DENSIDADE DE ESTOCAGEM JUVENIS DE *Macrobrachium rosenbergii* EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA

Marcelo Gomes de Araújo[1], Pedro Pierro Mendonça[2], José Nailton Canuto e Silva[1], Charles Sossai de Araujo[1], Letícia Magalhães Macedo[1], Dayane Vitoria Silva Mello[2]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Itapina, Rodovia BR-259, km 70, (Colatina x Baixo Guandu), Zona Rural, Colatina - ES, CEP 29717-000, mgaraujo@ifes.edu.br, jose.silva@ifes.edu.br, charlesaraujo21@hotmail.com, mgaquicultura@gmail.com

[2]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), Campus Alegre, Km 47, Fazenda Caixa D'Água, no Distrito de Rive, em Alegre - ES, CEP 29500-000, ppierrom@gmail.com, daymellovitoria@gmail.com

Resumo

Os sistemas de recirculação de água (RAS) permitem intensificar a aquicultura com maior controle ambiental e uso racional da água. Este estudo avaliou o desempenho zootécnico de *Macrobrachium rosenbergii* durante a fase de berçário primário (30 dias) em um Sistema de Recirculação de Água (RAS) nas densidades de 210, 420 e 630 indivíduos m^{-3}, validando sua eficiência hidráulica, potencial de reuso da água e papel na biossegurança ao prevenir o escape de espécies exóticas. Foram avaliados índices zootécnicos e qualidade da água. A densidade influenciou significativamente o desempenho ($P < 0,05$). O tratamento com 420 indivíduos m^{-3} apresentou maior biomassa final (2.702,35 g), ganho de biomassa (1.757,35 g) e sobrevivência de 87,53%. Em 630 indivíduos m^{-3}, a sobrevivência caiu para 34,33%, apesar do maior peso final (0,74 g) e TCE (5,31% dia^{-1}). A maioria dos parâmetros de água permaneceu adequada, embora nitrito e nitrato tenham aumentado na maior densidade. Conclui-se que 420 indivíduos m^{-3} proporcionou o melhor equilíbrio produtivo.

Palavras-chave: Carcinicultura. Densidade de estocagem. Macrobrachium rosenbergii. Recirculação de água. Sustentabilidade.
Área do Conhecimento: Ciências Agrárias – Aquicultura.

Introdução

A aquicultura tem ampliado sua participação na produção mundial de alimentos aquáticos e assume importância crescente para a segurança alimentar e para a geração de renda. Nesse contexto, o camarão-da-Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) apresenta potencial para a carcinicultura continental brasileira em razão de seu valor comercial, desempenho produtivo e possibilidade de cultivo em diferentes sistemas (New, 2002; Marques; Moraes-Valenti, 2012).

A intensificação da produção, entretanto, exige maior controle da qualidade da água e do uso de recursos. Sistemas de recirculação de água (RAS) permitem tratamento e reutilização contínua da água, maior controle ambiental e redução da geração de efluentes, constituindo alternativa relevante em regiões sujeitas à escassez hídrica (Timmons; Ebeling, 2013; Badiola; Mendiola; Bostock, 2018; Boyd; Tucker; Viriyatum, 2022). Em sistemas fechados, o confinamento também pode reduzir o risco de escape de espécies exóticas, aspecto importante para a biossegurança ambiental (Timmons; Ebeling, 2013; Sampaio, 2018).

Para *M. rosenbergii*, a densidade de estocagem representa um dos principais fatores de manejo, pois o aumento da competição por espaço, alimento e abrigo pode intensificar interações agonísticas e canibalismo, sobretudo durante a muda. Em contrapartida, densidades muito baixas podem reduzir o aproveitamento da infraestrutura produtiva. Estudos com a espécie demonstram que a resposta produtiva resulta do equilíbrio entre crescimento individual, sobrevivência e biomassa final (Karplus; Malecha; Sagi, 2000; Negrini, 2017).

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho zootécnico e a qualidade da água no cultivo intensivo de pré-juvenis de *M. rosenbergii* em RAS, comparando as densidades de 210, 420 e 630 indivíduos m^{-3} durante a fase de berçário secundário.

