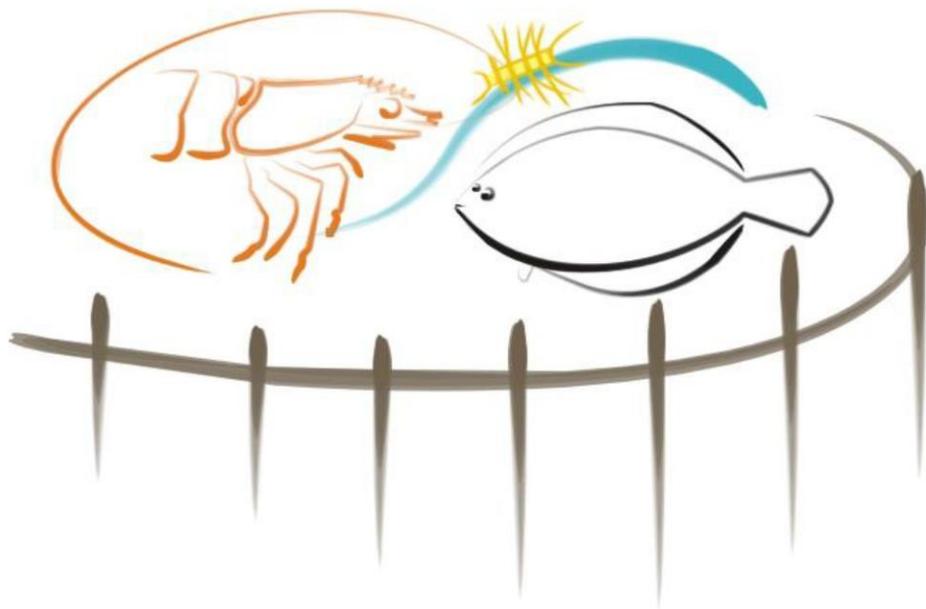


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA NO CULTIVO DE *Litopenaeus*
vannamei (BOONE 1931) EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

JOÃO ANTÔNIO AMARAL XAVIER

FURG
Rio Grande/RS
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA NO CULTIVO DE *Litopenaeus
vannamei* (BOONE 1931) EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

JOÃO ANTÔNIO AMARAL XAVIER

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Berteaux Robaldo

Coorientador: Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Aquicultura.

Rio Grande – RS – Brasil

Agosto, 2016

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Robaldo e coorientador Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr. “Mano” pela orientação e paciência ao longo desses quatro anos de trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura que contribuíram para minha formação.

Aos membros da banca por terem aceitado o convite e pelas correções/sugestões que auxiliaram na elaboração final dessa tese.

A CAPES pela concessão da bolsa que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

Ao doutor Plinio Furtado ao Pós doutorando Héctor Esparsa-Leal e ao doutorando Júlio Zemor e ao mestre André Freitas pela participação e sugestões em alguns dos experimentos que compõem essa tese.

Ao Sandro pelo auxílio nas análises químicas durante o doutorado.

A toda equipe de trabalho da Estação Marinha de Aquicultura pela amizade.

A minha esposa Marina, minha mãe Marta, meu pai Gilberto (in memórium), meu irmão Júlio e a todos meus amigos por todo apoio e compreensão durante as horas compartilhadas e ausentes.

SUMÁRIO

Agradecimentos	ii
Sumário.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Introdução Geral	1
Objetivo Geral	8
Objetivos Específicos	8
Referências	9
Capítulo I –	14
Composição iônica da água ao longo de um ciclo de cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> (Bonne, 1931) em sistema de bioflocos	14
Resumo.....	15
Introdução	16
Material e Métodos.....	17
Resultados	18
Discussão.....	22
Referências	26
Capítulo III –	31
Performance of <i>Litopenaeus vannamei</i> postlarvae reared in indoor nursery tanks under biofloc conditions at different salinities and zero-water exchange	31
Abstract	32
Introduction	33
Materials and methods	36
Results	39
Discussion.....	45
Acknowledgements	50
References.....	50
CAPÍTULO III –	59

Fontes alternativas de água para o cultivo do camarão branco do pacífico em sistema de bioflocos	59
Introdução	60
Material E Métodos	62
Resultados	66
Discussão.....	75
Conclusão	79
Referências	80
Capítulo IV –	86
Cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema de bioflocos em baixa salinidade: Substituição de água marinha por cloreto de sódio e diferentes concentrações de magnésio.....	86
Resumo.....	87
Introdução	89
Material e Métodos.....	92
Resultados	98
Discussão.....	104
Conclusão	110
Referências.....	111
Conclusão Geral	118
Considerações para Futuros Estudos	119

RESUMO

O cultivo de camarões marinhos depende do uso de água salgada, desta forma, para viabilizar seu desenvolvimento afastado do litoral são necessárias estratégias visando reduzir a salinidade e a quantidade de água salgada utilizada. A água salgada para cultivos afastados da área litorânea pode ser obtida através do transporte de água marinha, uso de água subterrânea salobra ou pela salinização artificial. Já a redução de seu uso é possível através de sistemas de cultivo superintensivos e fechados como o sistema de bioflocos (BFT), quando é possível reutilizar a água em vários ciclos de cultivo e assim reduzir a quantidade de água salgada e de efluentes salinizados. Este trabalho objetivou fornecer informações que possibilitem a produção interior de *Litopenaeus vannamei* através do entendimento sobre a composição iônica adequada da água e suas modificações. Para tal, foram realizados quatro experimentos na estação marinha de aquacultura da Universidade Federal do Rio Grande (EMA-IO-FURG): 1. Composição iônica da água ao longo de um ciclo de cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Bonne, 1931) em BFT; 2. *Performance of L. vannamei post larvae reared in indoor nursery tanks under BFT conditions at different salinities and zero-water exchange*; 3. Fontes alternativas de água para o cultivo do camarão branco do pacífico em BFT; 4. Cultivo de *L. vannamei* em BFT em baixa salinidade: Substituição de água marinha por cloreto de sódio e diferentes concentrações de magnésio. No capítulo 1 foi verificada a modificação na salinidade e composição iônica da água ao longo de 63 dias de cultivo sem alteração significativa da performance dos camarões. No capítulo 2, foi observada a salinidade mínima de 8g/L para garantir a sobrevivência e o ganho de peso de pós larvas de *L. vannamei*. Já o Capítulo 3 comprovou a possibilidade do cultivo dos camarões com

diferentes fontes de água, sejam salinizadas artificialmente ou naturalmente salobras. Água naturalmente salobra e a água marinha promoveram o desenvolvimento, principalmente de microalgas diatomáceas, enquanto que em águas salinizadas artificialmente estas algas não contribuíram satisfatoriamente ao cultivo. No capítulo 4 verificou-se a viabilidade da substituição de até 50% da água marinha por cloreto de sódio, sem prejuízos na sobrevivência e crescimento de *L. vannamei*. Porém esta substituição não foi adequada para água artificialmente salinizada. Os diferentes níveis de magnésio testados (50, 100 e 200%) não resultaram em diferenças no ganho de peso, apenas em incremento na sobrevivência no maior teor testado. Os resultados obtidos subsidiam e estimulam o desenvolvimento de cultivos interiores de camarões marinhos em sistemas BFT.

Palavras chave: Camarão branco do pacífico, BFT, composição iônica, meio hiposalino, cultivo interior.

ABSTRACT

The marine shrimp culture depends on the use of marine saltwater. To development of this practice away from the coastal areas, strategies are needed to reduce the amount of saltwater used. The saltwater for inland mariculture is obtained by seawater transportation, pumping of naturally brackish groundwater and artificial salinization. The decrease of saltwater use is possible through superintensive recirculating systems such as biofloc system (BFT). In the BFT system is possible to reuse the water in several production cycles reducing the amount of salt water and saline

effluent. This study aimed to assess different ionic water composition to optimize the production of *Litopenaeus vannamei* in BFT. Four experiments were conducted in Marine Aquaculture Station of the Federal University of Rio Grande (EMA-IO-FURG): 1. Ionic water composition in a *L. vannamei* culture cycle (Bonne, 1931) under BFT; 2. Performance of *L. vannamei* post larvae reared in indoor nursery tanks under BFT conditions at different salinities and zero-water exchange; 3. Alternative water sources for the culture of pacific white shrimp in BFT; 4. Culture of *L. vannamei* in BFT under low salinity: Seawater replacement for sodium chloride solution, and different concentrations of magnesium. In Chapter 1 it was found a change in salinity and ionic composition of water over 63 days without significant change in the performance of shrimp farming. In chapter 2, the findings showed that 8g/L was the minimum salinity condition able to ensure survival and weight gain of *L. vannamei* postlarvae. Chapter 3 attested the possibility of shrimps culture with different water sources, as salinized artificially or naturally brackish water. Naturally brackish water and seawater promoted the development of microalgae, especially diatoms, while in artificially salinated water the algae was not satisfactorily developed. In Chapter 4 the results showed that the replacement of 50% of marine water with sodium chloride solution was possible without damage of *L. vannamei* growth and survival, while replacement in artificially salinated water did not showed possible for shrimp culture. The levels of magnesium tested (50, 100, 200%) resulted in no differences in weight gain, and increase in survival only in the highest level tested. The results subsidize and stimulate the development of indoor and inland culture marine shrimp in BFT.

Keywords: Pacific white shrimp, BFT, ionic composition, low salinity, inland culture.

1 INTRODUÇÃO GERAL

2 *Importância e Desafios da Aquicultura*

3 Com quase sete bilhões de pessoas no mundo, a demanda por alimentos de
4 origem aquática vem aumentando ao longo das últimas décadas e, conseqüentemente,
5 tornando necessária a intensificação da produção de organismos aquáticos para suprir
6 esta demanda. O consumo anual de pescado no mundo cresceu 3,2% entre os anos de
7 1960 e 2013, o dobro do crescimento da população mundial no mesmo período,
8 principalmente em regiões subdesenvolvidas, atingindo a média de 19,7kg/ano per
9 capta. Mesmo utilizando novas tecnologias e artefatos de pesca cada vez mais
10 sofisticados, a captura de pescado está estagnada desde os anos 80. Os principais
11 fatores que influenciam na atividade é a super exploração dos estoques pesqueiros, o
12 maior controle relativo a sobrepesca e a restrição da pesca de determinadas espécies.
13 Por estes motivos a aquicultura é a alternativa para manter os altos níveis de consumo
14 de pescado nos próximos anos (FAO 2016).

15 O suprimento de pescado no mundo atingiu 167,2 milhões de toneladas em 2014,
16 sendo que a aquicultura foi responsável por 44% deste total (73,2 milhões de toneladas).
17 Há uma grande discrepância entre os países quanto ao desenvolvimento da aquicultura,
18 a China produz 60% dos produtos aquícolas mundiais, enquanto que países como o
19 Brasil, mesmo tendo um vasto território, disponibilidade de água e clima propício ainda
20 tem a aquicultura incipiente (FAO 2016).

21 A produção de organismos aquáticos se desenvolveu rapidamente em todo
22 mundo, mas principalmente em países em desenvolvimento, uma vez que a terra e a

23 mão de obra são relativamente baratos. Atualmente, mesmo nestes países as áreas
24 próximas a costa estão sofrendo grandes pressões imobiliárias e ambientais, dificultando
25 o desenvolvimento da atividade. Estes fatores, juntamente com o desenvolvimento de
26 novas tecnologias, vem permitindo o cultivo de organismos marinhos, principalmente de
27 camarões, em locais afastados da costa em regiões áridas de países como Equador,
28 Palestina, EUA, Tailândia, Brasil entre outros (Roy et al. 2010). No Brasil, mesmo que
29 incipientes, já são realizados cultivos de camarões longe da costa. Pequenos cultivos
30 podem ser encontrados no Rio Grande do Sul, Brasília, Minas Gerais e no semiárido
31 nordestino, de modo experimental e comercial.

32 Visando a manutenção da oferta de pescado nas próximas décadas, a redução
33 do uso de água, a intensificação dos cultivos e a utilização de novas áreas, são
34 necessárias. O desenvolvimento da aquicultura deve ser focado no objetivo de aumentar
35 a produtividade minimizando o uso dos recursos naturais (Galappaththi & Berkes 2014).
36 Historicamente, os cultivos de organismos aquáticos se utilizam de altas taxas de
37 renovação para garantir a qualidade da água do cultivo, liberando efluentes no ambiente
38 (Lacerda et al. 2006). Cultivos de organismos marinhos longe da costa demandam
39 algumas estratégias para reduzir a quantidade de água e aumento das densidades. O
40 cultivo interior de organismos marinhos se caracteriza por estar afastada da costa e pela
41 utilização de fontes de água diferentes da água marinha, de subsolo ou água superficiais
42 com elevada dureza e alcalinidade. Normalmente essas águas possuem salinidade
43 reduzida e podem composição iônica diferente da marinha. Em cultivos interiores de
44 organismos marinhos, o elevado custo da obtenção da água salgada e a dificuldade de

45 emitir efluentes salgados/salobros no ambiente, torna necessário o uso de sistemas
46 fechados sem renovação.

47

48 *Sistemas de Cultivo*

49 Atualmente existem dois tipos principais de sistemas fechados para o cultivo de
50 organismos aquáticos: sistemas de recirculação (Recirculating Aquaculture System -
51 RAS) e sistema de bioflocos (BioflocTechnology System - BFT). O RAS é comumente
52 utilizado para cultivo de peixes marinhos e ornamentais, enquanto que o BFT é utilizado
53 no cultivo de organismos com capacidade filtradora e hábito alimentar onívoro, como os
54 camarões marinhos (principalmente *Litopennaeus vannamei*) e tilápias (Avnimelech &
55 Kochba 2009). O sistema de bioflocos permite uma maior biossegurança, redução dos
56 níveis de proteína e de conversão alimentar e redução dos impactos ambientais
57 causados pelo lançamento de efluentes (Browdy et al. 2001).

58 O sistema BFT é caracterizado por utilizar altas densidades de estocagem,
59 manejo adequado da ração, aeração intensiva e formação de flocos microbianos
60 (Wasielesky et al. 2006, Ray et al. 2010). Os microrganismos componentes dos bioflocos
61 são de extrema importância para manutenção da qualidade da água e para a nutrição e
62 imunologia dos camarões. Através deles é possível realizar a ciclagem dos compostos
63 nitrogenados dentro do próprio sistema e ainda fornecer uma fonte extra e constante de
64 alimento para os camarões. A qualidade da água no sistema BFT é mantida por dois
65 processos, a manipulação da razão entre carbono e nitrogênio (C:N) na água de cultivo,
66 através da adição de carbono lábil, favorecendo a assimilação da amônia pelas bactérias

67 heterotróficas (Avnimelech 2006) e o processo de nitrificação, transformando amônia em
68 nitrito e este em nitrato. A transformação das frações tóxicas do nitrogênio em biomassa
69 microbiana (BFT) e em produtos menos tóxicos (nitrificação) possibilita o cultivo de
70 camarões em sistemas com limitadas trocas de água, permitindo que sejam elevadas as
71 densidades de estocagem (>200 camarões/m²) (Ebeling et al. 2006). Os microrganismos
72 componentes dos bioflocos tem a função de fazer a ciclagem, principalmente do
73 nitrogênio, dentro do meio de cultivo. E como possuem uma qualidade nutricional
74 elevada, com alto teor de proteína, contribuem para o desenvolvimento dos camarões
75 (Emerenciano et al. 2012). Estas características, junto com a possibilidade de reuso da
76 água durante vários ciclos de cultivo, faz com que a produção de efluentes e o risco de
77 transmissão de doenças sejam diminuídos (Krummenauer et al. 2014).

78 Este sistema vem sendo muito utilizado para o cultivo intensivo e superintensivo
79 de *L. vannamei* em diversas partes do mundo, principalmente na fase de berçário, sendo
80 esta uma fase intermediária entre pós-larva e juvenil. Neste período os camarões são
81 mantidos em altas densidades (1000-4000 PLs/m³) onde permanecem por
82 aproximadamente 30 dias até atingirem o peso médio de 1,0 g.

83

84 *Água Salgada e Salinização Artificial*

85 A salinidade se refere à concentração total de todos os íons na água, e os
86 principais íons constituintes da água marinha são: o cloreto, o sódio, o cálcio, o
87 magnésio, o potássio, o bicarbonato e o sulfato. O perfil iônico da água marinha pouco
88 se modifica ao redor do mundo, apenas em condições específicas e em regiões sobre

89 forte influência fluvial podem ocorrer alterações neste perfil. Na tabela 1 podemos
90 visualizar o perfil iônico da água marinha em salinidade 35g/L e em salinidade 8g/L.
91 Podemos observar que, mesmo modificando a salinidade, as relações iônicas
92 permanecem as mesmas.

93 **Tabela 1.** Perfil iônico da água marinha (~35g/L), da água marinha diluída (~8g/L) e suas
94 principais relações iônicas.

[mg/L]	Água marinha ~35g/L	Água marinha ~8g/L
Cloretos	18998	4342
Sódio	10598	2422
Cálcio	399	91
Magnésio	1300	297
Potássio	385	88
Sulfato	2700	617
Na⁺/K⁺	28/1	28/1
Ca²⁺/Mg²⁺/K⁺	1/3/0,9	1/3/0,9

95
96 Saoud et al. (2003) e Davis et al. (2005) relataram que a composição iônica da
97 água pode ser um fator mais importante para o crescimento de camarão e sobrevivência
98 do que a salinidade. Já que as deficiências de certos íons, principalmente sódio, cálcio,
99 magnésio e potássio, tiveram um impacto negativo sobre o crescimento e sobrevivência
100 de camarões.

101 O custo do transporte de água marinha e/ou salinização da água junto com a
102 impossibilidade do descarte dos efluentes salinizados são desafios para o cultivo interior
103 de organismos marinhos. Estudos que busquem reduzir a salinidade, diminuir a
104 quantidade de água, utilizar sais de baixo custo e reutilizar a água são necessários para

105 tornar esse tipo de cultivo sustentável do ponto de vista econômico e ambiental (Araneda
106 et al. 2008). Diversos métodos são utilizados para salinizar a água no cultivo interior de
107 camarões marinhos, na Tailândia usa-se mistura de água doce com solução de salmoura
108 (água hipersalina) feita a partir da evaporação da água do mar (Boyd & Thunjai 2003).
109 Nos EUA os produtores se utilizam de águas salinas subterrâneas e correções iônicas
110 pontuais, sendo que a suplementação de sais pode ser realizada no meio e/ou na dieta
111 (Sowers et al. 2006, Roy et al. 2010), tendo maior eficiência quando realizada no meio.

112 Apesar do relativo sucesso na criação interior de *L. vannamei* em água clara,
113 dependendo da fonte de água utilizada, ainda existem problemas de deficiências ou
114 desbalanço iônico (Atwood et al., 2003; Saoud et al., 2003; Roy et al., 2010), uma vez
115 que a regra da constância da composição da água do mar não se aplica às águas
116 subterrâneas interiores. Para contornar estas limitações tem se empregado a
117 suplementação com alguns sais, principalmente magnésio e potássio (Davis et al., 2005,
118 Roy et al., 2007, Roy et al., 2010). Assim, os parâmetros zootécnicos de camarões
119 marinhos em água do mar não podem ser diretamente extrapolados para a carcinocultura
120 interior (Esparza-Leal et al., 2009).

121 Diversos estudos, em sistema convencional com água clara, foram realizados no
122 sentido de adequar o perfil iônico da água de cultivo de camarões (Laramore et al., 2001,
123 Atwood et al., 2003, Sowers et al., 2006, Araneda et al., 2008, Castillo-Soriano et al.,
124 2011, Perez-Velaskes et al., 2012), com resultados promissores até o momento, mas
125 nenhum destes utilizando o sistema de bioflocos.

126 O metabolismo dos organismos aquáticos está relacionado com a composição
127 iônica da água, diferentes composições iônicas do meio podem afetar o equilíbrio

128 osmótico, a sobrevivência e o crescimento do *L. vannamei* (Davis et al., 2002; Saoud et
129 al., 2003; Sowers et al., 2005). Por exemplo, a alta relação Na^+/K^+ e $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ reduz a
130 atividade da Na^+/K^+ ATPase branquial afetando a osmorregulação (Tantulo & Fotedar,
131 2006), podendo alcançar condições letais para crustáceos (Romano & Zheng, 2011).

132 Na Tailândia experimentos realizados com adição de magnésio em águas do sub-
133 solo à níveis acima de 100mg/L promoveu aumento significativo na sobrevivência e
134 produtividade de camarões (Roy et al., 2010). O sódio e o potássio possuem papel
135 fundamental na osmorregulação, uma vez que tem importância central na regulação do
136 balanço de água e íons em vertebrados e invertebrados aquáticos (Towle & Weihrauch,
137 2001). Baixos níveis destes elementos podem interromper as funções normais das
138 células, afetando a osmorregulação dos camarões (Roy et al., 2010).

139 Para manutenção do metabolismo e crescimento, os camarões necessitam de
140 diversos elementos que atuam como moduladores alostéricos (elementos que regulam
141 a atividade enzimática), cofatores de estruturas tridimensionais de proteínas, entre
142 outros. Assim como os camarões, os microrganismos formadores dos bioflocos também
143 possuem suas exigências minerais para o adequado crescimento. Os microrganismos
144 componentes dos bioflocos, como organismos vivos, podem sofrer influência de
145 diferentes composições iônicas da água, e assim afetar a transformação dos compostos
146 nitrogenados. Diferentes microrganismos podem influenciar e o crescimento dos
147 camarões, já que o consumo dos bioflocos é parte importante na sua nutrição (Burford
148 et al. 2004, Wasielesky et al., 2006, Maicá et al., 2012). Vários estudos foram realizados
149 buscando as concentrações iônicas ideais para o cultivo de camarões em baixa
150 salinidade em água clara, porém pouco se sabe sobre concentrações iônicas adequadas

151 para o cultivo em sistema BFT. Diante deste cenário, é importante um maior
152 conhecimento sobre as possibilidades e restrições que os produtores que forem cultivar
153 em regiões longe da costa virão a enfrentar. Esta tese busca fornecer informações úteis
154 para o cultivo interior de *L. vannamei* em sistema BFT.

155

156 **OBJETIVO GERAL**

157 Este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho do *L. vannamei* frente a
158 diferentes perfis iônicos da água em sistema de bioflocos, fornecendo subsídios para o
159 cultivo interior de camarões marinhos.

160

161 **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 162 • Acompanhar o equilíbrio iônico da água durante um ciclo de produção de *L.*
163 *vannamei* em sistema BFT em escala piloto.
- 164 • Verificar uma salinidade mínima para realizar o berçário de *L. vannamei* em
165 sistema BFT sem renovação de água;
- 166 • Avaliar o desempenho do *L. vannamei* em fontes alternativas de água salgada em
167 sistema BFT;
- 168 • Avaliar a substituição de sais marinhos por NaCl e diferentes níveis de Mg²⁺ no
169 cultivo de *L. vannamei* em sistema BFT.
- 170 • Avaliar a formação e a composição de microrganismos componentes dos
171 bioflocos frente a diferentes perfis iônicos da água;

172

173 **REFERÊNCIAS**

174 Araneda, M., Perez, E. P., & Gasca-Leyva, E. (2008). White shrimp *Penaeus vannamei*
175 culture in freshwater at three densities: Condition state based on length and weight.
176 Aquaculture, 283(1-4), 13–18. doi:10.1016/j.aquaculture.2008.06.030

177 Atwood, H., & Browdy, C. L. (2003). Survival and Growth of Pacific White Shrimp
178 *Litopenaeus vannamei* Postlarvae in Low-Salinity and Mixed-Salt Environments. Journal
179 of the World Aquaculture Society, 34(4), 518–523. doi:10.1111/j.1749-
180 7345.2003.tb00091.x

181 Avnimelech, Y., & Kochba, M. (2009). Evaluation of nitrogen uptake and excretion by
182 tilapia in biofloc tanks, using 15N tracing. Aquaculture, 287(1-2), 163–168.
183 doi:10.1016/j.aquaculture.2008.10.009

184 Boyd, C. E. & T. Thunjai. (2003). Concentrations of major ions in waters of inland shrimp
185 farms in China, Ecuador, Thailand and the United States. Journal of the World
186 Aquaculture Society 34:524–532.

187 Browdy, C.L., Bratvold, D., Stokes, A.D., McIntosh, R.P., (2001). Perspectives on the
188 application of closed shrimp culture systems. In: Browdy, C.L., Jory, D.E. (Eds.), The New
189 Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture
190 2001. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA, pp. 20-34.

191 Burford, M. A., Thompson, P. J., McIntosh, R. P., Bauman, R. H., & Pearson, D. C. (2004).
192 The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a

193 high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture*, 232(1-4), 525–537.
194 doi:10.1016/S0044-8486(03)00541-6

195 Castillo-Soriano, F. A., Ibarra-Junquera, V., Olivos-Ortiz, A., Barragán-Vázquez, F. J., &
196 Meyer-Willerer, A. O. (2011). Influence of water supply chemistry on white shrimp
197 (*Litopenaeus vannamei*) culture in low-salinity and zero-water exchange ponds. *Pan-*
198 *American Journal of Aquatic Sciences*, 5(3), 376–386.

199 Davis, D. A., Saoud, I. P., McGraw, W. J., Rouse, D. B., (2002). Considerations for
200 *Litopenaeus vannamei* reared in inland low salinity waters. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-
201 Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). *Avances en*
202 *Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 3
203 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.

204 Davis, D. A., Boyd, C. E., Rouse, D. B., & Saoud, I. P. (2005). Effects of potassium,
205 magnesium and age on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* post-larvae reared
206 in inland low salinity well waters in West Alabama. *Journal of the World Aquaculture*
207 *Society*, 36(3), 416–419. doi:10.1111/j.1749-7345.2005.tb00346.x

208 Ebeling, J. M., Timmons, M. B., & Bisogni, J. J. (2006). Engineering analysis of the
209 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-
210 nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257(1-4), 346–358.
211 doi:10.1016/j.aquaculture.2006.03.019

212 Emerenciano, M., Ballester, E. L. C., Cavalli, R. O., & Wasielesky, W. (2012). Biofloc
213 technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for

214 pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 43(3),
215 447–457. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02848.x>

216 Esparza-Leal, H. M., Ponce-Palafox, J. T., Valenzuela-Quinônèz, W., Beltran, H. C. &
217 Figueroa, J. L. A. (2009). The effect of low salinity water with different ionic composition
218 on the growth and survival of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in intensive culture.
219 *Journal of Applied Aquaculture* 21: 215–227.

220 Galappaththi, E. K., & Berkes, F. (2014). Institutions for managing common-pool
221 resources: the case of community-based shrimp aquaculture in northwestern Sri Lanka.
222 *Maritime Studies*, 13(1), 13. doi:10.1186/s40152-014-0013-6.

223 Krummenauer, D., Samocha, T., Poersch, L., Lara, G., & Wasielesky, W. (2014). The
224 reuse of water on the culture of pacific white shrimp, *litopenaeus vannamei*, in BFT
225 system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45(1), 3–14.
226 <http://doi.org/10.1111/jwas.12093>

227 Lacerda, L., Vaisman, A., Maia, L., Ramosesilva, C. & Soarescunha, E. (2006). Relative
228 importance of nitrogen and phosphorus emissions from shrimp farming and other
229 anthropogenic sources for six estuaries along the NE Brazilian coast. *Aquaculture*.
230 253:433-446.

231 Maicá, P. F., de Borba, M. R., & Wasielesky, W. (2012). Effect of low salinity on microbial
232 floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in
233 a zero-water-exchange super-intensive system. *Aquaculture Research*, 43(3), 361–370.
234 doi:10.1111/j.1365-2109.2011.02838.x

235 Laramore, S., Laramore, C. R., & Scarpa, J. (2001). Effect of Low Salinity on Growth and
236 Survival of Postlarvae and Juvenile *Litopenaeus vannamei*. Journal of the World
237 Aquaculture Society, 32(4), 385–392. doi:10.1111/j.1749-7345.2001.tb00464.x

238 Perez-Velazquez, M., Davis, D. A., Roy, L. A., & González-Félix, M. L. (2012). Effects of
239 water temperature and Na⁺:K⁺ ratio on physiological and production parameters of
240 *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity water. Aquaculture, 342-343(1), 13–17.
241 doi:10.1016/j.aquaculture.2012.02.008

242 Ray, A. J., Seaborn, G., Leffler, J. W., Wilde, S. B., Lawson, A., & Browdy, C. L. (2010).
243 Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture
244 systems and the effects of suspended solids management. Aquaculture, 310(1-2), 130–
245 138. doi:10.1016/j.aquaculture.2010.10.019

246 Romano, N., Zeng, C., 2011. Importance of balanced Na(+)/K(+) ratios for blue swim-
247 mer crabs, *Portunus pelagicus*, to cope with elevated ammonia-N and differences
248 between in vitro and in vivo gill Na(+)/K(+)-ATPase responses. Aquaculture 318, 154–
249 161.

250 Roy, L. A., Davis, D. A., Saoud, I. P., & Henry, R. P. (2007). Supplementation of
251 potassium, magnesium and sodium chloride in practical diets for the Pacific white shrimp,
252 *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. Aquaculture Nutrition, 13(2), 104–
253 113.

254 Roy, L. A., Davis, D. A., Saoud, I. P., Boyd, C. A., Pine, H. J., & Boyd, C. E. (2010).
255 Shrimp culture in inland low salinity waters. Reviews in Aquaculture, 2(4), 191–208.
256 doi:10.1111/j.1753-5131.2010.01036.x

257 Saoud, I. P., Davis, D. A., & Rouse, D. B. (2003). Suitability studies of inland well waters
258 for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture*, 217(1-4), 373–383. doi:10.1016/S0044-
259 8486(02)00418-0

260 Sowers, A. D., Gatlin, D. M., Young, S. P., Isely, J. J., Browdy, C. L., & Tomasso, J. R.
261 (2005). Responses of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in water containing low
262 concentrations of total dissolved solids. *Aquaculture Research*, 36(8), 819–823.
263 doi:10.1111/j.1365-2109.2005.01270.x

264 Sowers, A. D., Tomasso, J. R., Browdy, C. L., & Atwood, H. L. (2006). Production
265 characteristics of *Litopenaeus vannamei* in low-salinity water augmented with mixed salts.
266 *Journal of the World Aquaculture Society*, 37(2), 214–217. doi:10.1111/j.1749-
267 7345.2006.00030.x

268 Tantulo, U., & Fotedar, R. (2006). Comparison of growth , osmoregulatory capacity , ionic
269 regulation and organosomatic indices of black tiger prawn (*Penaeus monodon*
270 Fabricius,1798) juveniles reared in potassium fortified inland saline water and ocean
271 water at different salinities, 258, 594–605. doi:10.1016/j.aquaculture.2006.04.038

272 Towle, D. W., Weihrauch, D., (2001). Osmoregulation by gills of euryhaline crabs:
273 molecular analysis of transporters. *Am. Zool.* 41, 770–780.

