitas líquidas e lucros (Tabela 7). Com a utilização de substratos, que representam 5 a 6% dos valores totais de investimento (Figura 1), há uma melhora na receita líquida e lucro quando se considera a venda unitária. Observa-se na tabela 7 que independente dos sistemas de cultivo, as receitas líquidas foram negativas quando se pretendeu vender os camarões como alimento humano. O *breakeven price* foi aproximadamente R\$ 21,50/kg de camarão na estratégia de venda para consumo humano e R\$ 65,70/milheiro na estratégia de venda unitária.

Alimentação humana/aerador



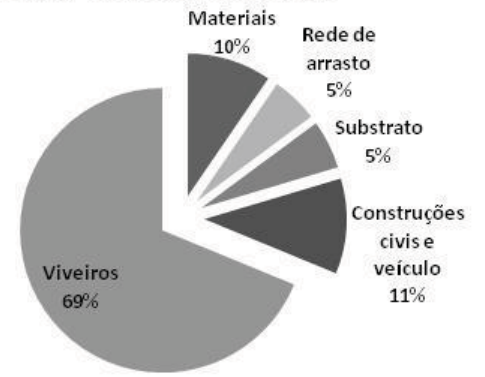
Venda unitária/aerador



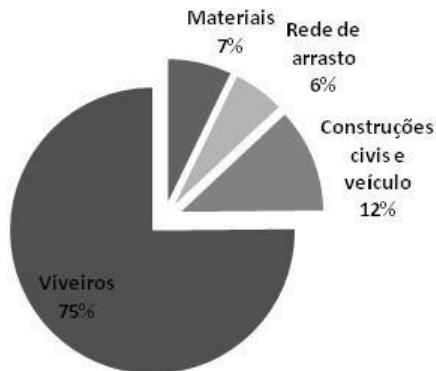
Alimentação humana/substrato



Venda unitária/substrato



Alimentação humana/tradicional



Venda unitária/tradicional

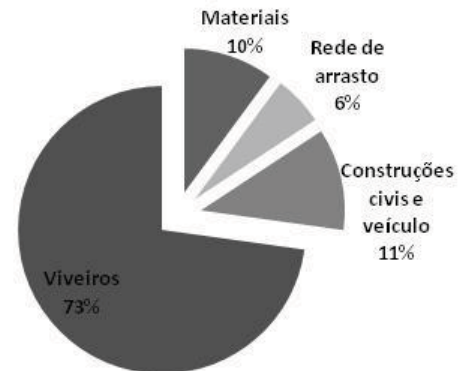


Figura 1. Participação dos itens de investimento em cada cenário estudado.

Tabela 7. Análise de custo/retorno considerando um ano de produção. Valores em R\$.

Indicadores	Alimentação humana			Venda unitária		
	Aerador	Substrato	Tradicional	Aerador	Substrato	Tradicional
	17.815,20	13.165,20	12.415,20	18.216,20	13.566,20	12.816,20
Investimento	20	0	0	0	0	0
	20.580,04	19.846,97	18.116,88	20.495,63	19.876,11	18.259,88
Custo total	04	7	8	3	1	8
Custos variáveis	14.946,18	14.897,11	13.347,02	14.769,21	14.833,69	13.397,46
	5.633,86					
Custos fixos	6	4.949,86	4.769,86	5.726,42	5.042,42	4.862,42
	11.390,40	11.088,00		28.851,06	31.322,03	29.204,30
Receita bruta	40	0	9.777,60	6	3	0
Receita líquida	-	-	-	12.951,24	15.854,06	15.267,31
	4.603,46	4.364,84	4.034,76	4	6	1
Breakeven price*	21,68	21,48	22,23	71,04	63,46	62,52
	-	-	-		11.445,93	10.944,42
Lucro	9.189,64	8.758,97	8.339,28	8.355,43	3	2

*Custo total médio de cada kg (consumo humano) ou do milheiro (iscas ou ornamentais)

Como a receita líquida nos cenários que consideram a venda dos camarões para alimentação humana foi negativa, os fluxos de caixa não foram apresentados. As tabelas 8 a 10 mostram a análise de fluxo de caixa para a

estratégia de venda de camarões por unidade. Observa-se que há elevada liquidez em qualquer estratégia de cultivo estudada. Isto fica evidenciado pela agilidade da conversão dos valores investidos em valores novamente disponíveis.

Tabela 8. Fluxo de caixa considerando venda unitária e utilização de aerador. Valores em R\$.

Ano	Investimentos	Capital de Giro	Desembolso	Receita bruta	Valor residual	Fluxo líquido	Fluxo líquido acumulado
0	-18.216,20	-5717,67				-23.933,87	-23.933,87
1			-	14.554,07	17.310,64	2.756,57	-21.177,31
2			-	14.554,07	23.080,85	8.526,78	-12.650,53
3			-	14.554,07	28.851,06	14.296,99	1.646,46
4			-	14.554,07	28.851,06	14.296,99	15.943,46
5	-1.610,00		-	14.554,07	28.851,06	12.686,99	28.630,45
6			-	14.554,07	28.851,06	14.296,99	42.927,44
7			-	14.554,07	28.851,06	14.296,99	57.224,43
8			-	14.554,07	28.851,06	14.296,99	71.521,42
9			-	14.554,07	28.851,06	14.296,99	85.818,41
10	-7.735,00		-	14.554,07	28.851,06	80,0 0	92.460,40
11			-	14.554,07	28.851,06	14.296,99	106.757,39
12			-	14.554,07	28.851,06	14.296,99	121.054,39
13			-	14.554,07	28.851,06	14.296,99	135.351,38
14			-	14.554,07	28.851,06	14.296,99	149.648,37
15	-1.610,00		-	14.554,07	28.851,06	12.686,99	162.335,36
16			-	14.554,07	28.851,06	14.296,99	176.632,35

17		- 14.554,07	28.851,06		14.296,99	190.929,34
18		- 14.554,07	28.851,06		14.296,99	205.226,33
19		- 14.554,07	28.851,06		14.296,99	219.523,32
20	5.717,67	- 14.554,07	28.851,06	2.17 6,24	20.014,66	239.537,99

Tabela 9. Fluxo de caixa considerando venda unitária e utilização de substrato. Valores em R\$.

