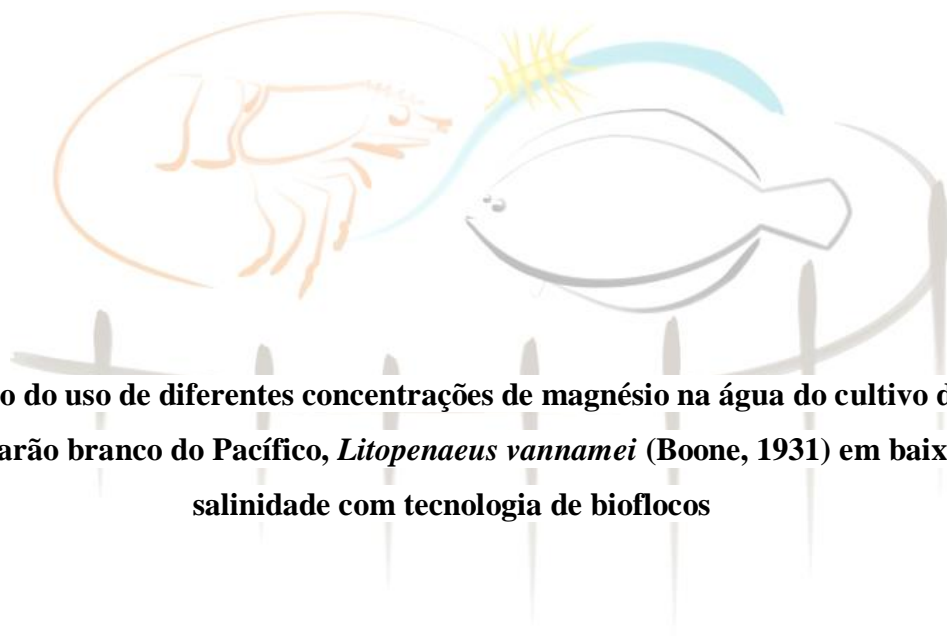




UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG  
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



**Efeito do uso de diferentes concentrações de magnésio na água do cultivo do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em baixa salinidade com tecnologia de bioflocos**

**Inácio Alves Neto**

RIO GRANDE - RS

2018

5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30

31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57

**Universidade Federal do Rio Grande**  
**Instituto de Oceanografia**

**Efeito do uso de diferentes concentrações de magnésio na água do cultivo do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em baixa salinidade com tecnologia de bioflocos**

Aluno: Inácio Alves Neto

Orientador: Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr.

Co-orientador: Dr. Plínio Schmidt Furtado

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Aquicultura do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande.

Rio Grande, RS

Julho de 2018

## Sumário

58		
59	Lista de tabelas.....	V
60	Lista de figuras.....	VI
61	Dedicatória.....	VIII
62	Agradecimentos .....	IX
63	RESUMO GERAL.....	X
64	GENERAL ABSTRACT.....	XI
65	INTRODUÇÃO GERAL .....	12
66	OBJETIVOS .....	16
67	Objetivo geral.....	16
68	Objetivos específicos .....	16
69	REFERÊNCIAS .....	17
70	CAPÍTULO I - Cultivo do camarão branco do Pacífico, <i>Litopenaeus vannamei</i> (Boone,	
71	1931) com diferentes concentrações de magnésio na água: fase de berçário e engorda em	
72	sistema de bioflocos .....	22
73	RESUMO .....	23
74	ABSTRACT.....	24
75	INTRODUÇÃO.....	25
76	OBJETIVOS .....	28
77	Objetivo Geral.....	28
78	Objetivos Específicos.....	28
79	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
80	Local de realização do experimento .....	28
81	Procedência e manejo dos animais .....	28
82	Salga Artificial.....	29
83	Delineamento Experimental.....	30
84	Manejo da qualidade da água.....	31
85	Manejo alimentar .....	32

86	Desempenho zootécnico .....	32
87	Análise da composição iônica.....	32
88	Análise estatística.....	33
89	RESULTADOS .....	34
90	Variáveis físicas e químicas da água .....	36
91	DISCUSSÃO .....	46
92	Qualidade da água.....	46
93	Desempenho zootécnico .....	48
94	Composição Iônica.....	50
95	CONCLUSÕES .....	51
96	REFERÊNCIAS .....	52
97	CAPÍTULO II - Acute toxicity of nitrate in <i>Litopenaeus vannamei</i> (Boone, 1931)	
98	juveniles at low salinity levels .....	60
99	RESUMO .....	61
100	ABSTRACT.....	61
101	INTRODUCTION.....	62
102	MATERIAL AND METHODS.....	63
103	Animals and location .....	63
104	Experimental design.....	64
105	Water quality.....	65
106	Statistical analysis .....	65
107	RESULTS.....	66
108	DISCUSSION .....	70
109	CONCLUSION.....	72
110	REFERENCES .....	72
111	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
112		

Lista de tabelas

113

114

115 Capítulo I - Cultivo do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)

116 com diferentes concentrações de magnésio na água: fase de berçário e engorda em sistema

117 de bioflocos

118 Tabela 1 - Constituintes artificiais para salinidade 35g.L<sup>-1</sup> Kester et al. (1967). ..... 29

119 Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos da água (média ± desvio padrão) na fase de

120 berçário. .... 34

121 Tabela 3 - Parâmetros físico-químicos da água (média ± desvio padrão) na fase de

122 engorda. .... 35

123 Tabela 4 - Parâmetros de Desempenho Zootécnico do *L. vannamei* cultivado por 42 dias

124 em berçário com diferentes relações de Cálcio : Magnésio : Potássio em salinidade 5g.

125 L<sup>-1</sup>. .... 41

126 Tabela 5 - Parâmetros de Desempenho Zootécnico do *L. vannamei* cultivado por 77 dias

127 em engorda com diferentes relações de Cálcio : Magnésio : Potássio em salinidade 5 g.L<sup>-1</sup>

128 <sup>1</sup>. .... 42

129 Tabela 6 - Composição dos macroelementos constituintes da salga artificial referentes a

130 coleta do 42º dia de cultivo. .... 43

131 Tabela 7 - Composição dos macroelementos constituintes da salga artificial referentes a

132 coleta do 77º dia de cultivo. .... 44

133 Tabela 8 - Custos com a salga mãe (sem magnésio) e salinização completa para cada

134 tratamento utilizado. Valores apresentados em Kg e m<sup>3</sup>. .... 45

135 Tabela 9 - Valores de sais com formulações comerciais. .... 45

136 Capítulo II - Acute toxicity of nitrate in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) juveniles

137 at low salinity levels

138 Table 1 - Water quality parameters during the LC<sub>50</sub> test for salinity 5 g.L<sup>-1</sup> under different

139 concentrations of nitrate (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). .... 66

140 Table 2 - Water quality parameters during the LC<sub>50</sub> test for salinity 10 g.L<sup>-1</sup> under

141 different concentrations of nitrate (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). .... 66

142 Table 3 - LC<sub>50</sub> (mg.L<sup>-1</sup>) and confidence intervals of N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> at different times and

143 salinities. .... 69

144 Table 4 - LC<sub>50</sub> - 96h values (mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup>) of nitrate for juveniles of different species

145 of crustaceans, including results generated by the present study. .... 69

147

148 Capítulo I - Cultivo do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)  
 149 com diferentes concentrações de magnésio na água: fase de berçário e engorda em sistema  
 150 de bioflocos

151 Figura 1 - Variações de temperatura ao longo do cultivo de *L. vannamei* na fase de  
 152 berçário (A) e engorda (B) em sistema BFT com diferentes concentrações de magnésio  
 153 em baixa salinidade. .... 36

154 Figura 2 - Variações nas concentrações de oxigênio dissolvido ao longo do cultivo de *L.*  
 155 *vannamei* na fase de berçário (A) e engorda (B) em sistema BFT com diferentes  
 156 concentrações de magnésio em baixa salinidade..... 36

157 Figura 3 - Variações do pH ao longo do cultivo de *L. vannamei* na fase de berçário (A) e  
 158 engorda (B) em sistema BFT com diferentes concentrações de magnésio em baixa  
 159 salinidade ..... 37

160 Figura 4 - Variações de alcalinidade ao longo do cultivo de *L. vannamei* na fase de  
 161 berçário (A) e engorda (B) em sistema BFT com diferentes concentrações de magnésio  
 162 em baixa salinidade ..... 37

163 Figura 5 - Variações médias das concentrações de Sólidos Suspensos Totais (mg. L<sup>-1</sup>)  
 164 durante o cultivo do *L. vannamei* na fase de berçário (A) e engorda (B) em sistema BFT,  
 165 com diferentes concentrações de magnésio em baixa salinidade. .... 38

166 Figura 6 - Variações médias das concentrações de amônia (mg. L<sup>-1</sup>) durante o cultivo de  
 167 *L. vannamei* expostos a diferentes concentrações de magnésio na fase de berçário (A) e  
 168 engorda (B) em sistema BFT. Análises diárias até estabilização e após isso três vezes por  
 169 semana. .... 39

170 Figura 7 - Variações médias das concentrações de nitrito (mg. L<sup>-1</sup>) durante o cultivo de *L.*  
 171 *vannamei* expostos a diferentes concentrações de magnésio na fase de berçário (A) e  
 172 engorda (B) em sistema BFT. Análises três vezes por semana. .... 39

173 Figura 8 - Variações médias das concentrações de nitrato (mg. L<sup>-1</sup>) durante o cultivo de  
 174 *L. vannamei* expostos à diferentes concentrações de magnésio na fase de berçário (A) e  
 175 engorda (B) em sistema BFT. Analisado semanalmente..... 40

176 Figura 9 - Variações médias das concentrações de fosfato (mg. L<sup>-1</sup>) durante o cultivo de  
 177 *L. vannamei* expostos à diferentes concentrações de magnésio na fase de berçário (A) e  
 178 engorda (B) em sistema BFT. Analisado semanalmente..... 40

179 Capítulo II - Acute toxicity of nitrate in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) juveniles  
180 at low salinity levels  
181 Figure 1 - Survival of *Litopenaeus vannamei* throughout 96h nitrate exposure at different  
182 concentration in salinity 5 g.L<sup>-1</sup>..... 67  
183 Figure 2 - Survival of *Litopenaeus vannamei* throughout 96h nitrate exposure at different  
184 concentration in salinity 10 g.L<sup>-1</sup>..... 68  
185 Figure 3 - Linear regression of LC<sub>50</sub> of nitrate-N to juvenile of *L. vannamei* exposed to  
186 different concentrations of nitrate-N at salinity 5 g.L<sup>-1</sup>. ..... 68  
187 Figure 4 - Linear regression of LC<sub>50</sub> of nitrate-N to juvenile of *L. vannamei* exposed to  
188 different concentrations of nitrate-N at salinity 10 g.L<sup>-1</sup>. ..... 69  
189  
190  
191  
192  
193

194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213

Dedicatória

*Dedico este trabalho à minha mãe (in memoriam), pela fibra moral, exemplo que me  
guiou pelo bom caminho.*



## Agradecimentos

214

215

216 A Deus, pelo dom da vida e por ter me mantido são, mesmo nos momentos de desespero.

217 Aos órgãos de fomento, CAPES, CNPq, FAPERGS e FINEP pela concessão da bolsa e

218 pelos recursos concedidos que possibilitam a execução da ciência no Brasil.

219 Ao meu orientador, professor Dr. Wilson Wasielesky, por aceitar a função de me orientar,

220 por todo o conhecimento compartilhado, por sempre estar aberto ao diálogo, e

221 principalmente, pela paciência e disponibilidade. Muito obrigado!

222 Ao meu co-orientador, Dr. Plínio Furtado, por toda a paciência em ensinar e guiar-me no

223 caminho da pesquisa e suporte nos experimentos.

224 À minha família, pelo apoio emocional, pelo carinho e compreensão que me fizeram

225 chegar até aqui e por sempre apoiar as minhas decisões, mesmo quando essas me levam

226 a milhares de quilômetros de distância de casa.

227 Aos meus amigos, que se fizeram presente em todas as etapas desse processo, me

228 ajudando a seguir firme.

229 Ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da FURG e a todo o corpo docente.

230 Aos integrantes do Projeto Camarão e a todos os colegas e amigos do PPGAq, que

231 compartilharam comigo essa caminhada.

232

233 Obrigado.

234

235

236

237 **RESUMO GERAL**

238 O sistema de bioflocos tem como vantagens o pouco uso de água e geração de efluente,  
239 além da possibilidade de desenvolvimento em baixa salinidade. Aliado ao uso da  
240 salinização artificial, vêm aumentando a viabilidade e sustentabilidade da aquicultura  
241 afastada da costa. Magnésio, mineral essencial exigido pelos crustáceos para crescimento  
242 e constituinte mais caro pode ser reduzido na salga artificial. objetivando avaliar o efeito  
243 de diferentes concentrações de Magnésio na água de cultivo, em *L. vannamei* cultivados  
244 em águas artificialmente salinizadas em sistema BFT foram delineados 6 tratamentos,  
245 com 3 repetições, salinidade 5 em duas fases seguindo a mesma configuração, berçário  
246 com densidade de estocagem de 1500cam/m<sup>3</sup>, o magnésio foi manipulado na relação  
247 Cálcio – Magnésio – Potássio. Tratamento Controle – TC (água do mar diluída); TI = 1  
248 – 3 – 0,9; TII = 1 – 2 – 0,9; TIII = 1 – 1 – 0,9; TIV = 1 – 0,5 – 0,9; TV = 1 – 0,1 – 0,9.  
249 Foram utilizadas 18 unidades experimentais com 40L, por 42 dias. Na engorda,  
250 500cam/m<sup>3</sup> reutilizando a água com bioflocos maturados por 35 dias. Foi avaliado o  
251 desempenho zootécnico e feito uma estimativa de custos da salinização artificial. Os  
252 melhores resultados foram observados no T3 (sobrevivência = 88,33 ± 10,41; conversão  
253 alimentar 1,8 g ± 0,07; peso final 4,63 g ± 0,53), possibilitando a redução desse íon sem  
254 prejuízo aos camarões. Apesar da viabilidade de se reduzir a quantidade de sais na  
255 salinização artificial ainda há uma lacuna em relação a toxicidade de compostos  
256 nitrogenados em baixas salinidades. O nitrato, por exemplo, pode ser letal em altas  
257 concentrações e está diretamente relacionado à salinidade. Os testes de toxicidade aguda  
258 permitem analisar a relação entre o composto e outras variáveis abióticas ou bióticas. O  
259 objetivo do segundo trabalho foi determinar a concentração letal mediana (CL50-96h) e  
260 o nível de segurança do nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) em juvenis de *L. vannamei* nas salinidades 5 e  
261 10. Para a salinidade 5, um controle e cinco tratamentos foram testados, com  
262 concentrações de 100, 500, 1500, 2500 e 3500 mg.L<sup>-1</sup>. Para salinidade de 10 g.L<sup>-1</sup>, foi  
263 adicionada uma concentração de 4500 mg.L<sup>-1</sup>. 45 juvenis por tratamento foram expostos  
264 às concentrações durante 24, 48, 72, 96 horas. A Concentração Letal Mediana (CL<sub>50</sub>) foi  
265 calculada e o nível de segurança recomendado para o cultivo de *L. vannamei* é de 60,05  
266 e 127,61 mg.L<sup>-1</sup> de nitrato nas salinidades 5 e 10 g.L<sup>-1</sup>, respectivamente.

267 Palavras-chave: magnésio; salga artificial; perfil iônico; concentração letal mediana;  
268 camarão branco do Pacífico; água salobra.

269 **GENERAL ABSTRACT**

270 The Biofloc Technology System has advantages such as low water use and effluent  
271 generation, improved water quality, and the possibility of development in low salinity.  
272 Together with the use of artificial salinization, these technologies have increased the  
273 viability and sustainability of inland aquaculture. Magnesium, essential mineral required  
274 by crustaceans for growth and more expensive constituent can be reduced in artificial  
275 salting. Aiming to evaluate the effect of different concentrations of Magnesium in the  
276 culture water, in *L. vannamei* grown in artificially salinized waters in the BFT system, 6  
277 treatments were delineated, with 3 replicates, 5 salinity in 2 phases following the same  
278 configuration, nursery with stocking density of 1500cam / m<sup>3</sup>, the magnesium was  
279 manipulated in the Calcium - Magnesium - Potassium ratio. Treatment Control - TC  
280 (diluted sea water); TI = 1-3-0.9; TII = 1-2-0.9; TIII = 1-1-9; TIV = 1-0.5-0.9; TV = 1 -  
281 0.1 - 0.9. Eighteen experimental units were used with 40L for 42 days. At grow-out phase,  
282 500cam / m<sup>3</sup> reusing the water with bioflocos matured for 35 days. The zootechnical  
283 performance and an estimate of the costs of the artificial salinization were evaluated. The  
284 best results were observed in T3 (survival =  $88.33 \pm 10.41$ , feed conversion  $1.8 \text{ g} \pm 0.07$ ,  
285 final weight  $4.63 \text{ g} \pm 0.53$ ), allowing the reduction of this ion without damage to the  
286 shrimp. Despite the feasibility of reducing the amount of salts in the artificial seawater  
287 production there is still a gap regarding the toxicity of nitrogen compounds at low  
288 salinities. Nitrate, for example, can be lethal in high concentrations and is directly related  
289 to salinity. Acute toxicity tests allow to analyse the relationship between the compound  
290 and other variables. The objective of the second work was to determine the median lethal  
291 concentration and safety level of nitrate (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) in juveniles of *L. vannamei* at salinities  
292 5 and 10 g.L<sup>-1</sup>. For salinity 5, a control and five treatments were tested, with  
293 concentrations of 100, 500, 1500, 2500 and 3500 mg.L<sup>-1</sup>. For salinity 10 g.L<sup>-1</sup>, a  
294 concentration of 4500 mg.L<sup>-1</sup> was added. The 45 juveniles were exposed to concentrations  
295 for 24, 48, 72, 96. The mean Lethal Concentration (LC<sub>50</sub>) was calculated and the  
296 recommended safety level for *L. vannamei* cultivation is 60.05 and 127.61 mg.L<sup>-1</sup> of  
297 nitrate for salinities 5 and 10 g.L<sup>-1</sup>, respectively.