274 Wasielesky, W., Atwood, H., Stokes, A., & Browdy, C. L. (2006). Effect of natural
275 production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture
276 system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*, 258, 396–403.
277 doi:10.1016/j.aquaculture.2006.04.030

278

279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307

Capítulo I –

Composição iônica da água ao longo de um ciclo de cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Bonne, 1931) em sistema de bioflocos

João Antônio Amaral Xavier

Estação Marinha de Aquicultura – Instituto de Oceanografia – Universidade Federal do Rio Grande (FURG), C.P. 474 - Rio Grande (RS) - CEP 96201-900 – Brasil.

Plínio S. Furtado

Estação Marinha de Aquicultura – Instituto de Oceanografia – Universidade Federal do Rio Grande (FURG), C.P. 474 - Rio Grande (RS) - CEP 96201-900 – Brasil.

André Freitas

Estação Marinha de Aquicultura – Instituto de Oceanografia – Universidade Federal do Rio Grande (FURG), C.P. 474 - Rio Grande (RS) - CEP 96201-900 – Brasil.

Dariano Krummenauer

Estação Marinha de Aquicultura – Instituto de Oceanografia – Universidade Federal do Rio Grande (FURG), C.P. 474 - Rio Grande (RS) - CEP 96201-900 – Brasil.

Wilson Wasielesky Jr.

Estação Marinha de Aquicultura – Instituto de Oceanografia – Universidade Federal do Rio Grande (FURG), C.P. 474 - Rio Grande (RS) - CEP 96201-900 – Brasil.

Ricardo Berteaux Robaldo

Estação Marinha de Aquicultura – Instituto de Oceanografia – Universidade Federal do Rio Grande (FURG), C.P. 474 - Rio Grande (RS) - CEP 96201-900 – Brasil.

Artigo submetido para publicação na Revista Ciência Rural

308 **Resumo**

309 Durante os cultivos em sistemas fechados, como o BFT, com o tempo o equilíbrio
310 do perfil iônico da água pode ser alterado, uma vez que ocorre o aporte de nutrientes e
311 íons através da ração e outros insumos. Neste sistema os efluentes são poucos, apenas
312 o floco retirado durante os processos de clarificação e os próprios camarões ao final do
313 ciclo. Ocorrendo um desbalanço entre a entrada e a saída de algum íon, pode ocasionar
314 problemas aos animais. Neste sentido o presente estudo buscou verificar as mudanças
315 na composição iônica da água ao longo de 63 dias de um cultivo de *L. vannamei* em
316 escala piloto. Para isto foram realizadas amostragens (4), a cada 21 dias, dos principais
317 íons responsáveis pelas salinidade marinha: Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e SO_4^{2-} , além do
318 ortofosfato e do nitrato. Os íons Cl^- e Na^+ se elevaram dentro do esperado, pelo aumento
319 da salinidade. As concentrações de nitrato e ortofosfato se elevaram durante os 63 dias
320 de cultivo, porém não atingiram níveis tóxicos para os camarões. O Ca^{2+} se elevou no
321 mesmo gradiente da salinidade. A concentração dos íons de Mg^{2+} foi a que teve um
322 aumento mais pronunciados, já o K^+ teve pequenas oscilações, com estas variações a
323 relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+$ foi alterada, porém não se mostrou prejudicial aos animais, assim
324 como a relação $\text{Na}^{2+}/\text{K}^+$. Por fim, na salinidade testada, as modificações ao longo do
325 cultivo não se mostraram prejudiciais para o desenvolvimento zootécnico dos camarões.

326

327 **Palavras Chave:** BFT, composição iônica, sistema fechado, *L. vannamei*

328

329

330

331

332 **Introdução**

333 Os elevados preços das terras litorâneas, a pressão imobiliária e as restrições
334 ambientais vêm forçando a interiorização dos cultivos de organismos marinhos,
335 principalmente a carcinocultura. Estes fatores, juntamente com o desenvolvimento de
336 novas tecnologias, vêm permitindo o cultivo de camarões em locais afastados da costa
337 em vários países, entre eles o Brasil (ROY et al., 2010).

338 O alto custo de obtenção de água salgada e a dificuldade de descartar efluentes
339 salgados faz com que os cultivos continentais sejam realizados em sistema fechado,
340 como o sistema BFT (Biofloc-Technology). O princípio básico do sistema BFT é realizar
341 a ciclagem dos compostos nitrogenados dentro do próprio tanque de cultivo, através da
342 ação de bactérias heterotróficas, nitrificantes e microalgas, sem a necessidade de
343 renovações de água (DE SCHRYVER et al. 2008).

344 O perfil iônico da água é importante para um bom desempenho zootécnico dos
345 animais cultivados, sendo os principais componentes da salinidade marinha o cloreto (Cl^-
346), o sódio (Na^{2+}), o cálcio (Ca^{2+}), o magnésio (Mg^{2+}), o potássio (K^+), sulfato (SO_4^{2+}),
347 carbonatos e bicarbonatos. Alterações na composição iônica da água podem afetar
348 significativamente a produtividade de cultivos de camarões (SOWERS et al., 2005;
349 ESPARZA-LEAL et al. 2016). Mais que a concentração de cada íon, as relações entre
350 estes íons são fundamentais para o adequado funcionamento metabólico dos
351 organismos aquáticos. Mudanças pronunciadas nas relações entre os íons sódio e
352 potássio (Na^+/K^+) e cálcio, magnésio e potássio ($\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+$) (HUONG et al., 2010;
353 ANTONY & VUNGULATA, 2015). Em sistemas fechados de cultivo outros compostos

354 podem se acumular nos tanques de cultivo causando problemas, entre eles o nitrato e o
355 ortofosfato.

356 A água utilizada nos cultivos afastados da costa deverá, sempre que possível ser
357 reutilizada durante vários ciclos de cultivo (KRUMMENAUER et al. 2014), minimizando o
358 custo de salinização e reduzindo a geração de efluentes. Sem a renovação de água,
359 sistemas fechados de cultivo podem vir a concentrar ou esgotar determinados íons.
360 Diante disto o objetivo deste estudo foi verificar o comportamento dos macroelementos
361 presentes na água marinha durante um ciclo completo de engorda superintensiva de *L.*
362 *vannamei* em sistema BFT.

363

364 **Material e Métodos**

365 O experimento foi realizado no Laboratório de Carcinicultura da Estação Marinha
366 de Aquacultura (EMA) do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio
367 Grande – FURG, localizada na praia do Cassino, cidade do Rio Grande, RS, Brasil.

368 Os juvenis com peso médio de 2,6g foram estocados (400 camarões/m²) em seis
369 tanques de 35m², sendo que no presente estudo foi usado 0,8m de lâmina d'água, o
370 equivalente a 28m³. Os tanques são revestidos com polietileno de alta densidade (PEAD-
371 1,0mm) e equipados com o sistema de aeração de ar difuso, no qual o ar é injetado no
372 sistema através de um soprador (“blower”) e distribuído pelos tanques por mangueiras
373 microperfuradas (Aerotubes®).

374 A composição iônica da água foi acompanhada durante 63 dias de cultivo dos
375 camarões. Para acelerar a formação dos bioflocos, foi inoculado em cada tanque cerca
376 de 10,5 toneladas de água (30% do volume útil do tanque) contendo bioflocos maduro

377 de um cultivo anterior. Semanalmente foi adicionada água marinha (~28g/L) para
378 reposição do volume de água perdido por evaporação, a taxa de reposição foi
379 aproximadamente 5% do volume total por semana.

380 Todos parâmetros de qualidade da água e o acompanhamento do desempenho
381 zootécnico dos camarões por meio do peso inicial, peso final, crescimento semanal,
382 biomassa final/tanque, produtividade, produtividade, taxa de sobrevivência, conversão
383 alimentar aparente e o crescimento foram calculados de acordo com GAONA et al.
384 (2016).

385 As análises das concentrações iônicas na água foram realizadas nos dias 1, 21,
386 42 e 63 de cultivo, amostras de água da superfície foram retiradas de cada tanque. Estas
387 amostras foram analisadas por protocolo padrão como se segue: cloreto (Cl⁻) foi
388 mensurado utilizando a metodologia argentimétrica, o cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺),
389 pelo método de titulação complexométrica EDTA (APHA 1998), potássio (K⁺) pelo
390 método tetrafenilborato (FRIES E GETROST, 1977), sulfato (SO₄²⁺) pelo método do sal
391 de bário (MERCK, 1974) e o sódio (Na²⁺) foi mensurado em um espectrofotômetro de
392 chama (Tecnal, modelo Micronal B462, Brasil).

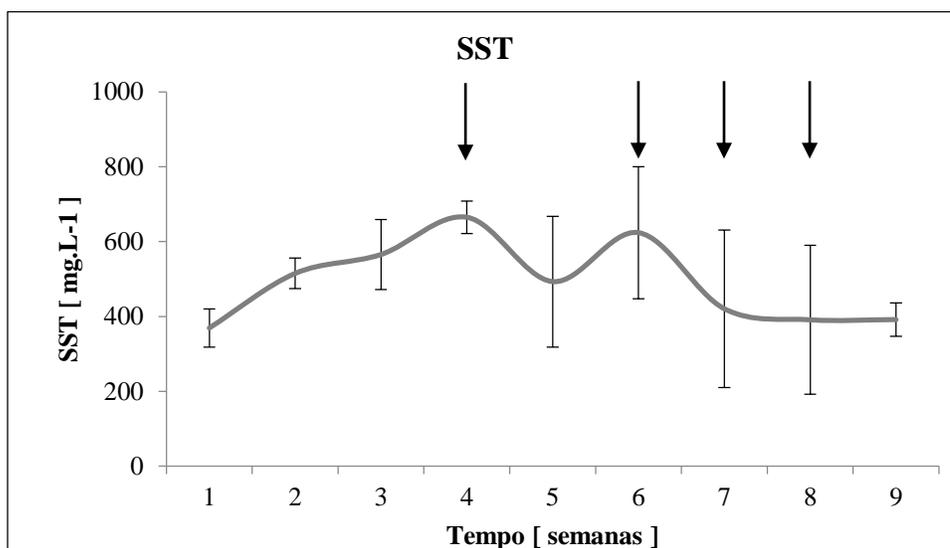
393 **Resultados**

394 As médias e desvio-padrão dos parâmetros físicos e químicos de qualidade de
395 água durante os 63 dias de cultivo são apresentados no quadro 1. A alcalinidade e o pH
396 foram controlados pela adição de cal hidratada. A salinidade inicial foi 20g/L e ao final do
397 experimento de 25g/L com uma média de 23g/L. As concentrações de SST iniciais foram
398 próximas a 300mg/L, e sempre que estas ultrapassaram 500mg/L, os tanques foram

399 clarificados, resultando em uma média de 427 mg/L, sendo que as clarificações foram
 400 realizadas na 4ª e 6ª, 7ª e 8ª semanas, conforme indicado nas setas (figura 1).

Quadro 1. Parâmetros de qualidade da água durante 63 dias de cultivo de <i>L. vannamei</i> em sistema BFT (média±desviopadrão).			
Temp. (°C)	29.6 ± 0.76	NAT (mg/L)	0.07 ± 0.02
OD (mg/L)	4.89 ± 0.53	NO₂⁻ (mg/L)	3.02 ± 2.07
pH	7.51 ± 0.16	NO₃⁻ (mg/L) (inicial-final)	(23 ± 1.5 – 139 ± 45.9)
SST (mg/L)	427 ± 122	Ortofosfato (inicial-final)	(1.4 ± 0.09 – 2.9 ± 0.62)
Alc. (mg/L CaCO₃)	161.0 ± 34.6	Salinidade (g/L)	23.04 ± 0.58

401 Obs.: Temp. – temperatura média; OD – oxigênio dissolvido médio; SST – sólidos
 402 suspensos totais; Alc. – alcalinidade média; NAT – nitrogênio amoniacal total médio; NO₂⁻
 403 - concentração média de nitrito; NO₃⁻ - concentração média de nitrato.
 404

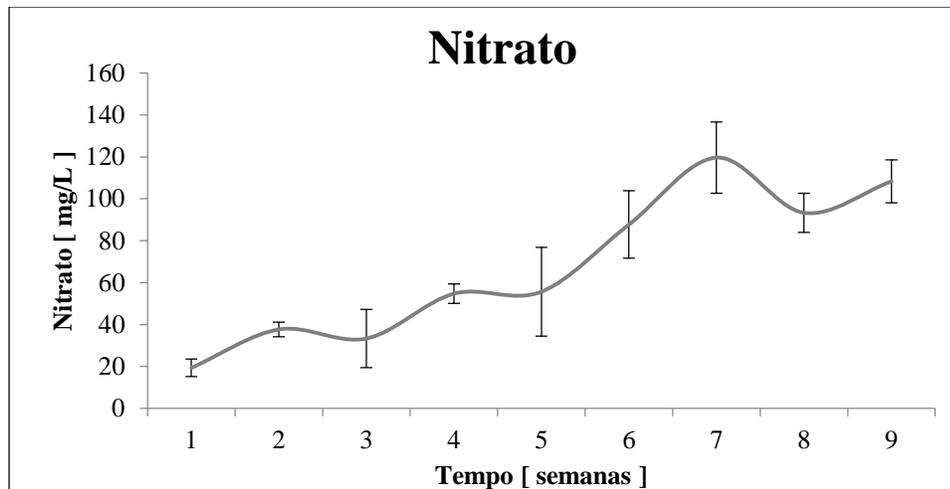


405
 406 **Figura 1.** Concentrações de SST durante os 63 dias de cultivo de *L.*
 407 *vannamei* em sistema BFT e a indicação dos eventos de clarificação.
 408

409 As concentrações de NAT não ultrapassaram 1mg/L, resultando em um média de
 410 0,07mg/L, já as maiores concentrações de nitrito ocorreram nas três primeiras semanas
 411 (>10mg/L) e foi quase nula na quarta semana, não se elevando até o final do

412 experimento. A concentração inicial do nitrato, pelo uso de 30% de inóculo, foi de 23mg/L,
 413 sendo incrementado até o fim do experimento, alcançando concentrações maiores que
 414 100 mg/L, sendo que na 5ª e 8ª semanas houveram reduções pontuais das
 415 concentrações (figura 2).

416



417

Figura 2. Concentração de nitrato ao longo de 63 dias de um cultivo de *L. vannamei* em sistema BFT.

418

419

420

421

422

423

424

425

As concentrações de ortofosfato oscilaram de forma similar as concentrações de nitrato, iniciando com concentrações de 1,4 e se elevando até o final do experimento, alcançando 4,5mg/L. Houveram decréscimos pontuais nas concentrações de ortofostato, na 5ª e 7ª semana. Os dados mensurados e parâmetros zootécnicos calculados relativos ao cultivo dos camarões estão apresentados no quadro 2.

Quadro 2. Parâmetros zootécnicos de <i>L. vannamei</i> cultivados durante 63 dias em sistema BFT (média±desvio padrão).			
Peso inicial (g)	2,64 ± 0,77	Sobrevivência (%)	86,83 ± 7,68
Peso final (g)	12,19 ± 2,98	Biomassa final/tanque (kg)	153,93 ± 4,55
Crescimento (g/semana)	1,08 ± 0,10	Produtividade (kg/m²)	4,40 ± 0,13

CAA	1,47 ± 0,06	Produtividade (kg/m ³)	5,50 ± 0,16
------------	-------------	--	-------------

426 Obs.: CAA - conversão alimentar aparente.

427 A composição iônica da água dos seis tanques de cultivo ao longo do ciclo de
428 produção e suas principais relações iônicas estão apresentados na tabela 1. As
429 concentrações de cloreto e de sódio tiveram um aumento gradual e acompanharam o
430 aumento da salinidade (20,4 – 24,9g/L). As concentrações de cálcio se mantiveram
431 estáveis durante as seis primeiras semanas e sofreram um aumento de 21%, em relação
432 ao valor inicial, na última amostragem. As concentrações de magnésio tiveram um
433 aumento de 68% durante as três primeiras semanas, e depois não sofreram alterações
434 até o final do período experimental. As concentrações de potássio se elevaram 46%
435 durante as seis primeiras semanas, nas últimas três semanas retornaram para um valor
436 intermediário. As concentrações de sulfato se elevaram 31% durante as seis primeiras
437 semanas, enquanto que nas três últimas semanas tiveram uma queda de 34% resultando
438 em uma concentração mais baixa que a inicial.

439 **Tabela 1.** Composição dos macroelementos componentes da água marinha durante 63
440 dias de cultivo de *L. vannamei* em sistema BFT (n=6 tanques de cultivo) e suas principais
441 relações iônicas.

Dias de cultivo	1	21	42	63
Cl⁻	11203 ± 239	12403 ± 342	13190 ± 305	13742 ± 256
Na⁺	6233 ± 133	6900 ± 190	7338 ± 169	7645 ± 143
Ca²⁺	204 ± 8	205 ± 9	202 ± 20	247 ± 18
Mg²⁺	390 ± 10	654 ± 32	644 ± 49	634 ± 44
K⁺	181 ± 19	261 ± 21	264 ± 45	219 ± 22
SO₄²⁺	983 ± 69	1171 ± 193	1296 ± 349	835 ± 317
Salinidade	20,4 ± 0,4	22,7 ± 0,3	23,7 ± 0,2	24,9 ± 0,5
Na⁺/K⁺	34,5	26,4	27,8	35,0
Ca²⁺/Mg²⁺/K⁺	1/1,9/0,9	1/3,2/1,3	1/3,2/1,3	1/2,6/0,9

442 As concentrações de íons estão em mg/L e a salinidade em g/L.

443

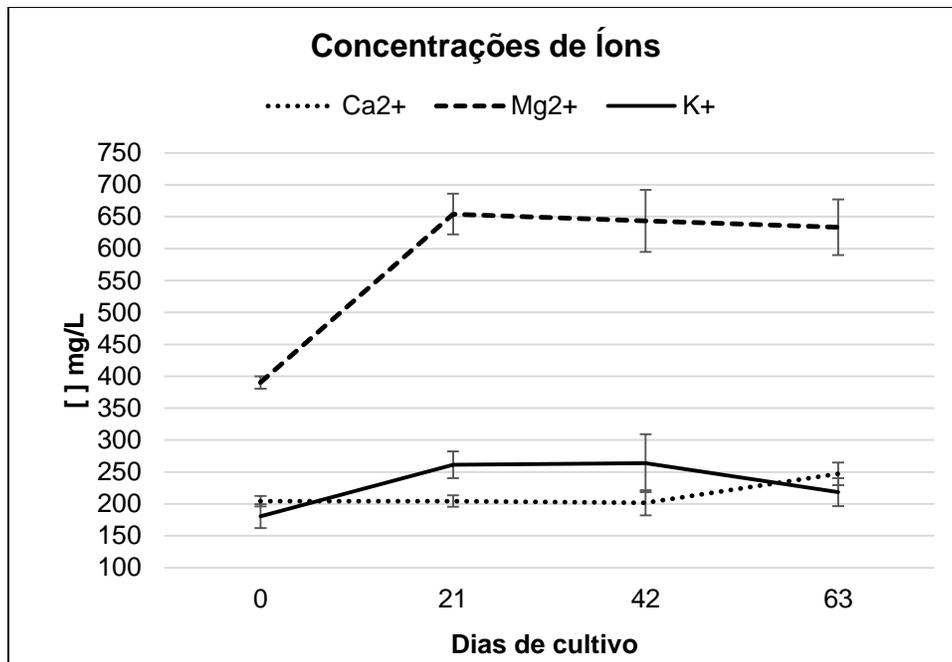


Figura 3. Concentração dos íons cálcio, magnésio e potássio em quatro coletas ao longo de 63 dias de cultivo de *L. vannamei* em sistema BFT (n=6 tanques de cultivo).

444
445
446
447
448

449 Discussão

450 Os parâmetros de qualidade da água se mostraram adequados para o
451 desenvolvimento de *L. vannamei* (VAN WYK & SCARPA, 1999). Já o crescimento e a
452 sobrevivência dos camarões foram considerados normais para um cultivo superintensivo
453 em sistema BFT. Resultados semelhantes foram encontrados por GAONA et al. (2015)
454 em condições muito semelhantes.

455 As concentrações de nitrato, como esperado, se elevaram ao longo dos 63 dias
456 de cultivo (23-119mg/L), devido aos processos de nitrificação que transformam a NAT
457 em nitrito, e este em nitrato. Cultivos realizado com baixa incidência luminosa, como no
458 presente estudo, acabam por inibir o desenvolvimento das microalgas, que tem o papel
459 de assimilar o nitrogênio presente na forma de nitrito e nitrato. Portanto, elevações nas

460 concentrações de nitrato são esperado em sistemas fechados com pequena presença
461 de microalgas como reportados por Kuhn et al. (2010).

462 Em sistemas de recirculação e sistemas BFT, as concentrações de nitrato podem
463 exceder 450mg/L, se não houver renovação ou tratamento (SAMOCHA et al. 2010). No
464 presente experimento em 63 dias de cultivo houve um incremento de 96mg/L de nitrato,
465 alcançando 119mg/L. Esta concentração não causa problemas para os camarões,
466 porém, se está água for utilizada durante vários ciclos consecutivos, as concentrações
467 deste composto poderão alcançar níveis tóxicos.

468 FURTADO et al. (2015), verificaram que valores acima de 300mg/L de nitrato
469 reduzem o crescimento de *L. vannamei* a partir da quarta semana de cultivo. Portanto,
470 no caso de reutilizar água durante vários ciclos de cultivo, como recomendado por
471 KRUMMENAUER et al. (2014), é importante estabelecer um modo de
472 remoção/assimilação do nitrato para evitar que a toxicidade desse composto retarde o
473 desenvolvimento dos camarões.

474 O ortofosfato tem seu ciclo, dentro dos ambientes de cultivo ligado a multiplicação
475 de microalgas, concentrações mais elevadas deste composto tendem a favorecer a
476 floração de espécies prejudiciais ao cultivo, como as cianobactérias (ANDERSON et al.
477 2002). No presente estudo, mesmo com um incremento da concentração de ortofosfato
478 ao final do período experimental (4.5mg/L) este composto não se mostrou prejudicial ao
479 camarões. Uma vez que o sistema de cultivo deste estudo é fechado, coberto e
480 superintensivo, não houve floração de algas tóxicas.

481 RAY et al. (2011) cultivando *L. vannamei*, alcançou níveis próximos a 40mg/L de
482 ortofosfato sem afetar a sobrevivência e crescimento dos camarões. Já SANTOS (2013),

483 testando a toxicidade do fósforo em juvenis de *L. vannamei*, verificou que concentrações
484 de 50mg/L não afetaram o desempenho zootécnico dos animais. Em vista disto, mesmo
485 reutilizando a água durante vários ciclos, dificilmente as concentrações de ortofosfato
486 alcançariam níveis tóxicos e preocupações com este composto devem estar relacionada
487 apenas a floração de cianobactérias.

488 As pontuais reduções nas concentrações, tanto do nitrato, quanto do ortofosfato,
489 coincidiram com os eventos de clarificação realizados para reduzir os níveis de SST. Isto
490 pode estar relacionado ao aumento da luminosidade, pela diminuição das concentração
491 de SST, que permitiu o desenvolvimento de algas e levou a uma assimilação destes
492 compostos.

493 O cálcio é essencial para o crescimento dos crustáceos, principalmente pela
494 impermeabilização das células auxiliando na osmorregulação e para formação da ecdise.
495 Após a muda ocorre a absorção ativa de cálcio pelo epitélio branquial, sendo esta
496 absorção dependente da concentração deste íon no meio (NEUFEULD & CAMERON
497 1993). As concentrações de cálcio ao longo das 4 amostragens está diretamente ligada
498 a adição de cal hidratada para correção da alcalinidade e pH. O aumento de 21% (final-
499 inicial) é compatível com o incremento da salinidade, portanto este incremento deste íon
500 não é considerado um desequilíbrio iônico do sistema. A incorporação por parte das
501 bactérias nitrificantes e a retirada pelos eventos de clarificação foi totalmente
502 compensado pela entrada deste íon através da ração e da cal hidratada (DA SILVA et
503 al. 2013).

504 O magnésio teve um incremento de mais de 60% (final-inicial), muito acima do
505 aumento da salinidade. Este aumento acima do esperado devido a entrada deste íon

506 pela ração, sendo esta, praticamente a única fonte de aporte magnésio no sistema. Com
507 a elevação dos níveis de magnésio a relação deste com os demais íons foi alterada,
508 principalmente com o cálcio e o potássio.

509 O potássio é reportado como o íon mais importante para o crescimento e
510 sobrevivência de camarões marinhos por estar diretamente ligado, juntamente com o
511 sódio, na osmorregulação dos camarões (ROY et al. 2007). Assim como o magnésio, a
512 elevação de 34% na concentração de potássio nas seis primeiras semanas, ficou acima
513 da elevação da salinidade, sendo a ração a principal fonte de entrada deste íon no
514 sistema.

515 A relação entre o sódio e o potássio na água marinha natural é de
516 aproximadamente 28/1, sendo que alterações em até 10 pontos para mais ou para
517 menos não interferem na capacidade osmorregulatória de *L. vannamei* (SOWERS et al.,
518 2006) e esta relação deve ficar entre 25/1 e 45/1 para *Penaeus monodon* (ANTONY &
519 VUNGURALA 2015). No presente experimento houveram oscilações nas concentrações
520 de potássio, porém a relação com o sódio se manteve dentro do recomendado para
521 camarões peneídeos (26.4/1 – 35.0/1).

522 Em salinidades elevadas como no presente estudo, as concentrações
523 naturalmente elevadas de K^+ e Na^+ não permitiram que o incremento de K^+ fosse
524 suficiente para alterar de forma pronunciada a relação Na^+/K^+ . WUDTISIN & BOYD
525 (2011) verificaram que tanto o magnésio quanto o potássio podem ser limitantes em
526 cultivos de camarão em baixa salinidades. Quando se cultiva em salinidades reduzidas
527 e se reutiliza a água durante vários ciclos é possível que haja um incremento das

528 concentrações de potássio, podendo baixar a relação Na^+/K^+ para níveis inapropriados
529 para a espécie (HUONG et al. 2010).

530 As concentrações de sulfato se elevaram rapidamente até a terceira semana,
531 após o início dos eventos de clarificação as concentrações pararam de se elevar e na
532 última amostragem tiveram uma queda acentuada. Este íon parece ser retirado do
533 sistema pelo efeito da clarificação por sedimentação.

534 Em sistemas fechados, como do presente estudo, as fontes de entrada de íons
535 são a ração, o melaço, o pro-biótico e a cal hidratada. A quantidade de ração a mais
536 pronunciada, sendo esta a principal fonte de aporte de íons em sistemas fechados. Em
537 conclusão, pode-se afirmar que ocorreram modificações no perfil iônico da água durante
538 os 63 dias de cultivo, porém as modificações iônicas encontradas não se mostraram
539 pronunciadas a ponto de prejudicar o desempenho zootécnico dos camarões.

540 Se a água for reutilizada para outros ciclos de cultivo, como recomendado por
541 KRUMMENAUER et al (2014), é importante que se realize uma análise da composição
542 iônica periodicamente, entre os ciclos de produção, principalmente nas concentrações
543 de K^+ e nitrato. Este monitoramento da composição iônica e da concentração de nitrato
544 permite realizar correções antecipadas nas relações iônicas, evitando a redução do
545 desempenho de crescimento dos camarões cultivados.

546

547 **Referências**

548 ANDERSON, D. M. et al. 2002. Harmful Algal Blooms and Eutrophication Nutrient
549 Sources, Composition, and Consequences. **Estuaries** 25: 704-726. Disponível:

550 <http://link.springer.com/article/10.1007/BF02804901>, acessado em 24 de agosto de
551 2016, doi:10.1007/BF02804901.

552 ANTONY, J.; VUNGURALA, H. Effects of salinity and Na⁺/K⁺ ratio on osmoregulation and
553 growth performance of Black Tiger Prawn, *Penaeus monodon* Fabricius, 1798,
554 juveniles reared in inland saline water. **Journal of the World Aquaculture Society**,
555 46(2):171-182. 2015. Disponível em
556 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jwas.12179/full>, acessado em 24 de agosto de
557 2016, doi: 10.1111/jwas.12179.

558 APHA (American Public Health Association). **Standard methods for the examination**
559 **of water and wastewater**. 20st edition. 1998. Washington, DC, USA.

560 DE SCHRYVER, P. et al. The basics of bio-flocs technology: the added value for
561 aquaculture. **Aquaculture** 277:125-137. 2008. Disponível em
562 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848608000896>, acessado em 24
563 de agosto de 2016. doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.02.019.

564 ESPARZA-LEAL, HM. et al. Performance of *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared
565 in indoor nursery tanks under biofloc conditions at different salinities and zero-water
566 exchange. **Aquaculture International**, pp 1-13. 2016. Disponível em
567 <http://link.springer.com/article/10.1007/s10499-016-0001-5>, Acessado em 24 de agosto
568 de 2016. doi: 10.1007/s10499-016-0001-5.

569 FRIES, J.; GETROST, H. **Organic reagents for trace analysis**. In: tetraphenylborate
570 method. MERCK 1977. Germany.

571 FURTADO, P.S. et al. Acute effects of extreme pH and its influences on the survival and
572 biochemical biomarkers of juvenile White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Marine and**

573 **Freshwater Behaviour and Physiology** (Print), v. 48, p. 417-429. 2015. Disponível em
574 <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201600044432>, acessado em
575 24 de agosto de 2016. doi: 10.1080/10236244.2015.1086539.

576 GAONA, C.A.P. et al. Biofloc management with different flow rates for solids removal in
577 the *Litopenaeus vannamei* BFT culture system. **Aquaculture International**, 1–13.
578 Disponível em <http://link.springer.com/article/10.1007/s10499-016-9983-2>, acessado em
579 24 de agosto de 2016. doi: 10.1007/s10499-016-9983-2.

580 HUONG, D.T.T. et al. Na/K-ATPase activity and osmo-ionic regulation in adult whiteleg
581 shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed to low salinities. **Aquaculture** 304: 88–94.
582 2010. Disponível em
583 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848610001973>, acessado em 24
584 de Agosto de 2016. doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.03.025.