Ano s	Investimen tos	Capital de giro	Desembol so	Receita bruta	Valo r residual	Fluxo líquido	Fluxo líquido acumulado
0	-13.566,20	-5.701,23				-19.267,43	-19.267,43
1			-14.512,22	18.793,22		4.281,00	-14.986,43
2			-14.512,22	25.057,63		10.545,40	-4.441,03
3			-14.512,22	31.322,03		16.809,81	12.368,78
4			-14.512,22	31.322,03		16.809,81	29.178,60
5	-2.360,00		-14.512,22	31.322,03		14.449,81	43.628,41
6			-14.512,22	31.322,03		16.809,81	60.438,22
7			-14.512,22	31.322,03		16.809,81	77.248,03
8			-14.512,22	31.322,03		16.809,81	94.057,84
9			-14.512,22	31.322,03		16.809,81	110.867,65
10	-3.085,00		-14.512,22	31.322,03	80,00	13.804,81	124.672,46
11			-14.512,22	31.322,03		16.809,81	141.482,28
12			-14.512,22	31.322,03		16.809,81	158.292,09
13			-14.512,22	31.322,03		16.809,81	175.101,90
14			-14.512,22	31.322,03		16.809,81	191.911,71
15	-2.360,00		-14.512,22	31.322,03		14.449,81	206.361,52
16			-14.512,22	31.322,03		16.809,81	223.171,33
17			-14.512,22	31.322,03		16.809,81	239.981,14
18			-14.512,22	31.322,03		16.809,81	256.790,96
19			-14.512,22	31.322,03		16.809,81	273.600,77

20	5.701,23	-14.512,22	31.322,03	2.17 6,24	22.511,04	296.111,8 1
-----------	----------	------------	-----------	--------------	-----------	----------------

Tabela 10. Fluxo de caixa considerando venda unitária e cultivo tradicional. Valores em R\$.

Ano	Investimentos	Capital de Giro	Desembolso	Receita bruta	Valor residual	Fluxo líquido	Fluxo líquido acumulado
0	-1.2816,20	-5.158,70				-17.974,90	17.974,90
1			- 13.131,24	17.522,58		4.391,34	13.583,56
2			- 13.131,24	23.363,44		10.232,20	-3.351,36
3			- 13.131,24	29.204,30		16.073,06	12.721,71
4			- 13.131,24	29.204,30		16.073,06	28.794,77
5	-1.610,00		- 13.131,24	29.204,30		14.463,06	43.257,83
6			- 13.131,24	29.204,30		16.073,06	59.330,89
7			- 13.131,24	29.204,30		16.073,06	75.403,96
8			- 13.131,24	29.204,30		16.073,06	91.477,02
9			- 13.131,24	29.204,30		16.073,06	107.550,08
10	-2.335,00		- 13.131,24	29.204,30	80,00	13.818,06	121.368,14
11			- 13.131,24	29.204,30		16.073,06	137.441,21
12			- 13.131,24	29.204,30		16.073,06	153.514,27
13			- 13.131,24	29.204,30		16.073,06	169.587,33
14			- 13.131,24	29.204,30		16.073,06	185.660,39
15	-1.610,00		- 13.131,24	29.204,30		14.463,06	200.123,45
16			- 13.131,24	29.204,30		16.073,06	216.196,52

17		-				232.269,5
		13.131,24	29.204,30		16.073,06	8
18		-				248.342,6
		13.131,24	29.204,30		16.073,06	4
19		-				264.415,7
		13.131,24	29.204,30		16.073,06	0
20		-		2.17		285.647,4
	5.158,70	13.131,24	29.204,30	6,24	21.231,76	7

Os indicadores financeiros de viabilidade do investimento quando se considerou a venda unitária dos camarões se mostraram bastante atrativos. Porém, os indicadores expostos na tabela 10 mostram que a utilização da aeração não é interessante. Os cenários que consideraram a utilização de substratos ou o cultivo tradicional se mostraram mais atraentes. Como a renda líquida dos cenários que visam venda de camarões para alimentação humana foi negativa, os indicadores financeiros não foram apresentados.

Tabela 11. Indicadores financeiros de viabilidade do investimento para venda unitária.
Cenários (venda unitária)

Indicadores	Cenários (venda unitária)		
	Aerador	Substrato	Tradicional
Taxa interna de retorno (%)	40,0	55,7	57,5
Valor presente líquido (R\$)	92.013,98	120.463,36	116.869,27
Relação benefício-custo*	6,37	10,30	10,52
Período de retorno do capital (anos)	2,9	2,3	2,2

* R\$/ R\$ 1,00 investido

DISCUSSÃO

Esta análise econômica mostrou que, apesar do uso de aeradores em cultivos de curta duração elevar a produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e o peso médio de camarões *M. amazonicum*, não se justifica a adoção desta tecnologia. Em contrapartida, o uso de substrato artificial é uma alternativa interessante. Seu uso exige investimento inicial maior e acréscimo de mão de obra. No entanto, esses desembolsos são compensados pela obtenção de lucro ligeiramente maior que o cultivo tradicional. O mercado voltado para consumo humano não viabilizou economicamente o monocultivo de *M. amazonicum*, usando a tecnologia disponível nesse momento. Por outro lado, verificou-se viabilidade com elevada atratividade quando se objetiva mercados de espécies ornamentais ou de iscas vivas.

A venda de camarões pequenos para alimentação humana é largamente praticada no Espírito Santo, usando o camarão-sete-barbas, obtido pela pesca. Foi considerado que o camarão-da-amazônia poderia ser distribuído no mesmo nicho de mercado desses camarões marinhos. Portanto, haveria vantagem da comercialização durante o período de defeso dos camarões pescados. Entretanto, o valor que se paga por indivíduos pequenos para alimentação humana (R\$ $12,00\cdot\text{kg}^{-1}$) é insuficiente para viabilizar essa estratégia. O valor mínimo de venda, para que não houvesse prejuízos financeiros, é de aproximadamente R\$ $22,00\cdot\text{kg}^{-1}$. Este é aproximadamente o valor dos camarões *M. rosenbergii* com 15 a 20 g vendidos no ES.

O maior peso médio obtido em cultivo experimental de *M. amazonicum* foi de aproximadamente 7 g (Rodrigues, 2011). Este peso foi obtido em oito meses de cultivo na densidade de 20 camarões. m^{-2} . O avanço em pesquisas, principalmente focadas no melhoramento genético do *M. amazonicum*, pode auxiliar no aumento do peso médio final dos camarões. Contudo, acredita-se que em curto prazo a melhor estratégia para viabilizar a engorda do camarão-da-amazônia em monocultivo semi-intensivo é a intensificação da produtividade, mantendo a característica de pequeno camarão. Para a viabilidade desta estratégia, considerando o mercado de consumo humano, seria necessária uma

produtividade de $2500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ciclo}^{-1}$ com fator de conversão alimentar 2. Esses índices são comuns para o cultivo de *M. rosenbergii* com utilização de substratos artificiais (Tidwell e Coyle, 2008; Tidwell e Shawn, 2008). Acredita-se que os mesmos índices poderiam ser obtidos em cultivo de *M. amazonicum*, com o uso de substratos artificiais e densidades de estocagem mais elevadas. Como em um cultivo tradicional experimental (5,5 meses de duração sem uso de berçário), que utilizou a densidade de estocagem de 80 camarões. m^2 obteve-se a produtividade de $2,05 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ com peso médio de camarões de 3,6 g (Moraes-Riodades e Valenti, 2007), esta hipótese torna-se bastante válida.