Metodologia

O estudo foi conduzido no Setor de Aquicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes), Campus Itapina, em Colatina, Espírito Santo, durante 30 dias.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos correspondentes às densidades de 210, 420 e 630 pré-juvenis m^{-3} e cinco repetições por tratamento. Foram utilizadas 15 unidades experimentais, cada uma composta por tanque de polietileno de 3.000 L conectado a decantadores de 1.000 e 500 L. As cinco repetições de cada tratamento compartilhavam filtro biológico de 3.000 L contendo argila expandida, filtro ultravioleta de 95 W e reservatório de equalização (sump) de 2.000 L. A circulação contínua da água foi realizada por bomba submersível com vazão nominal de 40.000 L h^{-1}.

Foram utilizados pré-juvenis de *M. rosenbergii* com peso médio inicial de 0,15 ± 0,02 g, previamente aclimatados às condições experimentais. Os animais foram alimentados quatro vezes ao dia em uma quantidade equivalente a 15% do peso vivo, com ração comercial extrusada e triturada, indicada para camarões na fase de PL15 até 1 g de peso vivo, com granulometria entre 400 e 800 µm e teor de 40% de proteína bruta.

Ao final do período experimental, todos os camarões foram despescados e contados, sendo aproximadamente 28% dos indivíduos de cada unidade amostrados para biometria em balança com precisão de 0,01 g. Foram determinados peso final médio, ganho de biomassa, conversão alimentar aparente, taxa de sobrevivência e taxa de crescimento específico.

A temperatura, o pH e oxigênio dissolvido foram monitorados diariamente, os compostos nitrogenados (Amônia, Nitrito e Nitrato) duas vezes por semana e demais variáveis químicas, semanalmente, analisados com fotômetro multiparâmetro de bancada HI83300-02 e medidor multiparâmetro portátil HI9829 (Hanna Instruments). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do software R. A pesquisa não necessitou de protocolo de aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), por envolver experimentação com crustáceo que, de acordo com a legislação nacional, a regulamentação restringe-se estritamente aos animais vertebrados (Brasil, 2008).

Cada tratamento operou com recirculação contínua e separação física entre as unidades de cultivo e os compartimentos responsáveis pela remoção de sólidos e pela nitrificação. Os decantadores receberam a água proveniente dos tanques antes de sua passagem pelo filtro biológico, enquanto o filtro UV foi empregado no circuito de retorno. Essa configuração permitiu acompanhar o efeito da densidade de estocagem sem alterar a estrutura básica de tratamento da água entre as repetições.

Durante o cultivo foram utilizadas telas plásticas verticais como substratos artificiais, ampliando a área útil disponível aos camarões. Essas estruturas também oferecem superfícies de abrigo, especialmente importantes durante a ecdise (Tidwell; Coyle, 2008). A adoção dessas estruturas buscou reduzir o contato direto entre os indivíduos e atenuar os efeitos do comportamento territorial e do canibalismo descrito por diversos pesquisadores como característicos da espécie em condições intensivas (Karplus; Malecha; Sagi, 2000; New, 2002; Tidwell; Coyle, 2008).

A interpretação dos resultados considerou de forma conjunta crescimento individual, sobrevivência, conversão alimentar e biomassa final. Essa abordagem foi adotada porque, em *Macrobrachium rosenbergii*, valores elevados de crescimento dos indivíduos remanescentes podem ocorrer simultaneamente a altas mortalidades, não representando necessariamente maior eficiência produtiva do sistema (Karplus; Malecha; Sagi, 2000; New, 2002).

Resultados

A densidade de estocagem afetou significativamente ($P < 0,05$) os principais indicadores zootécnicos. A densidade de 420 pré-juvenis m^{-3} apresentou a maior biomassa final (2.702,35 g), o maior ganho de biomassa (1.757,35 g) e sobrevivência de 87,53%, sem diferença de sobrevivência em relação à menor densidade (84,16%). Em 630 pré-juvenis m^{-3}, a sobrevivência foi reduzida para 34,33% e a conversão alimentar aparente aumentou para 4,06, evidenciando perda de eficiência produtiva. Apesar da menor sobrevivência, os animais remanescentes na maior densidade apresentaram maior peso final médio (0,74 g) e TCE (5,31% dia^{-1}). Para a qualidade da água, a maioria das variáveis permaneceu estável entre os tratamentos. A amônia total apresentou médias de 0,15, 0,25 e 0,48 mg L^{-1} nas densidades de 210, 420 e 630 pré-juvenis m^{-3}, respectivamente, sem diferença significativa. O nitrito, por sua vez, atingiu 1,94 mg L^{-1} na maior densidade, valor significativamente

superior aos observados nas densidades de 210 (0,00 mg L^{-1}) e 420 pré-juvenis m^{-3} (0,19 mg L^{-1}). O nitrato também aumentou com a densidade, com médias de 5,96, 17,53 e 31,07 mg L^{-1}, respectivamente. A Tabela 1 sintetiza os resultados produtivos obtidos ao final do experimento.