585 KRUMMENAUER, D. et al. The reuse of water on the culture of pacific white shrimp,
586 *Litopenaeus vannamei*, in BFT system. **Journal of the World Aquaculture Society**,
587 45(1), 3–14. 2014. Disponível em <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jwas.12093>,
588 acessado em 24 de agosto de 2016. doi: 10.1111/jwas.12093.

589 KUHN, D.D. et al. Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus*
590 *vannamei*: Impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. **Aquaculture**,
591 309: 109-114. 2010. Disponível em
592 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848610006198>, acessado em 24
593 de agosto de 2016. doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.09.014.

594 RAY, A.J. et al. Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production
595 in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management.

596 **Aquacultural Engineering**, 45(3), 127–136. 2011. Disponível em
597 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860911000641>, acessado em 24
598 de agosto de 2016. doi: 10.1016/j.aquaeng.2011.09.001.

599 ROY, L.A. et al. Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on
600 survival, growth and respiration of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*,
601 reared in low salinity waters. **Aquaculture** 262: 461-469. 2007. Disponível em
602 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004484860600740X>. acessado em 24
603 de Agosto de 2016. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.10.011

604 ROY, L.A. et al. Shrimp culture in inland low salinity waters. **Reviews in Aquaculture**,
605 2(4), 191–208. 2010. Disponível em [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1753-](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1753-5131.2010.01036)
606 [5131.2010.01036](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1753-5131.2010.01036), acessado em 24 de agosto de 2016. doi: 10.1111/j.1753-
607 5131.2010.01036.

608 SAMOCHA, T.M. et al. Intensive raceways without water exchange analyzed for White
609 shrimp culture. **Global Aquaculture Advocate** 13:22–24. 2010.

610 SANTOS, G.B. **Desempenho zootécnico de juvenis do camarão *Litopenaeus***
611 ***vannamei* sob influência de diferentes concentrações de fósforo**. 2013. Monografia
612 (apresentada para obtenção do título de graduado) – Curso de Oceanologia,
613 Universidade Federal de Rio Grande.

614 SILVA, K.R. et al. Nitrogen and phosphorus dynamics in the biofloc production of the
615 pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of World Aquaculture Society**,
616 44: 30-41. 2013. Disponível em <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jwas.12009>,
617 acessado em 24 de Agosto de 2016. doi: 10.1111/jwas.12009.

618 SOWERS, A.D. et al. Responses of *Litopenaeus vannamei* in water containing low
619 concentrations of total dissolved solids. **Aquaculture Research** 36:819–823. 2005.
620 Disponível em <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2109.2005.01270.x/pdf>,
621 acessado em 24 de agosto de 2016. doi: 10.1111/j.1365-2109.2005.01270.

622 SOWERS, A.D. et al. Haemolymph osmolality and cation concentrations in *Litopenaeus*
623 *vannamei* during exposure to artificial sea salt or a mixed-ion solution: relationship to
624 potassium flux. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A** 145:176–180.
625 2006. Disponível em
626 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1095643306002753>, acessado em 24
627 de Agosto de 2106. doi: 10.1016/j.cbpa.2006.06.008.

628 WUDTISIN, I.; BOYD, C.E. Possible potassium and magnesium limitations for shrimp
629 survival and production in low-salinity, pond waters in Thailand. **Journal of the World**
630 **Aquaculture Society**. V. 42(6):766-777. 2011. Disponível em
631 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-7345.2011.00530.x/full>, acessado em
632 24 de Agosto de 2016. doi: 10.1111/j.1749-7345.2011.00530.

633

634

635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654

Capítulo III –

Performance of *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in indoor nursery tanks under biofloc conditions at different salinities and zero-water exchange

Héctor Manuel Esparza-Leal

Departamento de Acuicultura, Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR Unidad Sinaloa,
Boulevard Juan de DiosBátiz Paredes # 250, Guasave, Sinaloa 81101, Mexico.

Post-doc, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Instituto de Oceanografia,
Laboratório de Carcinocultura, Rua do Hotel, 02, Praia do Cassino, Rio Grande, Estado
do Rio Grande do Sul, Brazil, CEP 96210-030.

João Antônio Amaral Xavier

Marine Station of Aquaculture - Institute of Oceanography - Federal University of Rio
354 Grande (FURG), C.P. 474 - Rio Grande (RS) - CEP 96201-900 – Brazil.

Wilson Wasielesky Jr.

Marine Station of Aquaculture - Institute of Oceanography - Federal University of Rio
354 Grande (FURG), C.P. 474 - Rio Grande (RS) - CEP 96201-900 – Brazil.

Artigo publicado na Revista Aquaculture International em abril de 2016.

655 **Abstract**

656 Shrimp farming at low salinity is a trend that will continue to grow globally. The
657 performance of *Litopenaeus vannamei* postlarvae in the nursery at different salinities with
658 a biofloc technology (BFT) system needs to be explored further, as the nursery is currently
659 used as a transitional stage between the hatchery and grow-out ponds. Therefore, this
660 study evaluated the effect of seven salinity levels (2, 4, 8, 12, 16, 25, and 35 ‰) on the
661 performance of *L. vannamei* postlarvae reared with a BFT system and zero-water
662 exchange at 2000 orgs/m³. Additionally, this study evaluated the water quality of all the
663 salinity treatments. After 28 days of culture, the findings showed that under biofloc
664 conditions, the salinity affected the performance of some variables of water quality in
665 some cases, but only the combination of a high nitrite-N concentration (> 4 mg/l) and low
666 salinity (2 and 4 ‰) caused up to 100 % shrimp mortality in the first two weeks. In the rest
667 of the treatments (8, 12, 16, 25, and 35 ‰), the shrimp survival was > 72 %. It was also
668 noted that shrimp mortality was affected by salinity, especially when it decreased from
669 35‰-25‰-16‰ to 12 and 8 ‰. The organisms reared at low salinities presented lower
670 final weights and specific growth rate (SGR) than those reared at higher salinities. An
671 inverse relationship was shown among the ion concentrations and the final weight of
672 shrimp.

673

674 **Keywords:** Biofloc, *Litopenaeus vannamei*, low salinity, performance of postlarvae, zero-
675 water exchange

676

677 **Introduction**

678 The expansion of inland saline water farming combined with the salinity tolerance
679 of *Litopenaeus vannamei* white shrimp makes it an attractive aquaculture species in
680 several countries of America (Saoudet al. 2003; Roy et al. 2010). However, research on
681 *L. vannamei* at low salinity with biofloc technology (BFT) is still limited. It is imperative to
682 conduct studies on this topic for the development of inland saline water farming with BFT
683 systems.

684 Diseases remain a limiting factor for the aquaculture industry (FAO 2012), and
685 disease outbreaks result from not only the mere presence of pathogens in the system but
686 also a compromised health status of the cultured animals in combination with suboptimal
687 environmental conditions (Liu and Chen 2004; De Schryver et al. 2012). Therefore,
688 disease prevention and control should not only focus on implementing biosecurity
689 measures at the grow-out stage but must be performed with an integral approach
690 involving, among others factors, adequate nutrition and enhancing the immunity of the
691 cultured animals in the nursery system, which is a transitional stage between the hatchery
692 and grow-out ponds.

693 Additionally, it is necessary to determine the productive performance of the shrimp
694 postlarvae in a wide range of salinities combined with the handling of BFT. The BFT
695 system was studied on several occasions and reportedly contributes to the maintenance
696 of good water quality in the system and to the nutrition of the cultured animals
697 (Avnimelech 1999). The basic principle of the BFT system is to recycle waste nutrients,
698 including nitrogen, into the microbial biomass that can be used *in situ* by the cultured
699 animals or be harvested and processed into feed ingredients (De Schryver et al. 2008;

700 Hari et al. 2004, 2006). Heterotrophic microbial aggregates are stimulated to grow by
701 controlling the C/N ratio in the water through the modification of the carbohydrate content
702 in the feed or by the addition of an external carbon source (Avnimelech 1999) such that
703 the bacteria can assimilate the waste ammonia for new biomass production. The BFT
704 systems were shown to maintain ammonia below toxic levels and to improve the feed
705 nutrient utilization efficiency of the cultured animals (Avnimelech 1999; Hari et al. 2004;
706 Zhao et al. 2012). The BFT system application can also lead to increased growth and
707 survival of shrimp (Emerenciano et al. 2012), and some studies have investigated the
708 immunological potential of the BFT (Xu and Pan 2013, 2014; Kim et al. 2014; Becerra-
709 Dorame et al. 2014). It is widely known that microorganisms, their cell components and
710 their metabolites can act as immunostimulants that enhance the shrimp innate immune
711 system and provide improved protection against pathogens (Smith 2003; Vazquez et al.
712 2009).

713 Some studies have addressed the impact of salinity on growth, survival, molting
714 frequency, oxygen consumption, and immune performance of *L. vannamei* (Huang 1983;
715 Pante 1990; Ogle et al. 1992; Villarreal et al. 1994; Ponce-Palafox et al. 1997; Xuying et
716 al. 2014). However, the optimal salinity for white shrimp growth is still controversial, and
717 the combined effect of salinity and BFT in *L. vannamei* postlarvae has rarely been studied.

718 Culturing *L. vannamei* at low salinity is a trend that will continue to grow globally
719 (Roy et al. 2010). Thus, the performance of *L. vannamei* postlarvae in the nursery at
720 different salinities with the BFT system needs to be explored further, since the nursery is
721 currently used as a transitional stage between the hatchery and grow-out ponds.

722 The objectives of this study were to determine the effects of different levels of
723 salinity on the water quality and performance of *L. vannamei* postlarvae with the use of a
724 BFT system and zero-water exchange.

725 **Materials and methods**

726 *Experimental design and rearing conditions*

727 The effect of seven salinity levels (2, 4, 8, 12, 16, 25, and 35 ‰) on the
728 performance of *L. vannamei* postlarvae reared with a BFT system and zero-water
729 exchange was evaluated. Three replicate tanks were randomly assigned to each salinity
730 treatment. The experiments were performed in the indoor tank facilities of the Marine
731 Aquaculture Station (EMA), of the Federal University of Rio Grande, Southern Brazil. The
732 plastic tanks (capacity = 50 l, volume used = 40 l) were supplied with diluted marine water
733 at salinities of 2, 4, 8, 12, 16, 25, and 35 ‰ and constant aeration to maintain high
734 dissolved oxygen (DO) concentrations. Each tank was stocked with 80 organisms [2000
735 orgs/m³, average body weight = 0.016±0.002 g (≈ PL'24)]. During this study, there was
736 no water renewal in any of the tanks. Dechlorinated freshwater was added to the tanks to
737 recover the water lost due to evaporation. Shrimp were fed with a commercially
738 formulated feed (40 % protein, 8 % lipid) twice daily (8:00 and 16:00 h). Initially, the
739 feeding rate was established according to Jory et al. (2001), and the feed was adjusted
740 daily a posteriori according to their consumption. The study lasted 28 days.

741

742 *Acclimation of shrimp and preparation of biofloc*

743 The shrimp used in the experiment were acquired from the Aquatec Ltda laboratory
744 (Canguaretama, Rio Grande do Norte, Brazil). After the *L. vannamei* nauplii arrived at the
745 EMA facilities, they were kept in the shrimp hatchery until they reached the post-larval
746 stage (PL'15). A batch of 1800 postlarvae were separated into seven plastic tanks (270
747 orgs/tank; capacity/tank = 50 l, volume used/tank = 40 l) with final acclimated salinity

748 levels of 2, 4, 8, 12, 16, 25, and 35‰. The salinities were adjusted by approximately 3-
749 6‰ daily until the salinity in each tank reached the desired level. It took 1, 2, 3, 4, 5, 6
750 and 8 days to reach the 35, 25, 16, 12, 8, 4, and 2‰ levels, respectively. The shrimp were
751 stocked in each salinity treatment at 24 h after acclimatization.

752 Mature bioflocs were used in the study. Eight days before the experiment began,
753 seven tanks (capacity/tank= 400 l, volume used/tank = 200 l) were filled with diluted sea
754 water at salinities of 2, 4, 8, 12, 16, 25, and 35 ‰. To promote biofloc formation, each
755 tank was supplied with an inoculum of 25% of its total volume, as this water was obtained
756 from a grow-out tank that showed a mature biofloc. During the eight days, each tank was
757 supplied with 50 g of molasses/day and constant aeration. The water of each tank was
758 used to fill the three tanks of each salinity treatment.

759

760 *Shrimp postlarvae performance*

761 During the study, biometrics were performed weekly, weighing 50 shrimp from
762 each experimental tank individually using a digital balance (precision 0.001 g, Sartorius®).
763 The shrimp were returned to their original tanks after weighing. At the study end, all the
764 shrimp that survived in each experimental tank were weighed and counted to evaluate
765 their growth [final weight, specific growth rate (SGR)], survival, feed conversion ratio
766 (FCR), productivity, and final density per treatment. The final weight was calculated using
767 the following formula: Final weight = Final average weight - Initial weight. The SGR (%
768 weight increase/day) was calculated from $SGR = 100 \times [(\ln W_f - \ln W_i)/t]$, where W_f =
769 mean weight at the end of the period, W_i = mean weight at the beginning of the period,
770 and t = time in days of the period (Ricker 1979). The FCR was calculated by dividing the

771 feed supplied (dry weight) by the live weight gain (wet weight) (Hari et al. 2004). The
772 survival (%) was calculated by counting the living organisms and subtracting the stocked
773 organisms in each tank. The survival data were transformed (arcsine of the square root)
774 before analysis (Zar 1996).

775

776 *Water quality analyses*

777 The photoperiod for the experimental room was natural, and the water temperature
778 was maintained with one heater immersed in each tank. Throughout the experiment, the
779 DO (mg/l), temperature (°C), pH, and salinity (‰) were monitored twice a day (≈ 08:00
780 and 16:00 h) utilizing a multi-parameter analyzer (model 556 MPS, YSI Inc., Yellow
781 Springs, OH, USA). The concentrations of total ammonia-N, nitrite-N (mg/l), nitrate-N
782 (mg/l), and phosphate-P (mg/l) were measured weekly according to the methods
783 recommended by UNESCO (1983). Total suspended solids (TSS, mg/l) and alkalinity (mg
784 CaCO₃/l) were determined once per week through gravimetry by filtering aliquots of 20
785 ml of water through GF 50-A glass fiber filters (Strickland and Parsons 1972), and following
786 the methodology proposed by APHA (1998), respectively. Floc volume (ml/l) was
787 evaluated weekly on site using Imhoff cones (Eaton et al. 1995).

788 At 0, 14, and 28 days of culture, surface water samples were collected from each
789 tank. These samples were analyzed for major ions using standard protocols. Chloride (Cl⁻
790) was measured by the argentometric method. Calcium (Ca²⁺) and magnesium (Mg²⁺)
791 were measured by the EDTA complexometric titration method (APHA 1998). Potassium
792 (K⁺) was measured by the tetraphenylborate method (Fries and Getrost 1977), and sulfate
793 (SO₄²⁻) was measured by the method of barium salt (MERK 1974). Sodium (Na²⁺) was

794 measured in a flame spectrophotometer Micronal B462 (Tecnal - Equipamentos para
795 Laboratórios Ltda., Piracicaba, SP, Brazil).

796 *Statistical analysis*

797 The homoscedasticity of the variances and the normality of the data for the water
798 quality and shrimp performance were first verified. The treatment effects on the water
799 quality parameters were evaluated by one-way repeated measures ANOVA with
800 treatment as the main factor and the sampling date as the repeated measures factor
801 (Gomez and Gomez 1984). The treatment effects on the production parameters were
802 evaluated using one-way ANOVA. Significant differences were tested with Tukey's multi-
803 comparison test of means. The results were evaluated with a 5% significance level. The
804 analyses were conducted using Statistica package v6 (StatSoft, Tulsa, OK, USA).

805

806 **Results**

807 *Water quality parameters*

808 The DO, temperature, and pH monitored throughout the study were not
809 significantly different among the salinity treatments ($P > 0.05$; Table 1). A mean of DO =
810 6.1 ± 0.2 mg/l, temperature = 30.7 ± 0.2 °C, and pH = 8.0 ± 0.0 were maintained.

811 There were significant differences among treatments ($P < 0.05$; Figs. 1 and 2) for
812 the other water quality parameters. The total ammonia-N concentration of the treatments
813 presented significant differences in some sampling periods, but the values of total
814 ammonia-N in any case were higher than 0.5 mg/l, except in the salinity of 2 ‰, where
815 the values were above 1.0 and 0.5 mg/l at the beginning and at 14 days of culture,

816 respectively (Fig. 1). Additionally, in the treatment of 16 ‰, the total ammonia-N at the
817 beginning was above 0.5 mg/l.

818 The nitrite-N concentration presented significant differences among the treatments
819 ($P < 0.05$; Fig. 1). These differences were more evident on the 7th day of culture, where
820 the treatments presented values in the range from 1.5 to 5 mg/l. The highest concentration
821 of nitrite-N remained until the 14th day of culture in the treatments of 2 and 4 ‰, and with
822 a new rise at 21 and 28 days of culture in the treatments of 12 and 8 ‰, respectively.
823 After the 14th day of culture, the rest of the treatments had nitrite-N values lower than 1
824 mg/l.

825 The nitrate-N concentration also presented significant differences among the
826 treatments ($P < 0.05$; Fig. 1). The nitrate-N concentration presented the highest values
827 most of the study in the treatments of 25 and 35 ‰. However, all the treatments showed
828 a trend of increasing nitrate-N concentration as the rearing cycle progressed, rising from
829 approximately 0.5-8.0 (day 0) to 38-48 mg/l (day 28). At the beginning of the study, the
830 lowest concentration of nitrate-N (< 0.5 mg/l) was presented in the treatments of 2 and 4
831 ‰.

832 The phosphate-P concentration fluctuated in the range of <0.0 to 1.7 mg/l, with
833 significant differences among the treatments ($P < 0.05$; Fig. 1). At the beginning of the
834 study, the highest phosphate-P concentration was presented in the lower salinities (2, 4,
835 and 8 ‰), but this pattern was not conserved after the 21st day of culture.

836 After the 7th day of culture, the alkalinity presented significant differences among
837 the treatments ($P < 0.05$; Fig. 1) in some cases, but without a definite trend. The alkalinity
838 maintained values lower than 50 mg/l in the lowest salinities at the beginning of the study.

839 The TSS concentration presented significant differences among all the treatments
 840 at the beginning of the study ($P < 0.05$; Fig. 1). The highest TSS concentration
 841 corresponded to the highest salinity, from approximately 370mg/l in 2 ‰ to 1100 mg/l in
 842 35‰.

843 The floc volume presented significant differences among the treatments ($P < 0.05$;
 844 Fig. 1), with a pattern similar to the TSS concentration, albeit with differences in some
 845 cases. Throughout the study, the floc volume in all of the treatments was highest to 20
 846 ml/l, except at the 14th day of culture. During most of the study, the treatment of 25 ‰ had
 847 the highest floc volume.

848 The concentration of each major ion in the water of all of the salinity treatments did
 849 not present significant differences among the sampling periods (0, 14, and 28 days of
 850 culture; $P > 0.05$; Fig. 2). However, the calcium concentrations in all of the treatments
 851 showed a decreasing trend toward the 14th day of culture and remained in this status until
 852 the end of the study. There were no significant differences among some treatments ($P >$
 853 0.05; Fig. 2) in the concentration of calcium (days 0, 14, and 28), potassium (days 14 and
 854 28), and sulfate (days 0, 14, and 28).

855

856 **Table 1** Water quality parameters for the seven salinity treatments during the 28 days of
 857 culture. The results shown are the mean values with the ranges in brackets.

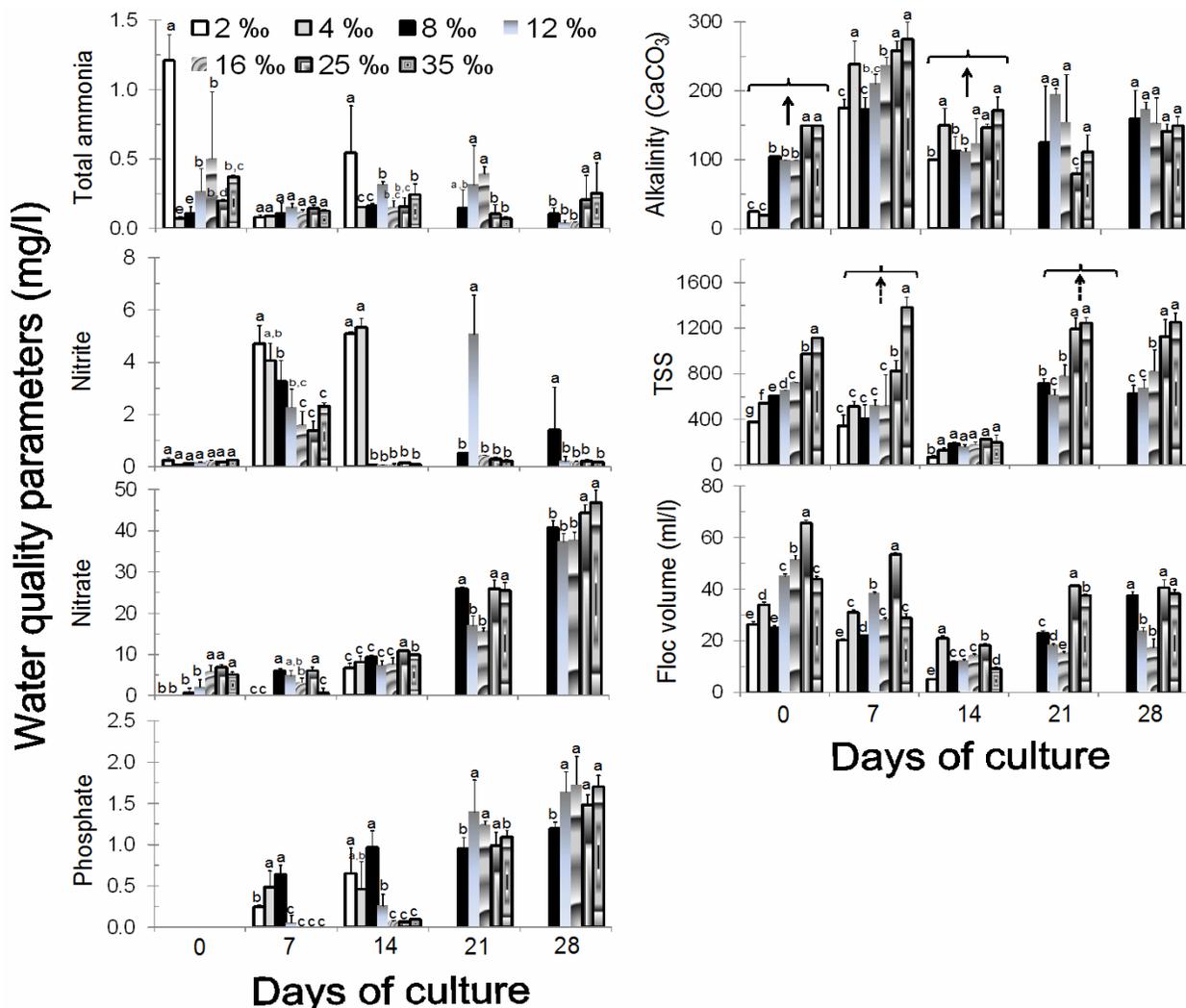
Trial (Salinity, ‰)	DO (mg/l)	Temperature (°C)	pH	Salinity (‰)
2*	6.3 (5.5-6.8)	30.9 (27.0-32.5)	8.0 (7.4-8.4)	2.2 (2.1-2.4) ^a
4*	6.1 (5.3-7.4)	30.5 (27.2-31.8)	8.0 (7.4-8.3)	4.0 (3.7-4.4) ^b
8	6.1 (5.4-7.4)	30.7 (28.5-32.4)	8.0 (7.4-8.2)	7.9 (7.3-8.4) ^c
12	6.2 (5.6-7.5)	31.0 (29.4-32.1)	8.0 (7.3-8.3)	11.9 (11.4-12.6) ^d
16	6.2 (5.5-6.8)	30.7 (28.4-32.0)	8.0 (7.4-8.3)	15.8 (14.3-16.7) ^e
25	5.8 (5.2-6.8)	30.8 (27.2-32.2)	7.9 (7.3-8.2)	24.8 (23.0-26.0) ^f
35	5.9 (5.2-7.7)	30.5 (27.3-31.5)	7.9 (7.4-8.2)	34.7 (32.3-36.1) ^g

858 The values in the same column with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$). *All
 859 water quality parameters were monitored until the 14th day of culture.

860

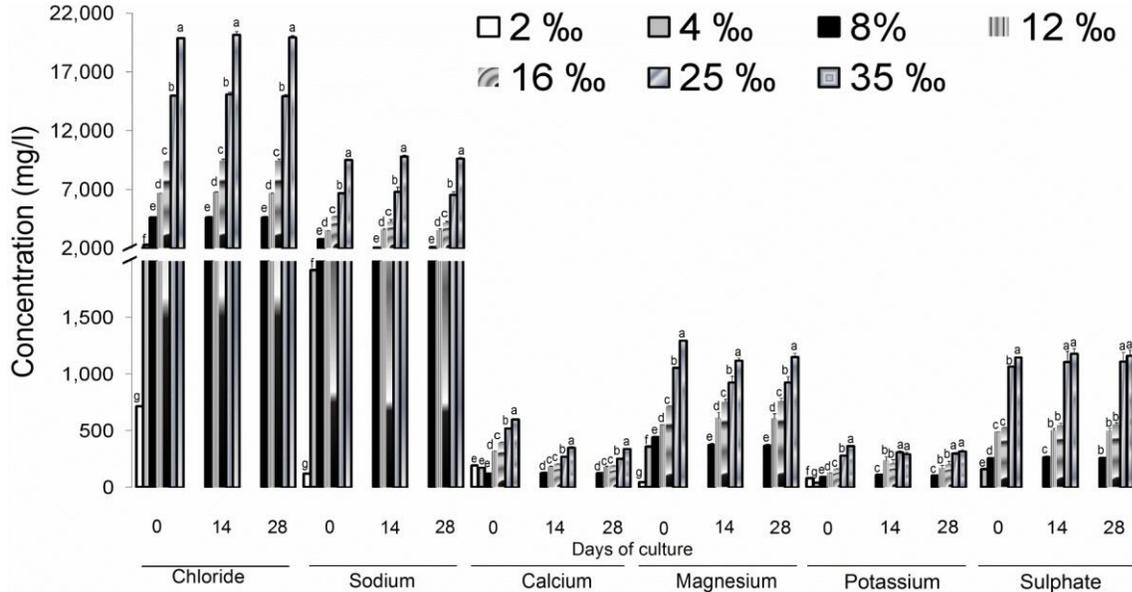
861

862



863 **Fig. 1** Water quality parameters in the culture of *L. vannamei* postlarvae under different
 864 salinities with the biofloc technology and zero-water exchange. The water quality
 865 parameters in the salinity treatments of 2 and 4 ‰ were monitored until the 14th day of
 866 culture. Solid arrow = to increase the alkalinity, all tanks were supplied with 0.05 g/l/day
 867 of sodium bicarbonate (NaHCO₃) with a 99.0 % purity (Carbonor®; Furtado et al. 2011,
 868 2014) for three consecutive days after the 2nd and 11th days of culture. Dotted arrow = to
 869 reduce TSS, all tanks were clarified after the 7th and 20th days of culture (Gaona et al.
 870 2011). Different super scripts within a set of columns for each monitoring period indicate
 871 significant differences ($P < 0.05$).

872



874

875 **Fig. 2** Major ions in the water of the seven salinity treatments. The major ions in the water
 876 for the 2 and 4 ‰ treatments were monitored only at the beginning (0 days of culture).
 877 Different super scripts within a set of columns for each monitoring period indicate
 878 significant differences (0, 14, and 28 days of culture; $P < 0.05$).

879

880

881 *Parameters productive of the shrimp postlarvae*

882 The parameters productive of the postlarvae reared in the salinity treatments of 2
 883 and 4 ‰ were not contemplated in the final statistical analysis, as these showed 100 %
 884 mortality in the first two weeks of culture.

885 At 28 days of culture, the mean final weight of shrimp postlarvae presented
 886 significant differences among the salinity treatments of 8-12‰ and 16, 25, and 35 ‰. A
 887 similar statistical trend was observed in the survival, SGR, and final density ($P < 0.05$;
 888 Table 2 and Fig. 3). The range of the final weight at the end of the study was 0.20 (12
 889 ‰)-0.75 g (35 ‰). The survival range was 72.9 (8 ‰)-100 % (16, 25, and 35 ‰). The
 890 SGR range at the end of the study was 8.9 (12 ‰)-13.8 %/day (35 ‰), and the final
 891 density was 1457 (8 ‰)-2000 orgs/m³ (16, 25, and 35 ‰).

892 The FCR showed significant differences between the treatment of 25 ‰ (1.5) and
 893 the rest of the treatments (1.7-1.8; $P < 0.05$; Table 2). The productivity was significantly
 894 different among the treatments of 8-12, 16, and 25-35 ‰ ($P < 0.05$; Table 2), with the
 895 lowest productivity in the treatments of 8 (0.11 kg/m³) and 12 ‰ (0.09 kg/m³).

896

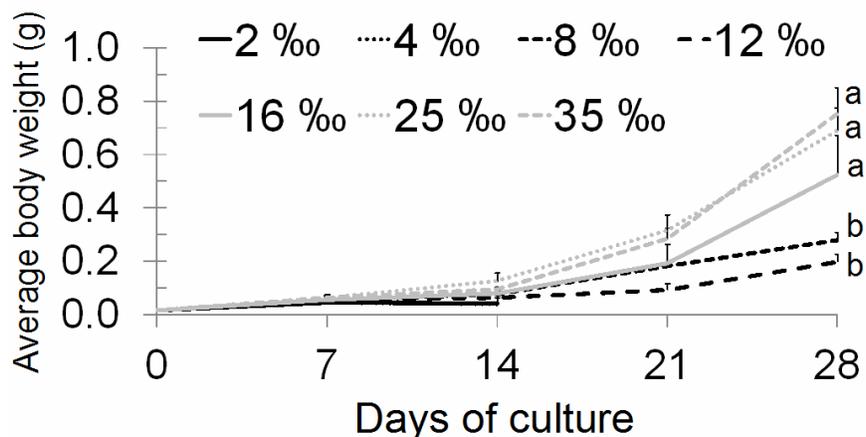
897 **Table 2** Performance of shrimp *L. vannamei* postlarvae reared during 28 days at different
 898 salinities with the biofloc technology and zero-water exchange.