O segundo mercado considerado foi o de espécies ornamentais (aquarismo) e de iscas vivas (pesca esportiva). Estes mercados são pouco conhecidos e merecem mais atenção em pesquisas. A procedência dos camarões do gênero *Macrobrachium* que são vendidos em lojas de aquarismo é desconhecida. Os camarões *M. carcinus* e *M. acanthurus* vendidos a margem de rodovias do ES são provenientes de pesca predatória e em muitos casos de pesca ilegal. Esses camarões fazem parte da “Lista da Fauna Ameaçada de Extinção no Estado do Espírito Santo” (ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2005). Não se sabe qual é a demanda por este tipo de produto. Porém, todas as simulações deste estudo que focaram a venda unitária apresentaram resultados atrativos. Por isso, foi dado destaque a este mercado na discussão adiante.

A construção dos viveiros representou a maior parcela dos valores de investimento nos cenários estudados. Como este geralmente é o item mais oneroso para a atividade, muitas vezes é subsidiado por meio de políticas públicas estaduais no ES. No entanto, este estudo evidenciou que, quando a finalidade é a venda unitária, a atividade pode se auto-sustentar financeiramente independente deste incentivo. O segundo item mais representativo no custo de investimento foi a aquisição de aeradores. Para que o uso de aeração noturna pudesse ser justificado, a produtividade deveria ser pouco mais de 12% maior que a obtida. Assim o lucro seria maior que o alcançado por meio do cultivo tradicional. Isso poderia ocorrer em cultivos mais longos ou mais intensificados, que demandam mais oxigênio devido à maior biomassa de camarões e podem

gerar maior produtividade. Apesar disso, deve-se considerar que a utilização de mais implementos e energia pode reduzir a sustentabilidade ambiental.

Os substratos representaram uma parcela pouco significativa nos custos de investimento. O investimento total no cultivo com uso de substratos foi 6% maior que no cultivo tradicional. Porém, a utilização de substratos possibilitou o pagamento de todas as despesas operacionais incluindo os custos de oportunidade e proporcionou lucro ligeiramente maior que o cultivo tradicional. Deve-se ressaltar que a instalação e retirada dos substratos requer o dobro da mão de obra temporária que o cultivo tradicional. Tecnologias que requerem mais mão de obra mantendo a mesma rentabilidade são mais interessantes do ponto de vista sócio-econômico, pois aumentam a sustentabilidade social do sistema (Valenti et al., 2011b).

O fluxo de caixa mostrou que quando se considera a venda unitária de camarões, há independência por re-investimentos externos. Como a simulação considerou uma pequena propriedade rural que utiliza mão de obra familiar, o empresário pode se beneficiar do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), que possui linhas de crédito para investimento e custeio (BRASIL, 2012b). Existem também linhas especiais para a atividade de carcinicultura. Como as simulações demonstraram elevada liquidez, o empresário rural poderia obter crédito tanto para o investimento quanto para as despesas operacionais e rapidamente quitar seu débito.

A análise de viabilidade de investimento mostrou que quando a estratégia é a venda unitária, os recursos financeiros foram utilizados com grande eficiência. O cenário que utiliza aeradores proporcionou piores resultados em relação aos outros cenários, devido ao elevado investimento sem melhor retorno em produção unitária. A relação benefício-custo e o período de retorno do capital foram semelhantes nos cenários que utilizam substratos e cultivo tradicional. A taxa interna de retorno (TIR) foi ligeiramente maior quando se simulou o cultivo tradicional. Porém este indicador mostra uma taxa que deve ser comparada com a taxa de atratividade do mercado. Se a TIR do empreendimento for maior que a taxa de atratividade do mercado, pode ser interessante investir na atividade. No entanto, para este tipo de empreendimento a TIR não é um bom indicador. Para o

pequeno produtor rural não interessa a especulação que pode ser feita no mercado e sim se a renda obtida permita que sua família tenha uma boa qualidade de vida. Como o valor presente líquido e o lucro foram maiores no cenário que utiliza substrato, este é mais interessante que o cenário cultivo tradicional.

Conclui-se que a venda unitária é a opção viável para a comercialização de camarões pequenos, considerando a tecnologia atual. A venda desse produto para alimentação humana pode ser viável desde que se eleve a produtividade. A aeração noturna só deve ser utilizada em caso de déficit de oxigênio, pois sua utilização reduz a eficiência do uso dos recursos financeiros. A utilização de substratos possibilita a obtenção de maior lucro por meio da venda unitária dos camarões. Além disso, demanda por mais trabalho temporário. Nestes termos, sua utilização é recomendada. Porém, estudos complementares envolvendo os parâmetros ambientais e sociais devem ser realizados.

REFERÊNCIAS

- BRASIL, 2012a. Presidência da República Federativa do Brasil. LEI Nº 8.629, DE 25 DE FEVEREIRO DE 1993 e LEI Nº 11.326, DE 24 DE JULHO DE 2006. <http://www2.planalto.gov.br/>. (acessado em 20/01/2012).
- BRASIL, 2012b. Secretaria da agricultura familiar. <http://portal.mda.gov.br/portal/saf/programas/pronaf>. (acessado em 20/01/2012).
- ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2005. IPEMA (Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica). In: Diário Oficial, Vitória, quinta-feira, 16/06/2005.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2012. Dataset of Global aquaculture production - online query. <http://www.fao.org/fishery/statistics/en> (acessado em 20/01/2012).
- ISHIKAWA, W. 2012. Camarão-da-amazônia - "*Macrobrachium amazonicum*" (forma costal). In: Planeta invertebrados: espécies. <http://www.planetainvertebrados.com.br/> (acessado em 31/1/2012)
- MORAES-RIODADES, P. M. C.; VALENTI, W. C. 2007. Effect of Intensification on Grow Out of the Amazon River Prawn, *Macrobrachium amazonicum*. Journal of the World Aquaculture Society, 38(4):516-526.
- MORAES-VALENTI, P. M. C.; PRETO, B. L.; VALENTI, W. C. 2010. Effect of density on population development in the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*. Aquatic Biology, 9: 291-301.
- PRETO, B. L.; PIZZATO, G. M., VALENTI, W. C. 2008. Uso de bandejas de alimentação na fase de engorda do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). B. Inst. Pesca, 34(1):125-130.
- PRETO, B. L.; KIMPARA, J. M.; MORAES-VALENTI, P. M. C.; VALENTI, W. C. 2010. Population structure of pond-raised *Macrobrachium amazonicum* with different stocking and harvesting strategies. Aquaculture, 307:206-211.