298 Key-words: Magnesium; artificial seawater; ionic profile; median lethal concentration;  
299 Pacific white shrimp; brackish water

## 300 **INTRODUÇÃO GERAL**

301 A população vem crescendo exponencialmente, a demanda por alimentos de  
302 origem aquático aumenta proporcionalmente, sendo cada vez mais necessária a  
303 intensificação dos sistemas de produção para suprir essa demanda (FAO, 2016). A  
304 Carcinicultura figura entre os grupos aquáticos mais importantes produzidos no mundo.  
305 Em 2014, a produção de crustáceos da Indonésia de 610.000 toneladas ou  
306 aproximadamente 10% da produção mundial de crustáceos, apesar do surgimento de  
307 doenças provocando perdas consideráveis, fator que gera estudos e investimentos em  
308 sistemas com tecnologias mais biosseguras (FAO, 2016; De Schryver et al., 2014).

309 No Brasil a maior parte do camarão consumido vem de cultivos da região nordeste  
310 como Ceará e Rio Grande do Norte. Esta região apresenta condições favoráveis ao  
311 cultivo, como pouca variação climática, temperatura relativamente estável, bem como  
312 uma grande incidência solar, fatores que beneficiam o desenvolvimento de camarões em  
313 condições de cativeiro (Salim, 2002). Grande parte dessa produção é desenvolvida de  
314 maneira convencional, as fazendas de cultivos tradicionais são de grandes proporções,  
315 utilizam muita água e geram grande quantidade de efluentes, apesar de serem  
316 relativamente simples e operações de baixo custo, várias desvantagens são atribuídas a  
317 esses sistemas convencionais, como a falta de tratamento da água, influenciando  
318 diretamente na qualidade da água que é dispensada, aparecimento de doenças, falta de  
319 biossegurança (Otoshi et al., 2003).

320 Implicações envolvendo especulação imobiliária, epizootias de doenças limitam  
321 a expansão da Carcinicultura. Estudos mostram flutuação nos resultados de produção de  
322 camarões em grande escala na Tailândia, bem como os danos causados à terra e a geração  
323 de águas residuais (Huitric et al., 2002). Como forma de minimizar problemas com  
324 doenças, Boyd (2002) sugere cultivos afastados da costa, onde a abundância de vetores é  
325 menor. O avanço das tecnologias, como por exemplo a tecnologia dos bioflocos, é  
326 fundamental para a expansão das atividades aquícolas sem comprometimento dos  
327 recursos naturais, possibilitando que a produção seja sustentável nos aspectos ambientais,  
328 sociais e econômicos (Subasinghe et al., 2009).

329 Sistemas de produção biosseguros são cada vez mais preconizados nas produções  
330 aquícolas como forma de prevenção de doenças, o Sistema de Bioflocos (Biofloc  
331 Technology System - BFT) conhecido como sistema ambientalmente amigável, é utilizado  
332 na produção de organismos com hábito alimentar omnívoro e filtradores capazes de

333 manipular e/ou utilizar como alimento os flocos microbianos, como os camarões  
334 marinhos (principalmente *L. vannamei*) e tilápias (Avnimelech, 2007; Wasielesky et al.,  
335 2006). Técnica de cultivo de organismos aquáticos que tem como base o desenvolvimento  
336 e aproveitamento de uma alça microbiana que se estabelece e promovem a reciclagem  
337 dos compostos nitrogenados gerados a partir de sobras de alimento e pelo processo de  
338 excreção dos animais, mantendo, com isso, a qualidade da água (Ebeling et al., 2006;  
339 Wasielesky et al., 2006).

340 A utilização desse sistema melhora aspectos do desempenho zootécnico como  
341 crescimento e sobrevivência (Xu et al., 2016), possibilita um cultivo biosseguro,  
342 reduzindo a troca de água para valores próximos de zero, minimizando impactos com  
343 efluentes (Browdy et al. 2001). Além disso, permite o uso de altas densidades de  
344 estocagem, melhor aproveitamento do alimento fornecido, influenciando positivamente a  
345 conversão alimentar (Ray et al., 2010; Wasielesky et al., 2006).

346 Para a manutenção do sistema e da qualidade da água é necessário dois processos,  
347 a manipulação da relação carbono nitrogênio (C : N) na água, para isso utiliza-se uma  
348 fonte de carbono orgânico, como farelo de arroz, dextrose, melação de cana de açúcar, que  
349 favorece o aparecimento de bactérias heterotróficas que assimilam o nitrogênio amoniacal  
350 e produzem biomassa bacteriana, utilizando o carbono orgânico como fonte de energia  
351 (Avnimelech, 2007) e o processo de nitrificação, onde bactérias nitrificantes transformam  
352 a amônia em nitrito, compostos nitrogenados mais tóxico, e posteriormente em nitrato,  
353 fração menos tóxica, permitindo o aumento da densidade de estocagem (Ebeling et al.,  
354 2006). Além de fazer a ciclagem do nitrogênio na água, a comunidade microbiana serve  
355 como fonte nutricional que melhora o desenvolvimento dos animais (Emerenciano et al.,  
356 2012). Associado ao reuso de água por vários ciclos, a produção de efluentes e a  
357 transmissão de doenças são reduzidos (Krummenauer et al., 2014).

358 *O L. vannamei* é o camarão mais cultivado no ocidente e vem sendo produzido  
359 em diversas fontes de águas, afastadas da costa, em salinidades que variam desde 28,3  
360 g.L<sup>-1</sup> (Smith e Lawrence, 1990) até 0,5 g.L<sup>-1</sup> (Samocha et al., 2001). A maioria dos  
361 peneídeos se ajustam de acordo com fatores ambientais como salinidade, na fase larval  
362 às salinidades oceânicas, na fase juvenil às salinidades estuarinas e na fase adulta  
363 retornando às salinidades oceânicas (Lester et al 1991). Mecanismos osmorregulatórios  
364 como manter a concentração interna menor do que a concentração do meio em altas  
365 salinidades ou maior do que a do meio em baixas salinidades são utilizados durante o

366 ciclo de vida dessa espécie no ambiente natural (Charmantier 1987). A capacidade de se  
367 adaptar a diferentes condições ambientais torna o camarão branco uma das espécies mais  
368 cultivadas do mundo, esta espécie está distribuída em águas do Oceano Pacífico, na região  
369 do México até o Peru, encontrada em águas com ampla variedade de salinidade.

370 Em ambiente completamente doce, o animal tende a perder quantidades  
371 excessivas de água, retendo muitos íons durante a osmorregulação (Nunes 2001). Dessa  
372 forma, alterações na salinidade podem resultar em impactos significativos no  
373 crescimento, na sobrevivência e na resistência desses animais demonstrando a importância  
374 em desenvolver estudos referentes ao equilíbrio iônico, para o bom desempenho dos  
375 camarões marinhos (Saoud et al., 2003; Sowers et al., 2006). Embora uma espécie possa  
376 ser encontrada em salinidades extremamente altas ou baixas, isso não significa que ela  
377 possa alcançar crescimento e sobrevivência máxima em tais ambientes (Laramore et al.  
378 2001), tal processo implica em custos metabólicos fazendo com que os camarões gastem  
379 energia para manutenção da homeostase corporal.

380 Apesar disso, nos Estados Unidos esta espécie é cultivada comercialmente em  
381 águas interiores de baixa salinidade no Alabama, Arizona, Flórida, Indiana, Illinois,  
382 Texas (Samocha et al., 2002), bem como no Equador e Tailândia. Dentre as vantagens do  
383 cultivo em baixa salinidade, a presença de patógenos de doenças (virais e bacterianas) é  
384 menor que a ocorrência em cultivos em águas salobra e marinha (Flaherty et al., 2000).  
385 A composição das diferentes fontes de água como lagoas e poços, variam quanto ao perfil  
386 iônico (Boyd and Thunjai, 2003). Isso acontece por causa da regra da constância da  
387 composição da água do mar, que não se aplica à águas interiores (Saoud et al., 2003).  
388 Embora *L. vannamei* pode seja uma espécie eurihalina, os produtores têm tido problemas  
389 não com a salinidade, mas com deficiências minerais no perfil iônico das águas interiores  
390 (Atwood et al., 2003; Saoud et al., 2003). A carência de íons importantes para o  
391 desenvolvimento dos camarões, como  $K^+$  e  $Mg^{2+}$ , vem se mostrando como fator limitante  
392 ao crescimento e a sobrevivência de camarões em diversas fases de cultivo (Davis et al.,  
393 2005; Saoud et al., 2003).

394 No sentido de entender o funcionamento de cada íons na produção de camarões  
395 marinhos em água de baixa salinidade, vários autores vem se dedicando a formular  
396 conhecimento, sobretudo na tentativa de reduzir custos com a produção da salinização  
397 artificial e a possibilidade de reduzir a concentração de algum desses constituintes sem

398 que haja prejuízo zootécnico para as espécies cultivadas (Davis et al., 2005; Kanazawa et  
399 al., 1984; Roy et al., 2007)

400 Para o melhor desempenho zootécnico no cultivo de camarões usando água de  
401 baixa salinidade, as concentrações e relações dos íons na água usada no cultivo, devem  
402 ser semelhantes às concentrações e proporções presentes na água do mar diluída com a  
403 mesma salinidade (Roy et al., 2010). Existem algumas maneiras de se conseguir isso, com  
404 diluição da água marinha com água doce (Samocha et al., 1998), uso de água de origem  
405 subterrânea fazendo a correção iônica (McNevin et al., 2004; Saoud et al., 2003), ou ainda  
406 a salinização artificial utilizando sais comerciais, se baseando em análises dos  
407 macroelementos constituintes da água do mar (Kester et al., 1967). Dentre os componentes  
408 da salinização artificial o sódio e o potássio possuem papel fundamental na  
409 osmorregulação, uma vez que tem importância central na regulação do balanço de água e  
410 íons em vertebrados e invertebrados aquáticos (Towle & Weihrauch, 2001). O  
411 funcionamento normal das células está ligado a boas concentrações desses íons, podendo  
412 afetar negativamente a osmorregulação dos camarões em caso de carência (Roy et al.,  
413 2010).

414 Já foi demonstrando que a salinidade, dentro dos limites de tolerância, tem um  
415 papel menos importante que a composição iônica na água de cultivo, visto que a falta de  
416 alguns íons como sódio, cálcio, magnésio e potássio influenciou negativamente o  
417 desempenho dos camarões, sobretudo o crescimento e sobrevivência (Davis et al., 2005;  
418 Saoud et al., 2003). Além disso, existe um maior esforço osmorregulatório para os  
419 camarões (Huong et al., 2010). Em cultivos com baixa salinidade a concentração de  
420 magnésio ( $Mg^{2+}$ ), por exemplo, tem sido correlacionada com a sobrevivência e  
421 osmorregulação do camarão (Saoud et al., 2003). A quantidade desse mineral essencial  
422 dentro de um organismo deve ser continuamente regulado, visto que os requisitos  
423 dietéticos variam entre as espécies de organismos aquáticos (Cheng et al., 2005). As  
424 principais relações iônicas encontradas normalmente na água do mar são Sódio : Potássio  
425 ( 28 : 1) e Cálcio : Magnésio : Potássio (1 : 3 : 0,9) (Lara-Espinoza et al., 2015)

426 O uso de sistemas BFT em baixa salinidade utilizando salinização artificial é uma  
427 excelente ferramenta para desenvolver o cultivo de camarões afastado da costa, devido a  
428 benefícios proporcionados pelo sistema de zero troca de água, possibilitando assim a  
429 retenção do sal no meio de cultivo, podendo reutilizar por diversos ciclos (Krummenauer  
430 et al., 2014; Wasielesky et al., 2006). Essas técnicas associadas reduzem o custo com o

431 uso de caminhões pipas para transportar a água de regiões litorâneas para zonas mais  
432 interiores, onde seriam desenvolvidos os cultivos. Com a possibilidade de redução de íons  
433 como o magnésio na formulação da salga, torna ainda essa forma de cultivo mais barata,  
434 frente a todos os problemas enfrentados atualmente nas regiões costeiras (Davis et al.,  
435 2002)

436 No entanto, questões relacionadas aos compostos oriundos da excreção dos  
437 organismos cultivados e também da degradação das sobras de ração, podem causar  
438 problemas caso não tenha um manejo adequado no sistema, principalmente em cultivos  
439 em baixa salinidade. O principal produto de excreção dos camarões é amônia, oriundo do  
440 catabolismo de proteínas, esse composto nitrogenado é tóxico aos camarões (Romano and  
441 Zeng, 2013). No sistema BFT a amônia é ciclada pela comunidade microbiana presente  
442 nos bioflocos, um grupo de bactérias transformam este composto em frações mais  
443 oxidadas, como nitrito e posteriormente nitrato (Ebeling et al., 2006). A tolerância aos  
444 compostos, especialmente nitrito e nitrato, é modulada de acordo com a salinidade, quanto  
445 menor a salinidade, maior será a toxicidade (Ramírez-Rochín et al., 2017; Schuler et al.,  
446 2010).

447 Dentre os compostos nitrogenados, o menos tóxico é o nitrato, no entanto em  
448 sistemas com pouca troca de água ele tende a se acumular e da mesma maneira que os  
449 demais compostos, torna-se mais tóxico na proporção em que a salinidade é reduzida  
450 (Campos et al., 2012). Durante o período de cultivo, as concentrações podem atingir  
451 níveis elevados e influenciando na ingestão de alimentos reduzindo o crescimento,  
452 aumentar o consumo de oxigênio, além de alterar a hemolinfa, impedindo o transporte de  
453 oxigênio até causar mortalidade moderada ou alta (Romano and Zeng, 2013).

## 454 **OBJETIVOS**

### 455 Objetivo geral

456 Adquirir informações sobre os problemas da produção de camarões marinhos  
457 cultivados em baixa salinidade com salinização artificial, associado a tecnologia de  
458 Bioflocos, avaliando do ponto de vista econômico e da qualidade da água.

### 459 Objetivos específicos

460 Propor uma salga de menor custo, no cultivo do *L. vannamei* em baixa salinidade  
461 utilizando concentrações reduzidas de magnésio no Sistema BFT;



462 Identificar as concentrações limitantes de nitrato e implicações no cultivo do *L.*  
463 *vannamei* em baixa salinidade.

464

465

466 **REFERENCIAS**

467 Adger, W.N., Hughes, T.P., Folke, C., Carpenter, S.R., Rockström, J., 2005. Social-  
468 ecological resilience to coastal disasters. *Science* (80-. ). 309, 1036–1039.

469 <https://doi.org/10.1126/science.1112122>

470 Atwood, H.L., Browdy, L., Resources, M., Carolina, S., 2003. Survival and Growth of  
471 Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* Postlarvae in Low-Salinity and  
472 Mixed-Salt Environments 34.

473 Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge  
474 bio-flocs technology ponds. *Aquaculture* 140–147.

475 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.11.025>

476 Avnimelech, Y., 2003. Control of microbial activity in aquaculture systems: active  
477 suspension ponds. *World Aquac.* 19–21.

478 Boyd, C.E., Thunjai, T., 2003. Concentrations of Major Ions in Waters of Inland Shrimp  
479 Farms in China, Ecuador, Thailand, and the United States. *J. World Aquac. Soc.*

480 34, 524–532. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2003.tb00092.x>

481 Campos, B.R., DE, Miranda filho, K.C., D'incao, F., Poersch, L., Wasielesky, W.,  
482 2012. Toxicidade Aguda Da Amônia, Nitrito E Nitrato Sobre Os Juvenis De  
483 Camarãorosa *Farfantepenaeus Brasiliensis* (Latreille, 1817) (Crustacea: Decapoda).

484 *Atlântica* 34, 75–81. <https://doi.org/10.5088/atl.2012.34.1.75>

485 Charmantier, G. 1987. L'osmoregulation chez les crevettes Penaeidae (Crustacea,  
486 Decapoda). *Océanis*, 13 (2), 179-196.

487 Cheng, K.M., Hu, C.Q., Liu, Y.N., Zheng, S.X., Qi, X.J., 2005. Dietary magnesium  
488 requirement and physiological responses of marine shrimp *Litopenaeus vannamei*  
489 reared in low salinity water. *Aquac. Nutr.* 11, 385–393.