Tabela 1 - Parâmetros zootécnicos de M. rosenbergii cultivados em diferentes densidades em RAS.

Índice zootécnico	210 ind. m^{-3}	420 ind. m^{-3}	630 ind. m^{-3}
Peso final médio (g)	0,54 ± 0,06b	0,49 ± 0,05b	0,74 ± 0,09a
Biomassa final total (g)	1.431,54b	2.702,35a	2.400,56ab
Ganho de biomassa (g)	959,04b	1.757,35a	983,06b
Conversão alimentar aparente	2,09b	1,96b	4,06a
Sobrevivência (%)	84,16a	87,53a	34,33b
Taxa de Crescimento Específico (TCE) (% dia^{-1})	4,25b	3,94b	5,31a

Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A conversão alimentar aparente reforçou a diferença entre as densidades. Os tratamentos com 210 e 420 indivíduos m^{-3} apresentaram valores de 2,09 e 1,96, respectivamente, enquanto a maior densidade atingiu 4,06. Assim, embora os sobreviventes de 630 indivíduos m^{-3} tenham alcançado maior peso individual, a combinação entre mortalidade elevada e maior quantidade de ração consumida reduziu a eficiência de transformação do alimento em biomassa comercial.

A resposta dos compostos nitrogenados também variou com a intensificação. A amônia total apresentou tendência de elevação de 0,15 para 0,25 e 0,48 mg L^{-1}, sem diferença significativa entre os tratamentos. Para nitrito e nitrato, entretanto, foram detectadas diferenças significativas, indicando maior carga sobre o processo de nitrificação na densidade mais elevada. Os valores médios estão sintetizados na Tabela 2.

Tabela 2 - Compostos nitrogenados médios durante o cultivo de M. rosenbergii em RAS.

Parâmetro	210 ind. m^{-3}	420 ind. m^{-3}	630 ind. m^{-3}
Amônia total (mg L^{-1})	0,15	0,25	0,48
Nitrito (mg L^{-1})	0,00	0,19	1,94
Nitrato (mg L^{-1})	5,96	17,53	31,07

Fonte: dados da pesquisa. A amônia total não diferiu significativamente; nitrito e nitrato responderam ao aumento da densidade.

Discussão

Os resultados demonstram que a intensificação do cultivo modifica a relação entre crescimento individual, sobrevivência e biomassa produzida. O desempenho observado em 420 pré-juvenis m^{-3} indica que a densidade intermediária permitiu melhor aproveitamento da capacidade produtiva do sistema sem provocar a forte redução de sobrevivência verificada no tratamento de maior densidade. Resultados semelhantes são descritos por Negrini (2017), que observou efeitos da densidade sobre sobrevivência e desempenho de *M. rosenbergii* em cultivo intensivo.

A combinação de baixa sobrevivência e elevado crescimento individual em 630 pré-juvenis m^{-3} pode estar associada à estrutura social da espécie. *M. rosenbergii* apresenta hierarquia de dominância, territorialidade e elevada heterogeneidade de crescimento; em condições de maior adensamento, a competição e o canibalismo podem aumentar, enquanto a redução do número de indivíduos ao longo do cultivo favorece maior disponibilidade de espaço e alimento para os sobreviventes (Karplus; Malecha; Sagi, 2000; New, 2002). Assim, o maior peso final na densidade máxima não deve ser interpretado isoladamente como melhor desempenho produtivo.

A estabilidade da maior parte dos parâmetros de qualidade da água evidencia a funcionalidade do RAS e do processo de biofiltração. A elevação de nitrito e nitrato com o aumento da densidade, entretanto, indica maior carga nitrogenada e maior pressão sobre o processo de nitrificação. Esse comportamento reforça a necessidade de compatibilizar biomassa estocada, taxa de alimentação, remoção de sólidos e capacidade do biofiltro (Timmons; Ebeling, 2013; Badiola; Mendiola; Bostock, 2018).