- PRETO, B. L.; KIMPARA, J. M.; MORAES-VALENTI, P. M. C.; ROSA, F. R. T.; VALENTI, W. C. 2011. Production strategies for short term grow-out of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) in ponds. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 6(1):1-8.
- RODRIGUES, M. M. 2011. Efeito da alimentação e densidade de estocagem no desempenho zootécnico e no perfil celular do hepatopâncreas do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura. 46p.
- SCORVO-FILHO, J.D.; MARTINS, M.I.E.G.; FRASCA-SCORVO, C.M.D. Instrumentos para análise da competitividade na piscicultura. In: Cyrino, J.E.P.; Urbinati, E.C.; Fracalosi, D.M.; Castagnolii, N. (Eds.). Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo, TecArt, p. 517-533 (2004). SHANG, Y.C. 1990 Aquaculture Economic Analysis: An Introduction. World Aquaculture Society, Baton Rouge. 211p.
- TIDWELL, J. H., COYLE, S. D. 2008. Impact of substrate physical characteristics on grow out of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, in ponds and pond microcosm tanks. Journal of the World Aquaculture Society, 39 (3): 406-413.
- VALENTI, W.C.; HAYD, L. A.; VETORELLI, M. P.; MARTINS, M. I. E. G. 2011a. Economic analysis of amazon river prawn farming to the markets for live bait and juveniles in Pantanal, Brazil. Bol. Inst. Pesca, 37(2): 165 – 176.
- VALENTI, W.C.; KIMPARA, J.M.; PRETO, B.L. 2011b. Measuring aquaculture sustainability. World Aquaculture, 26-29 – 72.

EMIÇÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA POR VIVEIROS DE CULTIVO DE CAMARÕES DE ÁGUA DOCE EM SISTEMA SEMI-INTENSIVO

RESUMO

Conhecer a dinâmica de emissão de gases que provocam efeito estufa é essencial para a medição da sustentabilidade da aquicultura. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi quantificar o fluxo de dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4) em viveiros de criação de camarões de água doce. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram: cultivo com uso de aeração noturna, com uso de substrato artificial, com uso de aeração noturna e substrato artificial e cultivo tradicional (sem aeração noturna ou substrato artificial). Para o cálculo da emissão dos gases, considerou-se que a liberação de CO_2 e CH_4 se dá pela superfície da água dos viveiros de duas maneiras: a emissão difusiva (emanação) e emissão por bolhas (ebulição). Foram medidas a emanação diurna e noturna e a ebulição dos gases durante 24 h. A metodologia utilizada foi de acordo com a empresa de análises ambientais Construmaq São Carlos. O fluxo total de CO_2 e CH_4 no período diurno e noturno indica que os viveiros emitem esses gases para a atmosfera. Em média, foram emitidos aproximadamente 1683 kg de CO_2 e 40 kg de CH_4 por hectare durante todo o ciclo de engorda do camarão-da-amazônia (emissão difusiva + ebulitiva). Devido à grande variabilidade dos dados observada, são necessários estudos com maior número de amostras para gerar informações conclusivas. Estes estudos são essenciais para a formação de um banco de dados que pode ser utilizado em avaliações de sustentabilidade.

Palavras-chave: Gases do efeito estufa, criação de camarões de água doce; sustentabilidade.

GREENHOUSE GASES EMISSION FROM SEMI-INTENSIVE FRESHWATER PRAWN PONDS

ABSTRACT

Knowing the dynamics of greenhouse gases emission is essential to measure aquaculture sustainability. Therefore, the aim of this study is to quantify carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄) fluxes in freshwater prawn ponds. The experimental design was totally randomized with four treatments and three replicates. Treatments were: farming with nocturnal aeration, farming with artificial substrates, farming with nocturnal aeration plus artificial substrate and traditional farming (no nocturnal aeration and no artificial substrate). To calculate gases emission, it was considered that the release of CO₂ and CH₄ occurs in water surface in two ways: difusive emission and bubbles emission. The former was measured during the day and the night, while the latter, during 24 h. The adopted methodology is described by Construmaq São Carlos. Total CO₂ and CH₄ fluxes in both day and night indicates that ponds release these gases to the atmosphere. In average, approximately 1683 kg of CO₂ and 40 kg of CH₄ per hectare were released during the entire grow-out phase (difusive and bubbles emission). Due to the great variability observed in collected data, studies using more replicates are necessary to generate conclusive information. These studies are essential to create a data bank that may be used in sustainability evaluations.

Key-words: Greenhouse gases; freshwater prawn culture; sustainability.

INTRODUÇÃO

Os impactos causados pelos sistemas de produção de organismos aquáticos variam muito de acordo com a espécie criada e os níveis de intensificação. Há sistemas que são considerados pouco impactantes e que inclusive prestam serviços ambientais (Valenti et al., 2010). No entanto, até o presente, tem-se levado em consideração somente aspectos relacionados à qualidade da água dos viveiros e dos efluentes nas avaliações da sustentabilidade dos sistemas de criação. A emissão dos gases que contribuem para o efeito estufa tem sido negligenciada. Porém, com o rápido crescimento da aquicultura e a grande área alagada onde esta modalidade é praticada, este conhecimento passa a ser muito relevante.

Um recente estudo sobre o potencial de fixação do carbono por meio da aquicultura foi realizado por Boyd et al. (2010). Neste trabalho, os autores abordam que o acúmulo de carbono no sedimento dos viveiros pode ser um importante mecanismo de sequestro de carbono atmosférico. Estes autores concluem que a aquicultura poderia gerar créditos de carbono. No entanto, para a confirmação desta informação, é necessário verificar todas as entradas e saídas de carbono durante o cultivo. Não foram encontrados na literatura trabalhos que apresentem esses dados em viveiros de aquicultura.