490 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2005.00364.x>

- 491 Davis, D.A., Boyd, C.E., Rouse, D.B., Saoud, I.P., 2005. Effects of potassium,  
492 magnesium and age on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* post-larvae  
493 reared in inland low salinity well waters in West Alabama. *J. World Aquac. Soc.*  
494 36, 416–419. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2005.tb00346.x>
- 495 Davis, D.A., Saoud, I.P., McGraw, W.J., Rouse, D.B., 2002. Considerations for  
496 *Litopenaeus vannamei* reared in inland low salinity waters. *Av. en Nutr. Acuícola*  
497 VI.
- 498 De Schryver, P., Defoirdt, T., Sorgeloos, P., 2014. Early Mortality Syndrome  
499 Outbreaks: A Microbial Management Issue in Shrimp Farming? *PLoS Pathog.* 10,  
500 10–12. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1003919>
- 501 Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J., 2006. Engineering analysis of the  
502 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of  
503 ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257, 346–358.  
504 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>
- 505 Emerenciano, M., Ballester, E.L.C., Cavalli, R.O., Wasielesky, W., 2012. Biofloc  
506 technology application as a food source in a limited water exchange nursery  
507 system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquac. Res.*  
508 43, 447–457. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02848.x>
- 509 FAO (Food and Agriculture Organization) 2016. The state of world fisheries and  
510 aquaculture. Rome, Italy
- 511 Flaherty, M., Szuster, B., Miller, P., 2000. Low Salinity Inland Shrimp Farming in  
512 Thailand. *AMBIO A J. Hum. Environ.* 29, 174–179. [https://doi.org/10.1579/0044-](https://doi.org/10.1579/0044-7447-29.3.174)  
513 [7447-29.3.174](https://doi.org/10.1579/0044-7447-29.3.174)
- 514 Huitric, M., Folke, C., Kautsky, N., 2002. Development and government policies of the  
515 shrimp farming industry in Thailand in relation to mangrove ecosystems. *Ecol.*  
516 *Econ.* 40, 441–455. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00011-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00011-3)
- 517 Huong, D.T.T., Jasmani, S., Jayasankar, V., Wilder, M., 2010. Na/K-ATPase activity  
518 and osmo-ionic regulation in adult whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed  
519 to low salinities. *Aquaculture* 304, 88–94.  
520 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.03.025>

- 521 Kanazawa, A., Teshima, S., Sasaki, M., 1984. Requirements of Juvenile prawn for  
522 calcium, phosphorus, magnesium, potassium, copper, manganese, and iron. Mem.  
523 Fac Fish 33, 63–71.
- 524 Krummenauer, D., Samocha, T., Poersch, L., Lara, G., Wasielesky, W., 2014. The reuse  
525 of water on the culture of pacific white shrimp, *litopenaeus vannamei*, in BFT  
526 system. J. World Aquac. Soc. 45, 3–14. <https://doi.org/10.1111/jwas.12093>
- 527 Lara-espinoza, C.L., Espinosa-plascencia, A., Noris-rodríguez, E. Y Bermúdez-almada, M.C.  
528 2015 . Influencia de iones minerales en el desarrollo de camarón de cultivo *Litopenaeus*  
529 *Vannamei*. AquaTIC, n° 43, pp. 1-13.
- 530 Laramore, S.; Laramore, C. R. & Scarpa, J. 2001. Effect of low salinity on growth and  
531 survival of postlarvae and juvenile *Litopenaeus vannamei*. Journal of the World  
532 Aquaculture Society, 32 (4), 385-392.
- 533 Lester, L. J. & Pante, J. R. 1991. Penaeid temperature and salinity responses. In: Fast,  
534 A. W. & Lester, L. J. (Eds.). Marine Shrimp Culture: Principles and Practices, 23,  
535 515-534.
- 536 McNevin, A.A., Boyd, C.E., Silapajarn, O., Silapajarn, K., 2004. Ionic supplementation  
537 of pond waters for inland culture of marine shrimp. J. World Aquac. Soc. 35, 460–  
538 467. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2004.tb00111.x>
- 539 Nunes, A. J. P. 2001. O cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em águas  
540 oligohalinas. Encontrado em 9 de novembro de 2003,  
541 <http://www.aqualider.com.br/article.php?action=articleview&recid=101>.
- 542 Ramírez-Rochín, J., Frías-Espéricueta, M.G., Fierro-Sañudo, J.F., Alarcón-Silvas, S.G.,  
543 Fregoso-López, M.G., Páez-Osuna, F., 2017. Acute toxicity of nitrite on white  
544 shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles in low-salinity water. Aquac. Res.  
545 48, 2337–2343. <https://doi.org/10.1111/are.13069>
- 546 Ray, A.J., Lewis, B.L., Browdy, C.L., Leffler, J.W., 2010. Suspended solids removal to  
547 improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-  
548 based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. Aquaculture 299,  
549 89–98. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.11.021>
- 550 Romano, N., Zeng, C., 2013. Toxic Effects of Ammonia, Nitrite, and Nitrate to  
551 Decapod Crustaceans: A Review on Factors Influencing their Toxicity,

552 Physiological Consequences, and Coping Mechanisms. *Rev. Fish. Sci.* 21, 1–21.  
553 <https://doi.org/10.1080/10641262.2012.753404>

554 Rosas, C., Martinez, E., Gaxiola, G., Brito, R., Sánchez, A., Soto, L.A., 1999. The  
555 effect of dissolved oxygen and salinity on oxygen consumption, ammonia  
556 excretion and osmotic pressure of *Penaeus setiferus* (Linnaeus) juveniles. *J. Exp.*  
557 *Mar. Bio. Ecol.* 234, 41–57. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(98\)00139-7](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(98)00139-7)

558 Roy, L.A., Davis, D.A., Saoud, I.P., Boyd, C.A., Pine, H.J., Boyd, C.E., 2010. Shrimp  
559 culture in inland low salinity waters. *Rev. Aquac.* 2, 191–208.  
560 <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2010.01036.x>

561 Roy, L.A., Davis, D.A., Saoud, I.P., Henry, R.P., 2007. Effects of varying levels of  
562 aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the  
563 Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters.  
564 *Aquaculture* 262, 461–469. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.011>

565 Samocha T.M., A.L., L., D., P., Samocha, T.M., 1998. Growth and survival of juvenile  
566 *Penaeus vannamei* in low salinity water in a semi-closed recirculating system. *Isr.*  
567 *J. Aquac.* 50, 55–59.

568 Salim, J. 2002. Panorama da carcinicultura potiguar: sua importância e perspectivas de  
569 crescimento. *Revista Panorama da Aqüicultura*, v. 12, n. 69, p. 38-40.

570 Saoud, I.P., Davis, D.A., Rouse, D.B., 2003. Suitability studies of inland well waters for  
571 *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture* 217, 373–383.  
572 [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00418-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00418-0)

573 Schuler, D.J., Boardman, G.D., Kuhn, D.D., Flick, G.J., 2010. Acute toxicity of  
574 ammonia and nitrite to pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at low  
575 salinities. *J. World Aquac. Soc.* 41, 438–446. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00385.x>

577 Setiarto, A., Strüssmann, C.A., Takashima, F., Watanabe, S., Yokota, M., 2004. Short-  
578 term responses of adult kuruma shrimp *Marsupenaeus japonicus* (Bate) to  
579 environmental salinity: Osmotic regulation, oxygen consumption and ammonia  
580 excretion. *Aquac. Res.* 35, 669–677. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01064.x>

581

582 Shaun M.Moss, Steve M.Arce, Brad J.Argue, Clete A.Otoshi, Fernanda R.O.Calderon,  
583 and A.G.J.T., 2001. Greening of the blue revolution: Efforts toward  
584 environmentally responsible shrimp culture. *New Wave Proc. Spec. Sess. Sustain.*  
585 *Shrimp Farming* 1–19.

586 Subasinghe, R., Soto, D., Jia, J., 2009. Global aquaculture and its role in sustainable  
587 development. *Rev. Aquac.* 1, 2–9. [https://doi.org/10.1111/j.1753-](https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2008.01002.x)  
588 [5131.2008.01002.x](https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2008.01002.x)

589 Tian, X., Dong, S., Wang, F., Wu, L., 2004. The effects of temperature changes on the  
590 oxygen consumption of juvenile Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis*  
591 Osbeck. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 310, 59–72.  
592 <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.04.002>

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

595 Wasielesky, W., Atwood, H., Stokes, A., Browdy, C.L., 2006. Effect of natural  
596 production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive  
597 culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 258, 396–  
598 403. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.030>

599 Xu, W.J., Morris, T.C., Samocha, T.M., 2016. Effects of C/N ratio on biofloc  
600 development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in  
601 a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. *Aquaculture*  
602 453, 169–175. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.11.021>

603  
604  
605  
606  
607  
608  
609  
610  
611

## CAPÍTULO I

612

613

614

615 **Cultivo do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) com**

616 **diferentes concentrações de magnésio na água: fase de berçário e engorda em**

617

**sistema de bioflocos**

618

619

620 Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Instituto de Oceanografia, Universidade

621 Federal do Rio Grande (PPGAq-IO-FURG)

622 Rua do Hotel, n°2, Cassino, Rio Grande, RS, Brasil. CEP: 96210-030

623

624

625

626 **RESUMO**

627 O cultivo em águas continentais está em expansão, apesar de ainda gerar custos com  
628 transporte de água ou produção de água salina e com efluentes salinizados lançados no  
629 meio ambiente. Diante disso, o uso da salinização artificial e reutilização da água se  
630 tornam necessários para a viabilidade e sustentabilidade desse cultivo. O sistema BFT,  
631 tem como vantagens o pouco uso de água e geração de efluente, possibilidade de  
632 desenvolvimento em baixa salinidade, ideal para espécies eurihalinas como o *Litopenaeus*  
633 *vannamei*. Todavia, o perfil iônico da água muitas vezes é mais importante que a  
634 salinidade. O magnésio é um mineral essencial para crescimento e sobrevivência do  
635 camarão. Para avaliar o efeito de diferentes concentrações de magnésio na água de cultivo  
636 de *L. vannamei* em águas artificialmente salinizadas em sistema BFT, foi delineado 6  
637 tratamentos (n=3) em salinidade 5 em duas fases seguindo a mesma configuração,  
638 berçário com densidade de 1500/m<sup>3</sup>, apenas o magnésio foi manipulado na relação Cálcio  
639 – Magnésio – Potássio. Tratamento Controle – TC (água do mar diluída); T1 = 1 – 3 –  
640 0,9; TII = 1 – 2 – 0,9; TIII = 1 – 1 – 0,9; TIV = 1 – 0,5 – 0,9; TV = 1 – 0,1 – 0,9. Foram  
641 utilizadas 18 unidades experimentais com 40L, por 42 dias. Na engorda, 500cam/m<sup>3</sup>  
642 reutilizando a água com bioflocos maturados, por 35 dias. Foi avaliado o desempenho  
643 zootécnico e feito uma estimativa de custos da salinização artificial. Os melhores  
644 resultados quanto ao desempenho zootécnico foram observados no tratamento T3,  
645 sobrevivência 88,33 ± 10,41, conversão alimentar 1,8 ± 0,07, peso final 4,63 ± 0,53,  
646 possibilitando a redução desse íon sem prejuízo aos camarões. O valor para cada quilo de  
647 sal na formulação da salga artificial foi de R\$ 14,35. Comparando esse valor ao T1 – 1 :  
648 3 : 0,9 ( relação encontrada na água do mar) R\$ 19,41/kg obteve-se uma economia de  
649 26,1%.

650 Palavras – chave: perfil iônico; bioflocos; salga artificial; baixa salinidade; aquicultura  
651 continental.

652 **ABSTRACT**

653 Inland aquaculture is expanding although still generates economic costs with transport of  
654 water or production of artificial seawater plus salinized effluents released into the  
655 environment. Therefore, the use of artificial salinization and reuse of water becomes  
656 necessary for the viability and sustainability of inland aquaculture. The BFT system has  
657 the advantages of low water use and effluent generation, possibility of development in  
658 low salinity ideal for euryhaline species such as *Litopenaeus vannamei*. However, the  
659 ionic profile is more important than salinity. Magnesium is an essential mineral for shrimp  
660 growth and survival. The objective of this study was to evaluate the chronic effect of  
661 different concentrations of Magnesium in the culture water, in the calcium, magnesium  
662 and potassium ratio, in *L. vannamei* grown in artificially salinized waters in the BFT  
663 system. 6 treatments (3=n) were delineated in salinity 5 in two phases following the same  
664 configuration, a nursery with a density of 1500 / m<sup>3</sup>, only magnesium was manipulated  
665 in the Calcium - Magnesium - Potassium ratio. Treatment Control - TC (diluted sea  
666 water); TI = 1-3 - 0.9; TII = 1-2 - 0.9; TIII = 1-19; TIV = 1 - 0.5-0.9; TV = 1 - 0.1 - 0.9.  
667 Eighteen experimental units were used with 40L for 42 days. The best results regarding  
668 the zootechnical performance were observed in the T3 treatment, survival  $88.33 \pm 10.41$ ,  
669 feed conversion  $1.8 \pm 0.07$ , final weight  $4.63 \pm 0.53$ , allowing the reduction of this ion  
670 without prejudice to the shrimps. The value for each pound of salt in the artificial salting  
671 formulation was R \$ 14.35. Comparing this value to the T1 - 1: 3: 0.9 (ratio found in sea  
672 water), R \$ 19.41 / kg resulted in a saving of 26.1%.

673 Key words: ionic profile; bioflocs; artificial seawater; low salinity; inland aquaculture.



## 674 INTRODUÇÃO

675 A Carcinicultura marinha ocorre principalmente em áreas próximas da costa  
676 usando água de origem estuarina e oceânica, no entanto essa prática vem desencadeando  
677 uma variedade de questões sociais, econômicas e ambientais (Davis et al., 2002), além do  
678 aparecimento constante de doenças como a mancha branca (WSSV), que trouxe grandes  
679 prejuízos. Com isso, os produtores têm buscado áreas cada vez mais afastadas da costa  
680 para desenvolver suas atividades. As águas usadas nos cultivos nessas regiões são  
681 oriundas de diferentes fontes, tais como poços, lagos, rios, açudes, aquíferos e águas  
682 subterrâneas e apresentam diferente composição iônica (Boyd and Thunjai, 2003; Davis  
683 et al., 2004).

684 O cultivo do *Litopenaeus vannamei* nessas áreas já é uma realidade (Davis et al.,  
685 2004) e registros de expansão já vem sendo detectados no Equador, Tailândia (Saoud et  
686 al., 2003), China (Cheng et al., 2006), Brasil e sobretudo na América do Norte (Alabama,  
687 Arizona, Flórida, Illinois, Indiana, Michigan, Mississippi, Carolina do Sul e Texas) onde  
688 foram analisadas concentrações dos principais íons para coletar informações das  
689 características de águas utilizadas nestes cultivos, mostrando bons resultados em baixas  
690 salinidades (Boyd and Thunjai, 2003).

691 Apesar desse cultivo ser economicamente mais viável, principalmente pelo menor  
692 custo com as terras, além da legislação ambiental ser mais rigorosa nas regiões costeiras  
693 (Atwood et al., 2003), esse crescimento ainda gera custos econômicos com transporte de  
694 água em caminhões pipa da área litorânea ou produção de água salgada artificialmente e  
695 também ambientais, com a produção de efluentes salinizados lançados no ambiente por  
696 conta das renovações de água, podendo provocar salinização do solo e de corpos  
697 receptores (Mourad et al., 2012; Roy et al., 2010).

698 Estudos vem sendo desenvolvidos para melhorar a performance do *L. vannamei*  
699 em águas interiores com baixa salinidade, utilizando tecnologia de bioflocos que permite  
700 pouca ou nenhuma renovação da água de cultivo. Maicá et al., (2012) obtiveram bons  
701 resultados cultivando esta espécie em água com salinidade reconstituída em salinidade 4  
702 g.L<sup>-1</sup> em meio aos bioflocos. A reutilização da água e o uso da salinização artificial são  
703 consideradas alternativas viáveis para reduzir esses custos necessários para que assim, o  
704 cultivo em áreas continentais seja sustentável (Krummenauer et al., 2014). Além dos

705 custos, outra preocupação importante quanto a troca de água é o favorecimento ao  
706 aparecimento e disseminação de doenças, visto que na década de 1980, foi apontada como  
707 um fator importante que contribui para várias epizootias nas fazendas de camarão  
708 (Hopkins et al., 1993; Sandifer, 1991). Uma das principais causas das renovações diárias  
709 na aquicultura é a produção de compostos nitrogenados, que entram no sistema de  
710 produção através da excreção dos animais, bem como das sobras de alimento inerte  
711 fornecido (Ebeling et al., 2006).

712 O sistema BFT (Biofloc Technology System) é uma tecnologia para o cultivo  
713 superintensivo de organismos aquáticos que tem mostrado resultados promissores para a  
714 aquicultura, sobretudo por suas vantagens como melhorar a qualidade da água, utilizando  
715 pouca ou nenhuma troca, redução de efluentes, aumento da densidade de estocagem,  
716 incremento na produtividade, melhora na biossegurança, redução dos compostos  
717 nitrogenados para formas menos tóxicas da água através da absorção pela comunidade de  
718 microrganismos presentes e ainda servindo como alimento, possibilitando a redução do  
719 teor de proteína ofertado (Ballester et al., 2010; Crab et al., 2010; Hargreaves, 2013; Moss  
720 et al., 2012; Wasielesky et al., 2006).

721 Considerando o cultivo de espécies eurihalinas, como o *Litopenaeus vannamei*,  
722 que tem grande capacidade de fazer regulação osmótica e iônica em uma ampla faixa de  
723 salinidade (0,5 a 40 g. L<sup>-1</sup>) (Davis et al., 2004; Roy et al., 2010), é possível utilizar o  
724 sistema BFT, visto que ele pode ser desenvolvido em salinidades baixas. No entanto deve-  
725 se a composição iônica da água de cultivo, visto que o desempenho zootécnico dos  
726 camarões está relacionado principalmente com o balanço iônico do meio e não só a  
727 salinidade (Saoud et al., 2003; Sowers et al., 2006) tornando-se importante desenvolver  
728 estudos sobre as concentrações mínimas nas formulações de águas salinas.

729 Estudos desenvolvidos nos Estados Unidos sugerem que a ausência de potássio  
730 e/ou magnésio em algumas águas subterrâneas pode influenciar negativamente o  
731 desempenho do camarão, sobretudo em pós-larvas de *L. vannamei*. Desta forma tem-se  
732 desenvolvido estratégias de melhoramento no desempenho do *L. vannamei* em baixa  
733 salinidade (McGraw et al., 2002; Mcgraw and Scarpa, 2003; Samocha et al., 2002; Saoud  
734 et al., 2003). A salinidade se refere à concentração total de todos os íons na água, e os  
735 principais íons constituintes da água marinha são: o cloreto, o sódio, o cálcio, o magnésio,  
736 o potássio, o bicarbonato e o sulfato. Estudos de Davis *et al.*, (2005) e Saoud *et al.*, (2003)

737 relataram que a composição iônica da água pode ser um fator mais importante para  
738 desempenho do camarão do que a salinidade, visto que a carência de alguns íons,  
739 principalmente sódio, cálcio, magnésio e potássio, tiveram um impacto negativo sobre o  
740 crescimento e sobrevivência dos camarões.