Trial (Salinity, ‰)	Final weight (g)	Survival (%)	FCR	SGR (%/day)	Productivity (kg/m ³)	Final density (orgs/m ³)
2*	0.04±0.02	(0)	---	---	---	---
4**	0.04±0.03	(0)	---	---	---	---
8	0.28±0.03 ^b	72.9±16.6 ^a	1.8±0.1 ^a	10.2±0.4 ^b	0.11±0.03 ^c	1457±331 ^b
12	0.20±0.06 ^b	80.0±19.4 ^a	1.8±0.3 ^a	8.9±0.6 ^b	0.09±0.03 ^c	1600±388 ^b
16	0.52±0.15 ^a	100.0±0.0 ^b	1.7±0.2 ^a	12.3±1.1 ^a	0.28±0.08 ^b	2000±0 ^a
25	0.69±0.16 ^a	100.0±0.0 ^b	1.5±0.2 ^b	13.4±0.9 ^a	0.37±0.09 ^a	2000±0 ^a
35	0.75±0.02 ^a	100.0±0.0 ^b	1.7±0.0 ^a	13.8±0.1 ^a	0.40±0.01 ^a	2000±0 ^a

899 *100 % mortality at the 11thday of culture (the mortality started on the 9th day of culture);

900 **100 % mortality at the 13thday of culture (the mortality started on the 11thday of
 901 culture). These trials were not included in the final statistical analysis. Values in the same
 902 column with different superscripts differed significantly ($P < 0.05$).

903



904 **Fig. 3** Weight performance of *L. vannamei* postlarvae reared in seven levels of salinity
 905 for 28 days with biofloc and zero-water exchange. The average body weight of the 2 and
 906 4 ‰ salinity treatments was monitored until the 11th and 13th days of culture, respectively,
 907

908 and these trials were not included in the final statistical analysis. Different letters for the
909 lines indicate significant differences ($P < 0.05$).
910

911 **Discussion**

912 The range of mean values of OD, temperature, and pH shown in all of the
913 treatments of this study remained within the levels that were tolerable for the growth and
914 survival of shrimp, according to previous reports (van Wyk and Scarpa 1999). However,
915 the rest of the water quality parameters showed significant differences among some
916 salinity treatments, and in some treatments, these parameters presented values that may
917 be unsuitable for shrimp culture.

918 During the first two weeks in the salinity treatments of 2 and 4 ‰, the values of
919 total ammonia-N and nitrite-N were the highest (> 1 and > 4 mg/l, respectively), and the
920 organisms of these treatments had 100 % mortality at the 11th and 13th days of culture,
921 respectively. The highest total ammonia-N concentration recorded in our study was 1.2
922 mg/l, which was much lower than the concentration at which Mishra et al. (2008) reported
923 a high survival (96.2%) of shrimp postlarvae when they were exposed to a total ammonia-
924 N concentration of 27 mg/l. Meanwhile, Lin and Chen (2003) and Maica et al. (2012)
925 showed an inverse relationship between salinity and the toxicity of nitrite-N for postlarvae
926 and juveniles of *L. vannamei* and emphasized that the susceptibility to toxicity of the
927 nitrite-N increased when the animals were exposed to a hypo-osmotic condition. In this
928 study, the nitrite-N concentration in the salinities of 2, 4, 8, and 12 ‰ exceeded the safe
929 range for the *L. vannamei* juveniles cultured at marine salinities (≤ 1 mg/l) and at ≈ 2 ‰
930 (0.45 mg/l) (vanWyk and Scarpa 1999; Gross et al. 2004). Thus, it was probable that the
931 nitrite-N concentration achieved was one of the main factors that contributed to the 100

932 % mortality in the 2 and 4 ‰ treatments and the 27.1 and 20.0 % mortality in the 8 and 12
933 ‰ treatments, respectively. At salinities of 2 and 4 ‰, peaks of nitrite-N occurred around
934 the 7th and 14th days, respectively, which agreed with the record of mortality in those
935 treatments.

936 In the present study, all the salinity treatments showed a tendency of an increasing
937 nitrate-N concentration according to the study progress, suggesting a greater intensity of
938 the nitrification processes. Although the nitrate- values on the 21st day of culture for the 8
939 ‰ salinity treatment were similar to those found in the salinities of 25 and 35 ‰, in most
940 of the study, the highest values were found in the higher salinities. The nitrate-N
941 concentration was within the acceptable range (≤ 60 mg/l; van Wyk and Scarpa 1999),
942 and the increase in nitrate-N concentration with the increase in salinity was corroborated
943 by other researchers (Decamp et al. 2003; Maicá et al. 2012).

944 For most of the study, the phosphate-P concentration showed a trend towards
945 reduction with an increase in salinity, as reported by Maicá et al. (2012). However, this
946 trend was opposite that reported by Decamp et al. (2003), who noted that the phosphate-
947 P concentration increased as the salinity increased. On the contrary, a trend of an
948 increasing phosphate-P concentration was observed in all of the treatments as the study
949 progressed, as reported in another work (Maica et al. 2012).

950 At the beginning of the study, only in the treatments of higher salinity (25 and 35
951 ‰) were the values of alkalinity higher than 100 mg/l; in the treatments of lower salinity
952 (2 and 4 ‰), the values were lower than 50 mg/l. For this reason, all of the tanks of the
953 treatments were supplied with sodium bicarbonate for three consecutive days, according
954 to the reports of Furtado et al. (2011, 2014). This procedure was realized after the 2nd and

955 11th days of culture, as it was determined that it was necessary to maintain an alkalinity
956 concentration above 100 mg CaCO₃/l for the biofloc to undergo good development
957 (Ebeling et al. 2006; Furtado et al. 2014).

958 Since the beginning of the experiment, most of the treatments had a SST
959 concentration that exceeded the recommended limit of 500 mg/l for good shrimp
960 performance (Samocha et al. 2007; Gaona et al. 2011). Therefore, to reduce the TSS
961 concentration, all the tanks of the treatments were clarified, and this procedure was
962 conducted after the 7th and 20th days of culture. After the clarification, only at the 14th day
963 of culture did all of the treatments have a TSS concentration lower than 400 mg/l. During
964 the entire study, the TSS concentration was higher in the higher salinities, which agreed
965 with that reported by Decamp et al. (2003), Hakanson (2006), and Maica et al. (2012).
966 These previous studies noted that there was a trend towards increasing suspended
967 particle aggregation and floc size with an increase in salinity, although in our study, this
968 only was evident in the floc volume of the salinity treatment of 25 ‰.

969 Some studies indicated that the shrimp survival in culture systems with seawater,
970 without water exchange and in association with a BFT system, was high (>70%;
971 Wasielesky et al. 2006; Maicá et al. 2012). However, the survival of marine shrimp reared
972 at low salinity has a wide variation and may be influenced by the species, the age of the
973 organisms, the final salinity at which acclimation occurs, and the ionic composition of the
974 water, among other factors (McGraw et al. 2002; Cheng et al. 2006). In our study, the
975 combination of high nitrite-N concentration and low salinity affected the shrimp survival,
976 as previously discussed. Additionally, the survival was affected by salinity, mainly when
977 the salinity decreased from 35‰-25‰-16‰ to 12 and 8 ‰. Similar effects were reported

978 by other authors for both postlarvae and juveniles of shrimp, with values of survival that
979 ranged between 2-100 % for salinities of 0 to 36 ‰; i.e., Laramore et al. (2001) with
980 postlarvae at salinities of 4 and 30 ‰ that obtained survival rates of 86 to 100 %,
981 respectively. Jayasankar et al. (2009) reported postlarvae at salinities of 0.0, 0.5, 0.75,
982 and 1.5 ‰, and they obtained survival rates of 2, 29, 47, and 85 %, respectively. Decamp
983 et al. (2003) reported that juveniles at salinities of 9, 18, and 36 ‰ obtained survival rates
984 of 68, 93, and 94 %, respectively. Finally, Maicá et al. (2012) reported that juveniles at 2,
985 4, and 25 ‰ obtained survival rates of 22, 72, and 97 %, respectively.

986 The salinity also affected the shrimp postlarvae growth, as the organisms reared
987 at low salinities showed a trend of lower values of final weight and SGR than those reared
988 in the higher salinities. However, there were not statistically significant differences
989 between the salinity treatments of 8 and 12 ‰, and among the treatments of 16, 25, and
990 35 ‰. Other authors reported an inverse relationship between salinity and shrimp growth
991 (Laramore et al. 2001; Cheng et al. 2005; Walker et al. 2009; Maicá et al. 2012).

992 Salinity refers to the total concentration of all ions in water, and the major ions
993 contributing to salinity are chloride, sodium, calcium, magnesium, potassium,
994 bicarbonate, and sulfate. Saoud et al. (2003), Davis et al. (2005) and Hou et al. (2012)
995 reported that the ionic composition of water may be a more important limiting factor to the
996 shrimp growth and survival than the salinity itself, since the deficiencies in certain ions,
997 such as sodium, calcium, magnesium, and potassium, had a negative impact on the
998 growth and survival of shrimp. In the present work, only the calcium concentration
999 presented a general decreasing trend among sampling periods between the 0 day and
1000 14-28 days of culture. However, the rest of the ions were not significantly altered when

1001 the postlarvae were reared at 2000 orgs/m³ during 28 days at salinities of 8, 12, 16, 25,
1002 and 35 ‰. The impacts of low concentrations of calcium, magnesium, and potassium that
1003 were maintained at lower salinities on the shrimp growth were more evident. Although no
1004 significant differences were observed among some treatments, there was a trend of an
1005 inverse relationship among the ion concentrations and the final weight of shrimp, as
1006 reported by other authors (Saoud et al. 2003; Davis et al. 2005; Roy et al. 2007).
1007 Additionally, it was reported that the low growth of shrimp when they were reared at low
1008 salinities was due to the possibility that the organisms used the dietary protein as a source
1009 of amino acids for not only weight gain (protein retention), but also for maintenance of the
1010 osmotic pressure (Rosas et al. 2001; Shiau 1998). The lack of significant differences
1011 among some treatments could be because the shrimp were reared in a system without
1012 water exchange in association with bioflocs, an environment of high natural productivity
1013 with many nutritional benefits (Wasielesky et al. 2006).

1014 The shrimp maintained in its isosmotic point at a salinity of 25 ‰ (Castille and
1015 Lawrence 1981) had the lowest FCR. For the rest of the salinity treatments, the FCR did
1016 not present a direct relationship with the salinity, as reported by Decamp et al. (2003).

1017 In summary, the salinity affected the performance of some variables of water
1018 quality in some cases during the culture of *L. vannamei* postlarvae in indoor nursery tanks
1019 under biofloc conditions, However, only the combination of high nitrite-N concentration (>
1020 4 mg/l) and low salinity (2 and 4 ‰) significantly affected the shrimp survival. Additionally,
1021 the survival was affected by salinity, mainly when the salinity decreased from 35‰-25‰-
1022 16‰ to 12 and 8 ‰, although high shrimp survival (> 72 %) occurred in all of the salinity
1023 treatments. The salinity also affected the shrimp postlarvae growth, as the organisms

1024 reared at low salinities showed a trend of lower final weight and SGR than those reared
1025 in the higher salinities. Only the calcium concentration presented a general decreasing
1026 trend among the sampling periods of 0 day to 14-28 days of culture. The rest of the major
1027 ions were not significantly altered when the postlarvae were reared at 2000 orgs/m³
1028 during 28 days at salinities of 8, 12, 16, 25, and 35 ‰, and an inverse relationship existed
1029 among the ion concentrations and the final weight of shrimp.

1030

1031

1032 **Acknowledgements**

1033

1034 The authors are grateful for the financial support provided by the National Council for
1035 Scientific and Technological Development (CNPq), Ministry of Fishery and Aquaculture
1036 (MPA) and Coordination for the Improvement of Higher Level Personnel (CAPES). W.
1037 Wasielesky Jr. is research fellow of CNPq. This work is part of the post-doctoral activities
1038 of H.M. Esparza-Leal, PhD, at the Universidad Federal do Rio Grande (FURG, Rio
1039 Grande do Sul, Brazil), who received post-doc fellowships from CONACYT (grant
1040 203621) and Instituto Politécnico Nacional (License COP/COTEBAL/RR-09/14). The
1041 authors thank Sandro Fabres for assistance with the water quality analysis during the
1042 experimental work.

1043

1044 **References**

1045 APHA (American Public Health Association) (1998) Standard methods for the
1046 examination of water and wastewater. 20st edition, Washington, DC, USA

1047 Avnimelech Y (1999) Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems.
1048 Aquaculture 176:227-235

1049 Becerra-Dorame MJ, Martinez-Cordova LR, Martínez-Porchas M, Hernández-López J,
1050 Lopez-Elías JA, Mendoza-Cano F (2014) Effect of using autotrophic and
1051 heterotrophic microbial-based-systems for the pre-grown of *Litopenaeus vannamei*,
1052 on the production performance and selected haemolymph parameters. Aquac Res
1053 45:944-948

1054 Castille FL, Lawrence AL (1981) The effect of salinity in the osmotic, sodium, and chloride
1055 concentrations in the haemolymph of euryhaline shrimp of the genus *Penaeus*.
1056 Comp Biochem Physiol 106B:293-296

1057 Cheng KM, Hu CQ, Liu YN, Zheng SX, Qi XJ (2005) Dietary magnesium requirement and
1058 physiological responses of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in low
1059 salinity water. Aquacul Nutr 11:385-393

1060 Cheng KM, Hu CQ, Liu YN, Zheng SX, XJ (2006) Effects of dietary calcium, phosphorus
1061 and calcium/phosphorus ratio on the growth and tissue mineralization of
1062 *Litopenaeus vannamei* reared in low-salinity water. Aquaculture 251:472-483

1063 Davis DA, Boyd CE, Rouse DB, Saoud IP (2005) Effects of potassium, magnesium, and
1064 age on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* post-larvae reared in inland
1065 low salinity well waters in west Alabama. J World Aquacult Soc 36:403-406

1066 De Schryver P, Crab R, Defoirdt T, Boon N, Verstraete W (2008) The basics of bio-flocs
1067 technology: the added value for aquaculture. Aquaculture 277:125-137

1068 De Schryver P, Defoirdt T, Boon N, Verstraete W, Bossier P (2012) Managing the
1069 microbiota in aquaculture systems for disease prevention and control. *In*: Austin B
1070 (ed), Infectious disease in aquaculture: prevention and control. Wood head Pub Ltd
1071 Decamp O, Cody J, Conquest L, Delanoy G, Tacon AGJ (2003) Effect of salinity on
1072 natural community and production of *Litopenaeus vannamei* (Boone) within
1073 experimental zero-water exchange culture systems. *Aquacult Res* 34:345-355
1074 Eaton AD, Clesceri LS, Greenberg AE (eds) (1995) Standard methods for the
1075 examination of water and waste water, 10th Edition. American Published Health
1076 Association, Washington D.C., USA
1077 Ebeling JM, Timmons MB, Bisogni JJ (2006) Engineering analysis of the stoichiometry of
1078 photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in
1079 aquaculture production systems. *Aquaculture* 257:346-358
1080 Emerenciano M, Cuzon G, Goguenheim J, Gaxiola G, AQUACOP (2012) Floc
1081 contribution on spawning performance of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*.
1082 *Aquac Res* 44:75-85
1083 FAO (Food and Agriculture Organization) (2012) The state of world fisheries and
1084 aquaculture. Rome, Italy
1085 Fries J, Getrost H (1977) Organic reagents for trace analysis. *In*: tetraphenylborate
1086 method. MERCK, Germany
1087 Furtado PS, Gaona CAP, Poersch LH, Wasielesky W (2014) Application of different
1088 doses of calcium hydroxide in the farming shrimp *Litopenaeus vannamei* with the
1089 biofloc technology (BFT). *Aquacult Int* 22:1009-1023

- 1090 Furtado PS, Poersch LH, Wasielesky W (2011) Effect of calcium hydroxide, carbonate
1091 and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp
1092 *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. Aquaculture
1093 32:130-135
- 1094 Gaona CAP, Poersch LH, Krummenauer D, Fóes GK, Wasielesky W (2011) The effect of
1095 solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a
1096 biofloc technology culture system. Int J Rec Aquacult 12:54-73
- 1097 Gross A, Abutbul S, Zilberg D (2004) Acute and chronic effects of nitrite on white shrimp
1098 *Litopenaeus vannamei* cultured in low salinity brackish water. J World AquacultSoc
1099 35:315-321
- 1100 Gomez KA, Gomez AA (1984) Statistical procedures for agricultural research, 2nd edition.
1101 John Wiley and Sons, New York, USA
- 1102 Hakanson L (2006) The relationship between salinity, suspended particulate matter and
1103 water clarity in aquatic systems. Ecol Res 21:75-90
- 1104 Hari B, Kurup BM, Varghese JT, Schrama JW, Verdegem MCJ (2006) The effect of
1105 carbohydrate addition on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp
1106 culture systems. Aquaculture 252:248-263
- 1107 Hari B, Madhusoodana K, Varghese JT, Schrama JW, Verdegem MCJ (2004) Effects of
1108 carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems.
1109 Aquaculture 241:179-194
- 1110 Hou C, Wang F, Dong S, Zhu Y, Yu T (2012) Effects of constant Ca²⁺ concentration in
1111 salinity fluctuations on growth and energy budget of juvenile *Litopenaeus vannamei*.
1112 Aquacult Int 20:177-188

- 1113 Huang HJ (1983) Factors affecting the successful culture of *Penaeus stylirostris* and
1114 *Penaeus vannamei* at an estuarine power plant site: temperature, salinity, inherent
1115 growth variability, damselfly nymph predation, population density and distribution,
1116 and polyculture. PhD thesis, Texas A & M University, College Station, TX, USA
- 1117 Jayasankar V, Jasmani S, Nomura T, Nohara S, Huong DTT, Wilder MN (2009) Low
1118 salinity rearing of the Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*: Acclimation,
1119 survival and growth of postlarvae and juveniles. JPN Agric Res Q 43:345-350
- 1120 Jory DE, Cabrera TR, Dugger DM, Fegan D, Lee PG, Lawrence AL, Jackson CJ,
1121 Mcintosh RP, Castañeda J (2001) A global review of shrimp feed management:
1122 status and perspectives. *In*: Browdy CL, Jory DE (eds). The new wave: proceedings
1123 of the special session on sustainable shrimp culture, aquaculture. Baton Rouge, LA:
1124 The World Aquaculture Society
- 1125 Kim SK, Jang IK, Seo HC, Cho YR, Samocha T, Pang Z (2014) Effect of bioflocs on
1126 growth and immune activity of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*
1127 postlarvae. Aquac Res 45:362-371
- 1128 Laramore S, Laramore CR, Scarpa J (2001) Effect of low salinity on growth and survival
1129 of postlarvae and juvenile *Litopenaeus vannamei*. J World Aquacult Soc 32:385-392
- 1130 Lin YC, Chen JC (2003) Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone)
1131 juveniles at different salinity levels. Aquaculture 224:193-201
- 1132 Liu CH, Chen JC (2004) Effect of ammonia on the immune response of white shrimp
1133 *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus*. Fish Shellfish
1134 Immunol 16:321-340

1135 Maicá PF, Borba MR, Wasielesky W (2012) Effect of low salinity on microbial floc
1136 composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in
1137 a zero-water exchange super-intensive system. *Aquacult Res* 43:361-370

1138 McGraw WJ, Davis DA, Teichert-Coddington D, Rouse DB (2002) Acclimation of
1139 *Litopenaeus vannamei* postlarvae to low salinity: Influence of age, salinity endpoint
1140 and rate of salinity reduction. *J World Aquacult Soc* 33:78-84

1141 MERCK (1974) Water analysis. *In*: method of barium salt. E.Merck, Darmstand, Germany

1142 Mishra JK, Samocha TM, Patnaik S, Speed M, Gandy RL, Ali AM (2008) Performance of
1143 an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*,
1144 under limited discharge condition. *Aquacult Eng* 38:2-15

1145 Ogle JT, Beaugez K, Lotz L (1992) Effects of salinity on survival and growth of postlarval
1146 *Penaeus vannamei*. *Gulf Res Rep* 8:415-421

1147 Pante MJR (1990) Influence of environmental stress on the heritability of molting
1148 frequency and growth rate of the penaeid shrimp, *Penaeus vannamei*. M.Sc. Thesis,
1149 University of Houston-Clear lake, Houston, TX, USA

1150 Ponce-Palafox JT, Martinez-Palacios CA, Ross LG (1997) The effects of salinity and
1151 temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus*
1152 *vannamei*, Boone, 1931. *Aquaculture* 157:107-115

1153 Ricker WE (1979) Growth rates and models. *In*: Hoar WS, Randall DJ, Brett JR (eds).
1154 Fish physiology, Volume VIII, Bioenergetics and growth, Academic Press, New
1155 York, USA

1156 Rosas C, Cuzon G, Gaxiola G, Priol YL, Pascual C, Rossignol J, Contreras F, Sanchez
1157 A, Wormhoudt AV (2001) Metabolism and growth of juveniles of *Litopenaeus*

1158 *vannamei*: Effect of salinity and dietary carbohydrate levels. J Exp Mar Biol Ecol
1159 259:1-22

1160 Roy LA, Davia DA, Saoud P, Boyd CA, Pine HJ, Boyd CE (2010) Farming culture in inland
1161 low salinity waters. Rev Aquacult 2:191-208

1162 Roy LA, Davis DA, Saoud IP, Henry RP (2007) Effects of varying levels of aqueous
1163 potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white
1164 shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. Aquaculture 262:461-
1165 469

1166 Samocha TM, Patnaik S, Speed M, Ali AM, Burger JM, Almeida RV, Ayub Z, Harisanto
1167 M, Horowitz A, Brook DL (2007) Use of molasses as carbon source in limited
1168 discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. Aquacult Eng
1169 36:184-191

1170 Saoud IP, Davis DA, Rouse DB (2003) Suitability studies of inland well waters for
1171 *Litopenaeus vannamei* culture. Aquaculture 217:373-383

1172 Shiau SY (1998) Nutrient requirements of penaeid shrimp. Aquaculture 164:77-93

1173 Smith VJ, Brown JH, Hauton C (2003) Immunostimulation in crustaceans: does it really
1174 protect against infection? Fish Shellfish Immunol 15:71-90

1175 Strikland JDH, Parsons TH (1972) A practical handbook of seawater analysis. Fish
1176 Research Board of Canada Bulletin, Ottawa, Canada

1177 UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) (1983)
1178 Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Manual and guides,
1179 Intergovernmental Oceanographic Commission, Paris, France

1180 vanWyk P, Scarpa J (1999) Water quality requirements and management. *In*: Farming
1181 Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems, VanWyk P. (ed), Florida
1182 Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, FL, USA

1183 Vazquez L, Alpuche J, Maldonado G, Agundis C, Pereyra-morales, Zenteno E (2009)
1184 Immunity mechanisms in crustaceans. *Innate Immun* 15:179-188

1185 Villarreal H, Hinojosa P, Naranjo J (1994) Effect of temperature and salinity on the oxygen
1186 consumption of laboratory produced *Penaeus vannamei* postlarvae. *Comp*
1187 *BiochPhysiol*108A:331-336

1188 Walker SJ, Neill WH, Lawrence AL, Gatlin DM (2009) Effect of salinity and body weight
1189 on ecophysiological performance of the Pacific white shrimp (*Litopenaeus*
1190 *vannamei*). *J Exp Mar Biol Ecol* 380:119-124

1191 Wasielesky W, Atwood H, Stokes A, Browdy CL (2006) Effect of natural production in a
1192 zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for
1193 white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 258:396-403

1194 Xu WJ, Pan LQ (2013) Enhancement of immune response and antioxidant status of
1195 *Litopenaeus vannamei* juvenile in biofloc-based culture tanks manipulating high C/N
1196 ratio of feed input. *Aquaculture* 412-413:117-124

1197 Xu WJ, Pan LQ (2014) Evaluation of dietary protein level on selected parameters of
1198 immune and antioxidant systems, and growth performance of juvenile *Litopenaeus*
1199 *vannamei* reared in zero-water exchange biofloc-based culture tanks. *Aquaculture*
1200 426-427:181-188

1201 Xuying J, Sen D, Fang W, Shuanglin D (2014) A comparative study on the nonspecific
1202 immunity of juvenile *Litopenaeus vannamei* ever inhabiting freshwater and
1203 seawater. J Ocean U China 13:472-478

1204 Zar JH (1996) Biostatistical Analysis, 3rd edition, Prentice Hall, New Jersey, USA

1205 Zhao P, Huang J, Wang XH, Song XL, Yang CH, Zhang XG (2012) The application of
1206 bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming systems of
1207 *Marsupenaeus japonicus*. Aquaculture 354-355:97-106.

1208

1209

1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241

CAPÍTULO III –

**FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA PARA O CULTIVO DO CAMARÃO BRANCO DO
PACÍFICO EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

**João Antônio Amaral XAVIER¹, Plinio Schmidt FURTADO¹, Paulo Cesar ABREU¹, Wilson
WASIELESKY Jr. ¹, Ricardo Berteaux ROBALDO¹**

¹Estação Marinha de Aquicultura – Instituto de Oceanografia – Universidade Federal do Rio Grande (FURG), C.P. 474 - Rio Grande (RS) - CEP 96201-900 – Brasil.

Email: joaoax@gmail.com

Artigo submetido à publicação no Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo

1242 **RESUMO**

1243 Visando desenvolver a carcinicultura longe da costa marinha verificou-se a possibilidade
1244 de cultivar *L. vannamei* a partir de três diferentes fontes de água em sistema BFT. PL20 foram
1245 cultivadas por 49 dias em sistema fechado, em água de precipitação (TP), água de subsolo doce
1246 (TSD) e água de subsolo salobra (TSSS), e comparadas ao cultivo em água marinha diluída
1247 (TC), todas em salinidade 8g/L. As duas primeiras foram salinizadas artificialmente. O peso final,
1248 dos tratamentos diferiu significativamente do controle ($2,63 \pm 0,51\text{g}$) sendo que o tratamento com
1249 água de subsolo salobra ($3,18 \pm 0,54\text{g}$) teve peso final significativamente superior aos dois
1250 tratamentos salinizados artificialmente ($2,30 \pm 0,37$ e $2,39 \pm 0,49\text{g}$). Estas diferenças podem estar
1251 relacionadas a composição de microalgas presentes nos bioflocos. Os tratamentos TSSS e o
1252 tratamento controle foram os únicos que mantiveram concentrações elevadas de diatomáceas
1253 durante todo período experimental, sabendo que a presença destas algas beneficiam o
1254 crescimento e a conversão alimentar, provavelmente a diferença no peso médio final esteja
1255 relacionada a presença das diatomáceas. Conclui-se que é viável o uso de fontes alternativas de
1256 água para o cultivo de *L. vannamei* em sistema BFT sem renovação de água e que estas fontes
1257 tem influência na composição de microrganismos presentes nos bioflocos.

1258

1259 **Palavras Chave:** composição iônica, salinização artificial, *L. vannamei*, BFT, cultivo interior.

1260

1261

1262 **INTRODUÇÃO**

1263 A carcinicultura está, em sua grande maioria, localizada próxima à costa e emprega
1264 extensas áreas, grande volume de água marinha e produz significativo aporte de efluentes ao
1265 meio ambiente. O alto custo de extensões de terra costeiras e a elevada regulamentação frente
1266 as questões de cunho ambientais, levam os aquicultores a buscar novas áreas para os cultivos

1267 (MOURAD *et al.*, 2012). Isto estimula a busca por métodos alternativos para o cultivo de espécies
1268 marinhas como o camarão *Litopenaeus vannamei* em águas interiores a fim de garantir a
1269 continuidade do crescimento desta atividade (ROY *et al.*, 2010).

1270 O alto custo do transporte e/ou produção de água salina e a dificuldade do descarte dos
1271 efluentes salgados/salobros são problemas para o cultivo continental de organismos aquáticos
1272 marinhos. Por isto, a redução na salinidade, diminuição da quantidade de água, o uso da
1273 salinização artificial e reutilização da água são necessários para que o cultivo interior seja
1274 sustentável (ARANEDA *et al.*, 2008). Diversos métodos são utilizados para salinizar a água no
1275 cultivo interior de *L. vannamei*. Na Tailândia usa-se mistura de água doce com solução de
1276 salmoura (água hipersalina) feita a partir da evaporação da água do mar (BOYD e THUNJAI,
1277 2003). Nos Estados Unidos da América o cultivo com água salobra de subsolo se dá há bastante
1278 tempo em vários estados, como Alabama, Arizona, Carolina do Sul, Flórida, Texas etc. (DAVIS
1279 *et al.*, 2005, SOWERS *et al.*, 2006, ROY *et al.*, 2010).

1280 O metabolismo dos organismos aquáticos está relacionado com a composição iônica da
1281 água onde vivem. Diferentes composições iônicas do meio podem afetar o equilíbrio osmótico, o
1282 crescimento e a sobrevivência do *L. vannamei* (SAOUD *et al.*, 2003, SOWERS *et al.*, 2005). Os
1283 íons de sódio (Na⁺) e de potássio (K⁺) são fundamentais na osmorregulação, uma vez que a
1284 enzima Na⁺/K⁺ATPase (NKA) branquial tem importância central na regulação do balanço de água
1285 e íons em vertebrados e invertebrados aquáticos (TOWLE e WEIHRAUCH, 2001). Baixos níveis
1286 destes elementos interrompem as funções normais das células ricas em mitocôndria, afetando a
1287 osmorregulação dos camarões (ROY *et al.*, 2010). Elevadas relações Na⁺/K⁺ e Mg²⁺/Ca²⁺
1288 reduzem a atividade da (NKA) branquial contribuindo para hipocalemia da hemolinfa, podendo
1289 alcançar condições letais para crustáceos (TANTULO e FOTEDAR, 2006, ROMANO *et al.*,
1290 2007).

1291 Uma vez que, a regra da constância da composição iônica da água do mar não se aplica
1292 às águas subterrâneas interiores e nem aos sais artificiais comerciais, o emprego destes meios

1293 pode levar ao desequilíbrio iônico no meio de cultivo (ATWOOD *et al.*, 2003, ROY *et al.*, 2010).
1294 Para contornar estas limitações e manter as principais relações iônicas tem se empregado a
1295 suplementação com sais específicos, principalmente sais de potássio (K⁺) e magnésio (Mg²⁺)
1296 (DAVIS *et al.*, 2005, ROY *et al.*, 2010).