Do ponto de vista ambiental, o uso de RAS favorece maior controle do ambiente de cultivo e menor dependência de renovação contínua de água (Timmons; Ebeling, 2013; Badiola; Mendiola; Bostock, 2018; Boyd; Tucker; Viriyatum, 2022). Além disso, sistemas fechados podem contribuir para a biossegurança no cultivo de espécies exóticas, reduzindo oportunidades de escape para ambientes naturais (Sampaio, 2018). Portanto, a escolha da densidade de estocagem deve considerar simultaneamente produtividade, sobrevivência, eficiência alimentar, capacidade de tratamento da água e segurança ambiental (Timmons; Ebeling, 2013; Negrini et al., 2017; Badiola; Mendiola; Bostock, 2018; Sampaio, 2018).

A biomassa final confirma que o tratamento intermediário foi o mais equilibrado. Em 420 indivíduos m^{-3}, a produção final superou a observada em 210 indivíduos m^{-3} e permaneceu competitiva em relação à maior densidade, porém com sobrevivência muito superior e melhor conversão alimentar. Esse resultado é relevante para a definição de protocolos de berçário, pois a densidade ótima deve maximizar a produção por unidade de volume sem comprometer excessivamente a sobrevivência ou aumentar o custo alimentar (Negrini, 2017).

A maior TCE observada em 630 indivíduos m^{-3} deve, portanto, ser interpretada com cautela . A estrutura hierárquica de *M. rosenbergii* favorece indivíduos dominantes, que possuem maior acesso ao alimento e aos abrigos (Karplus; Malecha; Sagi, 2000; New, 2002; Valenti, 2010). Segundo esses mesmos autores, em altas densidades, a mortalidade e a exclusão competitiva de indivíduos menores podem diminuir progressivamente a competição entre os sobreviventes, produzindo aparente crescimento compensatório, sendo esse padrão, compatível com a elevada heterogeneidade de tamanho descrita para a espécie e com os efeitos sociais sobre o crescimento.

Mesmo com o uso de substratos artificiais, a mortalidade observada na maior densidade demonstra que o aumento da área tridimensional disponível não eliminou os efeitos do adensamento. As telas provavelmente contribuíram para oferecer refúgio durante a muda e reduzir parte dos encontros agonísticos (Tidwell; Coyle, 2008), mas a densidade de 630 indivíduos m^{-3} ainda excedeu a condição mais favorável de equilíbrio entre espaço, alimento e abrigo. Estudos futuros devem testar diferentes proporções de substrato por unidade de volume e estratégias de classificação periódica dos animais por tamanho (Tidwell; Coyle, 2008).

Quanto à qualidade da água, a manutenção de oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade, dureza e amônia em faixas adequadas indica que a aeração, a decantação e a biofiltração suportaram a biomassa cultivada durante o período experimental. Contudo, o aumento de nitrito e nitrato na maior densidade evidencia que a intensificação elevou a carga nitrogenada processada pelo sistema. Em aplicações comerciais, esse resultado reforça a necessidade de dimensionar o biofiltro e o manejo de sólidos com base na biomassa máxima e na quantidade de ração ofertada, e não apenas no volume dos tanques (Timmons; Ebeling, 2013).

Os resultados também apresentam implicações ambientais. Sistemas fechados de recirculação reduzem a necessidade de renovação contínua da água e ampliam o controle sobre o efluente e os organismos cultivados (Timmons; Ebeling, 2013; Badiola; Mendiola; Bostock, 2018; Boyd; Tucker; Viriyatum, 2022). No projeto, a infraestrutura foi associada ao aproveitamento de água pluvial para abastecimento e reposição das perdas, reforçando a aplicação do RAS em regiões sujeitas a déficit hídrico. Para uma espécie exótica como *M. rosenbergii*, o confinamento hidráulico também reduz oportunidades de escape, constituindo componente adicional de biossegurança (Sampaio, 2018).