741 Dentre as relações iônicas encontradas na água do mar, a principal é a Sódio :  
742 Potássio ( $\text{Na}^+ : \text{K}^+$ ) a relação normal entre os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  na água do mar é de  
743 aproximadamente 28:1, enquanto os desvios maiores que 10 para mais ou para menos  
744 provocam alterações pronunciadas na atividade da  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase branquial em  
745 crustáceos (Schuler et al., 2010; Sowers et al., 2006). A segunda relação mais importante  
746 é a dos íons de cálcio, magnésio e potássio ( $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+} : \text{K}^+$ ) encontrada na água do mar  
747 na proporção de 1 : 3: 0,9 (Lara-Espinoza et al., 2015). Segundo Boyd e Thunjai, 2003 e  
748 Davis et al., 2004, as concentrações mínimas necessárias desses íons para o cultivo de *L.*  
749 *vannamei* em águas de baixa salinidade não são conhecidas, entretanto, considera-se até  
750 então que os camarões sobrevivem e crescem bem quando as proporções iônicas são  
751 similares à água marinha diluída.

752 Presente na segunda relação iônica mais representativa da água do mar, o  
753 magnésio é um importante constituinte da salinização artificial, sendo o componente que  
754 representa o maior custo para a formulação. Além de desempenhar papéis importantes  
755 para a manutenção do bom desenvolvimento dos camarões, estando presente como  
756 segundo cátion mais abundante no interior da maioria das células, ligado a ácidos  
757 nucleicos, fosfolipídios e proteínas (Vormann, 2003). É cofator essencial para inúmeras  
758 vias enzimáticas e metabólicas incluindo o metabolismo de lipídios, proteínas e  
759 carboidratos (Davis and Gatlin, 1996; Lall, 2002). É essencial para formar o complexo  
760  $\text{ATP-Mg}^{2+}$  especialmente  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$ -ATPase, importantes na regulação osmótica e iônica  
761 e ainda no metabolismo do tecido esquelético e transmissão neuromuscular (Lall, 2002).

762 Estudos realizados em águas subterrâneas com adição de magnésio melhorou  
763 significativamente o desempenho zootécnico dos camarões (Roy et al., 2010). Essas  
764 adições se tornam necessárias devido a diferença na composição iônica de cada fonte de  
765 água, visto que a constância dos sais da água marinha não se aplica às águas de origem  
766 subterrâneas e/ou formulações de sais artificiais comerciais, desencadeando um  
767 desequilíbrio iônico durante o cultivo (Atwood et al., 2003; Roy et al., 2010). Para obter  
768 um perfil iônico adequado ao cultivo, torna-se necessário a suplementação de sais,

769 principalmente o magnésio ( $Mg^{2+}$ ) (Davis et al., 2005; Roy et al., 2010). A salga artificial  
770 é um processo oneroso para o produtor, em se tratando de percentagens de cada íon para  
771 a formulação da salga, o magnésio, apesar de ser apenas o 4º macroelemento, torna-se o  
772 constituinte mais caro, frente aos demais, devido a quantidade necessária para obter a  
773 concentração encontrada na água do mar.

774

## 775 **OBJETIVOS**

### 776 Objetivo Geral

777 Avaliar o efeito de diferentes concentrações de Magnésio na água de cultivo, na  
778 relação Cálcio, Magnésio e Potássio, em *Litopenaeus vannamei* cultivados em águas  
779 artificialmente salinizadas em sistema BFT.

780

### 781 Objetivos Específicos

- 782 • Verificar o efeito de diferentes concentrações de magnésio na relação  
783  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$  no desempenho zootécnico em duas fases de cultivo,  
784 berçário e engorda;
- 785 • Identificar a relação mínima viável de magnésio para o cultivo;
- 786 • Monitorar parâmetros de qualidade de água e balanço iônico ao longo do  
787 cultivo;
- 788 • Reduzir os custos da salga artificial.

789

## 790 **MATERIAL E MÉTODOS**

### 791 Local de realização do experimento

792 O estudo foi realizado no Laboratório de Carcinicultura da Estação Marinha de  
793 Aquacultura (EMA) pertencente ao Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do  
794 Rio Grande – FURG, localizado na cidade do Rio Grande, Cassino - RS, Brasil (32° 19'  
795 S, 52° 15' W).

### 796 Procedência e manejo dos animais

797 Os animais utilizados neste estudo foram Pós-larvas (PLs) de *Litopenaeus*  
798 *vannamei*, provenientes do laboratório Aquatec localizado no município de

799 Canguaretama – Rio Grande do Norte. Recebidos no estágio de náuplios, os mesmos  
800 passaram pelo setor de larvicultura e posteriormente, após completarem os estágios  
801 larvais, as pLs foram aclimatadas a baixa salinidade com metodologia baseada em  
802 McGraw et al 2002, Em tamanhos referentes a PL10 iniciou-se a preparação da  
803 aclimatação, com a transferência de 900 Pls para 3 tanques com volume útil de 150L  
804 em temperatura média de 27°C controlada por aquecedores, oxigênio dissolvido  
805 próximo a saturação e alimentados 2 vezes ao dia com 50% da biomassa. Os animais  
806 foram divididos em lotes e submetidos a redução de salinidade de 30 até 5g.L<sup>-1</sup>  
807 gradualmente, com água dechlorada, no decorrer de 6 dias, baixando 5 partes nos  
808 primeiros 4 dias e 2 partes nos 2 últimos.

#### 809 Salga Artificial

810 A metodologia utilizada para composição da salga utilizada neste experimento foi  
811 baseada na tabela proposta por Kester *et al* (1967), com os constituintes artificiais da água  
812 do mar encontra-se na tabela 1.

813 Tabela 1 - Constituintes artificiais para salinidade 35g.L<sup>-1</sup> Kester et al. (1967).

Sal	g/L
NaCl	23.939
MgCl <sub>2</sub>	5.079
Na <sub>2</sub> S0 <sub>4</sub>	3.994
CaCl <sub>2</sub>	1.123
KCL	0.667
KBr	0.098
H <sub>3</sub> B0 <sub>3</sub>	0.027
SrCl <sub>2</sub>	0.024
NaF	0.003
NaHCO <sub>3</sub>	0.196

814

815 Todos os sais, exceto o magnésio que foi o único constituinte manipulado da salga,  
816 foram pesados de acordo com a salinidade requerida, 5 g.L<sup>-1</sup> e posteriormente diluídos  
817 em uma caixa de 600L de volume útil com água doce colorada e dechlorada com vitamina  
818 C e aeração constante, chamada de salga mãe, em seguida essa solução foi distribuída em  
819 5 caixas com volume útil de 120L, referentes a cada tratamento proposto (o tratamento  
820 controle foi feito com água do mar diluída com água doce). O magnésio foi pesado e

821 distribuído nas caixas e após a diluição, a solução contendo a salga completa foi  
822 transferida para as unidades experimentais.

### 823 Delineamento Experimental

824 O experimento foi realizado em sala experimental, sob condições de temperatura  
825 controlada por ar condicionado e foi constituído em duas fases de cultivo: berçário e  
826 engorda. Foram utilizadas unidades experimentais com 40 litros de volume útil, a aeração  
827 foi fornecida por soprador radial e distribuída por dois difusores de ar, do tipo pedra  
828 porosa, no interior de cada unidade experimental. Foi utilizado inóculo de bioflocos, para  
829 tal foram filtrados 150L de uma água de cultivo com bioflocos maduros e aclimatados a  
830 salinidade 5 g.L<sup>-1</sup> distribuído de maneira homogênea entre os tratamentos, em forma de  
831 biomassa sólida para evitar o incremento de íons oriundo de outra fonte de água, a  
832 fertilização orgânica para a manutenção dos bioflocos foi realizada com aplicações de  
833 melação sempre que o nitrogênio amoniacal total (NAT) atingiu 0,5 mg.L<sup>-1</sup>. A fonte de  
834 carbono utilizada nas fertilizações foi o melação de cana de açúcar e a fonte de nitrogênio  
835 foram os detritos gerados pelos camarões e a ração fornecida.

836 Os tratamentos foram distribuídos de maneira inteiramente casualizada e foram  
837 baseados na segunda relação mais importante da água do mar, Cálcio : Magnésio :  
838 Potássio (1 : 3 : 0,9), a partir dessa relação o Ca<sup>+</sup> e o K<sup>+</sup> se mantiveram como valores  
839 descritos na relação e somente a quantidade de magnésio foi reduzida. A primeira fase foi  
840 delineada com 6 tratamentos e 3 repetições cada (6x3), o Tratamento Controle – TI (com  
841 água do mar diluída a 5 g.L<sup>-1</sup>); TII = 1 – 3 – 0,9 (tratamento com salga artificial contendo  
842 a mesma proporção da relação encontrada na água do mar); TIII = 1 – 2 – 0,9; TIV = 1 –  
843 1 – 0,9; TV = 1 – 0,5 – 0,9; TVI = 1 – 0,1 – 0,9. Todos com salinidade em torno de 5g L<sup>-1</sup>.  
844 Os animais foram estocados na densidade de 1500/m<sup>3</sup> = 60 pLs com peso médio de  
845 0,017g em 18 unidades experimentais com 40L de volume útil, onde foram mantidos por  
846 6 semanas até peso médio de 1g. Ao final todos os animais foram contados e pesados.

847 Ao final do experimento berçário foi feito um teste de *stress* por temperatura, 15  
848 camarões foram amostrados de cada tratamento e transferidos para baldes de 3L de  
849 volume útil com aeração, na mesma salinidade em temperatura 18 °C, simulando uma  
850 transferência em locais com temperaturas baixas. Observando se os animais passariam  
851 por um processo de contração muscular sem retorno (grampear), o que configura uma  
852 resposta a carência de magnésio.

853 Após o teste, deu-se início a segunda fase do experimento, engorda, 50% do floco  
854 foi filtrado com malha de 50  $\mu\text{m}$ , como forma de clarificação para a redução dos sólidos  
855 suspensos totais, preconizado por Gaona et al., (2016). Em seguida 20 camarões  
856 retornaram para os mesmos tratamentos na mesma água com bioflocos maturados,  
857 garantindo assim o efeito do berçário nos indivíduos, na densidade de 500 camarões/ $\text{m}^3$   
858 seguindo a mesma configuração de tratamentos (6x3), mantidos por 35 dias até o final do  
859 experimento.

860 Manejo da qualidade da água

861 A temperatura da água foi mantida em torno de 28 °C, a temperatura do ar  
862 controlada em 30 °C com uso de ar condicionado. A aeração foi fornecida por difusor  
863 radial e distribuída por mangueiras com duas pedras porosas alocadas em cada caixa. A  
864 salinidade foi mantida em torno de 5  $\text{g.L}^{-1}$  e a reposição da água perdida por evaporação  
865 foi adicionada água doce dechlorada com aeração e vitamina C.

866 Com a finalidade de auxiliar a manutenção da qualidade da água e da sanidade  
867 dos camarões, foram feitas aplicações de probióticos comerciais (INVE®) aplicado  
868 diretamente na água (1ppm) uma vez por semana (Hostins et al, 2017). Bioballs foram  
869 adicionados como substrato artificial em cada caixa, 15% do volume do tanque, como  
870 forma de incrementar área para fixação das bactérias nitrificantes.

871 Durante todo o período experimental foram monitorados diariamente pela manhã  
872 e à tarde os seguintes parâmetros ambientais: temperatura, oxigênio dissolvido e pH  
873 utilizando oxímetro YSI 55 e pHmetro YSI® 60. A salinidade foi analisada a cada 5 dias  
874 utilizando refratômetro digital (Atago). A alcalinidade foi mensurada a cada três dias  
875 segundo metodologia preconizada pela APHA (1998). Em situações em que o pH  
876 alcançou valores inferiores a 7,4 e a alcalinidade valores inferiores a 125  $\text{mg. L}^{-1}$  no  
877 berçário e 100  $\text{mg. L}^{-1}$  na engorda, foram realizadas correções segundo metodologia  
878 proposta por (Furtado et al., 2014).

879 Diariamente foram monitoradas as concentrações de nitrogênio amoniacal total  
880 ( $\text{NAT} = \text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$ ) e nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ) conforme indicado pela UNESCO (1983) e  
881 Strickland e Parsons (1972), respectivamente. As concentrações de nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) e  
882 ortofosfato ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ) foram determinadas a cada sete dias pela metodologia indicada por  
883 Aminot e Chaussepied (1983). Uma vez por semana foi medido a concentração de sólidos  
884 suspensos totais (AOAC 1999). Quando os valores de Sólidos Suspensos Totais (SST)

885 ultrapassaram 500 mg. L<sup>-1</sup> estes foram removidos das caixas por meio de filtração de 50%  
886 do volume das unidades experimentais com o auxílio de malhas de 50µm afim de manter  
887 os valores próximos aos recomendados por Gaona et al., (2016).

#### 888 Manejo alimentar

889 Durante os experimentos, os animais foram alimentados 2 vezes ao dia (08:00 e  
890 17:00h), com a ração comercial (40% proteína bruta, moída para o berçário e Guabi  
891 Potimar/38 Active, com 38% de proteína bruta para o período de engorda). 10% da ração  
892 foi distribuída nas bandejas, afim de verificar o consumo diário e o restante jogado nas  
893 unidades de cultivo. A taxa inicial de arraçoamento foi ajustada segundo recomendado na  
894 revisão de Jory et al. (2001) e ajustada posteriormente de acordo com a biomassa semanal  
895 estimada nas biometrias.

#### 896 Desempenho zootécnico

897 Foi realizada uma biometria inicial para estimar o peso médio das pós-larvas  
898 estocadas em cada caixa, na fase de berçário. No decorrer do experimento, foram  
899 realizadas biometrias semanais para avaliação do ganho de peso semanal e ajuste da  
900 quantidade de ração ofertada, os animais passaram por restrição alimentar nos tratamentos  
901 em que o nitrito esteve acima 5,0 mg. L<sup>-1</sup>. O desempenho zootécnico dos camarões foi  
902 avaliado pelo ganho de peso semanal GPS (g/semana) =  $P_{(x)} - P_{(x-7)}$ ; ganho de peso final -  
903 GPF (g) =  $P_f - P_i$ ; S; taxa de crescimento específico - TCE (%.dia<sup>-1</sup>) =  $\ln P_f - \ln P_i /$   
904 dias experimentais x 100; sobrevivência - S(%) =  $(N_f C / N_i C) \times 100$ ; produtividade - P  
905 (kg/m<sup>3</sup>) =  $BT / VT$  e conversão alimentar aparente - CAA =  $R / GPF$ . Na biometria final,  
906 todos os camarões de cada repetição foram contados e pesados individualmente.

#### 907 Análise da composição iônica

908 No final de cada fase do experimento foram coletadas amostras da água para  
909 determinar a composição iônica dos majoritários na água de cultivo, Bicarbonato HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>  
910 , Cálcio – Ca<sup>2+</sup>, Magnésio – Mg<sup>2+</sup>, Sódio – Na<sup>+</sup>, Potássio – K<sup>+</sup>, Cloreto – Cl<sup>-</sup> e Sulfato –  
911 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. A composição iônica foi aferida pela determinação da concentração dos  
912 macroelementos constituintes da água salgada seguindo metodologias já descritas. As  
913 concentrações de cloreto (Cl<sup>-</sup>) foram dosadas pelo método argentimétrico segundo APHA  
914 (2005); de sódio (Na<sup>+</sup>) e potássio (K<sup>+</sup>) foi mensurado em fotômetro de chama (Tecnal,  
915 modelo Micronal B462, Brasil).; do sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) pelo método do sal de bário segundo  
916 MERK (1974); de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) pelo método titulométrico de  
917 complexação segundo APHA (2005).



918 Análise estatística

919 Os dados foram submetidos a testes de normalidade (teste de Shapiro-Wilk)  
920 homocedasticidade (teste de Levene). Após comprovação dessas premissas, foi utilizada  
921 a Análise de Variância Simples (ANOVA One-way). Verificadas diferenças  
922 significativas ( $p < 0,05$ ), foi aplicado o teste post-hoc de Tukey com nível de segurança  
923 fixado em 95% ( $p < 0,05$ ). Os valores percentuais foram transformados (arco-seno da raiz  
924 quadrada) antes de serem analisados (Zar, 2010).

925 **RESULTADOS**

926 Os parâmetros físico-químicos de qualidade da água nas fases de cultivo: berçário e engorda, foram monitorados durante o experimento,  
 927 77 dias e estão apresentados nas tabelas 1 e 2. Médias ( $\pm$  DP) dos tratamentos em triplicata apresentando diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) para  
 928 temperatura e pH no berçário e pH na engorda.

929 Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos da água (média  $\pm$  desvio padrão) na fase de berçário.