1297 Para impulsionar a interiorização da carcinocultura, é necessária a redução da
1298 quantidade de água utilizada e de descarte além de um aumento das densidades de estocagem.
1299 Para isto, o uso do sistema de bioflocos (BFT) é de grande importância, pois emprega menor
1300 área e menor quantidade de água quando comparado com o sistema semi-intensivo
1301 convencional em viveiros escavados. O sistema BFT permite reutilizar a água em vários ciclos
1302 de cultivo levando a redução de efluentes. Neste sistema deve se considerar a necessidade
1303 iônica fisiológica dos camarões e também dos microrganismos componentes dos bioflocos.
1304 Diferentes composições iônicas da água podem interferir nos processos fisiológicos dos
1305 camarões e dos microrganismos que compõem os bioflocos afetando a transformação dos
1306 compostos nitrogenados e o crescimento dos camarões, uma vez que o consumo dos bioflocos
1307 é parte importante da sua alimentação (BURFORD *et al.*, 2004, WASIELESKY *et al.*, 2006,
1308 MAICÁ *et al.*, 2012).

1309 Neste estudo foram testadas fontes alternativas de água na produção de *L. vannamei*
1310 em sistema BFT, na formação dos bioflocos, composição da microbiota e no desempenho
1311 zootécnico de *L. vannamei*

1312 **MATERIAL E MÉTODOS**

1313 *Local e instalações*

1314 O estudo foi conduzido na Estação Marinha de Aquacultura Prof. Marcos Alberto
1315 Marchiori (EMA), do Instituto Oceanográfico da Universidade Federal do Rio Grande, localizada
1316 na praia do Cassino, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil.

1317

1318 *Material biológico, água e delineamento experimental*

1319 O material biológico utilizado no presente estudo foi adquirido do Laboratório de
1320 Camarões Marinhos Aquatec LTDA (Canguaretama, Rio Grande do Norte, Brasil). Náuplios de
1321 *L. vannamei* produzidos por este laboratório foram trazidos até as instalações da EMA, estes
1322 passaram pelo processo de larvicultura onde permaneceram até a fase de pós larva (PL20).

1323 Neste experimento foram utilizados quatro fontes de água: (1) água marinha, a qual foi
1324 bombeada da praia do Cassino; (2) água de subsolo salobra (~8g/L), a qual foi bombeada de um
1325 poço subterrâneo próximo ao mar, na EMA, com uma profundidade de 9m; (3) água de
1326 precipitação atmosférica, coletada através de calhas em estufas de cultivo; (4) e a última foi água
1327 doce de subsolo (~0g/L) bombeada de um poço subterrâneo localizado longe da costa a uma
1328 profundidade de 5m. Todas as fontes de água foram filtradas com filtro de cartucho (5µm),
1329 cloradas com 10 ppm de que Hipoclorito de sódio e decloradas com ácido ascórbico 1ppm e
1330 mantidas sob aeração intensa. Para obter a mesma salinidade (8g/L) nos diferentes tratamentos,
1331 a água marinha foi diluída com água da Companhia Rio-grandense de Saneamento (CORSAN)
1332 para diminuir a salinidade. A água subterrânea doce e a água de precipitação foram salinizadas
1333 artificialmente com sal marinho comercial três dias antes do início do experimento, para tal foi
1334 utilizado Sal Marinho FishOnly® da Nutratec®. Já a água de subsolo salobra não necessitou ser
1335 salinizada nem diluída.

1336 Os camarões (PL20 – 0.008 ± 0.004 g de peso médio) foram transferidos para as unidades
1337 experimentais com volume útil de 125L, sendo colocados 35 camarões em cada tanque circular
1338 de polietileno (área de fundo de 0,36 m²), resultando em uma densidade de estocagem de 280
1339 camarões/m³, durante 49 dias. No fundo de cada unidade experimental havia dois difusores de
1340 ar (aero-tube™) para prover oxigenação da água no nível de saturação e manter os sólidos em
1341 suspensão. Para manter a temperatura na faixa de 28°C, um aquecedor elétrico (300W) com
1342 termostato foi adicionado em cada unidade experimental.

1343 Foram utilizados quatro tratamentos com 3 repetições cada: Tratamento Controle (TC),
1344 no qual foi utilizada água marinha diluída até 8g/L; Tratamento Precipitação (TP), no qual foi
1345 utilizado água de precipitação salinizada artificialmente; Tratamento Subsolo Doce (TSD), no
1346 qual foi utilizado água subterrânea doce salinizada artificialmente e Tratamento Subsolo Salobra
1347 (TSSS), no qual foi utilizado água subterrânea salobra. Para salinização artificial foram feitos dois
1348 estoques iniciais de água salinizada que posteriormente foram distribuídas para as réplicas.

1349 Os animais foram alimentados com ração comercial (Centro Oeste Rações S.A.- Brasil)
1350 com 40% de proteína bruta (Guabi Potimar[®] 40) nas três primeiras semanas. A partir da quarta
1351 semana foi utilizado uma ração com 38% de proteína bruta (Guabi Potimar[®] 38) As rações foram
1352 fornecidas duas vezes ao dia (08:00 e 17:00 h). A taxa de alimentação foi baseada na tabela de
1353 JORY *et al.* (2001) e foram utilizadas bandejas de alimentação, verificando sobras e ajustando a
1354 quantidade de ração fornecida.

1355

1356 *Análise da Composição Iônica da Água*

1357 As soluções nominais preparadas como tratamentos foram aferidas pela determinação
1358 da concentração dos macroelementos componentes da água salgada antes da estocagem e ao
1359 final do período experimental. As concentrações de cloreto (Cl⁻) foram dosadas pelo método
1360 argentimétrico segundo APHA (2005); de potássio (K⁺) pelo método tetrafenilborato; de sódio
1361 segundo FRIES e GETROST (1977); do sulfato (SO₄²⁻) pelo método do sal de bário segundo
1362 MERK (1974); de cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺) pelo método titulométrico de complexação
1363 segundo APHA (2005) e de sódio (Na⁺) foi mensurado em espectrofotômetro de chama (Tecnal,
1364 modelo Micronal B462, Brasil).

1365

1366 *Parâmetros Físicos e Químicos de Qualidade da Água*

1367 Oxigênio dissolvido (OD), pH, salinidade e temperatura foram medidos diariamente com
1368 o auxílio de um medidor multiparâmetro YSI Professional Plus (Yellow Springs, OH, USA). As

1369 concentrações de amônia total (N-AT) ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) e nitrito (N-NO_2^-) foram mensuradas três
1370 vezes por semana, conforme metodologias preconizadas pela UNESCO (1983) e
1371 BENDSCHNEIDER e ROBINSON (1952), já o nitrato foi mensurado uma vez por semana de
1372 acordo com AMINOT e CHAUSSEPIED (1983). A alcalinidade foi mensurada a cada 4 dias de
1373 acordo com APHA (1998). Os sólidos suspensos totais (SST mg.L^{-1}) foram determinados uma
1374 vez por semana por gravimetria mediante filtragem de alíquotas de 20 mL de água em filtros de
1375 fibra de vidro GF 50-A, conforme STRICKLAND e PARSONS (1972). Foi adicionado cal hidratada
1376 Ca(OH)_2 para manter os valores de pH acima de 7,8 e para manter a alcalinidade acima de
1377 100mg/L CaCO_3 (FURTADO *et al.*, 2011). Sempre que a concentração de amônia total chegou
1378 a 0,5mg/L foi realizada fertilização orgânica 6:1 (C/N) aplicando melaço de cana de açúcar
1379 contendo 37,5% de carbono orgânico (EBELING *et al.*, 2006). Uma vez por semana foi
1380 adicionado 0,5 ppm de pró-biótico na água (Pro-W, INVE®). No decorrer do estudo não houve
1381 renovação de água, apenas reposição do que foi perdido pela evaporação por meio da adição
1382 de água doce sem cloro, no intuito de manter a salinidade em 8g/L.

1383

1384 *Parâmetros Desempenho Zootécnico*

1385 As biometrias foram realizadas semanalmente, pesando 8 camarões individualmente de
1386 cada tanque, usando balança de precisão ($\pm 0,01\text{g}$ SD Marte®). Ao final do experimento, todos os
1387 camarões vivos em cada unidade experimental foram pesados e contados para avaliação do
1388 crescimento e sobrevivência nos diferentes tratamentos. Os seguintes parâmetros foram
1389 determinados: Sobrevivência (%) = $[(\text{n}^\circ \text{ final camarões} / \text{n}^\circ \text{ inicial de camarões}) \times 100]$; Peso médio
1390 final (g); Ganho de peso semanal (GPS), para este cálculo foi considerado somente os valores
1391 após os camarões atingirem 1g de peso médio; Conversão alimentar aparente (CAA) = Ração
1392 $\text{consumida} / \text{ganho em peso}$; Taxa de crescimento específico (TCE ; $\%.\text{dia}^{-1}$) = $[(\ln \text{ peso final} -$
1393 $\ln \text{ peso inicial}) / \text{dias de experimento}] \times 100$.

1394

1395 *Análise da Comunidade Microbiana*

1396 Para caracterização e quantificação da comunidade microbiana presente nos bioflocos e
1397 na água do cultivo, foram coletadas amostras iniciais, intermediárias e finais (nos dias 7, 21 e 49)
1398 da água de cada unidade experimental. As amostras (20 ml) foram fixadas em formalina 4% e
1399 mantidas em frascos âmbar para posterior contagem e identificação dos grupos de
1400 microrganismos presentes. Para contagem de rotíferos, ciliados, flagelados e microalgas foi
1401 utilizado microscópio invertido Zeiss Axiovert® com magnificação final de 400x. Alíquotas de
1402 0,5mL de amostra foram contadas em câmara de sedimentação por campos aleatórios
1403 (Utermöhl, 1958). Todas as contagens foram realizadas no Laboratório de Ecologia do
1404 Fitoplâncton e de Microrganismos Marinhos, IO/ FURG.

1405

1406 *Análise Estatística*

1407 Depois de verificada a homocedasticidade e normalidade dos dados, foi realizada análise
1408 de variância de uma via (ANOVA), para verificar possíveis diferenças significativas entre as
1409 médias obtidas. Quando detectadas diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$), o
1410 teste de Tukey para comparação de médias foi utilizado com o mesmo grau de significância. Os
1411 valores percentuais de sobrevivência foram transformados ($\arcsin^{0.5}$) antes de analisados.

1412

1413 **RESULTADOS**

1414 *Qualidade da água*

1415 Durante o período experimental os parâmetros de qualidade da água (tabela 2), com
1416 exceção dos compostos nitrogenados, se mantiveram dentro dos padrões recomendados
1417 para a espécie (Van Wyk & Scarpa, 1999). A temperatura média no período se manteve
1418 entre 25 e 28°C, as concentrações de oxigênio dissolvido se mantiveram acima de 6mg/L e a

1419 salinidade em $8,1 \pm 0,5$ g/L. Estes parâmetros não apresentaram diferenças significativas entre os
 1420 tratamentos. Foram necessárias correções dos valores de alcalinidade, através da adição de
 1421 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, que se mantiveram acima de 90 mg/L CaCO_3 , sendo que no tratamento com água de
 1422 subsolo salobra (TSSS) os valores médios foram significativamente mais elevados que todos
 1423 demais tratamentos, e os tratamentos TSD e TC apresentaram alcalinidade significativamente
 1424 mais elevada que o tratamento com TP ($P < 0,05$). Os valores de pH se mantiveram entre 8,2 e
 1425 8,7, sendo que no TSSS foi significativamente superior aos demais tratamentos.

1426
 1427 **Tabela 2.** Parâmetros médios de qualidade da água ao longo de 49 dias de cultivo de pós larvas
 1428 do camarão *Litopenaeus vannamei* em salinidade reduzida (8g/L) a partir de diferentes fontes de
 1429 água.

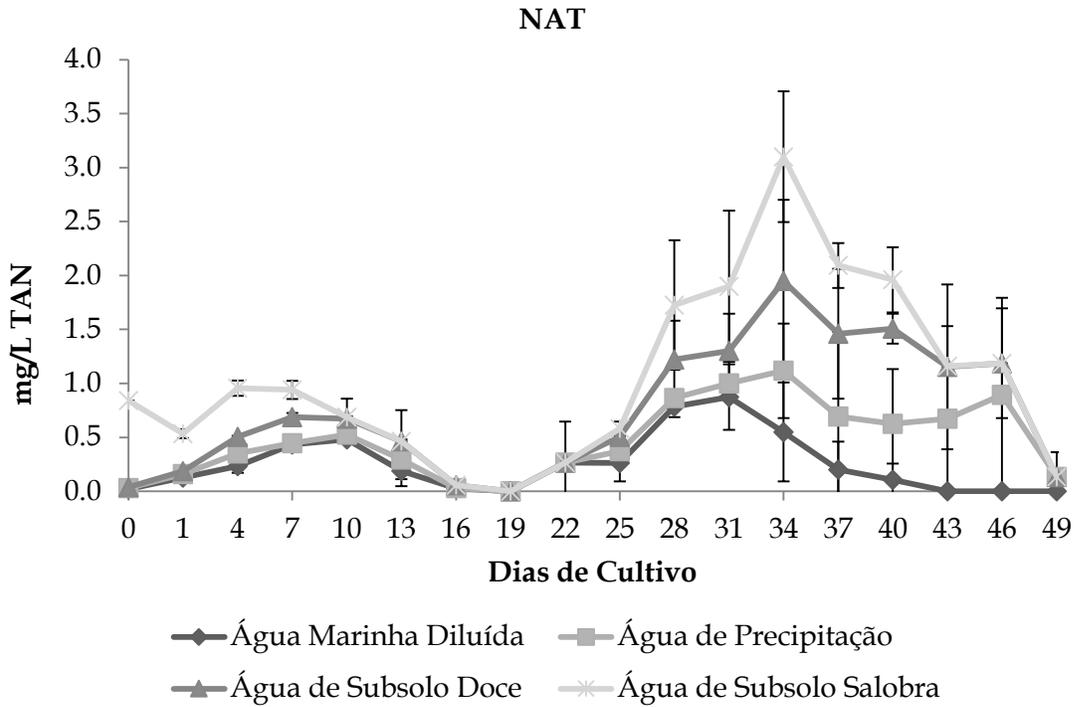
	Tratamentos			
	TC	TP	TSD	TSS
°C m	$25,1 \pm 1,4$	$25,0 \pm 1,3$	$25,4 \pm 1,3$	$26,0 \pm 1,5$
°C t	$27,6 \pm 1,7$	$27,6 \pm 1,5$	$28,2 \pm 1,7$	$28,2 \pm 1,5$
ODm	$7,5 \pm 0,3$	$7,5 \pm 0,2$	$7,4 \pm 0,3$	$7,3 \pm 0,3$
ODt	$7,0 \pm 0,4$	$7,0 \pm 0,4$	$6,9 \pm 0,4$	$6,8 \pm 0,4$
pH	$8,30 \pm 0,07^b$	$8,30 \pm 0,07^b$	$8,40 \pm 0,07^b$	$8,60 \pm 0,16^a$
Alc.	$122,2 \pm 7,5^b$	$92,9 \pm 4,1^c$	$126,5 \pm 3,9^b$	$246,8 \pm 25,6^a$
Sal.	$8,1 \pm 0,5$	$8,1 \pm 0,5$	$8,2 \pm 0,6$	$8,0 \pm 0,7$
N-AT	$0,26 \pm 0,31$	$0,27 \pm 0,49$	$0,33 \pm 0,5$	$0,32 \pm 0,43$
N-NO ₂ ⁻	$1,48 \pm 2,97$	$0,91 \pm 2,75$	$1,16 \pm 3,22$	$1,58 \pm 3,44$
N-NO ₃ ⁻	$3,0 \pm 7,42$	$1,29 \pm 3,51$	$0,8 \pm 3,58$	$0,76 \pm 2,49$
SST	347 ± 48.6	368 ± 39.5	326 ± 58.8	330 ± 49.8

1430 TC- Tratamento Controle, TP- Tratamento Precipitação, TSD- Tratamento Subsolo Doce, TSS- Tratamento
 1431 Subsolo Salobra; °Cm – temperatura da água pela manhã, °Ct – temperatura da água á tarde, ODm –

1432 oxigênio dissolvido pela manhã, ODT – oxigênio dissolvido á tarde, Alc. – alcalinidade em mg/L CaCO₃ e
1433 Sal. – salinidade em g/L, SST – Sólidos Suspensos Totais. Letras diferentes na mesma linha indicam
1434 diferença significativa entre as médias (ANOVA; Tukey; P<0,05).

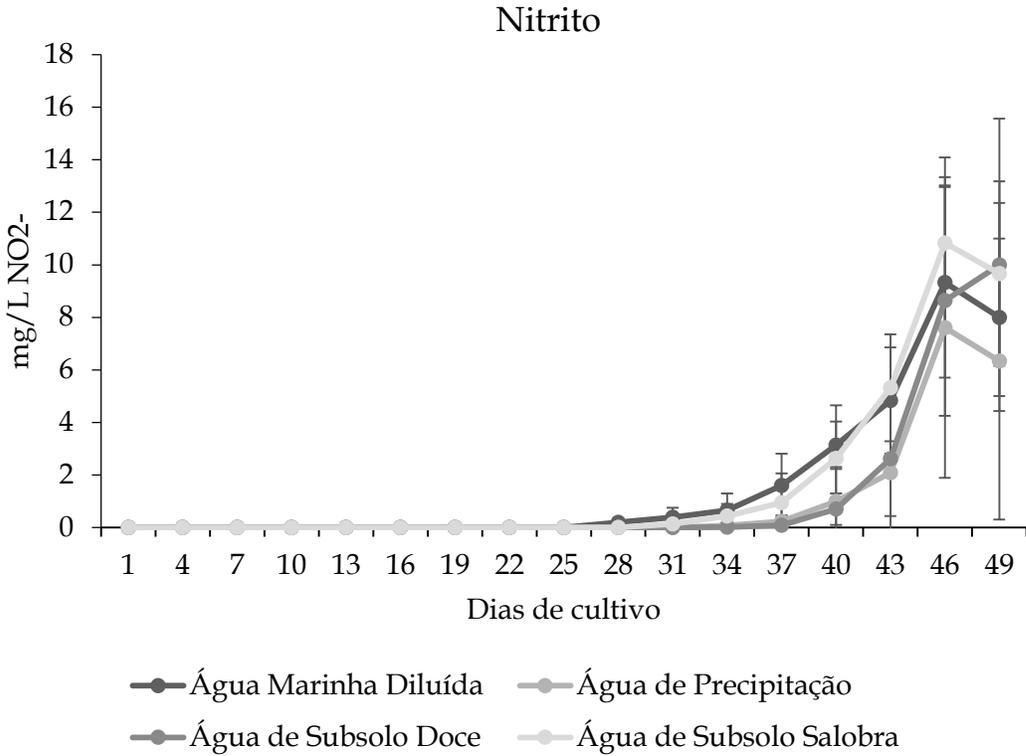
1435
1436 As concentrações de amônia total (N-AT) durante o período experimental tiveram
1437 pequenas elevações nas duas primeiras semanas e um pico na quinta semana. O tratamento TC
1438 apresentou os menores valores de N-AT, enquanto que as concentrações mais elevadas foram
1439 obtidas no TSSS, sendo este tratamento o único que apresentou concentrações de amônia
1440 próximas a 1mg/L no início do período experimental. As águas salinizadas artificialmente (TP e
1441 TSD) tiveram valores intermediários de amônia, quando comparados aos demais tratamentos.
1442 Ao final do experimento as concentrações de amônia em todos os tratamentos se encontravam
1443 próximas a zero (Figura 1).

1444 O nitrito (N-NO₂⁻) foi detectado a partir da quinta semana, quando os valores se elevaram
1445 rapidamente até o final do experimento. Devido aos elevados valores foi necessária a redução
1446 temporária da taxa de alimentação, que foi realizada igualmente em todos tratamentos, mesmo
1447 com a redução na alimentação, as concentrações se mantiveram elevadas até o final do cultivo
1448 (Figura 2). As concentrações de nitrato (N-NO₃⁻) foram detectadas, em todos tratamentos, a partir
1449 do 35º dia, ficando abaixo de 20 mg/L.



1450

1451 **Figura 1.** Concentração de amônia total (NAT) durante 49 dias de cultivo de *L. vannamei* na
 1452 densidade de estocagem de 280 camarões/m³, em sistema de bioflocos, utilizando diferentes
 1453 fontes de água.



1455

1456 **Figura 2.** Concentração de nitrito (N-NO₂) durante 49 dias de cultivo de *L. vannamei* na
 1457 densidade de estocagem de 280 camarões/m³, em sistema BFT utilizando diferentes fontes
 1458 alternativas de água.

1459

1460 *Desempenho Zootécnico*

1461 Os camarões cultivados em TSSS obtiveram peso médio final significativamente superior
 1462 aos camarões dos tratamentos salinizados artificialmente (TP e TSD) enquanto que TC não
 1463 diferiu de nenhum outro tratamento, o mesmo ocorreu com o ganho de peso semanal (GPS). A
 1464 biomassa final de TSSS foi significativamente maior que em TSD, os demais tratamentos não
 1465 diferiram de nenhum outro. Já os valores da taxa de crescimento específica (TCE), de conversão
 1466 alimentar aparente (CAA) e de sobrevivência não diferiram entre os tratamentos (Tabela 3).

1467

1468

1469

1470

1471 **Tabela 3.** Desempenho zootécnico de pós- larvas de *Litopenaeus vannamei* cultivado por 49
1472 dias em salinidade reduzida (8g/L) empregando diferentes fontes de água.

Trat.	Peso Final (g)	GPS (g/sem)	TCE (%/dia)	CAA	Sob. (%)	Biomassa (g)
TC	2,63±0,51 ^{ab}	0,60±0,15 ^{ab}	11,80±0,47	1,34±0,27	77,1±5,7	76,9±21,5 ^{ab}
TP	2,30±0,37 ^b	0,55±0,03 ^b	11,54±0,25	1,40±0,08	67,1±30,3	68,2±10,1 ^{ab}
TSD	2,39±0,49 ^b	0,53±0,03 ^b	11,64±0,07	1,51±0,04	61,4±18,1	64,1±2,5 ^b
TSSS	3,18±0,54 ^a	0,74±0,03 ^a	12,22±0,08	1,32±0,04	63,8±8,7	80,8±8,2 ^a

1473 Obs.: TC -Tratamento Controle, TP- Tratamento Precipitação, TSD- Tratamento Subsolo Doce,
1474 TSS- Tratamento Subsolo Salobra, GPS - Ganho de Peso Semanal (g/semana), TCE- taxa de
1475 crescimento específico, CAA-conversão alimentar aparente e Sob. – sobrevivência, Biomassa –
1476 biomassa média final por tanque. Letras distintas na mesma coluna representam diferença
1477 significativa entre as médias (ANOVA; Tukey; P<0,05).

1478

1479 *Composição Iônica da Água*

1480 A composição iônica da água dos diferentes tratamentos foi distinta já no início do ensaio,
1481 principalmente na concentração de magnésio e de sulfatos. A maior concentração inicial de
1482 magnésio foi encontrada na água de subsolo salobra (TSSS) (450mg/L) seguida da água
1483 marinha diluída (TC) (375mg/L) enquanto que as água salinizadas artificialmente (TP e TSD)
1484 possuíram concentrações menores deste íon (300mg/L). As concentrações de sulfato foram
1485 inicialmente inferiores no tratamento com água de precipitação.

1486 A composição iônica foi modificada ao final do experimento, o cloreto, o sódio e o potássio
1487 tiveram suas concentrações elevadas durante o período amostral em todos os tratamentos. O

1488 cálcio foi reduzido, exceto no tratamento controle (TC) e o magnésio teve uma manutenção dos
 1489 níveis, exceto no tratamento com água de subsolo salobra (TSS) enquanto que o sulfato não
 1490 teve um padrão definido. As principais relações iônicas para cultivo de *L. vannamei*, $Ca^{2+}/Mg^{2+}/K^{+}$
 1491 e Na^{+}/K^{+} , foram alteradas ao final do período amostral, principalmente pela elevação dos níveis
 1492 de K^{+} em todos tratamentos.

1493

1494

1495

1496

1497

1498

1499 **Tabela 4.** Composição iônica inicial e final da água dos tratamentos utilizados para o cultivo de

1500 *L. vannamei* e as principais relações iônicas.

	Tratamento		Tratamento		Tratamento Água		Tratamento Água	
	Controle		Precipitação		de Subsolo Doce		de Subsolo Salobra	
	inicial	Final	inicial	final	inicial	final	inicial	Final
Cl⁻	4250	4633±208	4350	4766±115	4200	4900±173	4200	4566±301
Na⁺	2221	2308±19	2150	2305±43	2260	2314±34	2100	2269±27
Ca²⁺	150	159±11,3	145	100±4,9	145	113±12,1	150	122±8,9
Mg²⁺	375	401±10,1	300	302±16,8	300	294±7,4	450	326±8,2
K⁺	64	126±4,9	71	111±17,2	86	125±2,7	96	170±15,1
SO₄²⁻	314	267±63	148	191±56	242	188±46	260	294±31
Ca/Mg/K	1:2.5:0.4	1:2.5:0.8	1:2.1:0.5	1:3:1.1	1:2:0.6	1:2.6:1.1	1:3:0.6	1:2.7:1.4
Na/K	34	18	30	20	26	18	21	13

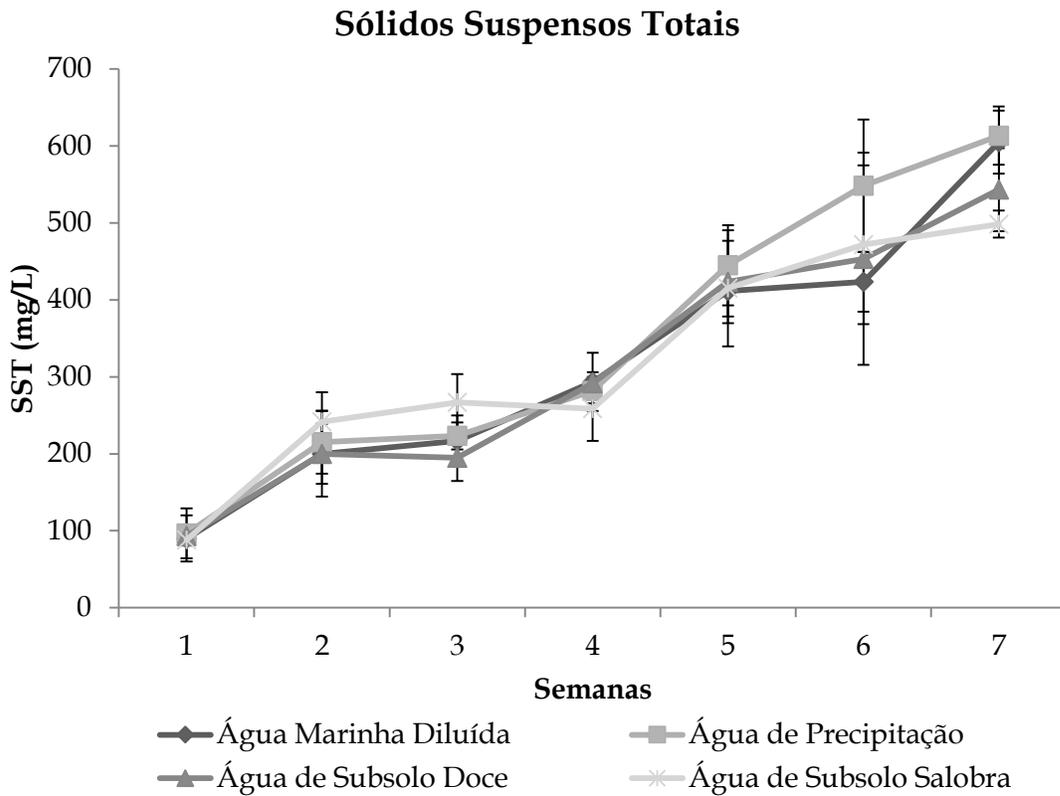
1501 Cl⁻ - cloretos, Na⁺ - sódio, Ca²⁺ - cálcio, Mg²⁺ - magnésio, K⁺ - potássio e SO₄²⁻ - sulfato.

1502

1503 *Sólidos Suspensos Totais*

1504 A concentração de sólidos suspensos totais (SST) aumentou durante o experimento
1505 alcançando aproximadamente 650mg/L no final do período experimental de forma similar em
1506 todos os tratamentos (figura 3).

1507



1508

1509 **Figura 3.** Concentrações de sólidos suspensos totais (SST) durante 49 dias de cultivo de
1510 cultivo em sistema BFT e salinidade reduzida (8g/L) empregando diferentes fontes
1511 alternativas de água.