Trabalhos com a quantificação *in situ* de dióxido de carbono em viveiros de aquicultura são inexistentes. Foram encontrados somente dois trabalhos que quantificam a emissão de metano em aquicultura (Frei e Becker, 2005; Frei et al., 2007). Porém estes estudos foram realizados em tabuleiros de rizipiscicultura e a emissão estudada é a conjunta dos dois tipos de organismos.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi quantificar o fluxo de dióxido de carbono e metano em viveiros de criação de camarões de água doce, submetidos a diferentes estratégias de cultivo. Os resultados desse trabalho contribuem para a formação de um banco de dados que pode ser utilizado em avaliações de sustentabilidade. Estes bancos de dados são essenciais para subsidiar tomadas de decisão e elaboração de planejamento para a mitigação do possível efeito estufa causado pela atividade. Além disso, possibilitarão o enriquecimento da

discussão em torno da geração de créditos de carbono pelo seqüestro de carbono em viveiros de aquicultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), campus de Jaboticabal. Foram utilizados doze viveiros retangulares de fundo natural, com 0,01 ha e profundidade média de 1 m (unidades experimentais). Nestes viveiros, foi desenvolvida uma criação experimental de camarão-da-amazônia. Os tratamentos utilizados foram os seguintes:

A: cultivo com uso de aeração noturna;

S: cultivo com uso de substrato artificial;

A+S: cultivo com uso de aeração noturna e substrato artificial;

T: cultivo tradicional (sem aeração noturna ou substrato)

Os substratos utilizados foram panagens de tela de nylon (rede anti-pássaro) com abertura de malha de 2 cm. Foram dispostos na vertical, no sentido da entrada para a saída de água, com área equivalente a 50% da área do viveiro. Somente um dos lados da tela foi considerado nesse cálculo. Todos os viveiros foram providos de aeração (Aquahobby Bernauer 0,5 hp) das 12:00 as 14:00 horas para “quebrar” a estratificação física e química da água. Nos tratamentos com uso de aeração noturna, os aeradores foram acionados também no período das 2:00 às 5:00 horas, para manter o nível de oxigênio dissolvido sempre elevado. O manejo empregado para a preparação dos viveiros, povoamento e manutenção dos animais foi o convencional para a atividade (vide Preto et al., 2011).

Os valores médios das variáveis encontraram-se na mesma faixa dos observados em cultivos prévios de *M. amazonicum* (Moraes-Riodades et al., 2006; Preto et al., 2010; Preto et al., 2011), sendo considerados adequados para o cultivo de camarões de água doce. Houve pequena variação dos valores médios das variáveis entre os tratamentos, sendo que a temperatura variou de 26,01 a 26,12° C, a transparência variou de 38,5 a 42,3 cm, o oxigênio dissolvido de 6,40 a 7,09 mg.L⁻¹, o pH de 7,03 e 7,36, o N-amoniaco de 59,86 a 89,14 µg.L⁻¹

¹, o N-nitrito de 8,35 a 11,76 $\mu\text{g.L}^{-1}$, o N-nitrato de 120,12 a 219,58 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e os sólidos totais em suspensão de 17,99 a 25,11 mg.L^{-1} .

A liberação de dióxido de carbono e metano se dá pela superfície da água dos viveiros de duas maneiras: a emissão difusiva (emanação) e emissão por bolhas (ebulitiva). Na emanação, os gases dissolvidos na água difundem-se molecularmente da água para o ar, em um processo semelhante à evaporação da água. As bolhas se formam naturalmente no fundo e sobem periodicamente. Neste estudo, os dois tipos de emissão de gases foram mensurados. A coleta e análise dos gases foram realizadas de acordo com o método proposto pela empresa Construmaq São Carlos e será brevemente descrita a seguir. Essa empresa tem realizado análises de gases do efeito estufa em ambientes aquáticos em todo o Brasil.

Para quantificar a taxa de emanação de CO_2 e CH_4 em $\text{mg.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$, utilizou-se uma câmara de difusão. Esta câmara é um recipiente que foi posicionado voltado para baixo, sobre a superfície da água. Em seguida, foi colocado 1 L de ar da interface água-ar dentro da câmara. Os gases que emanam dos viveiros gradativamente se concentram neste ar aprisionado. Amostras de 40 ml foram retiradas da câmara de difusão a 0, 1, 2, e 4 minutos após sua colocação na superfície da água e armazenadas em câmaras gasométricas para posterior análise em cromatógrafo (Construmaq, modelo U-13). Com o resultado da análise cromatográfica, determinou-se o sucessivo aumento ou redução da concentração de cada gás no volume da câmara, e então se calculou a taxa de aumento ou diminuição da massa do gás contido na câmara. Essa é a taxa que o gás está emanando da água ou dissolvendo-se nela. Essa medida é expressa em mg.min^{-1} , que posteriormente foi convertida em kg.dia^{-1} e kg.ciclo^{-1} . A seguir, dividiu-se esse valor pela área da câmara e calculou-se a emissão em $\text{kg.ha}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ e também $\text{kg.ha}^{-1}.\text{ciclo}^{-1}$. Esta análise foi realizada uma vez no período diurno (11h00 – 17h00) e outra no período noturno (21h00 – 03h00).

A concentração dos gases contidos nas bolhas que se formam no fundo dos viveiros foi obtida expulsando-as “à força”. Para isto, utilizou-se um funil (feito de lona) com diâmetro de 70 cm, com um frasco cheio de água fixado ao seu topo, que foi submerso. Um peso de ferro preso por corda no centro do funil

permitia que se calcasse o fundo do viveiro, forçando as bolhas em formação a se desprenderem e subirem ao topo do funil, acumulando-se no frasco. Desta maneira, foram coletados volumes entre 50 e 100 mL em cada viveiro. Ainda debaixo da água, os frascos (ainda invertidos) foram tampados e, em seguida, levados para análise. Os gases contidos nas bolhas são o CO₂ e o CH₄. Suas proporções nas bolhas foram estabelecidas por análise cromatográfica. Para estimar a taxa de emissão de bolhas de cada viveiro foram realizadas duas amostragens. Por duas vezes durante o cultivo, três funis foram instalados em cada viveiro. Estes permaneceram por 24 h recebendo as bolhas que se desprendiam naturalmente do fundo. Assim foi possível calcular o volume médio de bolhas emitidas pelos viveiros por dia. A partir desses valores e da proporção dos gases CO₂ e CH₄ em relação ao volume total nas amostras obtidas por meio da expulsão forçada, calculou-se a quantidade emitida de cada gás em cada tratamento.

Os dados de emissão de CO₂ e CH₄ por difusão e ebulição em cada estratégia de cultivo foram somados para se obter a emissão total em kg.ha⁻¹.dia⁻¹ e kg.ha⁻¹.ciclo⁻¹. A normalidade e a homocedasticidade dos dados foram avaliadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Brown-Forsythe, respectivamente. Como as condições foram satisfeitas, os dados de cada variável foram submetidos à Análise de Variância paramétrica (Sokal & Rohlf, 1995), para a comparação entre os tratamentos. As análises foram realizadas por meio do software Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., versão 9.0).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fluxo total de gás carbônico e metano no período de 24h indica que os viveiros emitem esses gases para a atmosfera. Observou-se grande variabilidade entre os viveiros de um mesmo tratamento nas emissões noturnas. Isso é contrário ao que vem sendo admitido pela empresa Construmaq São Carlos, que considera que os sistemas aquáticos são bastante estáveis quanto às emissões de gases (comunicação pessoal). Esses resultados mostram a necessidade de coletas noturnas e que um maior número de unidades de amostra pode ser necessário para estudos de emissão de gases em viveiros de aquicultura, ao contrário do que se pensava no início desse trabalho.