Parâmetros	TC (1 - 3 - 0,9)	T1 (1- 3 - 0,9)	T2 (1 - 2 - 0,9)	T3 (1 - 1 - 0,9)	T4 (1 - 0,5 - 0,9)	T5 (1 - 0,1 - 0,9)
Temperatura (°C)	28,77 $\pm$ 1,00 <sup>ab</sup>	28,61 $\pm$ 1,03 <sup>b</sup>	28,99 $\pm$ 0,99 <sup>a</sup>	29,01 $\pm$ 0,98 <sup>a</sup>	28,95 $\pm$ 1,01 <sup>a</sup>	28,84 $\pm$ 0,96 <sup>ab</sup>
Oxigênio Dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	6,94 $\pm$ 0,36	6,93 $\pm$ 0,36	6,88 $\pm$ 0,36	6,91 $\pm$ 0,36	6,93 $\pm$ 0,36	6,99 $\pm$ 0,34
pH	8,05 $\pm$ 0,15 <sup>c</sup>	8,04 $\pm$ 0,14 <sup>c</sup>	8,04 $\pm$ 0,15 <sup>c</sup>	8,07 $\pm$ 0,16 <sup>bc</sup>	8,11 $\pm$ 0,16 <sup>b</sup>	8,19 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>
Nitrogênio Amoniacal Total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,21 $\pm$ 0,27	0,22 $\pm$ 0,27	0,25 $\pm$ 0,55	0,26 $\pm$ 0,59	0,25 $\pm$ 0,52	0,16 $\pm$ 0,17
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	1,13 $\pm$ 0,76 <sup>ab</sup>	1,01 $\pm$ 0,67 <sup>ab</sup>	0,96 $\pm$ 0,84 <sup>a</sup>	1,03 $\pm$ 0,73 <sup>ab</sup>	1,25 $\pm$ 0,74 <sup>ab</sup>	1,70 $\pm$ 1,53 <sup>b</sup>
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	25,63 $\pm$ 31,02	33,81 $\pm$ 40,19	26,58 $\pm$ 31,85	27,09 $\pm$ 29,65	28,19 $\pm$ 32,04	25,88 $\pm$ 25,37
Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	0,83 $\pm$ 0,46	0,98 $\pm$ 0,49	0,82 $\pm$ 0,39	0,68 $\pm$ 0,41	0,62 $\pm$ 0,28	0,48 $\pm$ 0,27
Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	122,71 $\pm$ 16,46	122,43 $\pm$ 17,04	122,95 $\pm$ 17,94	122,69 $\pm$ 18,17	125,00 $\pm$ 18,03	126,79 $\pm$ 18,37
SST (mg.L <sup>-1</sup> )	247,22 $\pm$ 249,34	265,28 $\pm$ 277,02	266,11 $\pm$ 245,95	316,39 $\pm$ 329,11	281,11 $\pm$ 266,85	192,78 $\pm$ 183,29

930 SST – Sólidos Suspensos Totais. Os dados correspondem aos valores médios  $\pm$  desvio padrão (n=3). Letras diferentes indicam diferenças estatística significativa (Tukey;  
 931  $p < 0,05$ ).

932

933 Tabela 3 - Parâmetros físico-químicos da água (média ± desvio padrão) na fase de engorda.

	TC (1 - 3 - 0,9)	T1 (1 - 3 - 0,9)	T2 (1 - 2 - 0,9)	T3 (1 - 1 - 0,9)	T4 (1 - 0,5 - 0,9)	T5 (1 - 0,1 - 0,9)
Temperatura (°C)	29,11 ± 0,88 <sup>ab</sup>	28,99 ± 0,97 <sup>b</sup>	29,22 ± 0,85 <sup>ab</sup>	29,25 ± 0,86 <sup>a</sup>	29,22 ± 0,88 <sup>ab</sup>	29,14 ± 0,86 <sup>ab</sup>
Oxigênio Dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	6,61 ± 0,29	6,61 ± 0,29	6,62 ± 0,30	6,62 ± 0,30	6,60 ± 0,29	6,62 ± 0,28
pH	7,98 ± 0,15 <sup>b</sup>	7,91 ± 0,17 <sup>c</sup>	7,91 ± 0,14 <sup>c</sup>	7,94 ± 0,16 <sup>bc</sup>	8,00 ± 0,15 <sup>b</sup>	8,10 ± 0,16 <sup>a</sup>
Nitrogênio Amoniacal Total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,04 ± 0,10	0,03 ± 0,03	0,03 ± 0,03	0,03 ± 0,03	0,04 ± 0,03	0,05 ± 0,08
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0,11 ± 0,12 <sup>ab</sup>	0,10 ± 0,06 <sup>ab</sup>	0,12 ± 0,12 <sup>ab</sup>	0,09 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,15 ± 0,16 <sup>b</sup>	0,10 ± 0,05 <sup>ab</sup>
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	92,33 ± 26,93	102,61 ± 36,97	111,05 ± 54,53	101,83 ± 43,69	105,11 ± 38,95	90,83 ± 32,50
Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	0,70 ± 0,38	0,80 ± 0,49	0,97 ± 0,54	0,64 ± 0,38	0,77 ± 0,43	0,61 ± 0,40
Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	103,21 ± 22,90	102,41 ± 23,01	101,79 ± 15,77	98,62 ± 22,08	97,31 ± 21,50	105,36 ± 23,72
SST (mg.L <sup>-1</sup> )	401,39 ± 85,99	427,47±148,57	449,44±155,40	475,56 ± 120,68	445,00±113,72	351,67±134,08

934 SST – Sólidos Suspensos Totais. Os dados correspondem aos valores médios ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes indicam diferenças estatística significativa (Tukey;  
935 p<0,05)

936

937

938

939

940

941 Variáveis físicas e químicas da água

942 As variações de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade, sólidos  
943 suspensos totais, amônia, nitrito, nitrato e fosfato ao longo de um cultivo de *L. vannamei*  
944 em salinização artificial, estão apresentadas nas Figuras 1 à 9. Apresentando diferenças  
945 significativas entre os tratamentos para temperatura e pH, no entanto se mantiveram  
946 dentro do recomendado para a espécie em estudo.

947

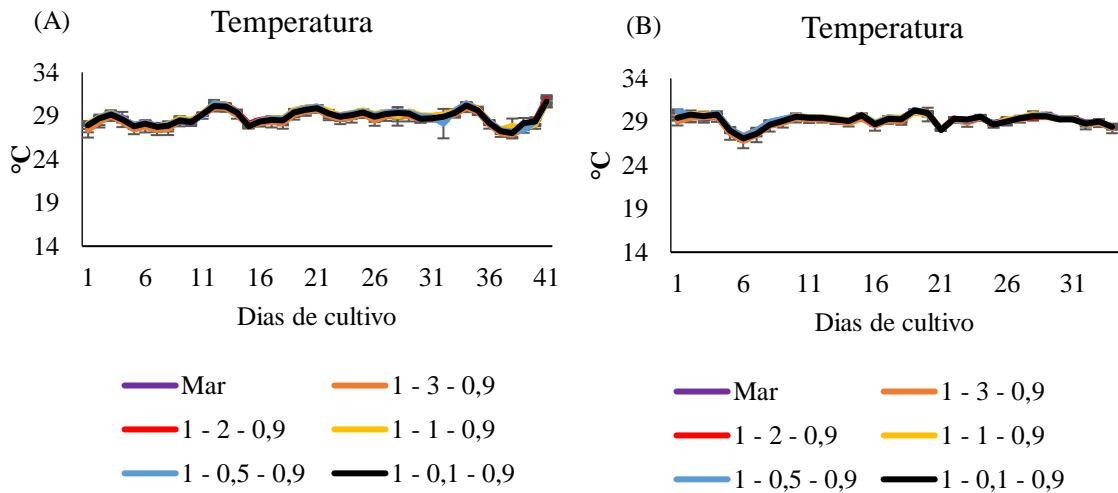
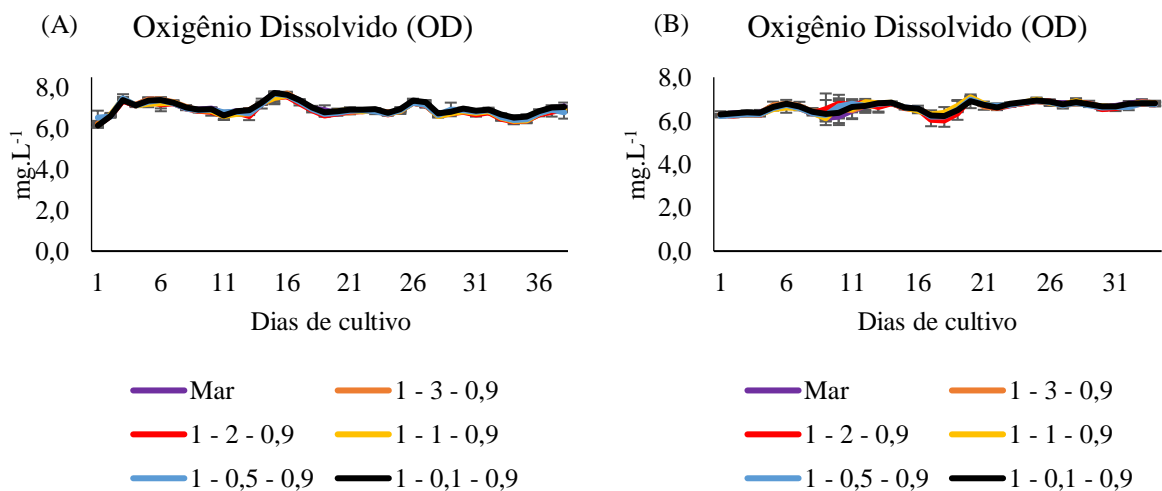


Figura 1 - Variações de temperatura ao longo do cultivo de *L. vannamei* na fase de berçário (A) e engorda (B) em sistema BFT com diferentes concentrações de magnésio em baixa salinidade.

948

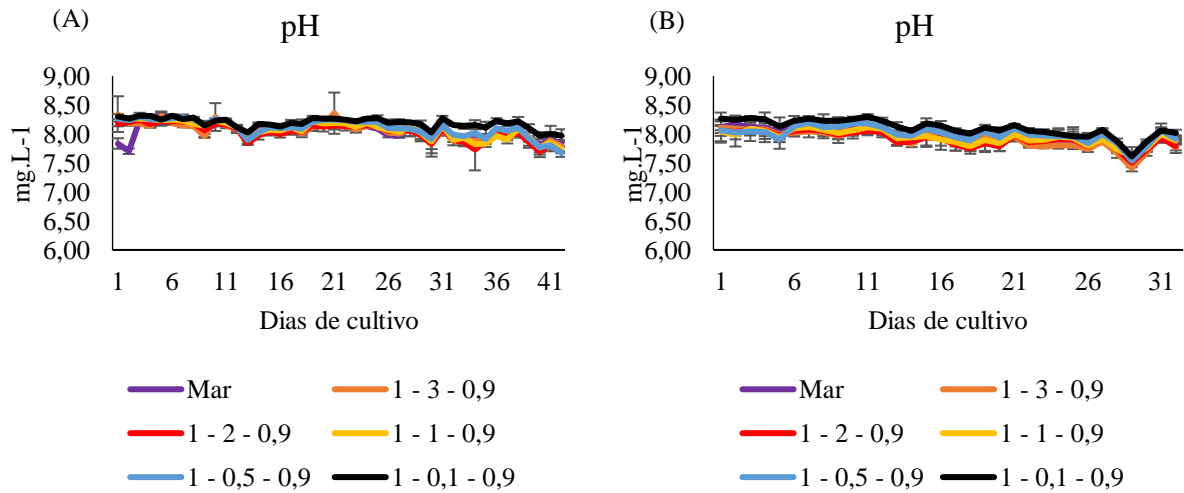


949

50

951 Figura 2 - Variações nas concentrações de oxigênio dissolvido ao longo do cultivo de *L. vannamei* na fase  
952 de berçário (A) e engorda (B) em sistema BFT com diferentes concentrações de magnésio em baixa  
953 salinidade.

954



955

56

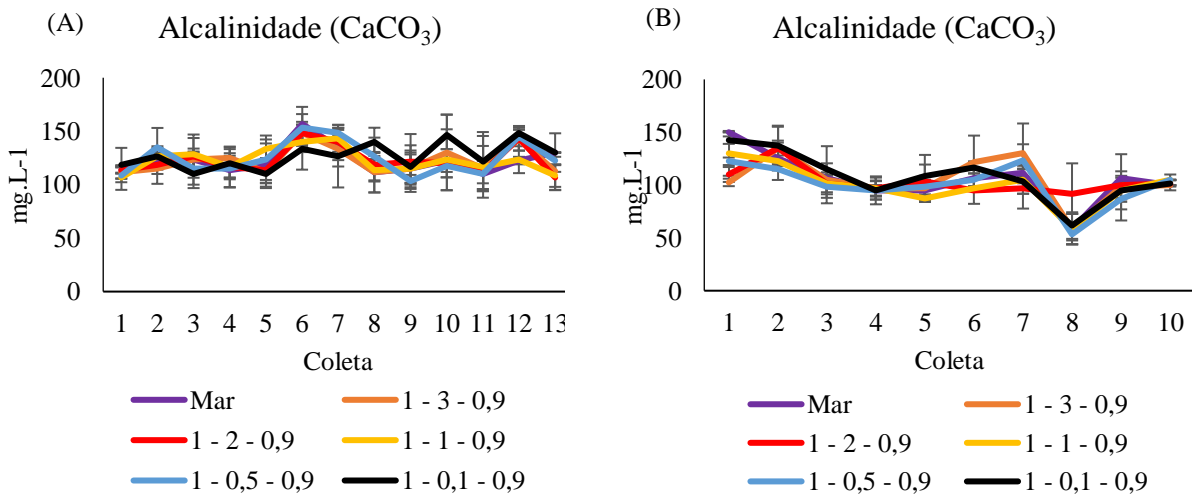
957 Figura 3 - Variações do pH ao longo do cultivo de *L. vannamei* na fase de berçário (A) e engorda (B) em  
 958 sistema BFT com diferentes concentrações de magnésio em baixa salinidade

959

960

961 Não houve diferenças estatísticas significativas nas concentrações médias de  
 962 alcalinidade em ambas as fases do experimento (tabelas 2 e 3).

963



964

55

966 Figura 4 - Variações de alcalinidade ao longo do cultivo de *L. vannamei* na fase de berçário (A) e engorda  
 967 (B) em sistema BFT com diferentes concentrações de magnésio em baixa salinidade

968

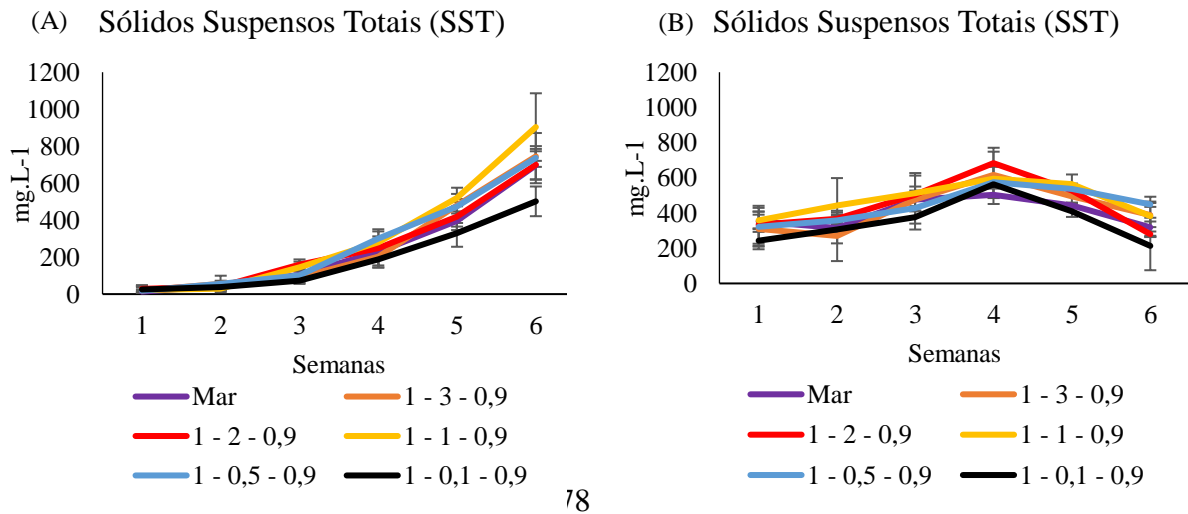
969

970

971

972

973 Os valores médios das concentrações de sólidos suspensos totais (SST) não  
 974 apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ), e não afetaram na  
 975 qualidade de água, sobrevivência ou o desempenho zootécnico dos camarões ao longo do  
 976 experimento (Figura 5).

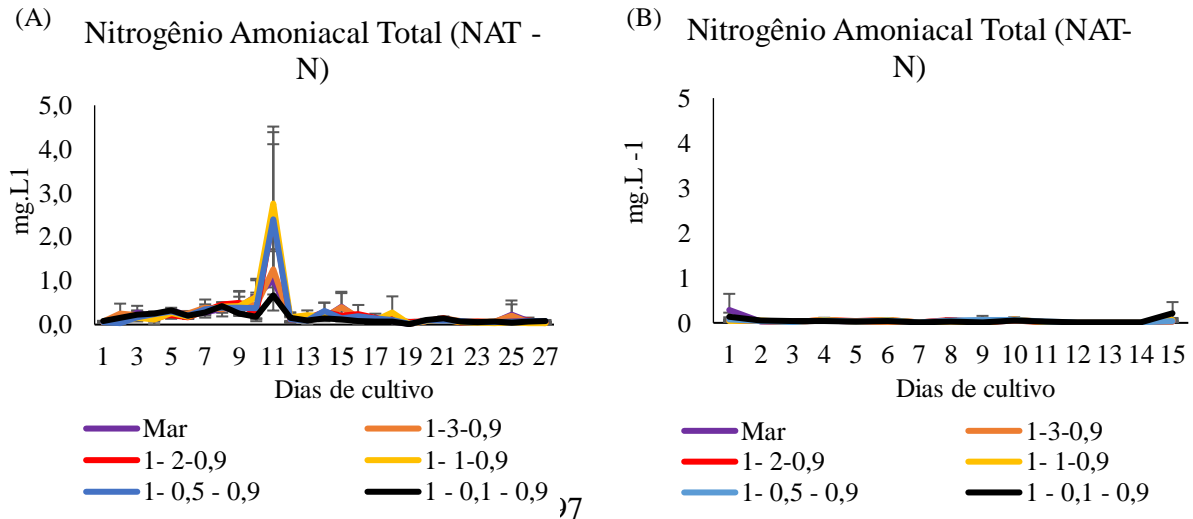


977

78

979 Figura 5 - Variações médias das concentrações de Sólidos Suspensos Totais (mg. L-1) durante o cultivo do  
 980 *L. vannamei* na fase de berçário (A) e engorda (B) em sistema BFT, com diferentes concentrações de  
 981 magnésio em baixa salinidade.