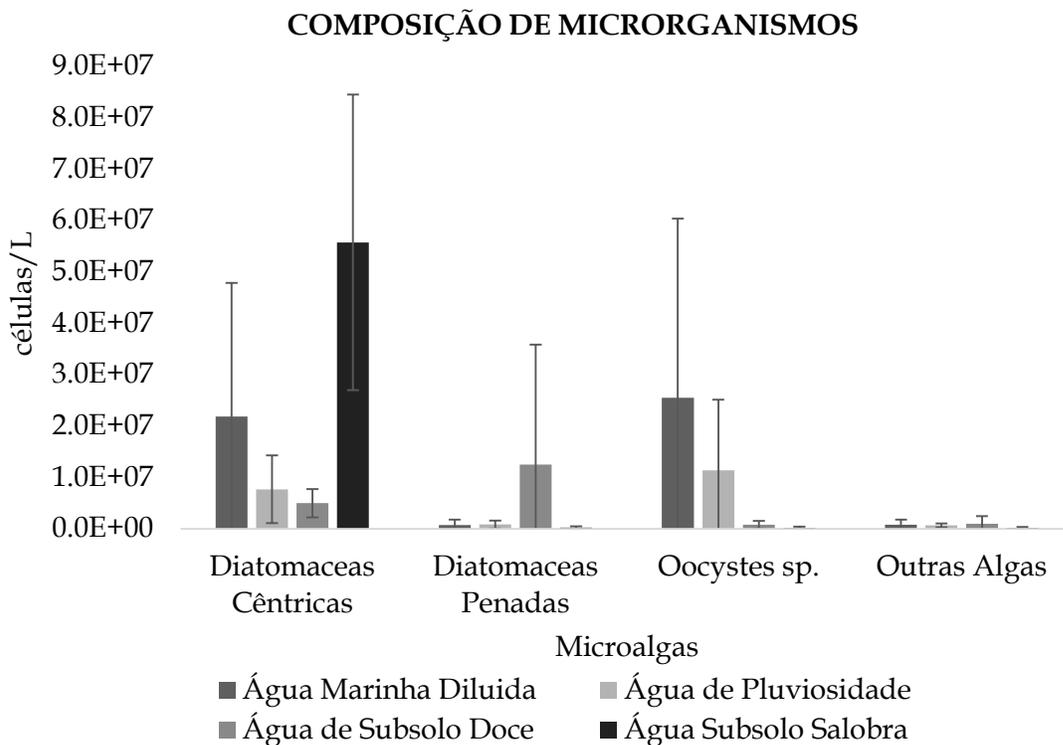
1512

1513 *Microrganismos*

1514 Os microrganismos componentes dos bioflocos foram classificados quali-
1515 quantitativamente, onde foram identificados: diatomáceas cêntricas; diatomáceas penadas e

1516 uma espécie de clorófitcea (*Oocystes* sp.). Também foram encontrados flagelados, rotíferos,
1517 ciliados, amebóides e a clorófitcea *Planctonema* sp., porém estes em número reduzido de
1518 organismos. Foi observado um aumento da diversidade de microrganismos com o passar do
1519 período amostral, aos sete dias de cultivo a diversidade biológica estava bastante reduzida, já a
1520 partir do 21º dia a maioria dos grupos já estava presente em todos os tratamentos.

1521 A composição de microrganismos nos bioflocos foi influenciada pelas diferentes fontes
1522 de água. Desde a primeira semana de cultivo houve diferenciação na composição dos bioflocos,
1523 no tratamento TSS a quantidade de diatomáceas cêntricas (*Conticribra weissflogii*) se destacou
1524 frente aos demais tratamentos, o mesmo ocorrendo no tratamento TC. Na terceira e quinta
1525 semana, as concentrações de diatomáceas cêntricas nos tratamentos TSS e TC continuaram
1526 elevadas, porém houve uma tendência de queda deste grupo e um aumento das clorófitceas. Ao
1527 final do período amostral, as diatomáceas cêntricas continuavam dominantes no tratamento TSS,
1528 enquanto que o tratamento TC e TP as clorófitceas se mostraram dominantes, já no tratamento
1529 TSD ocorreu o desenvolvimento de diatomáceas penadas. Houve uma disparidade entre os
1530 tratamentos quanto a composição microbiológicas dos flocos, fazendo com que a média das
1531 concentrações de diatomáceas fossem maiores nos tratamentos TSSS e TC, justamente nos
1532 tratamentos que os camarões tiveram o melhor desempenho zootécnico.



1533

1534 **Figura 4.** Composição microbiológica média componente dos bioflocos ao longo de 49 dias
 1535 de experimento com diferentes fontes de água.

1536

1537 **DISCUSSÃO**

1538 Durante o período de estudo, a temperatura mínima foi superior a 24,5°C e a máxima de
 1539 28,2°C ficando dentro da faixa indicada de temperatura para o melhor crescimento e
 1540 sobrevivência dos juvenis desta espécie (SOUZA *et al.*, 2016). As concentrações de oxigênio
 1541 dissolvido durante o período amostral ficaram sempre acima de 6,5mg L⁻¹ sendo consideradas
 1542 ideais para o cultivo de camarões peneídeos, o mesmo ocorrendo com os valores de pH, que ao
 1543 longo do estudo permaneceram acima de 7,6 e abaixo de 9,0 (VAN WYK e SCARPA, 1999,
 1544 ZHANG *et al.*, 2015).

1545 A salinização artificial do meio tem custo relativamente elevado, para tornar este
1546 procedimento viável economicamente, é necessário que esta água seja reutilizada para outros
1547 ciclos de cultivo. O uso de salinidades reduzidas diminui o custo de salinização e o tempo de
1548 retorno do investimento, por este motivo a salinidade foi estabelecida em 8g/L em todos os
1549 tratamentos, uma vez que esta salinidade possibilita o crescimento dos camarões e é adequada
1550 para formação dos flocos microbianos (SPARZA-LEAL *et al.*, 2016; MAICÁ *et al.*, 2012). Há
1551 pouca informação sobre os efeitos de diferentes composições iônicas da água na composição
1552 dos bioflocos e sua influência na qualidade da água. Neste experimento as diferentes fontes de
1553 água não parecem ter influenciado significativamente a qualidade física e química da água, mas
1554 sim a composição dos microrganismos.

1555 Em cultivos em baixas salinidades, deficiências de potássio combinadas com deficiências
1556 de magnésio são os principais fatores responsáveis por diminuir o crescimento e sobrevivência
1557 de camarões (ROY *et al.*, 2010). No presente estudo, embora as concentrações iniciais destes
1558 íons estivessem próximas as da água marinha diluída, ao final do período experimental as
1559 concentrações de potássio foram mais elevadas enquanto que o magnésio teve suas
1560 concentrações reduzidas. Estes íons estão presentes na composição da ração fornecida,
1561 provavelmente a concentração de magnésio na ração não foi suficiente para suprir o consumo
1562 por parte dos camarões e dos microrganismos que compõem os bioflocos, enquanto que as
1563 concentrações de potássio na ração provavelmente estavam acima do que foi absorvido pelos
1564 camarões e microrganismos componentes dos bioflocos, uma vez que a ração é praticamente a
1565 única fonte de entrada destes componentes no sistema de cultivo.

1566 Um desequilíbrio nas relações iônicas pode afetar o desempenho zootécnico dos animais
1567 já que alguns íons, principalmente o sódio e o potássio tem papel fundamental na osmorregulação
1568 (ZHU *et al.*, 2004). Durante os 49 dias de ensaio as relações iônicas sofreram alterações
1569 pronunciadas, principalmente pelo incremento de potássio, porém não parecem ter afetado a
1570 sobrevivências dos camarões. Em sistemas fechados, sem renovação de água como este, em

1571 algum momento será necessário uma readequação da composição iônica da água a fim de evitar
1572 que desequilíbrios causados pelo excesso ou falta de algum íon afete a sobrevivência e o
1573 crescimento dos camarões.

1574 O nitrogênio amoniacal total (NAT) é proveniente da excreção e da decomposição da
1575 matéria orgânica e quando em concentrações elevadas pode afetar negativamente o
1576 desempenho dos organismos cultivados, podendo gerar mortalidades (LIN e CHEN, 2001). O
1577 nitrito (NO_2^- -N) é um produto intermediário resultante da oxidação da amônia realizado por
1578 bactérias nitrificantes, podendo acumular no meio de cultivo, quando o meio BFT não está
1579 maduro suficiente, podendo afetar o crescimento e a sobrevivência dos camarões (LIN e CHEN,
1580 2003). Quanto ao nitrato, produto final da nitrificação, é o composto nitrogenado menos nocivo
1581 aos peneídeos, sendo tóxico apenas em concentrações bastante elevadas, mesmo em
1582 salinidades reduzidas (FURTADO *et al.*, 2015). Ao longo deste estudo, o comportamento dos
1583 compostos nitrogenados se mostrou condizente com o processo de formação dos bioflocos,
1584 ocorrendo picos de NAT e nitrito (FURTADO *et al.*, 2015).

1585 De acordo com SCHULER *et al.* (2010) a CL_{50} 48h para pós larvas (PL25 – PL45) de *L.*
1586 *vannamei* em salinidade 10g/L é de 39,72mg/L N-NH₄. No presente estudo, as concentrações de
1587 N-AT e mantiveram acima de 0,5mg/L durante boa parte do período amostral sendo controladas
1588 pela adição de melão e, quando necessário, pela redução na taxa de alimentação. O nitrito foi
1589 detectado a partir do 30º dia nos tratamentos TC e TSS enquanto que, nos tratamentos com
1590 água salinizada artificialmente, o nitrito só foi detectado uma semana mais tarde. Este resultado
1591 indica que as bactérias amônia-oxidantes (*Nitrobacter*) tiveram seu crescimento retardado nos
1592 tratamentos com água artificialmente salinizadas, e estas bactérias se encontravam em número
1593 reduzido já que as concentrações de nitrito continuaram elevadas até o fim do experimento. Já
1594 o crescimento da bactéria nitrito-oxidantes (*Nitrossomonas*) não foi afetado pelos diferentes
1595 tratamentos, uma vez que os valores de nitrato foram equivalentes nos quatro tratamentos, não

1596 atingindo concentrações letais para o *L. vannamei* em baixas salinidades (FURTADO *et al.*,
1597 2015).

1598 Juvenis de *L. vannamei*, em condições hiposmóticas, se tornam mais sensíveis a
1599 toxicidade do nitrito, sendo o nível de segurança para salinidade 15g/L é de 6,1mg/L N-NO₂ (LIN
1600 e CHEN, 2003). Furtado *et al.* (2016) testaram o efeito do nitrito sobre o cultivo de *L. vannamei*
1601 durante 30 dias e concluíram que, para salinidade 8g/L, concentrações de 2,5mg/L são
1602 suficientes para afetar o crescimento dos camarões, mas não sua sobrevivência. No presente
1603 estudo, concentrações acima de 2,5mg/L de nitrito foram detectadas em todos tratamentos após
1604 quarenta dias de cultivo (40-49). Diante disso é provável que o pico de nitrito nos nove últimos
1605 dias tenha afetado o crescimento e a sobrevivência dos camarões.

1606 O presente estudo teve como objetivo, também o acompanhamento e formação dos
1607 flocos microbianos, por este motivo não foi utilizado inóculo maduro de bioflocos, como
1608 recomendado por KRUMMENAUER *et al.* (2014). O uso do inóculo diminui a elevação dos
1609 compostos nitrogenados através da aceleração do processo de nitrificação. A concentração de
1610 sólidos suspensos totais é um parâmetro utilizado para quantificar a densidade dos flocos
1611 microbianos dentro do sistema de cultivo. No presente estudo os valores de SST abaixo de
1612 100mg/L na primeira semana eram esperados, pelo não uso de inóculo de bioflocos, o que
1613 explica as elevações nas concentrações de amônia e posteriormente de nitrito no sistema. Ao
1614 final do experimento, mesmo com valores de SST acima de 600mg/L, as concentrações de nitrito
1615 se mantiveram elevadas, provavelmente pela comunidade microbiana nitrificante não estar
1616 suficientemente madura. Na literatura, valores muito elevados de SST contribuem para a redução
1617 dos níveis de oxigênio dissolvido e podem causar obstrução das brânquias dos camarões
1618 (GAONA *et al.*, 2011), por outro lado, baixas concentrações de SST por não conter a quantidade
1619 adequada de bactérias nitrificantes. Ao final deste estudo os valores de SST ficaram acima dos
1620 recomendados por SAMOCHA *et al.*, 2007, que é de 500mg/L, porém, como o oxigênio dissolvido

1621 se manteve elevado e não foi observado oclusão de brânquias, o crescimento e a sobrevivência
1622 dos camarões não parecem ter sido afetado por este parâmetro.

1623 Mesmo os camarões peneídeos sendo fortes osmorreguladores, as taxas de
1624 sobrevivência normalmente são menores em salinidades reduzidas (ESPARZA-LEAL *et al.*,
1625 2016) e os camarões se tornam mais suscetíveis a agentes estressores (LIN & CHEN, 2003). As
1626 taxas de sobrevivência relativamente baixas no experimento podem ser atribuídas
1627 principalmente, a salinidade reduzida que tornou os animais mais suscetíveis aos níveis elevados
1628 de amônia e, principalmente nitrito. Nos tratamentos salinizados artificialmente, quando os níveis
1629 de nitrito alcançaram 15mg/L a mortalidade foi mais elevada, já nos tratamentos com água do
1630 subsolo salobra e água marinha diluída as sobrevivências foram mais elevadas.

1631 O tratamento com água marinha diluída (TC) manteve elevada quantidade de algas
1632 diatomáceas durante quatro semanas, enquanto que a água de subsolo salobra (TSSS) foi o
1633 único tratamento que manteve quantidade de diatomáceas elevadas durante as sete semanas.
1634 As baixas concentrações de diatomáceas nos tratamentos que tiveram a água salinizada
1635 artificialmente, se deve a composição iônica do sal comercial utilizado que muito provavelmente
1636 deve possuir baixa concentração de silicato. Estas algas tem elevada qualidade nutricional e
1637 melhoram o desempenho e a conversão alimentar de *L. vannamei* em sistema BFT,
1638 provavelmente, por este motivo, o desempenho dos camarões dos tratamentos TC e TSS foram
1639 superiores aos demais, como ocorreu com GODOY *et al.* (2012). Corroborando a importância
1640 dos bioflocos na nutrição dos camarões, conforme descrito por BURFORD *et al.* (2004) e
1641 WASIELESKY *et al.* (2006).

1642

1643 **CONCLUSÃO**

1644 É possível a utilização de fontes alternativas de água para o cultivo de camarões marinhos
1645 em sistema BFT, sejam elas doce, salinizadas artificialmente, ou salobras. As diferentes fontes

1646 de água testadas possibilitaram o cultivo de *L. vannamei* e a formação dos flocos microbianos.
1647 As águas salinizadas artificialmente retardaram o aparecimento das bactérias nitrificantes e não
1648 possibilitaram o desenvolvimento de diatomáceas. O melhor desempenho zootécnico dos
1649 camarões cultivados com água de subsolo salobra (TSS) em relação as água salinizadas
1650 artificialmente foi atribuído a sua influência sobre a composição de microrganismos componentes
1651 dos bioflocos, principalmente pela presença de diatomáceas durante todo período de cultivo.

1652

1653 REFERÊNCIAS

1654 Aminot A. & Chaussepied M. 1983 Manuel des analyses chimiques em milieu marin. C.N.E.X.O,
1655 Brest, 376p.

1656 APHA (American Public Health Association). 1998 Standard methods for the examination of water
1657 and wastewater. 20th edition, Washington, DC, USA.

1658 APHA; AWWA & WEF. 2005 Standard methods for the examination of water and wastewater,
1659 21st edition. American Public Health Association, Washington, DC, USA.

1660 Araneda M, Pérez EP & Gasca-Leyva E. 2008 White shrimp *Penaeus vannamei* culture in
1661 freshwater at three densities: condition state based on length and weight. Aquaculture 283:13-
1662 18.

1663 Atwood HL, Young SP, Tomasso JR & Browdy CL. 2003 Survival and growth of Pacific white
1664 shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae in low salinity and mixed salt environments. Journal of
1665 the World Aquaculture Society 34:518-523.

1666 Ballester LC, Abreu PC, Cavalli RO, Emerenciano M, Abreu L, Wasielesky WJ. 2009 Effect of
1667 practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis*
1668 juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. Aquacult. Nutr.
1669 16(2):163-172.

1670 Bendschneider K & Robison RJ. 1952 A new spectrophotometric method for the determination of
1671 nitrite in sea water. J. Mar. Res. 11:87-96.

1672 Boyd CE & Thunjai T. 2003 Concentrations of major ions in waters of inland farms of China,
1673 Ecuador, Thailand, and the United States. Journal of the World Aquaculture Society 34:524-532.

1674 Burford MA, Thompson PJ, McIntosh RP, Bauman RH & Pearsonc DC. 2004 The contribution of
1675 flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero exchange
1676 system. Aquaculture 232:525-537.

1677 De Souza DM, Borges VD, Furtado OS, Romano LA, Wasielesky W, Monserrat JM & De Oliveira
1678 Garcia L. 2016 Antioxidant enzyme activities and immunological system analysis of *Litopenaeus*
1679 *vannamei* reared in biofloc technology (BFT) at different water temperatures. Aquaculture
1680 (Amsterdam), v. 451:436-443.

1681 Davis DA, Boyd CE, Rouse DV & Saud IP. 2005 Effects of potassium, magnesium and age on
1682 growth and survival of *Litopenaeus vannamei* post-larvae reared in inland low salinity well waters
1683 in west Alabama. Journal of the World Aquaculture Society 36(3): 416-419.

1684 Ebeling JM, Timmons MB, Bisogni JJ. 2006 Engineering analysis of the stoichiometry of
1685 photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture
1686 systems. Aquaculture 257:346–358.

1687 Esparza-Leal HM, Xavier JA & Wasielesky W. 2016 Performance of *Litopenaeus vannamei*
1688 postlarvae reared in indoor nursery tanks under biofloc conditions at different salinities and zero-
1689 water exchange. Aquaculture International, pp 1-13.

1690 Galappaththi EK & Berkes F. 2014 Institutions for managing common-pool resources: the case of
1691 community-based shrimp aquaculture in northwestern Sri Lanka. Maritime Studies 13:13.

1692 Gaona CAP, Poersch LH, Krummenauer D, Fóes GK & Wasielesky W. 2011 The effect of solids
1693 removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology
1694 culture system. Int J Rec Aquacult 12:54-73

1695 Godoy LS, Odebrecht C, Ballester E, Martins TG & Wasielesky W. 2012 Effect of diatom
1696 supplementation during the nursery rearing of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a
1697 heterotrophic culture system. *Aquaculture International* 20:559–569.

1698 FAO (Food and Agriculture Organization). 2016 The state of world fisheries and aquaculture.
1699 Rome, Italy.

1700 Fries J & Getrost H. 1977 Organic reagents for trace analysis. In: tetraphenylborate method.
1701 MERCK, Germany

1702 Furtado PS, Poersch LH & Wasielesky W. 2011 Effect of calcium hydroxide, carbonate and
1703 sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus*
1704 *vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. *Aquaculture* 32:130-135.

1705 Furtado PS, Fugimura MMS, Monserrat JM, De Souza DM, Garcia LO & Wasielesky W. 2015
1706 Acute effects of extreme pH and its influences on the survival and biochemical biomarkers of
1707 juvenile White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*,
1708 48:417-429.

1709 Furtado PS, Campos BR, Serra FP, Klosterhoff M, Romano LA & Wasielesky W. 2016 Effects of
1710 nitrate toxicity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology
1711 (BFT). *Aquaculture International*, Vol 23:315-327.

1712 Jory DE, Cabrera TR, Dugger DM, Fegan D, Lee PG, Lawrence AL, Jackson CJ, McIntosh RP &
1713 Castañeda J. 2001 A global review of shrimp feed management: status and perspectives. In:
1714 Browdy CL, Jory DE (eds). *The new wave: proceedings of the special session on sustainable*
1715 *shrimp culture, aquaculture*. Baton Rouge, LA: The World Aquaculture Society.

1716 Krummenauer, D., Samocha, T., Poersch, L., Lara, G., & Wasielesky, W. 2014 The reuse of water
1717 on the culture of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT system. *Journal of the World*
1718 *Aquaculture Society*, 45(1), 3–14. <http://doi.org/10.1111/jwas.12093>

1719 Lin Y & Chen J. 2001 Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at
1720 different salinity levels. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 259:109-119.

1721 Lin, YC & Chen JC. 2003 Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at
1722 different salinity levels. Aquaculture 224:193-201.

1723 Maicá PF, BorbaMR & Wasielesky W. 2012 Effect of low salinity on microbial floc composition
1724 and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in a zero-water exchange
1725 super-intensive system. Aquacult Res 43:361-370.

1726 MERCK. 1974 Water analysis. In: method of barium salt. E. Merck, Darmstadt, Germany.

1727 Mourad N, Kreydiyyeh S, Ghanawi J, SaoudIP. 2012 Aquaculture of Marine Fish in Inland Low
1728 Salinity Well Water: Potassium Is Not the Only Limiting Element. Fisheries and Aquaculture
1729 Journal, Vol. 2012: FAJ-42.

1730 Péqueux A. 1995 Osmotic regulation in crustaceans. J. Crustac. Biol. 15:1–60.

1731 Roy LA, Davis DA, Saoud IP & Henry RP. 2007 Effects of varying levels of aqueous potassium
1732 and magnesium on survival, growth and respiration of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus*
1733 *vannamei*, reared in low salinity waters. Aquaculture 262: 461-469.

1734 Roy LA, Davis DA, Saoud IP, Boyd CA, Pine HJ & Boyd CE. 2010 Shrimp culture in inland low
1735 salinity waters. Rev. Aquacult. 2:191–208.

1736 Romano N& Zeng C. 2007 Effects of potassium on nitrate mediated changes to osmoregulation
1737 in marine crabs. Aquat. Toxicol. 85, 202–208.

1738 Samocha TM, Patnaik S, Speed M, Ali AM, Burger JM, Almeida RV, Ayub Z, Harisanto M,
1739 Horowitz A & Brock DL. 2007 Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and
1740 grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. Aquacultural Engineering 36, 184–191.

1741 Saoud IP, Davis DA & Rouse DB. 2003 Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus*
1742 *vannamei* culture. Aquaculture 217:373–383.

1743 Schuler DJ, Boardman GD, Kuhn DD & Flick GJ. 2010 Acute toxicity of ammonia and nitrite to
1744 Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at low salinities. J. World Aquacult. Soc. 41, p. 438-
1745 446.

1746 Sowers AD, Young SP, Gatlin DM, Isely JJ, Browdy CL & Tomasso, JR. 2005 Responses of
1747 *Litopenaeus vannamei* in water containing low concentrations of total dissolved solids.
1748 Aquaculture Research 36:819–823.

1749 Sowers AD, Young SP, Grosell M, Browdy CL & Tomasso JR. 2006 Haemolymph osmolality and
1750 cation concentrations in *Litopenaeus vannamei* during exposure to artificial sea salt or a mixed-
1751 ion solution: relationship to potassium flux. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A
1752 145:176–180.

1753 Strickland JDH & Parsons TR. 1972 A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fishery
1754 Research Board, Ottawa, ON, Canada.

1755 Tantulo U & Fotedar R. 2006 Comparison of growth, osmoregulatory capacity, ionic regulation
1756 and organosomatic indices of black tiger prawn *Penaeus monodon* Fabricius, 1798 juveniles
1757 reared in potassium fortified inland saline water and ocean water at different salinities.
1758 Aquaculture, 258:594-605.

1759 Towle DW & Weihrauch D. 2001 Osmoregulation by gills of euryhaline crabs: molecular analysis
1760 of transporters. Am. Zool. 41, 770–780.

1761 UNESCO. 1983 Chemical Methods for Use in Marine Environmental Monitoring. Manual and
1762 Guides. Intergovernmental Oceanographic Commission, Paris, France.

1763 Van Wyk P & Scarpa J. 1999 Water quality requirements and management. In: Farming Marine
1764 Shrimp in Recirculating Freshwater Systems (ed. by P. Van Wyk), pp.128-138. Florida
1765 Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, FL, USA.

1766 Wasielesky W, Atwood H, Stokes A & Browdy CL. 2006 Effect of natural production in a zero
1767 exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp
1768 *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 258, 396–403.

1769 Zhang K, Pan L, Chen W & Wang C. 2015 Effect of using sodium bicarbonate to adjust the pH to
1770 different levels on water quality, the growth and the immune response of shrimp *Litopenaeus*
1771 *vannamei* reared in zero-water exchange biofloc-based culture tanks. Aquaculture Research,
1772 2015 1-15.

1773 Zhu CB, Dong SL, Wang F & Huang GQ. 2004 Effects of Na/K ratio in seawater on growth and
1774 energy budget of juvenile *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture, 234: 485- 496.

1775

1776

1777

1778
1779
1780
1781

1782

1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815

Capítulo IV –

**Cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos em baixa salinidade:
Substituição de água marinha por cloreto de sódio e diferentes concentrações de
magnésio**

João Antônio Amaral Xavier

Estação Marinha de Aquicultura – Instituto de Oceanografia – Universidade Federal do
Rio Grande (FURG), C.P. 474 - Rio Grande (RS) - CEP 96201-900 – Brasil.

Júlio Cesar Zemor

Estação Marinha de Aquicultura – Instituto de Oceanografia – Universidade Federal do
Rio Grande (FURG), C.P. 474 - Rio Grande (RS) - CEP 96201-900 – Brasil.

Plínio Schmidt Furtado

Estação Marinha de Aquicultura – Instituto de Oceanografia – Universidade Federal do
Rio Grande (FURG), C.P. 474 - Rio Grande (RS) - CEP 96201-900 – Brasil.

Wilson Wasielesky Jr

Estação Marinha de Aquicultura – Instituto de Oceanografia – Universidade Federal do
Rio Grande (FURG), C.P. 474 - Rio Grande (RS) - CEP 96201-900 – Brasil.

Ricardo Berteaux Robaldo

Estação Marinha de Aquicultura – Instituto de Oceanografia – Universidade Federal do
Rio Grande (FURG), C.P. 474 - Rio Grande (RS) - CEP 96201-900 – Brasil.

Artigo formatado segundo as normas da revista Aquaculture International

1816 **Resumo**

1817 O desenvolvimento de cultivos de camarões marinhos longe da costa necessita
1818 de estratégias para que se torne ambientalmente e economicamente viável. Um dos
1819 problemas enfrentados, além do descarte de efluentes salgados/salobros, é o custo da
1820 salinização da água ou transporte da água marinha. Na salinização o componentes mais
1821 custoso é o Mg^{2+} . Visando diminuir custos com salinização artificial da água este estudo
1822 avaliou o cultivo de *L. vannamei* em sistema de bioflocos (BFT) com diferentes níveis de
1823 substituição de água marinha (AM) por solução de cloreto de sódio (NaCl) sob diferentes
1824 concentrações de Mg^{2+} na água em salinidade reduzida (8g/L). O primeiro experimento
1825 teve duração de 28 dias e foram verificados 6 níveis de substituição de AM por NaCl (0,
1826 25, 50, 75, 87.5 e 100%) e sua influência na composição microbiológica componente dos
1827 bioflocos. O segundo experimento teve duração de 21 dias e testou dois níveis de NaCl
1828 (0 e 50%) e 3 níveis de Mg^{2+} na água (50, 100 e 200%) totalizando 6 tratamentos. Neste
1829 experimento a água foi salinizada artificialmente, diferentemente do primeiro
1830 experimento, no qual foi utilizada água marinha diluída como controle. O resultado do
1831 primeiro experimento mostrou que é possível substituir até 50% da AM por NaCl sem
1832 prejudicar a sobrevivência e o crescimento dos juvenis de *L. vannamei*. No segundo
1833 experimento a sobrevivência foi significativamente mais elevada nos tratamento com 0%
1834 de substituição de AM por NaCl e 50% substituição de AM por NaCl. Com 50% de
1835 substituição por NaCl a concentração de 200% de Mg^{2+} não diferiu dos tratamentos com
1836 0% de substituição. Quando foi utilizada salinização artificial, o nível de 50% de
1837 substituição de AM por NaCl, não se mostrou adequado para o cultivo, prejudicando a
1838 sobrevivência e o peso final dos camarões. Este estudo mostra a possibilidade da

1839 redução de até 50% no uso da água marinha para o cultivo de *L. vannamei* em sistema
1840 BFT em salinidade 8g/L, desde que seja utilizada água marinha natural diluída, bem
1841 como a possibilidade da redução das concentrações de Mg^{2+} em até 50% sem prejudicar
1842 o desenvolvimento dos camarões.

1843

1844 **Palavras Chave:** BFT, baixa salinidade, composição iônica, cultivo interior, *Litopenaeus*
1845 *vannamei*

1846

1847 **Introdução**

1848 A carcinocultura tradicional necessita de grande taxa de renovação de água no
1849 cultivo, por isso, se utiliza de grandes quantidades de água marinha/estuarinas e produz
1850 significativo aporte de efluentes no meio (FAO, 2016). O elevado custo de transporte da
1851 água marinha e/ou salinização artificial dificulta o estabelecimento deste tipo de cultivo
1852 longe do mar. A possibilidade de redução da salinidade no cultivo de *Litopenaeus*
1853 *vannamei* é interessante do ponto de vista econômico para produtores que desejam
1854 desenvolver essa atividade em regiões afastadas da zona litorânea.

1855 A utilização de tecnologias como o BFT (BioFlocTechnology), um sistema com
1856 mínima renovação de água que tem como princípio básico a transformação de nutrientes,
1857 principalmente o nitrogênio, em biomassa microbiana que podem ser utilizados como
1858 alimento pelos animais (De Schryver et. al., 2008) são imprescindíveis para o
1859 estabelecimento de cultivos interiores de camarões marinhos (Araneda et al., 2008).
1860 Outra característica do *L. vannamei* é que esta espécie se adapta muito bem ao sistema
1861 BFT, tolerando altas densidades de estocagem e altas concentrações de sólidos
1862 suspensos totais (Silva et al., 2013; Gaona et al., 2015).

1863 O *L. vannamei*, a espécie de camarão mais cultivada no mundo, é uma espécie
1864 eurialina, que sobrevive desde a salinidade 1 até 60g/L e tem sua melhor faixa de
1865 crescimento entre 15 e 30g/L (VanWyk & Scarpa, 1999). Em salinidades inferiores a
1866 15g/L seu desempenho é bastante interessante (Ray et al., 2010), porém em salinidade
1867 inferiores a 7g/L a atividade de hiperosmorregular acaba por reduzir a sobrevivência
1868 (Houng et al., 2010). É importante manter elevadas as concentrações de cloreto no
1869 ambiente, uma vez que a presença deste íon reduz a absorção de nitrito pelas brânquias,

1870 diminuindo a mortalidade causada pela toxicidade desse composto nitrogenado
1871 (Tomasso 2012).

1872 O metabolismo dos camarões está diretamente relacionado com o ambiente em
1873 que vivem e diferentes composições iônicas do meio podem afetar o equilíbrio osmótico, o
1874 crescimento e sobrevivência destes organismos (Saoud et al., 2003; Sowers et al., 2005).
1875 As concentrações de íons potássio (K^+) e magnésio (Mg^{2+}) na água são essenciais para
1876 osmorregulação, crescimento, sobrevivência (Pequeux, 1995) e bem estar em crustáceos
1877 (Roy et al. 2007). A relação normal entre os íons Na^+ e K^+ na água do mar é de
1878 aproximadamente 28/1, enquanto os desvios maiores que 10 para mais ou para menos
1879 provocam alterações pronunciadas na atividade da Na^+/K^+ -ATPase branquial em
1880 crustáceos (Sowers et al., 2006; Pan et al., 2007) deixando-os mais suscetíveis a agentes
1881 estressores, principalmente a elevadas concentrações de nitrogenados na água (Romano
1882 & Zeng, 2011). Vários estudos têm demonstrado que a relação sódio/potássio (Na^+/K^+) na
1883 água é mais importante do que as concentrações de K^+ no cultivo de camarão e peixes
1884 marinhos em baixas salinidades (Roy et al. 2007, Roy et al. 2010, Perez-Velazquez et al.
1885 2012, Antony & Vungurala 2015).