Para a avaliação da emanação, amostras de gases foram retiradas no período diurno e noturno, pois o fluxo de CO₂ é influenciado pela presença da luz. Esperava-se que, devido ao balanço entre fotossíntese e respiração, houvesse absorção desse gás ao longo do dia e emissão durante a noite. Porém, a Figura 1 mostra que houve absorção de CO₂ somente em viveiros que utilizaram aeração noturna. Os viveiros dos tratamentos S e T apenas emitiram CO₂ (Figura 1). A movimentação da água devido à aeração noturna pode ter disponibilizado nutrientes do sedimento para a coluna d'água (Frei et al., 2007). Além disso, a maior oxigenação da água pode ter favorecido a decomposição da matéria orgânica do fundo dos viveiros, liberando mais nutrientes para a coluna d'água. O CO₂ gerado pode ter ficado dissolvido na água ou se dissipado para a atmosfera e os nutrientes devem ter favorecido o crescimento do fitoplâncton. Assim, houve exigência de maior aporte de gás carbônico nestes viveiros durante o dia, com entrada da atmosfera. Contudo, a produção primária não foi medida. De fato, as médias de emissão noturna de CO₂ nos tratamentos com aeração noturna foram maiores do que nos demais. O maior contato da água com o ar promovido pela aeração noturna pode favorecer as trocas gasosas, proporcionando maior saída de CO₂ que estava dissolvido na água. Mas, o teste aplicado não mostrou diferença significativa. Isso pode ser devido à grande variabilidade observada nos dados, o que diminui a capacidade da ANOVA detectar diferenças (Sokal e Rolf, 1995).

A Figura 2 mostra que o metano foi emitido tanto no período diurno quanto noturno. Este gás é produzido no fundo dos viveiros por meio da ação de bactérias metanogênicas que degradam a matéria orgânica. Como a produção de metano é constante e não há consumo deste gás pelos organismos aquáticos, a predominância da emissão é esperada.

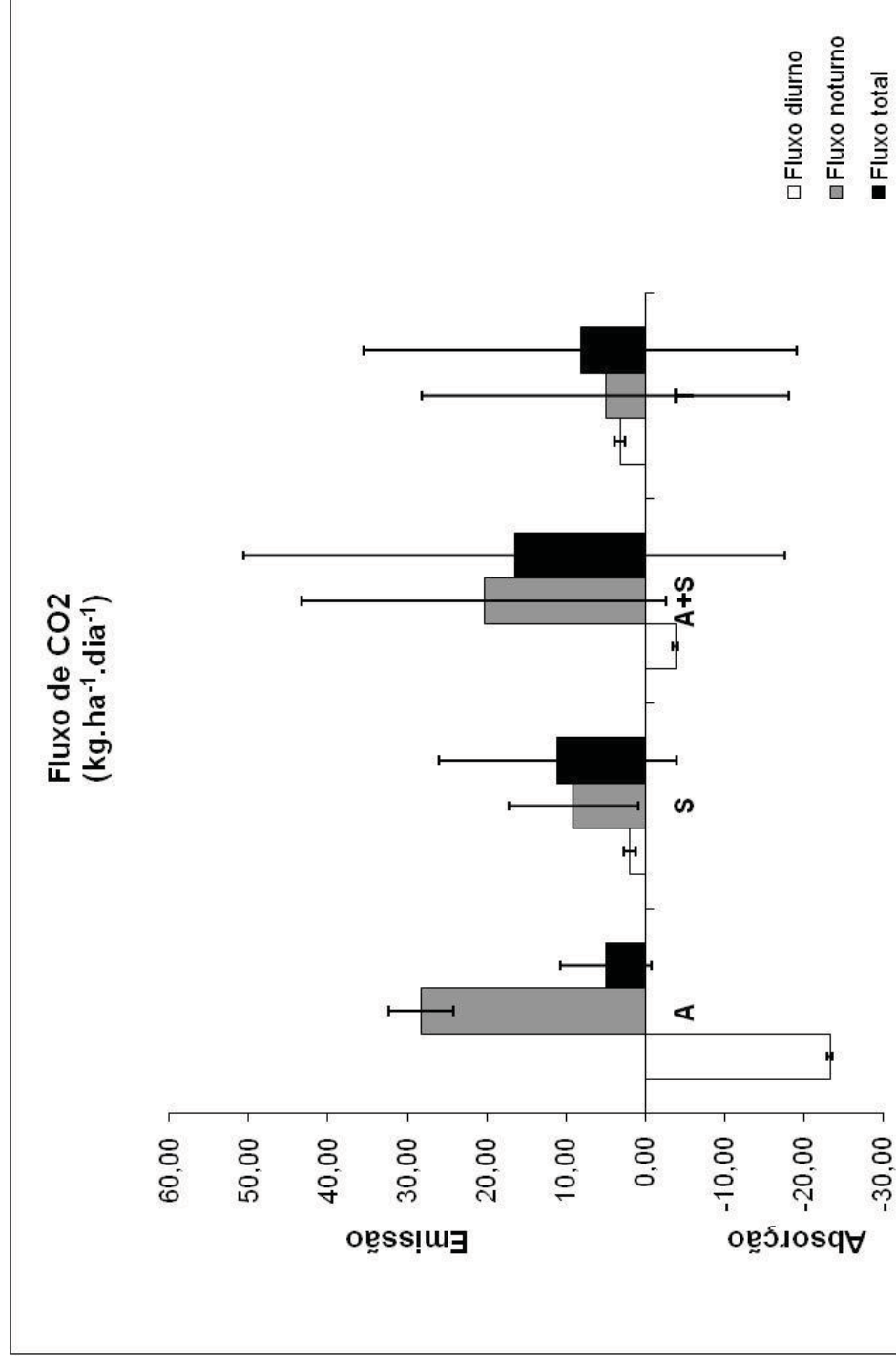


Figura 1. Fluxo de CO₂ (kg.ha⁻¹.dia⁻¹ ± desvio-padrão) nos viveiros de engorda de camarões-da-amazônia submetidos aos quatro tratamentos. A=Aeração noturna; S=Substrato; A+S=Aeração noturna+substrato; T=Tradicional.