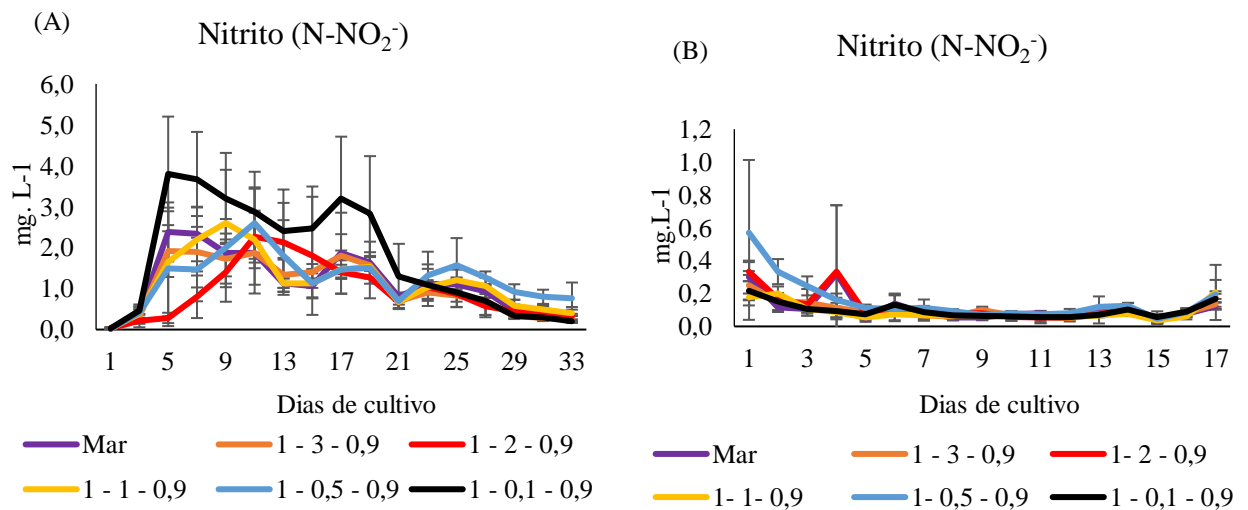
982 Em relação aos compostos nitrogenados ao longo de duas fases de cultivo,  
 983 berçário e engorda totalizando 77 dias de experimento, as concentrações médias de  
 984 amônia ( $\pm$  DP) estão representados na figura 6. Próximo ao 11° dia de cultivo na fase de  
 985 berçário as concentrações de amônia total atingiram seus maiores índices, sobretudo no  
 986 tratamento T2: 1 – 2 – 0,9 alcançando 2,49 mg. L<sup>-1</sup>, não havendo diferenças significativas  
 987 entre os tratamentos, a partir daí observou-se uma queda, seguida da estabilização do  
 988 composto no sistema no decorrer do experimento. O nitrito apareceu em maior quantidade  
 989 no 5° dia (3,80 mg. L<sup>-1</sup>) no tratamento com menor concentração de magnésio (1 – 0,1 –  
 990 0,9), seguido do aumento nos outros tratamentos apenas no 11° dia, com estabilização  
 991 próxima ao 21° dia ainda na fase de berçário (Figura 7) com diferença significativa entre  
 992 os tratamentos 1 – 2 – 0,9 (menor concentração de NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e 1 – 0,1 – 0,9 (maior  
 993 concentração NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). O nitrato (acumulativo no sistema BFT), alcançou valores médios  
 994 máximos de 166 mg. L<sup>-1</sup> (1 – 2 – 0,9) (Figura 8), não apresentando diferenças  
 995 significativas entre os tratamentos



996

998 Figura 6 - Variações médias das concentrações de amônia ( $\text{mg. L}^{-1}$ ) durante o cultivo de *L. vannamei*  
 999 expostos a diferentes concentrações de magnésio na fase de berçário (A) e engorda (B) em sistema BFT.  
 1000 Análises diárias até estabilização e após isso três vezes por semana.

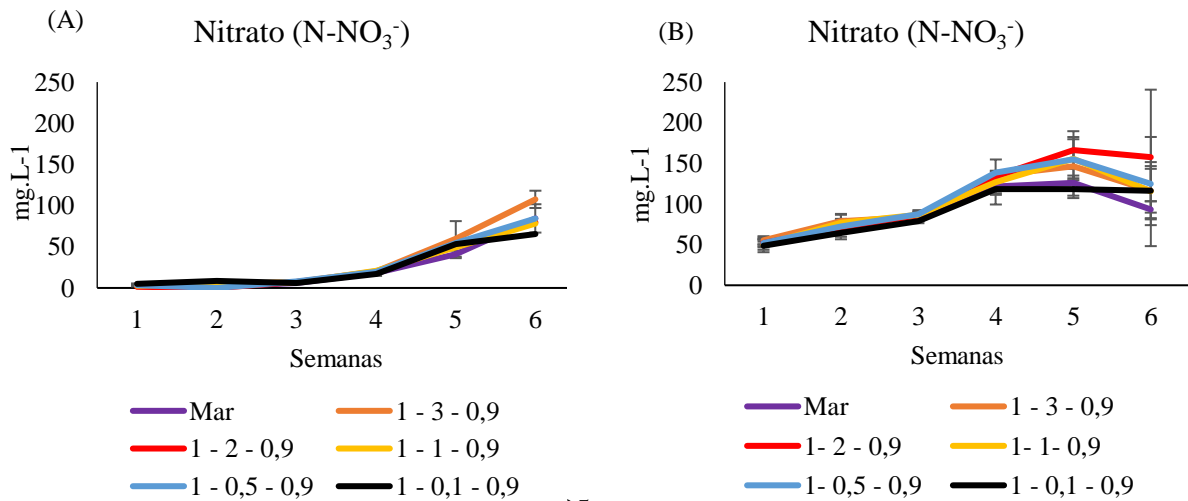
1001



1002

Figura 7 - Variações médias das concentrações de nitrito ( $\text{mg. L}^{-1}$ ) durante o cultivo de *L. vannamei*  
 expostos a diferentes concentrações de magnésio na fase de berçário (A) e engorda (B) em sistema BFT.  
 Análises três vezes por semana.

1003



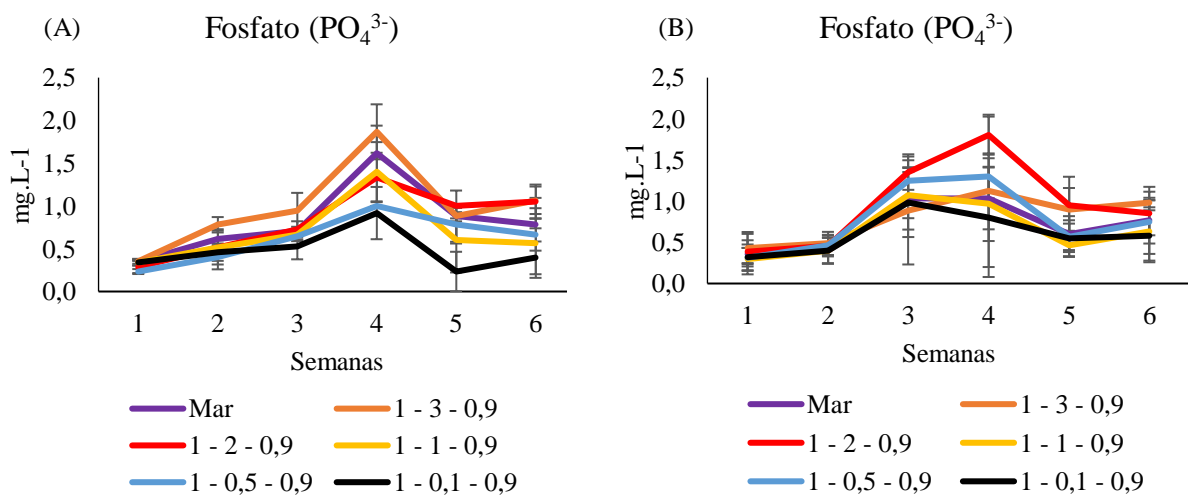
1004

1005

1006 Figura 8 - Variações médias das concentrações de nitrato (mg. L<sup>-1</sup>) durante o cultivo de *L. vannamei*  
 1007 expostos à diferentes concentrações de magnésio na fase de berçário (A) e engorda (B) em sistema BFT.  
 1008 Analisado semanalmente

1009 Não houve diferenças significativas nas concentrações média de fosfato em ambos os  
 1010 experimentos (tabelas 2 e 3). O fosfato tende a se acumular no sistema, porém, a partir da  
 1011 quarta semana observou-se uma diminuição das concentrações (figura 9) que coincidem  
 1012 com o período em que foi realizada clarificação dos sólidos.

1013



1014

1015

1016 Figura 9 - Variações médias das concentrações de fosfato (mg. L<sup>-1</sup>) durante o cultivo de *L. vannamei*  
 1017 expostos à diferentes concentrações de magnésio na fase de berçário (A) e engorda (B) em sistema BFT.  
 1018 Analisado semanalmente.



1019 Os resultados dos parâmetros de desempenho zootécnico em duas fases de cultivo: berçário e engorda em salinização artificial com  
 1020 diferentes concentrações de magnésio na relação Cálcio : Magnésio : Potássio em salinidade 5 g. L<sup>-1</sup> estão apresentados nas tabelas 3 e 4.

1021 Tabela 4 - Parâmetros de Desempenho Zootécnico do *L. vannamei* cultivado por 42 dias em berçário com diferentes relações de Cálcio :  
 1022 Magnésio : Potássio em salinidade 5 g. L<sup>-1</sup>

Parâmetros	TC (1 : 3 : 0,9)	T1 (1 : 3 : 0,9)	T2 (1 : 2 : 0,9)	T3 (1 : 1 : 0,9)	T4 (1 : 0,5 : 0,9)	T5 (1 : 0,1 : 0,9)
Peso Inicial (g)	0,017 ± 0,001	0,017 ± 0,001	0,017 ± 0,001	0,017 ± 0,001	0,017 ± 0,001	0,017 ± 0,001
Peso final (g)	1,13 ± 0,03 <sup>ab</sup>	1,39 ± 0,17 <sup>a</sup>	1,26 ± 0,03 <sup>ab</sup>	1,23 ± 0,15 <sup>ab</sup>	1,06 ± 0,07 <sup>b</sup>	0,66 ± 0,10 <sup>c</sup>
Biomassa final (g)	63,54 ± 6,52 <sup>b</sup>	79,64 ± 3,64 <sup>a</sup>	71,79 ± 6,43 <sup>ab</sup>	68,06 ± 3,43 <sup>ab</sup>	57,68 ± 4,43 <sup>b</sup>	37,63 ± 8,65 <sup>c</sup>
Ganho de Biomassa (g)	62,52 ± 6,52 <sup>b</sup>	78,62 ± 3,64 <sup>a</sup>	70,77 ± 6,43 <sup>ab</sup>	67,04 ± 3,43 <sup>ab</sup>	56,66 ± 4,43 <sup>b</sup>	36,61 ± 8,65 <sup>c</sup>
TCE (%.dia <sup>-1</sup> )	9,42 ± 0,11	8,91 ± 0,17	9,15 ± 0,27	9,22 ± 0,18	9,52 ± 0,16	8,66 ± 0,55
CAA	1,5 ± 0,14 <sup>ab</sup>	1,3 ± 0,08 <sup>a</sup>	1,4 ± 0,08 <sup>ab</sup>	1,6 ± 0,08 <sup>ab</sup>	1,7 ± 0,18 <sup>ab</sup>	2,2 ± 0,08 <sup>b</sup>
Produtividade (kg/m <sup>3</sup> )	1,12 ± 0,65 <sup>b</sup>	1,39 ± 0,75 <sup>a</sup>	1,26 ± 0,61 <sup>ab</sup>	1,22 ± 0,62 <sup>ab</sup>	1,05 ± 0,58 <sup>b</sup>	0,65 ± 0,39 <sup>c</sup>
Sobrevivência (%)	93,9 ± 5,38	91,1 ± 8,35	95 ± 5	92,8 ± 6,3	91,1 ± 2,54	95 ± 1,66

1023 TC - tratamento controle obtido a partir da diluição da água do mar; T1 a T5 diferentes relações em água salinizada artificialmente; TCE - Taxa de Crescimento Específico,  
 1024 CAA - Conversão Alimentar Aparente. Os dados correspondem aos valores médios ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes indicam diferenças estatística significativa (Tukey;  
 1025 p<0,05).

1026

1027

1028

1029 Tabela 5 - Parâmetros de Desempenho Zootécnico do *L. vannamei* cultivado por 35 dias em engorda com diferentes relações de Cálcio :  
 1030 Magnésio : Potássio em salinidade 5 g.L<sup>-1</sup>.

<b>Parâmetros</b>	<b>TC</b> (1 - 3 - 0,9)	<b>T1</b> (1 - 3 - 0,9)	<b>T2</b> (1 - 2 - 0,9)	<b>T3</b> (1 - 1 - 0,9)	<b>T4</b> (1 - 0,5 - 0,9)	<b>T5</b> (1 - 0,1 - 0,9)
Peso Inicial (g)	1,13 ± 0,05 <sup>ab</sup>	1,39 ± 0,11 <sup>a</sup>	1,26 ± 0,16 <sup>ab</sup>	1,23 ± 0,10 <sup>ab</sup>	1,06 ± 0,10 <sup>b</sup>	0,66 ± 0,15 <sup>c</sup>
Peso Final (g)	4,92 ± 0,64	4,97 ± 0,48	4,87 ± 0,94	4,63 ± 0,53	5,00 ± 0,43	3,62 ± 0,77
Biomassa inicial (g)	22,52 ± 1,05 <sup>ab</sup>	27,89 ± 2,13 <sup>a</sup>	25,27 ± 3,11 <sup>ab</sup>	24,52 ± 1,98 <sup>ab</sup>	21,14 ± 2,07 <sup>b</sup>	13,18 ± 2,90 <sup>c</sup>
Biomassa final (g)	78,57 ± 9,91 <sup>a</sup>	95,95 ± 10,37 <sup>a</sup>	88,00 ± 6,19 <sup>a</sup>	82,04 ± 14,97 <sup>a</sup>	90,00 ± 9,50 <sup>a</sup>	49,72 ± 6,25 <sup>b</sup>
Ganho de biomassa (g)	56,05 ± 8,92 <sup>ab</sup>	68,06 ± 11,40 <sup>a</sup>	62,73 ± 3,81 <sup>ab</sup>	57,51 ± 16,79 <sup>ab</sup>	68,86 ± 7,54 <sup>a</sup>	36,54 ± 3,75 <sup>b</sup>
CAA	2,1 ± 0,28 <sup>a</sup>	1,8 ± 0,23 <sup>a</sup>	1,9 ± 0,1 <sup>a</sup>	1,8 ± 0,07 <sup>a</sup>	1,8 ± 0,17 <sup>a</sup>	2,8 ± 0,06 <sup>b</sup>
Produtividade final (kg/m <sup>3</sup> )	1,40 ± 0,22 <sup>ab</sup>	1,70 ± 0,28 <sup>a</sup>	1,57 ± 0,10 <sup>ab</sup>	1,44 ± 0,42 <sup>ab</sup>	1,72 ± 0,19 <sup>a</sup>	0,91 ± 0,09 <sup>b</sup>
Crescimento semanal (g/sem)	0,76 ± 0,12	0,71 ± 0,09	0,72 ± 0,16	0,68 ± 0,12	0,79 ± 0,07	0,59 ± 0,15
Sobrevivência (%)	80,00 ± 5,00 <sup>ab</sup>	96,67 ± 5,77 <sup>a</sup>	91,67 ± 10,41 <sup>ab</sup>	88,33 ± 10,41 <sup>ab</sup>	90,00 ± 5,00 <sup>ab</sup>	70,00 ± 13,23 <sup>b</sup>

1031 TC - tratamento controle obtido a partir da diluição da água do mar; T1 a T5 diferentes relações em água salinizada artificialmente; CAA - Conversão Alimentar Aparente. Os  
 1032 dados correspondem aos valores médios ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes indicam diferenças estatística significativa (Tukey; p<0,05).

1033

1034

1035

1036

1037

1038 Tabela 6 - Composição dos macromelementos constituintes da salga artificial referentes a coleta do 42° dia de cultivo.

Íons	TC (1 : 3 : 0,9)	T1 (1 : 3 : 0,9)	T2 (1 : 2 : 0,9)	T3 (1 : 1 : 0,9)	T4 (1 : 0,5 : 0,9)	T5 (1 : 0,1 : 0,9)
Cl <sup>-</sup>	2580,76 ± 301,89	3441,01 ± 365,83	3424,47 ± 1042,23	2911,63 ± 808,42	2613,85 ± 564,42	2150,63 ± 299,15
Na <sup>+</sup>	1903,71 ± 187,17	1903,71 ± 114,28	2014,09 ± 147,76	1745,33 ± 477,29	2076,48 ± 367,62	1644,55 ± 230,36
Ca <sup>2+</sup>	71,75 ± 7	57,18 ± 22,05	59,42 ± 22,89	59,41 ± 11,65	40,36 ± 3,36	49,33 ± 15,53
Mg <sup>2+</sup>	89,11 ± 33,18	195,92 ± 70,43	157,83 ± 47,66	86,40 ± 18,51	52,38 ± 21,82	26,53 ± 7,36
K <sup>+</sup>	86,52 ± 6,8	98,30 ± 17,99	117,93 ± 20,4	98,30 ± 35,99	125,78 ± 47,61	74,74 ± 17,99
SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	581,43 ± 128,45	540,68 ± 78,06	627,74 ± 169,57	555,50 ± 106,02	648,11 ± 103,26	540,68 ± 43,16
HCO <sub>3</sub>	83,63 ± 15,4	74,16 ± 15,03	77,31 ± 13,87	85,99 ± 15,76	64,69 ± 5,78	88,36 ± 8,31
Na:K	21,98	19,65	17,26	18,26	17,41	22,35
Ca:Mg:K	1 : 3,2 : 1,2	1 : 3,4 : 1,8	1 : 2,8 : 2,4	1 : 1,4 : 1,4	1 : 1,3 : 3,2	1 : 0,5 : 1,6

1039 TC - tratamento controle obtido a partir da diluição da água do mar; T1 a T5 diferentes relações em água salinizada artificialmente;

1040

1041

1042

1043

1044

1045

1046 Tabela 7 - Composição dos macronutrientes constituintes da salga artificial referentes a coleta do 77º dia de cultivo.