1886 Altas relações de Na^+/K^+ e Mg^{2+}/Ca^{2+} no meio reduzem a atividade da
1887 Na^+/K^+ ATPase branquial contribuindo para redução dos níveis de K^+ na hemolinfa (Tantulo
1888 & Fotedar, 2006) podendo alcançar condições letais para crustáceos (Romano et al., 2007).
1889 O incremento de Mg^{2+} à níveis acima de 100mg/L promove aumento significativo na
1890 sobrevivência e produtividade do camarão, enquanto que baixas concentrações deste
1891 cátion causa mortalidade, principalmente durante o período de ecdise (Roy et al., 2010,
1892 Huong et. al., 2010).

1893 Existem cultivos de camarão em águas interiores em diversas partes do mundo,
1894 geralmente este cultivo é realizado de maneira tradicional, ou seja, utilizando água clara,
1895 baixas densidades de estocagem e altas taxas de renovação. São utilizadas água
1896 subterrâneas salobras de baixa salinidade para estes cultivos, nem sempre estas água tem
1897 um perfil iônico adequado, possuindo geralmente baixas concentrações de magnésio e
1898 potássio (Boyd et al. 2008). Alguns estudos foram realizados buscando as concentrações
1899 iônicas ideais para o cultivo de camarões em baixa salinidade em água clara (Roy et. al.,
1900 2007; Wudtisin & Boyd, 2011), porem pouco se sabe sobre a composição iônica adequada
1901 para o cultivo em sistema BFT.

1902 Em um sistema de bioflocos não se pode levar em conta somente o perfil iônico
1903 adequado aos camarões, uma vez que os bioflocos, compostos principalmente, por
1904 microrganismos também tem sua constituição e desenvolvimento influenciado pela
1905 composição iônica da água. O desbalanço iônico da água pode influenciar na composição
1906 microbiana e assim na transformação dos compostos nitrogenados (Silva et al. 2013) e o
1907 crescimento dos camarões, já que o consumo dos bioflocos é parte importante na sua
1908 nutrição (Wasielesky et al., 2006; Maicá et al., 2012).

1909 Existem duas maneiras de corrigir deficiências iônicas nas águas de cultivo, a
1910 primeira é adicionar determinados sais na ração ofertada e a segunda é adicionar sais a
1911 água (Pan et. al., 2005; Roy et. al., 2009). A adição de sais na ração tem sido bastante
1912 estudada, porém com pouco sucesso, já a adição de sais na água traz melhores resultados.
1913 A salinização artificial da água se faz necessária quando a salinidade é muito reduzida ou
1914 quando há um desbalanço iônico na fonte de água utilizada. Antony & Vungurala (2015) e
1915 Esparza-Leal et al., (2016) não recomendam o cultivo de juvenis de *L. vannamei* em

1916 sistema BFT em salinidade inferiores a 8g/L. Por este motivo, muitas vezes é necessária a
1917 salinização artificial do meio de cultivo, este é um processo relativamente oneroso para o
1918 produtor, principalmente quando há a necessidade da elevação das concentrações do íon
1919 magnésio.

1920 Assim, este trabalho buscou avaliar a máxima porcentagem de substituição de
1921 água marinha por cloreto de sódio sem comprometer o desempenho zootécnico do *L.*
1922 *vannamei* e verificar diferentes concentrações de Mg^{2+} na água, a fim de subsidiar a
1923 redução do uso de água marinha e redução do custo de salinização artificial da água em
1924 cultivos desenvolvidos afastados da zona litorânea.

1925

1926 **Material e Métodos**

1927 *Local e Instalações*

1928 O estudo foi conduzido no período de março a maio de 2014, na Estação Marinha
1929 de Aquacultura Prof. Marcos Alberto Marchiori, do Instituto Oceanográfico da
1930 Universidade Federal do Rio Grande (EMA/IO/FURG), localizada na praia do Cassino,
1931 Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil.

1932

1933 *Material Biológico, Fontes de Água e Delineamento Experimental*

1934 O material biológico utilizado no presente estudo foi adquirido do Laboratório de
1935 Camarões Marinhos Aquatec LTDA (Canguaretama, Rio Grande do Norte, Brasil). Após
1936 a chegada dos náuplios de *L. vannamei* nas instalações da EMA, estes foram mantidos
1937 no setor de larvicultura de camarões marinhos até pós-larva (PL-15). A água marinha
1938 (salinidade 30g/L) utilizada no experimento 1 foi bombeada da praia do Cassino, Rio

1939 Grande/RS-Brasil, filtrada com filtro de cartucho (5µm), cloradas com 10 ppm e
1940 decloradas com ácido ascórbico 1ppm e aeração intensa. Já a água doce utilizada para
1941 diluição e para salinização artificial do experimento 2 foi do sistema de abastecimento da
1942 cidade de Rio Grande declorada (CORSAN).

1943 A aclimatação dos camarões foi realizada durante 72 horas, reduzindo a
1944 salinidade de 23g/L até 8g/L antes de serem estocados nas unidades experimentais. Nos
1945 dois experimentos foram utilizados tanques retangulares com capacidade para 60L e
1946 volume útil de 40L. No fundo de cada unidade experimental havia dois difusores de ar
1947 (pedra porosa) para prover oxigenação da água no nível de saturação e manter os
1948 sólidos em suspensão e um aquecedor elétrico (300W) com termostato ajustado em
1949 28°C.

1950 Para evitar níveis elevados de compostos nitrogenados foi utilizado inóculo de
1951 bioflocos maduro, a uma taxa equivalente a 10% do volume útil dos tanques. Para isto
1952 foi utilizada uma malha de 25µm, na qual foi filtrado a quantidade de 4L de biofoco
1953 maduro proveniente de cultivo com 90 dias de duração, o material retido na malha foi
1954 adicionado diretamente em cada unidade experimental.

1955 Os animais foram alimentados com ração comercial (Centro Oeste Rações S.A.-
1956 Brasil) com 40% de proteína bruta (Guabi Potimar® 40J) e ração com 38% de proteína
1957 bruta (Guabi Potimar® 38 Active), duas vezes ao dia (08:00 e 17:00h). A taxa de
1958 alimentação foi baseada na tabela de Jory et al. (2001) e foram utilizadas bandejas de
1959 alimentação para monitoramento do consumo de ração.

1960

1961 *Parâmetros Físicos e Químicos de Qualidade da Água*

1962 Oxigênio dissolvido (OD), pH, salinidade e temperatura foram medidos
1963 diariamente com o auxílio de um multiparâmetros Professional Plus (Yellow Springs, OH,
1964 USA). As concentrações de amônia total (NAT) ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) e nitrito (NO_2^- -N) foram
1965 mensuradas três vezes por semana, conforme metodologias preconizadas pela
1966 UNESCO (1983) e Bendschneider & Robinson (1952), já o nitrato foi mensurado uma
1967 vez por semana de acordo com Aminot & Chaussepied (1983). A alcalinidade foi
1968 verificada a cada 4 dias de acordo com APHA (1998), os sólidos suspensos totais (SST
1969 mg/L) foram determinados uma vez por semana por gravimetria mediante filtragem de
1970 alíquotas de 20 mL de água em filtros de fibra de vidro GF 50-A, conforme Strickland and
1971 Parsons (1972). Sempre que a alcalinidade baixou de 90mg/L CaCO_3 ou o pH baixou de
1972 7,8 foi adicionado cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) segundo e Furtado et al.(2011).

1973 Para evitar que as concentrações de amônia se tornasse tóxica para os camarões,
1974 foi adicionado melão líquido contendo 37,5% de carbono orgânico sempre que a
1975 concentração de NAT chegou a 1mg/L. Desta maneira elevando a relação C:N e
1976 permitindo o crescimento das bactérias heterotróficas, reduzindo as concentrações de
1977 NAT (Avnimelech, 1999). Uma vez por semana foi adicionado 0,5mg/L de pró-biótico na
1978 água (Pro-W, INVE®). No decorrer do estudo não houve renovação de água, apenas
1979 reposição do que foi perdido pela evaporação por meio da adição de água doce
1980 declorada, no intuito de manter a salinidade em 8g/L.

1981

1982 *Parâmetros Desempenho Zootécnico*

1983 Diariamente foi verificado se haviam camarões mortos nos tanques. As biometrias
1984 foram realizadas semanalmente, pesando individualmente 8 camarões de cada tanque,

1985 usando balança de precisão ($\pm 0,01$ g SD Marte[®] Brasil). Ao final do experimento, todos
1986 os camarões vivos em cada unidade experimental foram pesados e contados para
1987 avaliação do crescimento e sobrevivência nos diferentes tratamentos. Os seguintes
1988 parâmetros foram determinados: Sobrevivência (%): $[(n^\circ \text{ final camarões} / n^\circ \text{ inicial de}$
1989 $\text{ camarões}) \times 100]$; Peso médio final (g); Conversão alimentar aparente (CAA) = Ração
1990 consumida / ganho em peso; Taxa de crescimento específico (TCE; %/dia) = $[(\ln \text{ peso}$
1991 $\text{ final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{dias de experimento}] \times 100$.

1992

1993 *Análise da Comunidade Microbiana*

1994 As amostras de água do cultivo foram fixadas em formalina 4%, mantidas em
1995 frascos âmbar para posterior contagem e identificação de grupos de microrganismos
1996 presentes nos bioflocos. Para contagem de rotíferos, ciliados, flagelados e microalgas foi
1997 utilizado microscópio invertido Zeiss Axiovert[®] com magnificação final de 400x. Alíquotas
1998 de 0,5mL de amostra foram contadas em câmara de sedimentação por campos
1999 aleatórios (Utermöhl, 1958). Todas as contagens foram realizadas no Laboratório de
2000 carcinicultura da EMA/IO/FURG.

2001

2002 *Análise Estatística*

2003 Depois de verificada a homocedasticidade da variância (Levene) e normalidade
2004 (Kolmogorov-Smirnov) dos dados, foi realizada uma análise de variância de uma via
2005 (ANOVA), para verificar se existe diferença significativa entre os dados obtidos. Quando
2006 detectada diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), o teste de Tukey de

2007 comparação de médias foi utilizado. Os valores percentuais foram transformados
2008 ($\arcsin^{0.5}$) antes de analisados (Zar, 1996).

2009

2010 *Delineamento Experimental*

2011 *Experimento 1:* Foram testados seis diferentes níveis de substituição de água
2012 marinha por solução de cloreto de sódio (SAM) em triplicata: 0%, 25%, 50%, 75%, 87,5%
2013 e 100%, sendo que todos tratamentos foram realizados em salinidade 8 g/L, totalizando
2014 6 tratamentos com 3 repetições. Para isto a água marinha foi diluída com água doce do
2015 sistema de abastecimento de água tratada (CORSAN), até as salinidades 8, 6, 4, 2 e 0,
2016 posteriormente foram adicionadas as quantidade de NaCl para que todos tratamentos
2017 ficassem com salinidade final 8 g/L. No tratamento SAM-0% o meio é composto
2018 totalmente de sais marinhos enquanto que no tratamento SAM-100% a salinidade é
2019 totalmente relativa a NaCl. Neste experimento foram estocados 50 camarões (média de
2020 $0,09 \pm 0,04g$) por tanque (40L volume útil), uma densidade de 1.250camarões/m³. Este
2021 experimento teve duração de 21 dias e semanalmente foram realizadas coletas de
2022 microrganismos, sendo 3 amostras de cada tanques.

2023

2024 *Experimento 2:* Foram utilizados dois níveis de SAM (0% e 50%), baseado nos
2025 resultados obtidos no experimento 1. Uma vez que o Mg²⁺ corresponde por mais de 50%
2026 do valor total da salinização artificial, foram testados diferentes níveis de Mg²⁺ 50%,
2027 100% e 200% da concentração relativa à água marinha de salinidade 8g/L e as mesmas
2028 porcentagens de Mg²⁺ referentes a salinidade 4 (tratamentos com 50% de SAM),
2029 totalizando 6 tratamentos com 3 réplicas, todos tratamentos com salinidade 8g/L.

2030 Para realização deste experimento não foi utilizado água marinha, todos os
 2031 tratamentos foram salinizados artificialmente com cloreto de sódio (NaCl), sulfato de
 2032 sódio (Na₂SO₄), cloreto de potássio (KCl), bicarbonato de sódio (NaHCO₃), brometo de
 2033 potássio (KBr), borato (H₃BO₃), fluoreto de sódio (NaF), cloreto de magnésio
 2034 hexahidratado (MgCl₂.6H₂O), cloreto de cálcio dihidratado (CaCl₂.2H₂O) de acordo com
 2035 Kester et. al. (1967) com alto grau de pureza (P.A), com exceção do cloreto de sódio que
 2036 foi utilizado sal comercial bruto (99% de pureza). Na tabela 5 podemos observar os
 2037 valores médios dos sais acima referidos, a quantidade e o custo para salinização por
 2038 metro cúbico e por hectare. Os valores por quilo são médias de 3 orçamentos realizados
 2039 no mês de agosto de 2015. Neste experimento foram estocados 58 camarões (média de
 2040 0,06g) por tanque (40L volume útil), uma densidade de 1.450camarões/m³ e teve
 2041 duração de 28 dias. O perfil iônico inicial das água utilizadas nos tratamentos e suas
 2042 principais relações iônicas estão apresentados na tabela 1.

2043
 2044 **Tabela 1:** Composição inicial do meio de cultivo de *L. vannamei* em sistema BFT do
 2045 experimento 2, com diferentes concentrações de magnésio e dois níveis de SAM e as
 2046 principais relações iônicas.

Tratamentos (% Mg)	50% de substituição de sais marinhos por NaCl			0% substituição de sais marinhos por NaCl		
	50%	100%	200%	50%	100% (controle)	200%
Cloreto	4646,0	4646,0	4646,0	4342,4	4342,4	4342,4
Sódio	2591,2	2591,2	2591,2	2422,4	2422,4	2422,4
Cálcio	45,6	45,6	45,6	91,2	91,2	91,2
Magnésio	74,3	148,5	297,1	148,5	297,1	594,1
Potássio	44,0	44,0	44,0	88,0	88,0	88,0
Sulfato	308,5	308,5	308,5	617,1	617,1	617,1
Alcalinidade	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Na/K	58,9	58,9	58,9	27,5	27,5	27,5
Ca/Mg/K	1/1,6/0,96	1/3,3/0,96	1/6,5/0,96	1/1,6/0,96	1/3,3/0,96	1/6,5/0,96

2047 Concentrações iniciais dos principais íons componentes da salinidade marinha em mg/L e suas principais
 2048 relações iônicas.

2049

2050 **Resultados**

2051 *Experimento 1*

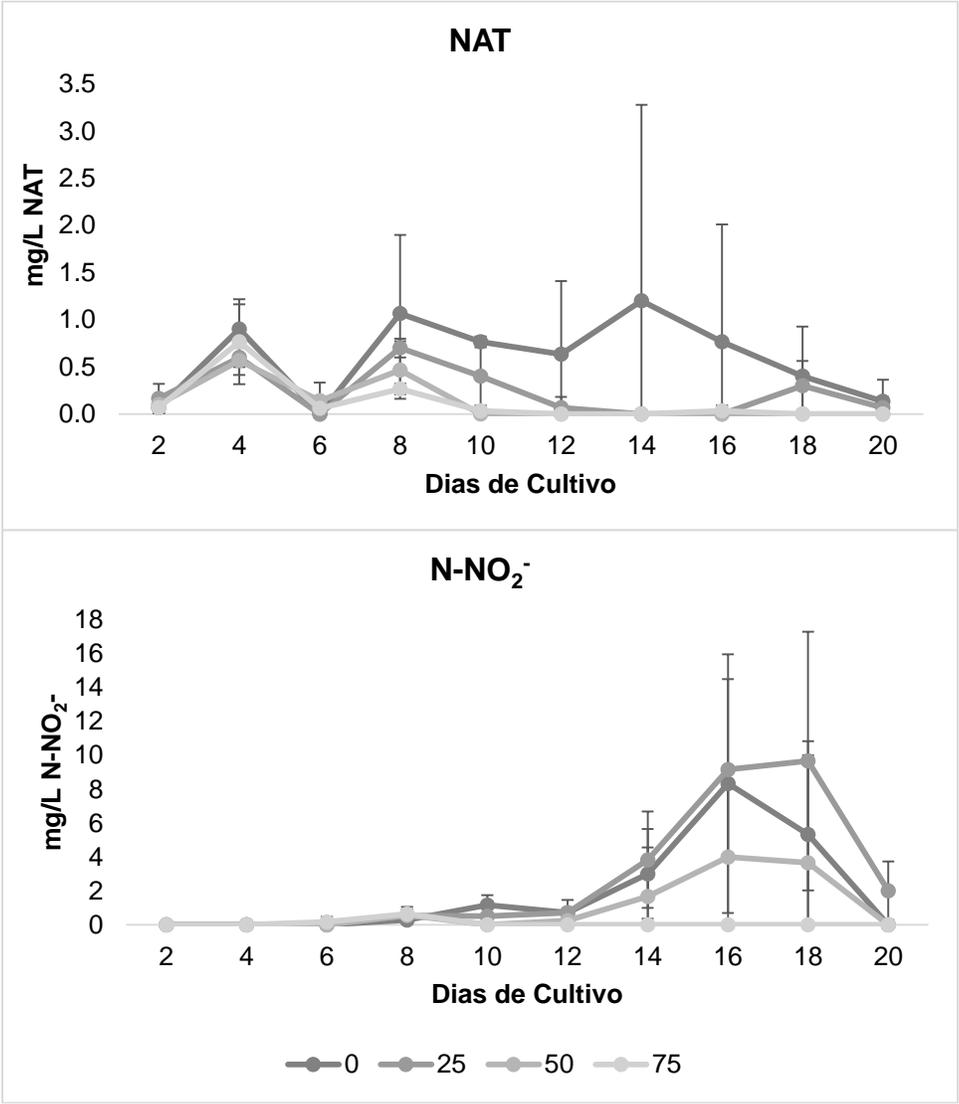
2052 *Qualidade da água*

2053 Durante o período experimental a temperatura média se manteve acima de 28°C,
2054 a concentração média de oxigênio dissolvido sempre acima de 5,5mg/L, o pH variou
2055 entre 7,5 e 8,0, a alcalinidade foi mantida acima de 80mg/L CaCO₃ com a adição de cal
2056 hidratada (Ca(OH)₂) e a salinidade foi mantida próximo a 8g/L com a adição de água
2057 doce. A alcalinidade foi significativamente mais elevada no SAM-0% que nos demais
2058 tratamentos, neste tratamento não foi necessária a correção deste parâmetro durante o
2059 estudo (tabela 2). As concentrações de NAT foram controladas pela adição de melão e
2060 tiveram seus valores inferiores a 0,5mg/L durante praticamente todo período amostral.
2061 Mesmo com o uso de inóculo maduro de bioflocos, foram observados elevações nas
2062 concentrações de nitrito, com picos acima de 8,0mg/L, sendo que os maiores valores
2063 foram encontrados nos tratamento com menores níveis de SAM (figura 1).

2064 **Tabela 2.** Parâmetros de qualidade da água no cultivo de *L. vannamei* em sistema BFT
2065 durante o experimento 1, ao longo dos 21 dias com diferentes níveis de SAM.

	Tratamentos			
	0% (controle)	25%	50%	75%
Temp.	28,4 ± 1,2	28,3 ± 1,1	28,4 ± 1,3	28,6 ± 1,1
O.D	5,9 ± 0,1	5,7 ± 0,2	5,7 ± 0,1	5,6 ± 0,2
pH	7,9 ± 0,04	7,8 ± 0,02	7,9 ± 0,02	7,8 ± 0,06
Alc.	108,8 ± 4,3 ^a	93,3 ± 3,8 ^b	90,4 ± 3,9 ^b	87,5 ± 5,6 ^b
Sal.	8,1 ± 0,4	8,2 ± 0,3	8,0 ± 0,1	8,1 ± 0,2
N-NAT	0,59 ± 0,61	0,23 ± 0,12	0,13 ± 0,08	0,12 ± 0,07
N-NO₂⁻	2,04 ± 2,15	2,66 ± 2,07	0,92 ± 1,38	0,07 ± 0,06
N-NO₃⁻ (final)	15,0	17,0	17,7	18,9

2066 Obs.: - Tratamentos: 0% de substituição por NaCl, 25% de substituição por NaCl, 50% de substituição por
 2067 NaCl, 75% de substituição por NaCl, Temp. – temperatura da água em °C, O.D – oxigênio dissolvido em
 2068 mg/L, Alc. – alcalinidade em mg/L CaCO₃, Sal. – salinidade em g/L, N-NAT – nitrogênio amoniacal total
 2069 em mg/L, N-NO₂⁻ - nitrito em mg/L e N- NO₃⁻ - nitrato em mg/L. Os tratamentos 87,5% e 100% não estão
 2070 mostrados aqui devido a mortalidade total dos camarões em 3 dias. Letras diferentes na mesma linha
 2071 indicam diferença estatística significativa (ANOVA; Tukey; p < 0,05).
 2072



2073

2074
 2075
 2076
 2077
 2078

Figura 5: Concentrações de NAT e nitrito durante o experimento 1 durante 21 dias de cultivo de *L. vannamei* em sistema BFT com diferentes níveis de SAM.

2079

2080 *Desempenho Zootécnico*

2081
 2082

No 3º dia de experimento os animais dos tratamentos 87,5% e 100% de substituição obtiveram 100% de mortalidade, por este motivo os dados de qualidade da

2083 água e desempenho zootécnico deste tratamento não aparecem nos resultados. Nos
 2084 demais tratamentos as taxas de sobrevivência foram superiores com camarões vivos até
 2085 o fim do período experimental, sendo que a sobrevivência do tratamento com 75% de
 2086 substituição foi significativamente inferior aos tratamentos 0% e 50%. O peso final dos
 2087 camarões não diferiu significativamente entre os tratamentos 0%, 25%, 50% e 75%
 2088 ($p>0,05$). Não foi encontrada diferença significativa no peso final dos camarões, apenas
 2089 na taxa de crescimento específica, que foi mais elevada no tratamento 75%, quando
 2090 comparada aos demais tratamentos ($p<0,05$). Não houve diferenças significativa nas
 2091 taxas de conversão alimentar aparente (CAA) ($p>0,05$) (tabela 3).

2092 **Tabela 3:** Desempenho zootécnico de juvenis de *L. vannamei* cultivados durante 21 dias
 2093 em diferentes níveis de SAM.

	Tratamentos					
	0% (controle)	25%	50%	75%	87,5%	100%
PI (g)	0,09±0,15	0,09±0,15	0,09±0,15	0,09±0,15	0,09±0,15	0,09±0,15
PF (g)	0,273±0,14	0,265±0,15	0,288±0,18	0,586±0,38	*	*
TCE (%/dia)	5,0±0,2 ^b	4,6±0,65 ^b	5,3±0,09 ^b	8,7±0,29 ^a	*	*
CAA	2,19±0,46	2,54±0,85	2,29±0,30	2,80±0,58	*	*
Sob, (%)	80±6,1 ^a	65±32,5 ^{ab}	84±5,7 ^a	36±8,5 ^b	0 ^c	0 ^c

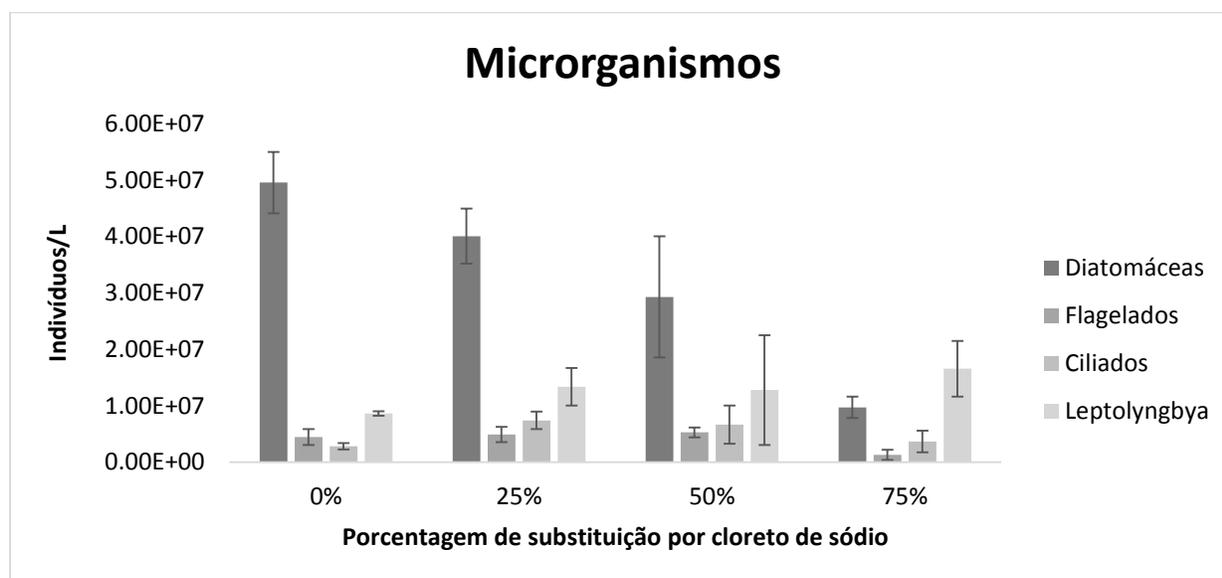
2094 PI – peso inicial, PF – peso final, TCE – taxa de crescimento específica, CAA – conversão alimentar
 2095 aparente Sob. – sobrevivência. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa
 2096 ($p < 0,05$).

2098 *Microrganismos*

2099 Foram encontrados quatro principais grupos de organismos presentes nos flocos,
 2100 as microalgas *Conticribra weissflogii* (diatomácea) e *Leptolyngbya sp.* além de flagelados
 2101 e ciliados. A contagem de microrganismos mostrou que, quanto maior o nível de SAM
 2102 utilizado, menor a quantidade de diatomáceas presente nos bioflocos enquanto que os
 2103 demais grupos se mostraram iguais nos diferentes tratamentos (figura 2).

2104

2105



2106

2107

2108

Figura 6. Concentração de microrganismos durante 21 dias de cultivo em diferentes níveis de SAM.

2109

Experimento 2

2110

Qualidade da Água

2111

A temperatura média no período se manteve próxima a 27°C, as concentrações

2112

de oxigênio dissolvido se mantiveram acima de 5mg/L, o pH variou entre 7.7 e 8.1 e a

2113

alcalinidade entre 80 e 110mg/L de CaCO₃, não havendo diferenças significativas entre

2114

os tratamentos ($p > 0,05$). Para manutenção do pH e da alcalinidade dentro dos padrões

2115

para a espécie foram necessárias aplicação de Ca(OH)₂. A média da salinidade foi

2116

significativamente mais elevada ($9,30 \pm 0,26$ g/L) no tratamento com 0% de SAM e 200%

2117

de concentração de magnésio na água ($p < 0,05$).

2118

Os compostos nitrogenados mensurados no decorrer do estudo não diferiram

2119

significativamente entre os tratamentos ($p > 0,05$). O nitrogênio amoniacal total (NAT) foi

2120

detectado apenas nos 4 primeiros dias de cultivo e em reduzidas concentrações

2121 (≤ 0.8 mg/L). O nitrito foi detectado em praticamente todo período de cultivo, tendo seus
 2122 valores mais elevados durante a segunda semana de cultivo, com picos de até 9mg/L
 2123 em alguns tanques. Já o nitrato, que teve valores iniciais em zero, foi detectado em todos
 2124 tratamentos já na segunda semana, se elevando até o fim do cultivo, alcançando
 2125 concentrações acima de 70mg/L em todos tratamentos (tabela 3).

2126 **Tabela 3.** Parâmetros de qualidade da água durante o cultivo de *L. vannamei* em sistema
 2127 BFT no experimento 2, ao longo dos 28 dias com dois níveis de SAM e diferentes níveis
 2128 de magnésio na água.

Tratamentos						
%Mg ²⁺	50% de SAM			0% de SAM		
	50%	100%	200%	50%	100% (controle)	200%
Temp.	27,86±0,68	27,71±0,72	27,74±0,71	27,69±0,75	27,65±0,69	27,70±0,76
O,D	6,13±0,34	6,12±0,36	6,04±0,37	6,16±0,38	6,17±0,38	6,17±0,39
pH	8,00±0,19	8,02±0,17	7,97±0,18	7,89±0,16	7,92±0,18	7,89±0,16
Alc,	99,4±10,0	97,4±9,5	94,6±13,8	94,2±11,2	92,7±12,2	93,4±13,2
Sal,	8,47±0,27 ^b	8,46±0,36 ^b	8,37±0,29 ^b	8,36±0,24 ^b	8,55±0,26 ^b	9,30±0,26 ^a
N-NAT	0,24±0,3	0,29±0,3	0,21±0,4	0,28±0,3	0,28±0,4	0,26±0,4
N-NO ₂ ⁻	1,58±1,72	1,57±1,31	1,20±0,82	1,31±1,45	1,37±1,31	1,02±0,69
N-NO ₃ ⁻	27,8±29,4	25,9±27,7	27,6±31,4	23,6±27,1	25,6±29,7	25,9±28,4

2129 Obs.: Temp. – temperatura da água em °C, O.D – oxigênio dissolvido em mg/L, Alc. – alcalinidade em
 2130 mg/L CaCO₃, Sal. – salinidade em g/L, N-NAT – nitrogênio amoniacal total em mg/L, N-NO₂⁻ - nitrito em
 2131 mg/L e N-NO₃⁻ - nitrato em mg/L. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística
 2132 significativa ($p < 0,05$).
 2133

2134 *Desempenho Zootécnico*

2135 O peso médio inicial (PI) dos tratamentos foram semelhantes ($p > 0,05$). Nos
 2136 tratamentos com 0% de SAM a sobrevivência foi maior que 84% sem diferença entre os
 2137 diferentes níveis de magnésio ($p > 0,05$). Já entre os tratamentos com 50% de SAM a
 2138 sobrevivência do tratamento com 200% de magnésio (45%) foi maior que os tratamentos
 2139 50 e 100% de magnésio, sendo que o tratamento com 200% de magnésio não diferiu
 2140 estatisticamente dos tratamentos com 0% de SAM.