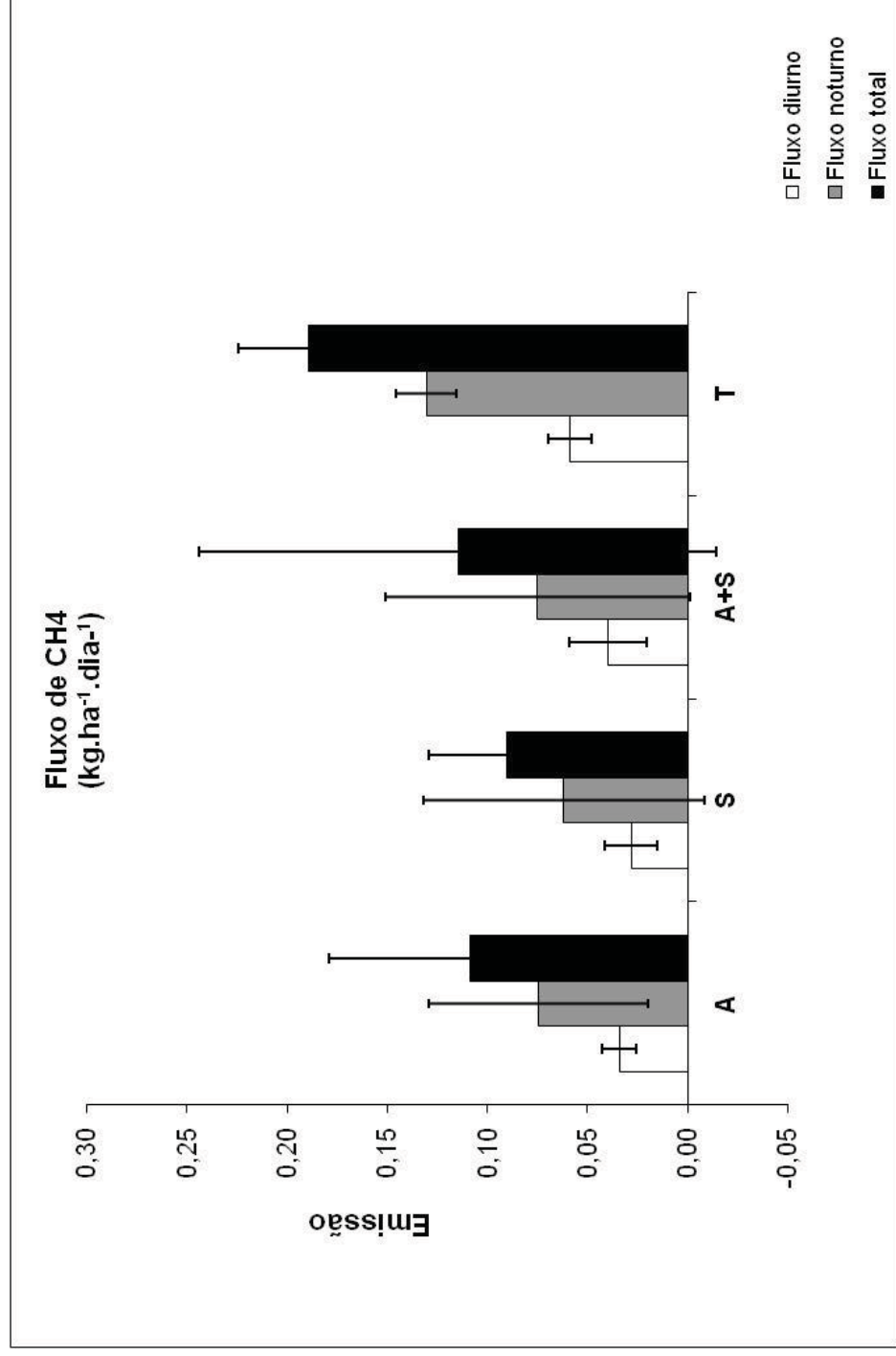


Figura 2. Fluxo de CH₄ (kg.ha⁻¹.dia⁻¹ ± desvio-padrão) nos viveiros de engorda de camarões-da-amazônia submetidos aos quatro tratamentos. A=Aeração noturna; S=Substrato; A+S=Aeração noturna+substrato; T=Tradicional.

A Tabela 1 apresenta os valores médios (\pm desvio-padrão) do dióxido de carbono emitido pelos viveiros de engorda de camarões-da-amazônia. São apresentados os dados de emissão diária via difusão e ebulição, a emissão diária total e emissão total por ciclo (125 dias). Não foi detectada diferença significativa para a emissão de CO₂ entre os tratamentos. Por isso, calculou-se a média das emissões entre todas as unidades experimentais. Este valor serve de referência para o sistema semi-intensivo de criação de camarões. A emissão por difusão correspondeu a quase 100% do total de emissões de CO₂ pelos viveiros. Em média, foram emitidos aproximadamente 1683 kg de CO₂ por hectare durante todo o ciclo de engorda do camarão-da-amazônia. Este valor equivale a 459,58 kg de carbono equivalente.

Tabela 1. Emissão difusiva, ebulitiva e total de CO₂ em viveiros de engorda de camarões-da-amazônia submetidos aos quatro tratamentos.

Tratamento	Emissão difusiva de CO ₂ kg.ha ⁻¹ .dia ⁻¹	Emissão ebulitiva de CO ₂ kg.ha ⁻¹ .dia ⁻¹	Emissão total ¹ de CO ₂ kg.ha ⁻¹ .dia ⁻¹	Emissão total ¹ de CO ₂ kg.ha ⁻¹ .ciclo ⁻¹
A	5,02 ± 5,73	0,02 ± 0,01	5,04 ± 5,72	630,35 ± 715,62
S	11,04 ± 27,31	0,01 ± 0,01	11,04 ± 27,31	1380,43 ± 3413,81
A+S	16,50 ± 15,00	0,01 ± 0,00	16,51 ± 15,01	2063,50 ± 1875,84
T	8,20 ± 34,12	0,01 ± 0,01	8,22 ± 34,13	1027,12 ± 4265,91
MÉDIA GERAL	10,19 ± 20,34	0,01 ± 0,01	10,20 ± 20,34	1683,46 ± 3355,82

Não foram encontradas diferenças significativas ao nível de 10,0% de probabilidade.¹Emissão total: emissão difusiva + emissão ebulitiva.