Em conjunto, os dados indicam que a intensificação sustentável depende da integração entre densidade de estocagem, comportamento da espécie, alimentação, remoção de sólidos, biofiltração e monitoramento contínuo (Karplus; Malecha; Sagi, 2000; Timmons; Ebeling, 2013; Badiola; Mendiola; Bostock, 2018). A adoção isolada de densidades elevadas, sem adequação simultânea desses componentes, pode aumentar a produção potencial, mas também elevar mortalidade, consumo de ração e pressão sobre o ciclo do nitrogênio (Negrini, 2017; Badiola; Mendiola; Bostock, 2018).

Em relação ao ciclo do nitrogênio, o comportamento do nitrito merece atenção especial. O aumento observado em 630 indivíduos m^{-3} pode ter decorrido do desequilíbrio temporário entre a velocidade de oxidação da amônia e a conversão subsequente do nitrito em nitrato. A maior biomassa estocada e a maior oferta de ração elevam a produção de resíduos metabólicos e orgânicos, aumentando a demanda sobre as comunidades nitrificantes (Timmons; Ebeling, 2013). Esse mecanismo explica por que a amônia permaneceu controlada ao mesmo tempo em que nitrito e nitrato se elevaram na maior densidade.

O aumento progressivo do nitrato de 5,96 para 31,07 mg L^{-1} também confirma a atividade do processo de nitrificação no RAS. A elevação desse composto, isoladamente, não caracteriza falha do

sistema, pois o nitrato constitui o produto final da oxidação biológica da amônia (Timmons; Ebeling, 2013). Entretanto, sua acumulação ao longo de ciclos mais extensos pode exigir estratégias adicionais, como renovação controlada, integração com plantas ou outras formas de remoção de nutrientes, especialmente quando o objetivo for reduzir ainda mais o descarte de água.

Resultados descritos para sistemas intensivos com camarões e peixes indicam que o aumento da densidade normalmente eleva a carga orgânica e a pressão sobre os processos biológicos de tratamento, ainda que a qualidade da água possa permanecer compatível com o cultivo quando a biofiltração é eficiente (Wasielesky et al., 2006; Negrini, 2017). No presente estudo, a estabilidade da maior parte das variáveis ambientais sugere que o desempenho reduzido na maior densidade esteve mais associado às interações sociais e ao canibalismo do que a um colapso generalizado da qualidade da água.

Essa distinção é importante para o manejo. Em espécies de comportamento territorial, aumentar apenas a capacidade de tratamento da água não elimina as limitações biológicas impostas pelo espaço disponível e pela vulnerabilidade durante a muda (Karplus; Malecha; Sagi, 2000; New, 2002). Por isso, o dimensionamento de sistemas para *Macrobrachium rosenbergii* deve integrar variáveis hidráulicas e comportamentais. Além de substratos, podem ser avaliados manejos como aumento da complexidade estrutural, maior frequência de classificação por tamanho e ajustes na distribuição espacial da alimentação (Tidwell; Coyle, 2008).

A eficiência hídrica constitui outro componente relevante do projeto. A utilização de água de chuva captada pela cobertura plástica da estufa para o abastecimento inicial e para reposição das perdas por evaporação e sifonamento reduziu a dependência de captação externa. Embora o experimento não tenha sido delineado para quantificar comparativamente a economia de água, essa estratégia demonstra a possibilidade de integrar o RAS a práticas de aproveitamento pluvial, particularmente úteis em regiões sujeitas a períodos de estiagem e restrição hídrica; essa integração é coerente com a busca por maior eficiência no uso dos recursos em sistemas aquícolas intensivos (Boyd; McNevin, 2015).

O menor volume de efluente gerado em sistemas de recirculação também cria oportunidade para o gerenciamento concentrado dos resíduos sólidos removidos nos decantadores (Badiola; Mendiola; Bostock, 2018; Boyd; Tucker; Viriyatum, 2022). Os resultados do projeto indicam potencial de reaproveitamento desses resíduos por compostagem e produção de fertilizantes orgânicos, ampliando a circularidade do processo produtivo. Estudos específicos ainda são necessários para caracterizar a composição dos sólidos e estabelecer protocolos seguros de estabilização e uso agrícola.