2141 Nos tratamentos com 0% de SAM o peso médio final (PF) e a taxa de crescimento
 2142 específico (TCE) dos camarões não diferiu estatisticamente frente às diferentes
 2143 porcentagens de magnésio ($p>0,05$). O mesmo ocorreu com os tratamentos com 50%
 2144 de SAM. O PF dos tratamento 100% e 200% de magnésio com 0% de SAM não diferiram
 2145 estatisticamente dos tratamentos 50% e 100% de magnésio com 50% de SAM ($p>0,05$).
 2146 A TCE do tratamento 100% de magnésio com 0% de SAM não diferiu estatisticamente
 2147 dos tratamentos com 50% de SAM (tabela 4). A conversão alimentar aparente (CAA) foi
 2148 significativamente mais elevada nos tratamentos com 50% de SAM.

2149 **Tabela 4.** Desempenho zootécnico de juvenis de *L. vannamei* cultivados durante 28 dias
 2150 com diferentes níveis de SAM e diferentes níveis de magnésio na água.

	Tratamentos					
	50% de substituição de água marinha por NaCl			0% de substituição de água marinha por NaCl		
	50%	100%	200%	50%	100% (controle)	200%
PI (g)	0,06±0,04	0,06±0,04	0,06±0,04	0,06±0,04	0,06±0,04	0,06±0,04
PF (g)	0,66±0,29 ^{bc}	0,61±0,31 ^{bc}	0,45±0,18 ^c	0,93±0,38 ^a	0,73±0,30 ^{ab}	0,86±0,35 ^{ab}
TCE (%/dia)	8,48±0,52 ^{ab}	8,15±1,07 ^{ab}	7,13±0,15 ^b	9,78±0,27 ^a	8,77±1,23 ^{ab}	9,50±0,44 ^a
CAA	5,33±0,96 ^b	5,97±1,39 ^b	4,47±0,63 ^b	1,86±0,08 ^a	2,60±0,80 ^a	2,30±0,64 ^a
Sob, (%)	27,5±15,3 ^b	20,0±4,7 ^b	45,0±4,7 ^a	95,8±5,9 ^a	84,4±20,2 ^a	84,4±17,8 ^a

2151 PI – peso inicial, PF – peso final, TCE – taxa de crescimento específica, CAA – conversão alimentar
 2152 aparente, Sob. – sobrevivência, Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa
 2153 ($p < 0,05$).
 2154

2155 *Análise Econômica da Salinização Artificial*

2156 Na tabela 5 podemos identificar os sais utilizados para alcançar a composição
 2157 iônica dos macroelementos equivalentes a água marinha diluída em salinidade 8g/L e o
 2158 custo de cada um deles. O custo da salinização artificial por metro cúbico dos 6
 2159 tratamentos do experimento 2 está na tabela 6.

2160 **Tabela 5.** Relação, quantidade, valor e custo por metro cúbico e por hectare dos sais
 2161 utilizados para salinização artificial em uma salinidade 8g/L.

	Quantidade (Kg)	Valor R\$/Kg	Custo R\$/m ³	Custo R\$/ha (10.000m ³)
NaCl	5,60	0,45	2,52	25.241,14
Na ₂ SO ₄	0,93	14,2	13,27	132.749,71
KCl	0,16	17,85	2,86	28.560,00
NaHCO ₃	0,046	1,01	0,05	457,14
KBr	0,023	50,2	1,15	11.474,29
H ₃ BO ₃	0,0007	15,3	0,01	104,91
NaF	0,0007	125,6	0,09	861,26
MgCl ₂ .2H ₂ O	2,54	18,65	47,32	473.177,14
CaCl ₂ .2H ₂ O	0,352	25,4	8,94	89.408,00
SrCl ₂ .6H ₂ O	0,0039	245,5	0,95	9.539,43
TOTAL			R\$ 77,2	R\$ 771.573,03

2162 Cloreto de sódio (NaCl), sulfato de sódio (Na₂SO₄), cloreto de potássio (KCl), bicarbonato
2163 de sódio (NaHCO₃), brometo de potássio (KBr), borato (H₃BO₃), fluoreto de sódio (NaF),
2164 cloreto de magnésio hexahidratado (MgCl₂.6H₂O), cloreto de cálcio dihidratado
2165 (CaCl₂.2H₂O) e cloreto de estrôncio (SrCl₂.6H₂O).
2166

2167 **Tabela 6.** Custo da salinização artificial dos 6 tratamentos onde foram testados diferentes
2168 níveis de substituição de água marinha por NaCl e diferentes níveis de Mg²⁺, relativos ao
2169 experimento 2.

	Tratamentos					
	50% substituição de água marinha por NaCl			0% substituição de água marinha por NaCl		
	50%	100%	200%	50%	100%	200%
Custo R\$/m³	30,5	42,3	66,0	53,5	77,2	124,5

2170 O custo de salinização artificial dos tratamentos vários de acordo com a
2171 quantidade de cada sal empregado na salinização. O tratamento com 0% SAM e com
2172 maior concentração de Mg²⁺ foi o que resultou em maior custo para salinização,
2173 R\$124,50/m³, enquanto que o tratamento 50% SAM e 50% de Mg²⁺ foi o que resultou
2174 em menor custo, R\$30,50.

2175

2176 **Discussão**

2177 *Experimento 1*

2178 Os valores médios de temperatura, OD, alcalinidade e pH mostrados em todos os
2179 tratamentos deste estudo mantiveram-se dentro dos níveis toleráveis para o crescimento
2180 e sobrevivência do camarão (Van Wyk & Scarpa 1999, De Souza et al, 2016). O único
2181 parâmetro que diferiu significativamente entre os tratamentos foi a alcalinidade, porém
2182 as diferenças entre os tratamentos não interferiram no desempenho dos camarões
2183 (Furtado et al, 2015). Mesmo utilizando 10% de inóculo de bioflocos maduro, os
2184 compostos nitrogenados, NAT e nitrito tiveram elevações durante o período
2185 experimental, o mesmo ocorreu com Esparza-leal et al. (2016), trabalhando com
2186 diferentes salinidades em sistema BFT.

2187 Os picos de NAT e nitrito foram mais pronunciados nos menores níveis de SAM.
2188 Níveis mais elevados de SAM parecem ter favorecido os processos de nitrificação nos
2189 tanque de cultivo, no entanto, não foram encontrados referências na literatura para este
2190 evento. No tratamento SAM-25% foi observado os maiores picos de nitrito e foi onde este
2191 composto permaneceu elevado durante mais tempo, provavelmente afetando a taxa de
2192 sobrevivência. Já no tratamento SAM-75% as baixas concentrações de compostos
2193 nitrogenados são decorrente da menor quantidade de ração fornecida, uma vez que a
2194 mortalidade e conseqüentemente o consumo foi reduzido.

2195 Quando ocorre a SAM, diversos íons importantes, componentes da água marinha
2196 ficam reduzidos e podem se tornar limitantes para os camarões e para os componentes
2197 microbiológicos dos bioflocos. A sobrevivência e o crescimento dos tratamentos SAM-
2198 25% e SAM-50% se mostram iguais ao controle (SAM-0%). As taxas de sobrevivência
2199 foram semelhantes para esta salinidade, assim como as observadas por Esparza-Leal

2200 et al. (2016), já a TCE foi inferior a encontrada por este mesmo autor. O tratamento SAM-
2201 75% não tiveram seu crescimento afetado, tanto em peso final como em TCE, porém a
2202 taxa de sobrevivência foi significativamente reduzida, apenas 36%, não diferindo do
2203 tratamento SAM-25%, que teve as maiores picos de nitrito.

2204 Um dos principais íons responsáveis pela osmorregulação em crustáceos é o
2205 potássio e sua relação com o sódio. Neste experimento, que testou diferentes níveis de
2206 substituição de água marinha por cloreto de sódio, os níveis de potássio foram reduzidos
2207 pelas diferentes porcentagens de substituição, enquanto que a relação Na^+/K^+ foi
2208 alterada. As baixas sobrevivências a partir dos 75% de substituição se deve as elevadas
2209 relações Na^+/K^+ destes tratamentos. Quando esta relação se afasta do normal (~28:1),
2210 para cima ou para baixo, a atividade da Na^+/K^+ ATPase branquial é dificultada, afetando
2211 a osmorregulação de *Penaeus monodon* (Antony & Vungurala 2015).

2212 As concentrações iniciais de inóculo foram iguais para todos tratamentos, mesmo
2213 assim, as contagens de microrganismos mostraram menores concentrações de
2214 diatomáceas nos maiores níveis de substituição de água marinha por cloreto de sódio.
2215 Por ter elevada qualidade nutricional e melhorar o desempenho e a conversão alimentar
2216 de *L. vannamei* em sistema BFT (Godoy et. al. 2012), a presença desta microalga é
2217 benéfica neste tipo de sistema. No presente trabalho, os tratamentos com maiores níveis
2218 de substituição, não foram capazes de manter as concentrações elevadas de
2219 diatomáceas nos tanques de cultivo. Esta fato pode ser explicado pela redução dos
2220 elementos presentes na água marinha, que possivelmente são limitantes para o
2221 crescimento destas algas. Xavier et al. (dados da tese - capítulo 2) verificaram que meios
2222 de cultivo salinizados artificialmente tiveram concentrações de diatomáceas menores

2223 que cultivos que utilizaram água marinha. Maicá et. al (2012) trabalhando com diferentes
2224 salinidades encontraram uma maior concentração de diatomáceas em salinidade 25g/L
2225 frente as salinidades 2 e 4g/L, onde as clorofíceas foram mais abundantes. Estes
2226 resultados demonstram que estas algas são sensíveis a diferentes composições iônicas
2227 da água, tendo suas concentrações relacionadas com o meio em que vivem e parecem
2228 necessitar de elementos presentes na água marinha ou naturalmente salobra.

2229 O silicato é um dos principais componentes da estrutura das diatomáceas, estas
2230 algas tentem a se proliferar em meios ricos neste composto (Godoy et. al. 2012).
2231 Provavelmente, com a redução da porcentagem de água marinha, houve uma redução
2232 da concentração de silicato prejudicando o desenvolvimento das algas diatomáceas,
2233 corroborando os resultados de Maicá et al. (2012).

2234

2235 *Experimento 2*

2236 Durante o período experimental os parâmetros de qualidade da água se
2237 mantiveram dentro dos padrões adequados para a espécie (tabela 4) (VanWyk & Scarpa,
2238 1999; Furtado et al., 2015; Espaza-Leal et al., 2016). Apenas a salinidade
2239 significativamente mais elevada no tratamento com 0% de substituição de água marinha
2240 por cloreto de sódio e 200% de magnésio na água. Isto foi causado pela maior
2241 quantidade de cloreto de magnésio hexahidratado adicionado neste tratamento para
2242 elevar a concentração final de magnésio.

2243 Os compostos nitrogenados tiveram um comportamento dentro do esperado,
2244 mesmo utilizando inóculo, pequenas elevações de NAT no início do experimento são
2245 esperadas, principalmente pelo manejo e adaptação do inóculo ao novo sistema. O

2246 mesmo ocorre com o nitrito, porem os picos deste composto ocorrem após a redução
2247 dos níveis de TAN, uma vez que o nitrito é resultante da oxidação da TAN pelas bactérias
2248 nitrificantes. Os valores zerados de nitrato no início do cultivo se devem a quantidade
2249 mínima de água adicionada aos tanques junto com o inóculo, devido a filtração em malha
2250 25µm. Houve um acúmulo de nitrato ao longo do experimento e todos os tratamentos
2251 apresentaram valores máximos superiores a 60 mg/L, dados semelhantes aos obtidos
2252 por Scopel et al. (2011) e Furtado et al. (2014). O nitrato pode alcançar concentrações
2253 que tenham efeitos negativos na sobrevivência e crescimento do *L. vannamei*, porem,
2254 mesmo em baixas salinidades apenas concentrações maiores que 220 mg/L são
2255 prejudiciais (Kuhn et al., 2010).

2256 Os tratamentos sem SAM, mesmo salinizados artificialmente, tiveram um
2257 desempenho zootécnico em PF, TCE e sobrevivência semelhantes aos encontrados por
2258 outros autores em salinidades reduzidas (Antony & Vungurala 2015, Esparza-Leal et al.
2259 2016). Já com 50% de substituição de água marinha por cloreto de sódio, o crescimento
2260 dos camarões foi afetado, diferentemente do experimento 1 deste trabalho.

2261 Os diferentes níveis de magnésio na água (50, 100 e 200%) não tiveram influência
2262 no PF, TCE e CAA. Roy et al. (2007), trabalhando com água clara, também não
2263 encontraram diferenças no crescimento de *L. vannamei* frente a diferentes níveis de
2264 magnésio na água. Os resultados do presente estudo juntamente com os dados da
2265 literatura mostram que a magnésio na água e sua relação com os demais íons não é
2266 determinante para o crescimento de camarões.

2267 A sobrevivência no experimento 2 foi influenciada significativamente pela
2268 substituição de 50% de água marinha por cloreto de sódio, o que não ocorreu no

2269 experimento 1. A diferença entre eles que no experimento 2 a água foi salinizada
2270 artificialmente, enquanto que no experimento 1 foi utilizada água marinha diluída. Este
2271 resultado mostra a importância dos microelementos presentes na água marinha,
2272 melhorando a sobrevivência de *L. vannamei* quando cultivados em água com relações
2273 iônicas desfavoráveis.

2274 A suplementação com Mg^{2+} é comumente utilizada em regiões áridas, nas quais
2275 a água de subsolo salobra é deficiente em alguns íons, principalmente K^+ e Mg^{2+} (Saoud
2276 et al. 2003, Roy et al. 2010). O resultado deste estudo demonstra que a adição de Mg^{2+} ,
2277 acima da concentração normal referente a água marinha diluída, só tem efeito benéfico
2278 em água com concentrações iônicas desfavoráveis. Resultados semelhante foram
2279 encontrados por Roy et al. 2007, utilizando água clara, que recomenda uma
2280 concentração de Mg^{2+} próxima a água do mar natural e com uma relação com o Ca^{2+} de
2281 3.1/1, assim como Laramore et al. (2001). Este estudo mostrou que, em relações iônicas
2282 normais, a quantidade de magnésio pode ser reduzida em 50% sem prejuízo ao
2283 crescimento e a sobrevivência de juvenis de *L. vannamei*.

2284 Nos tratamentos com 0% de SAM as diferentes concentrações de magnésio na
2285 água não influenciaram na sobrevivência dos camarões. Já nos tratamentos com 50%
2286 de SAM, 200% de magnésio na água aumentou significativamente a sobrevivência frente
2287 ao controle (100% magnésio na água), enquanto que a redução para 50% de magnésio
2288 na água não foi prejudicial para a sobrevivência de *L. vannamei*. A melhora da
2289 sobrevivência no presente estudo com o aumento do magnésio na água provavelmente
2290 ajudou os camarões a ficar menos suscetíveis a perda de íons durante a muda, uma vez

2291 que o magnésio está mais relacionado com a muda que com a osmorregulação (Houng
2292 et al. 2010)

2293 Ainda segundo Houng et al. (2010), o cultivo em salinidades reduzidas demandam
2294 um maior esforço osmorregulatório por parte dos camarões marinhos (≤ 7 g/L). Maicá et
2295 al. (2012) tiveram um melhor desempenho em berçário de *L. vannamei* em salinidade
2296 25g/L, mas teve bom desempenho também em salinidade 4g/L. Esparza-Leal et al.
2297 (2016) tiveram um melhor crescimento e sobrevivência em salinidades maiores ou iguais
2298 a 16g/L, mas com bons resultados nas salinidades 12 e 8g/L, também em berçário. No
2299 presente estudo (8g/L) o desempenho zootécnico foi similar aos acima referidos,
2300 inclusive permitiu a substituição da salinidade marinha por NaCl em 50% e, quando se
2301 utiliza salinização artificial, é possível reduzir em 50% o nível de magnésio.

2302 O magnésio é o elemento mais oneroso na constituição dos sais componentes da
2303 salinização artificial. A análise econômica mostrou que é possível reduzir em 31% o custo
2304 de salinização artificial utilizando 50% da concentração original de magnésio, reduzindo
2305 assim o custo de salinização de R\$77,20 para R\$53,50/m³.

2306

2307 **Conclusão**

2308 É possível substituir em até 50% a composição de sais da água marinha por
2309 cloreto de sódio, sem prejuízo ao crescimento e sobrevivência de *L. vannamei* cultivados
2310 em sistema BFT com salinidade 8g/L. Este nível de substituição só foi possível quando
2311 o restante da composição iônica for oriunda de água marinha natural diluída e não água
2312 salinizada artificialmente. A composição dos bioflocos foi influenciada pelos diferentes
2313 níveis de substituição de água marinha por cloreto de sódio. A concentração das

2314 microalgas benéficas ao cultivo (diatomáceas) foi reduzida pelos maiores níveis de
2315 substituição por cloreto de sódio. Em salinidade 8g/L com 0% de substituição por cloreto
2316 de sódio as concentrações de magnésio testadas (50, 100 e 200%) não se mostraram
2317 benéficas e tampouco prejudiciais a sobrevivência e crescimento de juvenis de *L.*
2318 *vannamei*. A redução de 50% no nível de magnésio permite uma redução de 31% no
2319 custo da salinização artificial, sem prejudicar o desenvolvimento dos camarões.

2320

2321 **Referências**

2322 Aminot A. & Chaussepied M. 1983. Manuel des analyses chimiques em milieu marin.
2323 C.N.E.X.O, Brest, 376p.

2324 Antony J & Vungurala H. 2015. Effects of salinity and Na⁺/K⁺ ratio on osmoregulation and
2325 growth performance of Black Tiger Prawn, *Penaeus monodon* Fabricius, 1798,
2326 juveniles reared in inland saline water. Journal of the World Aquaculture Society,
2327 46(2):171-182.

2328 APHA (American Public Health Association). 1998. Standard methods for the
2329 examination of water and wastewater. 20st edition, Washington, DC, USA

2330 Araneda M, Pérez EP & Gasca-Leyva E. 2008. White shrimp *Penaeus vannamei* culture
2331 in freshwater at three densities: condition state based on length and weight.
2332 Aquaculture 283:13–18.

2333 Avnimelech, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture 223
2334 systems. Aquaculture, 176: 227-235.

2335 Bendschneider K & Robison RJ. 1952. A new spectrophotometric method for the
2336 determination of nitrite in seawater. J. Mar. Res. 11, 87–96.

- 2337 Boyd, CE & Tucker CS. 1998. Pond aquaculture water quality management. Kluwer
2338 Academic, Boston, 700p.
- 2339 De Souza DM, Borges VD, Furtado OS, Romano LA, Wasielesky W, Monserrat JM & De
2340 Oliveira Garcia L. 2016. Antioxidant enzyme activities and immunological system
2341 analysis of *Litopenaeus vannamei* reared in biofloc technology (BFT) at different
2342 water temperatures. Aquaculture (Amsterdam), v. 451:436-443.
- 2343 De Schryver P, Crab R, Defoirdt T, Boon N, Verstraete W (2008). The basics of bio-flocs
2344 technology: the added value for aquaculture. Aquaculture 277:125-137.
- 2345 Esparza-Leal HM, Xavier JA & Wasielesky W. 2016. Performance of *Litopenaeus*
2346 *vannamei* postlarvae reared in indoor nursery tanks under biofloc conditions at
2347 different salinities and zero-water exchange. Aquaculture International, pp 1-13.
- 2348 FAO, 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture
2349 Organization of the United Nations, Rome.
- 2350 Furtado PS, Gaona CAP, Poersch LH, Wasielesky W (2014) Application of different
2351 doses of calcium hydroxide in the farming shrimp *Litopenaeus vannamei* with the
2352 biofloc technology (BFT). Aquacult Int 22:1009-1023.
- 2353 Furtado PS, Fugimura MMS, Monserrat JM, De Souza DM, Garcia LO & Wasielesky W.
2354 2015. Acute effects of extreme pH and its influences on the survival and
2355 biochemical biomarkers of juvenile White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Marine
2356 and Freshwater Behaviour and Physiology (Print), v. 48, p. 417-429.
- 2357 Furtado PS, Poersch LH & Wasielesky W. 2011. Effect of calcium hydroxide, carbonate
2358 and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp

2359 *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. Aquaculture
2360 32:130-135.

2361 Gaona CAP, Almeida MS, Viau V, Poersch LH & Wasielesky Jr W. 2015. Effect of
2362 different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)
2363 BFT culture system during biofloc formation. Aquaculture Research, 1–10.

2364 Godoy LS, Odebrecht C, Ballester E, Martins TG & Wasielesky W. 2012. Effect of diatom
2365 supplementation during the nursery rearing of *Litopenaeus vannamei* (Boone,
2366 1931) in a heterotrophic culture system. Aquaculture International 20, 559–569.

2367 Huong DTT, Jasmani S, Jayasankar V, & Wilder M. 2010. Na/K-ATPase activity and
2368 osmo-ionic regulation in adult whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed to
2369 low salinities. Aquaculture 304: 88–94.

2370 Jory DE, Cabrera TR, Dugger DM, Fegan D, Lee PG, Lawrence AL, Jackson CJ,
2371 Mcintosh RP & Castañeda J. 2001. A global review of shrimp feed management:
2372 status and perspectives. In: Browdy CL, Jory DE (eds). The new wave:
2373 proceedings of the special session on sustainable shrimp culture, aquaculture.
2374 Baton Rouge, LA: The World Aquaculture Society.

2375 Kester DR, Duedall IW, Connors DN, Pytkowicz, RM. 1967. Preparation of Artificial
2376 Seawater in: Limnology and Oceanography, American Society of Limnology and
2377 Oceanography, Vol. 12, No. 1, pp. 176-179.

2378 Kuhn, DD, Smith SA, Boardman GD, Angier MW, Marsh LFJ & George J. 2010. Chronic
2379 toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: Impacts on
2380 survival, growth, antennae length, and pathology. Aquaculture, 309: 109-114.

- 2381 Laramore S, Laramore CR, Scarpa J. 2001. Effect of low salinity on growth and survival
2382 of postlarvae and juvenile *Litopenaeus vannamei*. J World Aquacult Soc 32:385-
2383 392
- 2384 Maicá PF, Borba MR & Wasielesky W. 2012. Effect of low salinity on microbial floc
2385 composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared
2386 in a zero-water exchange super-intensive system. Aquacult Res 43:361-370
- 2387 Pan LQ, Chen XY, Li F, Bi YZ, Zheng SX. 2005. Response of juvenile *Litopenaeus*
2388 *vannamei* to varying levels of calcium phosphate monobasic supplemented to a
2389 practical diet. Aquaculture 248: 97– 102.
- 2390 Pan LQ, Zhang LJ, Liu HU. 2007. Effects of salinity and pH on ion-transport enzyme
2391 activities, survival and growth of *Litopenaeus vannamei* postlarvae. Aquaculture
2392 273:711–720.
- 2393 Péqueux A. 1995. Osmotic regulation in crustaceans. J. Crustac. Biol. 15:1–60.
- 2394 Perez-Velazquez M, Davis DA, Roy LA, González-Félix ML. 2012. Effects of water
2395 temperature and Na⁺:K⁺ ratio on physiological and production parameters of
2396 *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity water. Aquaculture 342–343: 13–17.
- 2397 Ray JA, Lewis BL, Browdy CL & Leffler JW. 2010. Suspended solids removal to improve
2398 shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based
2399 feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. Aquaculture, 299: 89-
2400 98.
- 2401 Romano, N. and C. Zeng. 2012. Osmoregulation in decapods crustaceans: implications
2402 to aquaculture productivity, methods for potential improvement and interactions
2403 with elevated ammonia exposure. Aquaculture 334–337:12–23.

- 2404 Roy LA, Davis DA, Saoud IP & Henry RP. 2007. Effects of varying levels of aqueous
2405 potassium and magnesium on survival, growth and respiration of the Pacific white
2406 shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. *Aquaculture* 262:
2407 461-469.
- 2408 Roy LA, Davis DA & Nguyen TN. 2009. Supplementation of chelated magnesium to diets
2409 of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low-salinity waters
2410 of west Alabama. *Journal of the World Aquaculture Society*, Vol. 40(2): 248-254.
- 2411 Roy LA, Davis DA, Saoud IP, Boyd CA, Pine HJ & Boyd CE. 2010. Shrimp culture in
2412 inland low salinity waters. *Rev. Aquacult.* 2:191–208.
- 2413 Saoud IP, Davis DA & Rouse DB. 2003. Suitability studies of inland well waters for
2414 *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture* 217:373–383.
- 2415 Scopel BR, Schweitzer R, Seiffert WQ, Pierri V, Arantes RF, Vieira FN, Vinatea LA (2011)
2416 Substituição da farinha de peixe em dietas para camarões marinhos cultivados em
2417 sistema bioflocos. *Pesq Agropec Bras* 46(8):928-934.
- 2418 Silva, KR, WJ Wasielesky & PC Abreu. 2013. Nitrogen and phosphorus 293 dynamics in
2419 the biofloc production of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *J. World*
2420 *Aquacult. Soc.*, 44: 30-41.
- 2421 Sowers AD, Young SP, Gatlin DM, Isely JJ, Browdy CL & Tomasso, JR. 2005. Responses
2422 of *Litopenaeus vannamei* in water containing low concentrations of total dissolved
2423 solids. *Aquaculture Research* 36:819–823.
- 2424 Sowers AD, Young SP, Grosell M, Browdy CL & Tomasso JR. 2006. Haemolymph
2425 osmolality and cation concentrations in *Litopenaeus vannamei* during exposure to

2426 artificial sea salt or a mixed-ion solution: relationship to potassium flux.
2427 Comparative Biochemistry and Physiology, Part A 145:176–180.

2428 Strickland JDH & Parsons TR. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fishery
2429 Research Board, Ottawa, ON, Canada.

2430 Tantulo U & Fotedar R. 2006. Comparison of growth, osmoregulatory capacity, ionic
2431 regulation and organosomatic indices of black tiger prawn *Penaeus monodon*
2432 Fabricius, 1798 juveniles reared in potassium fortified inland saline water and
2433 ocean water at different salinities. Aquaculture, 258:594-605.

2434 Tomasso JR. 2012. Environmental nitrite and aquaculture: a perspective. Aquacult Int
2435 20: 1107-1116.

2436 UNESCO. 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Manual
2437 and guides. Intergovernmental Oceanographic Commission, Paris, France.

2438 Van Wyk P & Scarpa J. 1999. Water quality requirements and management. In: Farming
2439 Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems (ed. by P. Van Wyk), pp.128-
2440 138. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, FL,
2441 USA.

2442 Wasielesky W, Atwood H, Stokes A & Browdy CL. 2006. Effect of natural production in a
2443 zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for
2444 white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 258, 396–403.

2445 Wudtisin I & Boyd CE. 2011. Possible potassium and magnesium limitations for shrimp
2446 survival and production in low-salinity, pond waters in Thailand. Journal of the
2447 World Aquaculture Society. V. 42(6):766-777.

2448 Zar JH (1996) Biostatistical Analysis, 3rd edition, Prentice Hall, New Jersey, USA

2450 **Conclusão Geral**

2451 Os resultados obtidos no decorrer dos experimentos realizados nesta tese, serão
2452 aplicados pelos aquicultores que busquem produzir camarões marinhos longe da costa
2453 em sistema BFT.

2454 No primeiro capítulo verificou que, durante um ciclo de 63 dias de cultivo de *L.*
2455 *vannamei* em sistema BFT, o equilíbrio iônico não foi alterado a ponto de prejudicar o
2456 desempenho zootécnico dos camarões (salinidade 20-25g/L).

2457 O segundo capítulo evidenciou a suscetibilidade desta espécie frente a elevados
2458 níveis de compostos nitrogenados em salinidades reduzidas, principalmente o nitrito.
2459 Embora tenha sido utilizado 25% de inóculo de bioflocos maduro, todos tratamentos
2460 tiveram níveis elevados de amônia e nitrito, porém apenas os camarões das salinidades
2461 2 e 4g/L, tiveram 100% de mortalidade. Enquanto que salinidades ≥ 16 g/L tiveram uma
2462 sobrevivência de 100% e um ganho de peso superior, já os camarões cultivados em
2463 salinidades ≥ 8 /L tiveram ganho de peso e sobrevivência elevada ($\geq 72\%$). Portanto,
2464 berçários de *L. vannamei* em sistema de bioflocos devem prioritariamente serem
2465 realizados com salinidade acima de 8g/L.

2466 No capítulo conclui-se que as diferentes fontes alternativas testadas se mostraram
2467 adequadas para o cultivo de camarão e para a formação dos flocos microbianos. O
2468 desempenho zootécnico dos camarões de nenhuma fonte de água alternativa testada foi
2469 significativamente diferente do controle (água marinha diluída). Porém quando foi
2470 utilizada salinização artificial, a composição de microalgas dos bioflocos foi alterada,
2471 resultando em uma concentração reduzida de diatomáceas.

2472 Já o quarto capítulo mostrou a possibilidade da substituição de até 50% de água
2473 marinha por solução cloreto de sódio quando se utilizou água marinha natural diluída,
2474 não comprometendo o desempenho zootécnico dos camarões. Quando foi utilizada a
2475 substituição de 50% de sais artificiais por cloreto de sódio a sobrevivência e o
2476 crescimento de pós-larvas de *L. vannamei* foi afetado de maneira significativa. As
2477 diferentes concentrações de magnésio testadas (50, 100 e 200%) não tiveram influência
2478 nas taxas de sobrevivência e crescimento de *L. vannamei* em sistema BFT. Portanto é
2479 possível a substituição de 50% de sais marinho por cloreto de sódio, desde que se utilize
2480 água marinha diluída, e a redução de 50% nas concentrações de magnésio na água sem
2481 comprometer o crescimento e sobrevivência de *L. vannamei* em sistema BFT. Essa
2482 redução na quantidade de magnésio permitiu uma redução de 31% no custo da
2483 salinização artificial.

2484 Por fim, com este estudo esperamos ter mostrado a importância do perfil iônico
2485 adequado da água em prol da viabilização técnica do cultivo interior de camarões
2486 marinhos em sistema BFT.

2487

2488 **Considerações para Futuros Estudos**

2489 Avaliar o equilíbrio iônico em cultivos com bioflocos em baixas salinidades com
2490 vários ciclos de reuso da mesma água.

2491 Desenvolver estudos com diferentes composições de sais para encontrar salga
2492 artificial de menor custo para os produtores.

2493