Íons	TC (1 : 3 : 0,9)	T1 (1 : 3 : 0,9)	T2 (1 : 2 : 0,9)	T3 (1 : 1 : 0,9)	T4 (1 : 0,5 : 0,9)	T5 (1 : 0,1 : 0,9)
Cl <sup>-</sup>	3341,7 ± 762,9	5310,4 ± 1901,5	3093,6 ± 1315,3	4764,5 ± 842,2	1852,8 ± 628,4	2762,7 ± 675,6
Na <sup>+</sup>	1955,4 ± 74,5	1740,4 ± 129	1783,4 ± 298	1933,9 ± 91,2	1439,3 ± 268,6	1869,4 ± 258,1
Ca <sup>2+</sup>	44,8 ± 5,1	62,8 ± 18,5	39,2 ± 1,9	43,7 ± 5,8	36,9 ± 3,3	41,5 ± 19,7
Mg <sup>2+</sup>	53,7 ± 14,5	108,1 ± 24,8	40,8 ± 5,4	44,9 ± 5,4	23,8 ± 3,1	9,5 ± 4,7
K <sup>+</sup>	124,1 ± 7	124,2 ± 14,1	107,9 ± 21,1	144,5 ± 17,2	87,6 ± 18,6	116 ± 25,4
SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	509,2 ± 56,8	577,7 ± 198,9	694,4 ± 250,8	855,5 ± 275	572,2 ± 171,2	598,1 ± 108,4
HCO <sub>3</sub>	60,7 ± 2,7	63,1 ± 11,9	46,5 ± 3,6	62,3 ± 23,9	52,8 ± 4,9	57,6 ± 13
Na:K	15,8	14,1	16,6	13,4	16,5	16,3
Ca:Mg:K	1 : 1,2 : 2,8	1 : 1,7 : 2,1	1 : 1,0 : 2,8	1 : 1,0 : 3,1	1 : 0,7 : 2,3	1 : 0,2 : 3,0

1047 TC - tratamento controle obtido a partir da diluição da água do mar; T1 a T5 diferentes relações em água salinizada artificialmente;

1048

1049

1050

1051

1052

1053

1054

1055 Tabela 8 - Custos com a salga mãe (sem magnésio) e salinização completa para cada  
 1056 tratamento utilizado. Valores apresentados em Kg e m<sup>3</sup>.

Tratamentos	Salga Mãe (kg/m <sup>3</sup> )	Magnésio (kg/m <sup>3</sup> )	Salga (kg/m <sup>3</sup> )	Salga (5 kg/m <sup>3</sup> )
T1 - 1 : 3 : 0,9	R\$ 11,82	R\$ 7,59	R\$ 19,41	R\$ 97,07
T2 - 1 : 2 : 0,9	R\$ 11,82	R\$ 5,06	R\$ 16,88	R\$ 84,42
T3 - 1 : 1 : 0,9	R\$ 11,82	R\$ 2,53	R\$ 14,35	R\$ 71,77
T4 - 1 : 0,5 : 0,9	R\$ 11,82	R\$ 1,26	R\$ 13,09	R\$ 65,44
T5 - 1 : 0,1 : 0,9	R\$ 11,82	R\$ 0,25	R\$ 12,08	R\$ 60,39

1057

1058 O Tratamento T3 – 1 : 1 : 0,9 apresentou melhor resultado nos parâmetros de  
 1059 desempenho zootécnico, o valor para cada quilo foi de 14,35. Comparando esse valor ao  
 1060 T1 – 1 : 3 : 0,9 (relação encontrada na água do mar) R\$ 19,41/m<sup>3</sup> observa-se uma  
 1061 economia de 26,1%.

1062

1063 Tabela 9 - Valores das formulações comerciais dados para o quilograma de sal

TROPIC MARIN SEA SALT	R\$34,76
RED SEA SALT	R\$22,00
PRESENTE ESTUDO	R\$14,35
VEROMAR	R\$11,59
BLUE TREASURE SALT	R\$11,00
NUTRATEC	R\$ 5,75

1064 Os valores apresentados não incluem o frete e foram acessados no dia 05 de Julho de 2018

1065 É importante salientar que o valor para o Quilograma de sal encontrado neste  
 1066 estudo foi calculado segundo o preço de reagentes para análise laboratorial, com alto grau  
 1067 de pureza. No entanto, essa mesma formulação pode ser executada com sais comerciais,  
 1068 reduzindo ainda mais o custo final da salinização. As formulações mostradas na tabela 9  
 1069 são desenvolvidas com produtos comerciais. Neste trabalho é indicado como a melhor  
 1070 formulação os resultados encontrados no tratamento T3 – 1 : 1 : 0,9, em salinidade 5 g.  
 1071 L<sup>-1</sup> por mostrar parâmetros zootécnicos sem diferenças quanto as maiores concentrações  
 1072 do magnésio.

1073 **DISCUSSÃO**

1074 Qualidade da água

1075 Os parâmetros físicos e químicos de qualidade da água permaneceram dentro  
1076 dos valores ótimos para o desenvolvimento de *L. vannamei* (Van Wyk and Scarpa, 1999),  
1077 apresentando diferenças significativas na temperatura e pH, no entanto sem qualquer  
1078 prejuízo a performance dos animais. Esta espécie pode tolerar uma ampla faixa de  
1079 temperatura entre 15 e 35° C, ideal de 28 a 32°C, (Van Wyk and Scarpa, 1999), situação  
1080 favorável para o bom desenvolvimento do metabolismo, consumo de oxigênio,  
1081 crescimento e sobrevivência. Estudos desenvolvidos por Souza et al., (2014) em cultivo  
1082 com baixas temperaturas, em bioflocos, mostraram resultados desfavoráveis ao  
1083 desempenho dos animais, gerando reações como estresse. Neste outro estudo, foram  
1084 encontrados melhores resultados em camarões cultivados em 27°C, em contrapartida,  
1085 quando em temperaturas entre 15 e 33°C os animais mostraram maior atividade de  
1086 enzimas antioxidantes como uma tentativa de neutralizar produção de ROS gerado pelo  
1087 estresse de temperatura (Souza et al., 2016).

1088 Um dos parâmetros que devem ser observado com muita frequência é a  
1089 alcalinidade, sobretudo em cultivos que utilizam pouca ou nenhuma troca de água, como  
1090 por exemplo o sistema BFT, visto que existe um consumo dessa alcalinidade ao decorrer  
1091 da produção por bactérias durante o processo de nitrificação (Ebeling et al., 2006). A  
1092 alcalinidade de um líquido refere-se à concentração total de bases tituláveis capazes de  
1093 neutralizar os cátions de hidrogênio, diversos produtos são usados na aquicultura para  
1094 manter a alcalinidade dentro dos valores adequados para as espécies cultivadas, como cal  
1095 virgem e hidratada, calcário agrícola e bicarbonato de sódio (Martins et al., 2017).  
1096 Estudos relataram a redução da alcalinidade com o sistema BFT (McIntosh, 2001, Ray  
1097 et al., 2010), dentre os produtos utilizados a cal pode representar perigo ao cultivo quando  
1098 aplicada diretamente nos tanques por ter reação rápida, o calcário agrícola tem baixa  
1099 solubilidade em água e precisa de CO<sub>2</sub> para acelerar sua dissolução (Boyd et al., 2016),  
1100 já o bicarbonato de sódio, alcalinizante utilizado nesse estudo, apesar de ser mais caro é  
1101 mais seguro. Segundo Ebeling et al., (2006) a alcalinidade no sistema de bioflocos deve  
1102 permanecer entre 100-150 mg CaCO<sub>3</sub>/L. Van Wyk e Scarpa (1999) afirmam que o *L.*  
1103 *vannamei* precisa de uma alcalinidade maior que 100 mg de CaCO<sub>3</sub> / L para um  
1104 desenvolvimento ideal, mostram ainda que alcalinidade alta reduz a variação diária no  
1105 pH, que pode comprometer a performance dos animais. Corroborando os resultados

1106 acima, Furtado et al., (2011) afirmam que a qualidade da água e o desempenho zootécnico  
1107 são afetados negativamente quando as concentrações de alcalinidade ficam abaixo de 100  
1108 mg de CaCO<sub>3</sub> / L e pH 7 por períodos prolongados.

1109 O pH influencia quase todas as reações químicas e fenômenos que ocorrem na água,  
1110 fator importante que afeta a vida dos peixes, sobretudo as condições fisiológicas do  
1111 camarão (Lemonnier et al., 2004). Em sistemas tradicionais o nível de pH pode variar de  
1112 6,6 a 10,2 devido à absorção de dióxido de carbono durante o dia, através da fotossíntese,  
1113 e liberação desse gás por todos os organismos durante a noite (Boyd, 1990). Além dos  
1114 sedimentos no fundo dos viveiros que podem induzir a acidificação da água (Lemonnier  
1115 et al., 2004). Apesar da variação dentro dos tratamentos, mostrando diferença estatística,  
1116 os valores de pH permaneceram dentro da faixa ótima indicada para a espécie estudada,  
1117 apesar de ter se mostrado maior nos tratamentos com menor concentração de magnésio.  
1118 Valores de pH entre 7,0 e 9,0 favorecem o desenvolvimento de bactérias nitrificantes (Chen  
1119 et al., 2006).

1120 A toxicidade dos compostos nitrogenados é um fator importante a ser considerado  
1121 durante o período de cultivo, sobretudo em condições de baixa salinidade, pois a  
1122 tolerância dos camarões a esses compostos, especialmente amônia e nitrito, diminui em  
1123 águas de baixa salinidade (Ramírez-Rochín et al., 2017; Schuler et al., 2010)  
1124 representando um problema importante. Durante o período de cultivo, as concentrações  
1125 destes compostos, podem atingir níveis elevados, influenciando as taxas de ingestão de  
1126 alimentos, reduzindo o crescimento, aumentando o consumo de oxigênio, podendo ocasionar  
1127 mortalidade moderada ou alta (Romano e Zeng 2013). Os altos níveis de compostos  
1128 nitrogenados estão relacionados principalmente à alimentação, fertilização e às condições  
1129 de água e sedimentos, que está ligada ao manejo (Hargreaves 1998). As concentrações de  
1130 nitrato (N-NO<sub>3</sub>) se elevaram ao longo dos 77 dias de cultivo em todos os tratamentos, o  
1131 que já era esperado por se tratar de um composto de cunho acumulativo em sistemas que  
1132 reutilizam a água de cultivo (Ebeling et al., 2006), devido aos processos de nitrificação  
1133 que ocorrem pela atividade de bactérias que transformam a amônia, oriunda da excreção  
1134 dos animais e decomposição da matéria orgânica, em nitrito e depois em nitrato, a forma  
1135 do nitrogênio mais oxidada (Prosser, 1990).

1136 O incremento desse composto no sistema pode acarretar em problemas de  
1137 crescimento e mortalidade nos animais, sobretudo em cultivos em baixa salinidade.

1138 Segundo Tsai and Chen (2002), a toxicidade do nitrato diminui com o aumento  
1139 salinidade. Kuhn et al. (2010) mostraram um aumento na mortalidade quando  
1140 submeteram *L. vannamei* a redução de salinidade em concentrações elevadas de nitrato.  
1141 Nos sistemas fechados, como o BFT e RAS, em que a reutilização da água durante vários  
1142 ciclos de cultivo (Krummenauer et al., 2014), torna-se necessário o uso de tecnologias e  
1143 manejo para a retirada ou imobilização deste composto, a fim de reduzir a sua toxicidade.

1144 Durante o estudo, os sólidos suspensos totais se mantiveram dentro dos valores  
1145 seguros para a espécie, as concentrações de SST recomendadas para *L. vannamei* em  
1146 sistema de cultivo BFT podem variar entre 200 e 600 mg L<sup>-1</sup> (Avnimelech, 2009; Ray et  
1147 al., 2011; Gaona et al., 2011; Schweitzer et al., 2013), Os resultados dos valores médios  
1148 de sólidos suspensos totais (SST) durante o período experimental foram mantidos  
1149 próximo dos níveis ideais descritos por Gaona et al., (2016) que foi 500 mg.L<sup>-1</sup>.  
1150 Corroborando os resultados obtidos por (Schweitzer et al., 2013), onde mostram que  
1151 valores de sólidos suspensos totais inferiores a 200 mg.L<sup>-1</sup> influenciam negativamente os  
1152 processos de nitrificação, e as concentrações acima de 800 mg.L<sup>-1</sup> podem afetar no  
1153 desenvolvimento e sobrevivência dos camarões, provavelmente devido a oclusão das  
1154 brânquias pelos flocos formados.

1155 A utilização de inóculo proveniente de um cultivo com bioflocos maduro, tem se  
1156 mostrado uma estratégia eficiente, no que diz respeito a aceleração dos processos de  
1157 nitrificação dentro do sistema BFT, resultados encontrados por Krummenauer et al.,  
1158 (2012) evidenciam que a utilização de um inóculo de (2,5%) acelera a formação dos  
1159 agregados microbianos em sistemas BFT, observando melhores resultados no  
1160 desempenho zootécnico da reutilização de 100% de inóculo, no entanto, quanto maior a  
1161 porcentagem de inoculo utilizada, mais rápido será a deposição de nitrato no sistema e se  
1162 tratando de um composto acumulativo em sistemas fechados, torna-se um problema,  
1163 principalmente em cultivos com baixa salinidade, visto que sua toxicidade aumenta com  
1164 a redução da salinidade (Kuhn et al., 2010).

1165

#### 1166 Desempenho zootécnico

1167 Em um estudo desenvolvido com diferentes concentrações de magnésio em um  
1168 cultivo de juvenis de *L. vannamei* em baixa salinidade Roy et al., (2007) Não observaram  
1169 diferenças significativas nos pesos finais ou ganho de peso (%) dos camarões. Pesos finais  
1170 variaram de 3,25 a 3,67g. No entanto, houve uma tendência de maior ganho de peso no



1171 tratamento com a maior concentração de  $Mg^{2+}$  enquanto o tratamento com menor  
1172 concentração de  $Mg^{2+}$  teve o menor ganho de peso. Sobrevivência no menor tratamento  
1173 com  $Mg^{2+}$  foi 60,2%, significativamente menor que todos os outros tratamentos variando  
1174 de 90,0 a 96,5%. Os índices de sobrevivência do presente estudo são considerados bons  
1175 resultados, apesar das diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) encontradas entre os  
1176 tratamentos, estando de acordo com valores descritos no trabalho citado acima, com  
1177 índices maiores nos tratamentos com maiores concentrações de  $Mg^{2+}$ , variando de 80 a  
1178 96% ao final de 77 dias, em contrapartida, no tratamento com menor concentração do íon  
1179 foi obtido sobrevivência de 70%, Quanto à taxa de crescimento específico - TCE não se  
1180 observou diferença entre os animais em função dos tratamentos aplicados indicando que  
1181 o percentual de ganho de peso diário dos animais não sofreu interferência da redução do  
1182 magnésio na composição da água.

1183 O índice de conversão alimentar aparente (CAA) encontrado por Lara et al.  
1184 (2017) em um experimento de engorda e com uma densidade de 140 camarões /  $m^2$  variou  
1185 entre 1,56 e 1,99, este experimento teve uma duração de 33 dias, os resultados  
1186 encontrados no presente estudo, variou de 1,8 no melhor tratamento e 2,8 no tratamento  
1187 com menor concentração de magnésio, tendo em vista ainda que a densidade de  
1188 estocagem foi de 500 cam/ $m^3$  por 35 dias, este fator é importante no desempenho dos  
1189 animais no sistema, afetando além da conversão alimentar, o peso final e sobrevivência.  
1190 Krummenauer et al., (2011) encontraram diferenças significativamente menores para os  
1191 camarões em densidades de estocagem maiores, 450 camarões /  $m^2$  alcançando fator de  
1192 conversão alimentar de 2,41.

1193 Em estudos com água salobra e densidades de 107 e 100 cam/ $m^2$ , (Samochoa et  
1194 al., 2004). (Sowers et al., 2006) relataram taxas de crescimento de 1,17 e 1,23 g/em,  
1195 respectivamente, já (Davis et al., 1993; Wyk et al., 1999) relataram taxas de crescimento  
1196 de 0,57 e 0,40 g/sem, o que se aproxima dos valores encontrados neste estudo, que  
1197 podemos observar taxas superiores a 0,7g/sem com densidades de 500 cam/ $m^3$  para ambos  
1198 os tratamentos, esses resultados, no entanto são menores que os encontrados em pesquisas  
1199 com salinidades próximas de cultivos em águas marinhas em sistemas BFT (Wasielisky  
1200 et al., 2006). Taxas de crescimento mais baixas são esperadas quando se trabalha com  
1201 baixas salinidades. A sobrevivência, no entanto, não se difere da encontrada em cultivos  
1202 com água marinha. Esses resultados comprovam que o  $Mg^{2+}$  influencia a sobrevivência e  
1203 o crescimento do *L. vannamei*. Os índices de sobrevivência encontrados neste estudo são

1204 equivalentes aos obtidos em trabalhos anteriores, em água marinha natural, onde a taxa  
1205 de sobrevivência na densidade de estocagem de 300 camarões/m<sup>2</sup> foi de 81,2 %  
1206 (Krummenauer et al., 2011)

1207           É importante conhecer as interações entre os parâmetros da qualidade ambiental  
1208 em um sistema de cultivo, que podem influenciar diretamente na produção final. Estudo  
1209 desenvolvido por Bett and Vinatea, (2009) utilizando sistema de respirometria do tipo  
1210 semi - aberto para medir o consumo de oxigênio por animal, encontraram interação de  
1211 fatores como temperatura, salinidade e peso dos animais influenciando significativamente  
1212 no consumo de oxigênio. Em um estudo de crescimento com diferentes salinidades e  
1213 concentrações de amônia, Li et al. (2007) observaram interações entre fatores abióticos e  
1214 consumo de oxigênio em um sistema fechado sem arejamento.