A biossegurança é igualmente relevante no cultivo de *M. rosenbergii*, espécie exótica no Brasil (Sampaio, 2018). Segundo o mesmo autor, ao manter os organismos em unidades hidráulicas confinadas e submetidas a tratamento contínuo da água, o RAS reduz as oportunidades de dispersão para ambientes naturais. Esse aspecto ganha importância em regiões ambientalmente sensíveis, como a bacia do rio Doce, nas quais a prevenção do escape deve integrar o planejamento da produção juntamente com o controle sanitário e o uso racional da água (Sampaio, 2018).

Finalmente, a extrapolação dos resultados para escala comercial deve considerar que o período experimental correspondeu à fase de berçário secundário e teve duração de 30 dias. Ensaios de maior duração, com diferentes proporções de substrato, taxas de alimentação, estratégias de classificação dos animais e dimensionamentos de biofiltro, são necessários para confirmar a estabilidade do desempenho ao longo de ciclos produtivos mais extensos. A avaliação econômica dessas combinações também é essencial para definir o ponto ótimo entre intensificação, sobrevivência, consumo de ração e custo operacional.

Conclusão

O cultivo intensivo de *M. rosenbergii* em sistema de recirculação de água mostrou-se tecnicamente viável durante a fase de berçário secundário. Entre as densidades avaliadas, 420 pré-juvenis m^{-3} proporcionou o melhor equilíbrio entre sobrevivência, ganho de biomassa e eficiência alimentar. A densidade de 630 pré-juvenis m^{-3} aumentou o crescimento individual dos sobreviventes, porém promoveu forte redução da sobrevivência e piora da conversão alimentar. O RAS manteve a maior parte das variáveis de qualidade da água em condições adequadas, embora o aumento de nitrito e nitrato na maior densidade demonstre a necessidade de ajustar a capacidade de biofiltração à carga produtiva. Os resultados subsidiam o estabelecimento de protocolos mais eficientes e sustentáveis para a intensificação da carcinicultura continental.

Referências

BADIOLA, M.; MENDIOLA, D.; BOSTOCK, J. Recirculating aquaculture systems (RAS) analysis: main issues on management and future challenges. Aquacultural Engineering, v. 81, p. 13-22, 2018.

BRASIL. Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008. Regulamenta o inciso VII do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelecendo procedimentos para o uso científico de animais; revoga a Lei nº 6.638, de 8 de maio de 1979; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 145, n. 196, p. 1-3, 9 out. 2008.

BOYD, C. E.; MCNEVIN, A. A. Aquaculture, resource use, and the environment. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S.; VIRIYATUM, R. Water use and conservation in aquaculture. Journal of the World Aquaculture Society, v. 53, n. 2, p. 246-262, 2022.

KARPLUS, I.; MALECHA, S. R.; SAGI, A. The biology and management of size variation. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C. (ed.). Freshwater prawn culture: the farming of Macrobrachium rosenbergii. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 259-289.

MARQUES, H. L. A.; MORAES-VALENTI, P. M. C. Current status and prospects of farming the giant river prawn Macrobrachium rosenbergii and the Amazon River prawn Macrobrachium amazonicum in Brazil. Aquaculture Research, v. 43, p. 984-992, 2012.

NEGRINI, C. Stocking density for freshwater prawn Macrobrachium rosenbergii (Decapoda, Palaemonidae) in biofloc system. Latin American Journal of Aquatic Research, v. 45, n. 5, p. 891-899, 2017. DOI: 10.3856/vol45-issue5-fulltext-3.

NEW, M. B. Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river prawn (Macrobrachium rosenbergii). Rome: FAO, 2002. 212 p. (FAO Fisheries Technical Paper, 428).

SAMPAIO, A. G. Guia de orientação para o manejo de espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais. 2018. DOI: 10.13140/RG.2.2.36649.65124.

TIDWELL, J.; COYLE, S. 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, v. 39, p. 406-413, 2008.

TIMMONS, M. B.; EBELING, J. M. Recirculating aquaculture. 3. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2013.

VALENTI, W. C. Hatchery systems and management. In: NEW, M. B. et al. (ed.). Freshwater prawns: biology and farming. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010.

WASIELESKY, W. et al. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture, v. 258, p. 396-403, 2006.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), Campus Itapina, pelo suporte institucional e pela infraestrutura disponibilizada; à Samarco Mineração S.A., pelo financiamento integral que viabilizou a execução do projeto de pesquisa; e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pelo apoio e gestão dos recursos financeiros.