Os valores médios diários (\pm desvio-padrão) da emissão de metano por difusão, ebulição e a emissão total são apresentados na Tabela 2. Nesta tabela verifica-se também a emissão total de metano (\pm desvio-padrão) por ciclo de produção. Como não houve diferença entre os valores de metano emitidos em cada tratamento, apresentou-se a média geral de todas as unidades

experimentais (valores de referência para a carcinicultura de água doce em sistema semi-intensivo). Considerando esta média, 61% do total de emissão de metano ocorreu devido à ebulição. A média da emissão total de metano foi de aproximadamente $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$. Este valor equivale a 255,13 kg de carbono equivalente. Em criação de carpas consorciadas com o cultivo de arroz foram encontrados valores médios de emissão de metano de aproximadamente $3,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ (Frei e Becker, 2005). Este valor corresponderia à emissão de aproximadamente $408 \text{ kg de metano}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$ (125 dias). Frei et al. (2007) obtiveram valores de emissão de metano em criação de peixes consorciada com cultivo de arroz variando de 1,2 a $15,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$, Esses valores corresponderiam a 150 a $1980 \text{ kg de metano}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$ (125 dias). Os valores de emissão de metano obtidos nestes trabalhos são bastante superiores aos valores encontrados no presente estudo, devido principalmente à emissão pela cultura do arroz. Porém, deve-se relacionar a emissão desses gases com a quantidade total de arroz e peixes produzidos. Este é um indicador de poluição na aquicultura (Valenti et al., 2011), que permite a comparação de diferentes sistemas de produção aquícolas.

Tabela 2. Emissão difusiva, ebulitiva e total de CH_4 em viveiros de engorda de camarões-da-amazônia, submetidos aos quatro diferentes tratamentos. A=Aeração noturna; S=Substrato; A+S=Aeração noturna+substrato; T=Tradicional.

Tratament os	Emissão difusiva de CH_4 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$	Emissão ebulitiva de CH_4 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$	Emissão total ¹ de CH_4 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$	Emissão total ¹ de CH_4 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$
A	$0,11 \pm 0,07$	$0,22 \pm 0,13$	$0,32 \pm 0,16$	$40,54 \pm 20,04$
S	$0,09 \pm 0,03$	$0,12 \pm 0,10$	$0,21 \pm 0,13$	$26,19 \pm 16,19$
A+S	$0,11 \pm 0,04$	$0,16 \pm 0,14$	$0,27 \pm 0,12$	$33,79 \pm 15,43$
T	$0,19 \pm 0,13$	$0,31 \pm 0,13$	$0,50 \pm 0,05$	$62,23 \pm 6,14$
MÉDIA GERAL	$0,13 \pm 0,08$	$0,20 \pm 0,13$	$0,33 \pm 0,15$	$40,69 \pm 19,18$

Não foram encontradas diferenças significativas ao nível de 10,0% de probabilidade.¹Emissão total: emissão difusiva + emissão ebulitiva.

Como não há publicações que mostrem a massa de gases CO₂ e CH₄ emitidos por viveiros de aquicultura, não é possível realizar comparações. Nesse trabalho, estimou-se que a produção de camarões de água doce em sistema semi-intensivo de cultivo liberou para a atmosfera 714,71 kg de carbono equivalente por ha por ciclo. No entanto, devido à grande variabilidade dos dados observada, são necessários estudos com maior número de amostras para gerar informações conclusivas. Considerando que há diversas vias de entrada e saída de carbono no sistema aquático, é necessário que se faça um estudo avaliando o balanço de carbono. Assim seria possível computar as entradas de carbono pela água de abastecimento, insumos e atmosfera, e também as saídas por meio dos efluentes, camarões, sedimento, perifiton, infiltração e atmosfera. Este estudo indicaria se o sistema semi-intensivo de criação de camarões é ou não eficiente na fixação de carbono. Estudos nesta temática são essenciais para a formação de um banco de dados que pode ser utilizado em avaliações de sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- BOYD, C.E.; WOOD, C.W.; CHANEY, P.L.; QUEIROZ, J.F. 2010. Role of aquaculture pond sediments in sequestration of annual global carbon emissions. *Environmental Pollution*, 158: 2537-2540.
- CONSTRUMAQ São Carlos. Disponível em: <http://www.construmaq.ind.br>. Acesso em: 29 de julho de 2011.
- FREI, M.; BECKER, K. 2005. Integrated rice-fish production and methane emission under greenhouse conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 107: 51-56.
- FREI, M.; RAZZAK, M.A.; HOSSAIN, M.M.; OEHME, M.; DEWAN, S.; BECKER, K. 2007. Methane emissions and related physicochemical soil and water parameters in rice-fish systems in Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120:391-398.
- MORAES-RIODADES, P.M.C.; KIMPARA, J.M.; VALENTI, W.C. 2006. Effect of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* culture intensification on ponds hydrobiology. *Acta Limnol. Bras.*, 18(3):311-319.
- PRETO, B. L.; KIMPARA, J. M.; MORAES-VALENTI, P. M. C.; ROSA, F. R. T ; VALENTI, W. C. 2011. Production strategies for short term grow-out of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) in ponds. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 6, p. 1-8.
- PRETO, B. L., KIMPARA, J. M., VALENTI, P. M. C., VALENTI, W. C. 2010. Population structure of pond-raised *Macrobrachium amazonicum* with different stocking and harvesting strategies. *Aquaculture (Amsterdam)*, 307:206-211.
- SOKAL, R. R. & F. J. ROHLF. 1995. *Biometry*. New York, Freeman, 3a ed. 87 p.
- VALENTI, W.C.; KIMPARA, J.M.; PRETO, B.L. 2011. Measuring aquaculture sustainability. *World Aquaculture*, 26-29 – 72.

VALENTI, W.C.; KIMPARA, J.M.; ZADJBAND, A.D. 2010. Métodos para medir a sustentabilidade na aquicultura. Panorama da aquicultura, 11 de agosto. 8 p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias utilizadas para intensificar a produção de *Macrobrachium rosenbergii* em engorda semi-intensiva representadas pelo uso de aeração e substratos artificiais não se ajustaram bem ao cultivo de curta duração do *Macrobrachium amazonicum* quando a produção é destinada à alimentação humana. Porém, deve-se considerar que essa espécie nativa suporta densidades de estocagem bastante elevadas (até 10 vezes mais que o camarão exótico *M. rosenbergii*). Essas densidades devem ser exploradas, assim como a utilização dessas tecnologias em uma engorda de longo período (8 a 9 meses). As avaliações econômicas mostraram que quando o objetivo é a venda dos camarões como iscas vivas ou como ornamentais, existe viabilidade econômica com elevada liquidez. Portanto, esses mercados devem ser mais explorados. As análises econômicas mostraram que a utilização de substrato é interessante. O uso de substratos transforma o monocultivo tradicional em uma forma mais racional de produção, podendo elevar a sustentabilidade do sistema. Portanto, também deve ser mais estudado. As análises realizadas mostraram que o monocultivo de *M. Amazonicum* voltado para o mercado de iscas vivas ou ornamentais se adapta bem como fonte de renda complementar em pequenas propriedades rurais. A análise da emissão dos gases do efeito estufa sugere que os viveiros emitem CO₂ e CH₄. Essa informação é inédita para o setor aquícola e importante para a avaliação da sustentabilidade da aquicultura.