#### 1215       Composição Iônica

1216           Quanto aos resultados das análises de composição iônica no decorrer dos 77 dias  
1217 de cultivo, foi possível observar variações entre os períodos de coleta, provocando  
1218 alterações nas principais relações. Essas modificações podem ter influenciado a  
1219 performance dos organismos, sobretudo na fase de engorda, onde foram mais  
1220 pronunciadas. Ainda que existam protocolos relatando as necessidades de minerais dos  
1221 camarões peneídeos em águas de salinidade marinha, poucos estudos falam sobre as  
1222 exigências de minerais em condições de cultivo em baixa salinidade, como encontrado  
1223 em estudos desenvolvidos por Cheng et al., (2005) que fala sobre requisitos na dieta para  
1224 minerais em águas de baixa salinidade, como o magnésio para *L. vannamei*, pois  
1225 dependendo da fonte de água utilizada, o perfil iônico pode variar (Roy et al., 2010; Saoud  
1226 et al., 2003), pois a regra da constância de íons não é aplicada como na água de origem  
1227 marinha.

1228           Maicá et al., (2012) obtiveram bons resultados em salinidade 4, no entanto em  
1229 salinidade 2 não alcançaram sucesso no cultivo, porém, neste estudo, não foi observado  
1230 o balanço iônico, a diluição da água para conseguir a salinidade requerida, pode ter  
1231 modificado o perfil iônico, causando o desequilíbrio nas relações dos íons. Estudos de  
1232 Wudtisin and Boyd, (2011) mostram a importância de íons como magnésio e potássio  
1233 para o cultivo em baixas salinidades. Kanazawa et al. (1984) relataram em seus estudos  
1234 crescimento reduzido em *M. japonicus* quando em condições de deficiência de fósforo e  
1235 magnésio, além da sobrevivência e eficiência alimentar também serem afetadas por essa

1236 deficiência. O potássio é um íon fundamental para o bom desempenho dos camarões,  
1237 principalmente no crescimento e sobrevivência, bem como na osmorregulação, associado  
1238 ao sódio formam a relação mais importante para o equilíbrio iônico (Roy et al., 2007).

1239 A relação entre o sódio e o potássio na água marinha natural é de  
1240 aproximadamente 28:1, sendo que alterações em até 10 pontos não interferem na  
1241 capacidade osmorregulatória de *L. vannamei* (Sowers et al., 2006), Neste estudo foi  
1242 possível observar um incremento nas concentrações de potássio, contudo, a relação entre  
1243 os íons permaneceu dentro do recomendado para a espécie na fase de berçário (Huong et  
1244 al., 2010). Já na engorda foram encontrados valores abaixo dos preconizados para o bom  
1245 desempenho dos animais o que pode ser explicado pelo acúmulo do íon devido ao aporte  
1246 de ração no sistema, foi encontrado valor de 13,4 : 1 para a relação Na : K no tratamento  
1247 T3, que não teve diferença significativa quanto ao desempenho zootécnico com as  
1248 relações mais próximas da água do mar. O bom resultado na sobrevivência no presente  
1249 estudo com o aumento do magnésio na água provavelmente ajudou os camarões a ficar  
1250 menos suscetíveis a perda de íons durante a muda, uma vez que o magnésio está mais  
1251 relacionado com a muda que com a osmorregulação (Houng et al. 2010)

1252 Em sistemas fechados como é o caso do sistema BFT, as principais fontes de  
1253 entrada de íons são a ração, melação e alcalinizantes. Acredita-se que o que mais contribuiu  
1254 para o incremento dos íons, em sistemas como o BFT, foi a ração, principalmente do  
1255 potássio, podendo reduzir a relação  $\text{Na}^+ : \text{K}^+$  para níveis abaixo do recomendado para a  
1256 espécie (Huong et al., 2010). O magnésio sofreu uma redução no sistema de acordo com  
1257 as análises, com a redução deste íon e o aumento da deposição do potássio causou uma  
1258 alteração na segunda relação mais importante da água marinha natural,  $\text{Ca}^+ : \text{Mg}^{2+} : \text{K}^+$   
1259 (1 : 3 : 0,9) (Lara-espinoza et al. 2015).

1260

## 1261 **CONCLUSÕES**

1262 Diante dos resultados encontrados neste estudo, pode-se comprovar que é  
1263 possível manipular a relação iônica descrita da água do mar até certo ponto, possibilitando  
1264 a redução de custos com a salinização artificial. O efeito da redução do magnésio dentro  
1265 da relação conhecida da água marinha (Cálcio : Magnésio : Potássio), mostra bons  
1266 resultados no desempenho zootécnico dos camarões até a proporção 1 : 1 : 0,9 não  
1267 apresentando diferenças significativas em parâmetros como sobrevivência, crescimento e

1268 conversão alimentar aparente, comparados com o controle e proporções de magnésio mais  
1269 altas, em contrapartida, valores abaixo dessa proporção, influenciaram negativamente  
1270 esses mesmos parâmetros, indicando a importância deste macroelemento para a sanidade  
1271 e bom desempenho dos animais cultivados em baixa salinidade. Nos custos finais com  
1272 produção da salga artificial, o valor para cada quilo de sal foi de 14,35, comparando esse  
1273 valor ao T1 – 1 : 3 : 0,9 ( relação encontrada na água do mar) R\$ 19,41/kg a redução do  
1274 magnésio na formulação da salga artificial, representa uma economia de 26,1%.

1275

## 1276 **REFERÊNCIAS**

1277 APHA AWWA WEF. 1998. Standard methods for the examination of water and  
1278 wastewater. Washington, DC.

1279 Atwood, H.L., Browdy, L., Resources, M., Carolina, S., 2003. Survival and Growth of  
1280 Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* Postlarvae in Low-Salinity and  
1281 Mixed-Salt Environments 34.

1282 Ballester, E.L.C., Abreu, P.C., Cavalli, R.O., Emerenciano, M., de Abreu, L.,  
1283 Wasielesky, W., 2010. Effect of practical diets with different protein levels on the  
1284 performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange  
1285 suspended microbial flocs intensive system. *Aquac. Nutr.* 16, 163–172.  
1286 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00648.x>

1287 Bett, C., Vinatea, L., 2009. Combined effect of body weight, temperature and salinity  
1288 on shrimp *Litopenaeus vannamei* oxygen consumption rate. *Brazilian J. Oceanogr.*  
1289 57, 305–314. <https://doi.org/10.1590/S1679-87592009000400005>

1290 Boyd, C.E., Thunjai, T., 2003. Concentrations of Major Ions in Waters of Inland Shrimp  
1291 Farms in China, Ecuador, Thailand, and the United States. *J. World Aquac. Soc.*  
1292 34, 524–532. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2003.tb00092.x>

1293 Boyd, C.E., Tucker, C.S., Somridhivej, B., 2016. Alkalinity and Hardness: Critical but  
1294 Elusive Concepts in Aquaculture. *J. World Aquac. Soc.* 47, 6–41.  
1295 <https://doi.org/10.1111/jwas.12241>

1296 Chen, S., Ling, J., Blancheton, J.P., 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by

- 1297 water quality factors. *Aquac. Eng.* 34, 179–197.  
1298 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.09.004>
- 1299 Cheng, K.M., Hu, C.Q., Liu, Y.N., Zheng, S.X., Qi, X.J., 2006. Effects of dietary  
1300 calcium, phosphorus and calcium/phosphorus ratio on the growth and tissue  
1301 mineralization of *Litopenaeus vannamei* reared in low-salinity water. *Aquaculture*  
1302 251, 472–483. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.06.022>
- 1303 Cheng, K.M., Hu, C.Q., Liu, Y.N., Zheng, S.X., Qi, X.J., 2005. Dietary magnesium  
1304 requirement and physiological responses of marine shrimp *Litopenaeus vannamei*  
1305 reared in low salinity water. *Aquac. Nutr.* 11, 385–393.  
1306 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2005.00364.x>
- 1307 Crab, R., Lambert, A., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W., 2010. The application of  
1308 bioflocs technology to protect brine shrimp (*Artemia franciscana*) from pathogenic  
1309 *Vibrio harveyi*. *J. Appl. Microbiol.* 109, 1643–1649.  
1310 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2010.04791.x>
- 1311 Davis, D. a., Samocha, T.M., Boyd, C.E., 2004. Acclimating Pacific White Shrimp,  
1312 *Litopenaeus vannamei*, to Inland, Low-Salinity Waters. Souther Reg. Aquac.  
1313 Center, Publ. No. 2601 8 p.
- 1314 Davis, D.A., Boyd, C.E., Rouse, D.B., Saoud, I.P., 2005. Effects of potassium,  
1315 magnesium and age on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* post-larvae  
1316 reared in inland low salinity well waters in West Alabama. *J. World Aquac. Soc.*  
1317 36, 416–419. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2005.tb00346.x>
- 1318 Davis, D.A., Gatlin, D.M., 1996. Dietary mineral requirements of fish and marine  
1319 crustaceans. *Rev. Fish. Sci.* 4, 75–99. <https://doi.org/10.1080/10641269609388579>
- 1320 Davis, D.A., Lawrence, A.L., Gatlin, D.M., 1993. Response of *Penaeus vannamei* to  
1321 Dietary Calcium, Phosphorus and Calcium: Phosphorus Ratio. *J. World Aquac.  
1322 Soc.* 24, 504–515. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1993.tb00581.x>
- 1323 Davis, D.A., Saoud, I.P., McGraw, W.J., Rouse, D.B., 2002. Considerations for  
1324 *Litopenaeus vannamei* reared in inland low salinity waters. *Av. en Nutr. Acuícola*  
1325 VI.

- 1326 Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J., 2006. Engineering analysis of the  
1327 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of  
1328 ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257, 346–358.  
1329 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>
- 1330 Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2011. Effect of calcium hydroxide,  
1331 carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance  
1332 of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems.  
1333 *Aquaculture* 321, 130–135. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.08.034>
- 1334 Furtado, P.S., Gaona, C.A.P., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2014. Application of  
1335 different doses of calcium hydroxide in the farming shrimp *Litopenaeus vannamei*  
1336 with the biofloc technology (BFT). *Aquac. Int.* 22, 1009–1023.  
1337 <https://doi.org/10.1007/s10499-013-9723-9>
- 1338 Gaona, C.A.P., da Paz Serra, F., Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2016.  
1339 Effect of different total suspended solids concentrations on the growth performance  
1340 of *Litopenaeus vannamei* in a BFT system. *Aquac. Eng.* 72–73, 65–69.  
1341 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2016.03.004>
- 1342 Hargreaves, J.A., 2013. Biofloc production systems for aquaculture. *SRAC Publ.* 1–12.
- 1343 Hopkins, J.S., Hamilton, R.D., Sandier, P.A., Browdy, C.L., Stokes, A.D., 1993. Effect  
1344 of Water Exchange Rate on Production, Water Quality, Effluent Characteristics  
1345 and Nitrogen Budgets of Intensive Shrimp Ponds. *J. World Aquac. Soc.* 24, 304–  
1346 320. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1993.tb00162.x>
- 1347 Hostins, B., Lara, C., Decamp, O., Cesar, D.E., Wasielesky, W., 2017 Efficacy and  
1348 variations in bacterial density in the gut of *Litopenaeus vannamei* reared in a BFT  
1349 system and in clear water supplemented with a commercial probiotic mixture,  
1350 *aquaculture* (2017), doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.07.036
- 1351 Huong, D.T.T., Jasmani, S., Jayasankar, V., Wilder, M., 2010. Na/K-ATPase activity  
1352 and osmo-ionic regulation in adult whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed  
1353 to low salinities. *Aquaculture* 304, 88–94.  
1354 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.03.025>

- 1355 Krummenauer, D., Peixoto, S., Cavalli, R.O., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2011.  
1356 Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc  
1357 technology system in Southern Brazil at different stocking densities. J. World  
1358 Aquac. Soc. 42, 726–733. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00507.x>
- 1359 Krummenauer, D., Seifert júnior, C.A., Poersch, L.H., Foes, G.K., Lara, G.R. DE,  
1360 Wasielesky, W., 2012. Cultivo De Camarões Marinhos Em Sistema De Bioflocos:  
1361 Análise Da Reutilização Da Água. Atlântica 34, 103–111.  
1362 <https://doi.org/10.5088/atl.2012.34.2.103>.
- 1363 Krummenauer, D., Samocha, T., Poersch, L., Lara, G., Wasielesky, W., 2014. The reuse  
1364 of water on the culture of pacific white shrimp, *litopenaeus vannamei*, in BFT  
1365 system. J. World Aquac. Soc. 45, 3–14. <https://doi.org/10.1111/jwas.12093>
- 1366 Kuhn, D.D., Smith, S.A., Boardman, G.D., Angier, M.W., Marsh, L., Flick, G.J., 2010.  
1367 Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: Impacts  
1368 on survival, growth, antennae length, and pathology. Aquaculture 309, 109–114.  
1369 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.09.014>
- 1370 Lall, S.P., 2002. The Minerals. Fish Nutr. 259–308. [https://doi.org/10.1016/B978-](https://doi.org/10.1016/B978-012319652-1/50006-9)  
1371 [012319652-1/50006-9](https://doi.org/10.1016/B978-012319652-1/50006-9)
- 1372 Lemonnier, H., Bernard, E., Boglio, E., Goarant, C., Cochard, J.C., 2004. Influence of  
1373 sediment characteristics on shrimp physiology: pH as principal effect. Aquaculture  
1374 240, 297–312. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.07.001>
- 1375 Maicá, P.F., de Borba, M.R., Wasielesky, W., 2012. Effect of low salinity on microbial  
1376 floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles  
1377 reared in a zero-water-exchange super-intensive system. Aquac. Res. 43, 361–370.  
1378 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02838.x>
- 1379 Martins, G.B., Tarouco, F., Rosa, C.E., Robaldo, R.B., 2017. The utilization of sodium  
1380 bicarbonate, calcium carbonate or hydroxide in biofloc system: water quality,  
1381 growth performance and oxidative stress of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).  
1382 Aquaculture 468, 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.046>
- 1383 McGraw, W.J., Davis, D.A., Teichert-Coddington, D., Rouse, D.B., 2002. Acclimation

- 1384 of *Litopenaeus vannamei* Postlarvae to Low Salinity: Influence of Age, Salinity  
1385 Endpoint, and Rate of Salinity Reduction. J. World Aquac. Soc. 33, 78–84.  
1386 <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2002.tb00481.x>
- 1387 Mcgraw, W.J., Scarpa, J., 2003. Minimum Environmental Potassium for Survival of  
1388 Pacific White Shrimp *Utopenaeus Vannamei* (Boone) in Freshwater. J. Shellfish  
1389 Res. 22, 263–267.
- 1390 Moss, S.M., Moss, D.R., Arce, S.M., Lightner, D. V., Lotz, J.M., 2012. The role of  
1391 selective breeding and biosecurity in the prevention of disease in penaeid shrimp  
1392 aquaculture. J. Invertebr. Pathol. 110, 247–250.  
1393 <https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.01.013>
- 1394 Mourad, N., Kreydiyyeh, S., Ghanawi, J., Saoud, I.P., 2012. Aquaculture of Marine  
1395 Fish in Inland Low Salinity Well Water: Potassium Is Not the Only Limiting  
1396 Element. Fish. Aquac. J. 2012, 12.
- 1397 Prosser, J.I., 1990. Autotrophic Nitrification in Bacteria, Advances in Microbial  
1398 Physiology. [https://doi.org/10.1016/S0065-2911\(08\)60112-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2911(08)60112-5)
- 1399 Ramírez-Rochín, J., Frías-Espericueta, M.G., Fierro-Sañudo, J.F., Alarcón-Silvas, S.G.,  
1400 Fregoso-López, M.G., Páez-Osuna, F., 2017. Acute toxicity of nitrite on white  
1401 shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles in low-salinity water. Aquac. Res.  
1402 48, 2337–2343. <https://doi.org/10.1111/are.13069>
- 1403 Ray, A.J., Lewis, B.L., Browdy, C.L., Leffler, J.W., 2010. Suspended solids removal to  
1404 improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-  
1405 based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. Aquaculture 299,  
1406 89–98. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.11.021>
- 1407 Romano, N., Zeng, C., 2009. Evaluating the newly proposed protocol of incorporated  
1408 potassium in nitrate toxicity experiments at different salinities: A case study with  
1409 the tiger prawn, *Penaeus monodon*, juveniles. Aquaculture 289, 304–309.  
1410 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.01.035>
- 1411 Romano, N., Zeng, C., 2007. Acute toxicity of sodium nitrate, potassium nitrate, and  
1412 potassium chloride and their effects on the hemolymph composition and gill



- 1413 structure of early juvenile blue swimmer crabs (*Portunus pelagicus* Linnaeus,  
1414 1758) (Decapoda, Brachyura, Portunidae). *Environ. Toxicol. Chem.* 26, 1955–  
1415 1962. <https://doi.org/10.1897/07-144R.1>
- 1416 Roy, L.A., Davis, D.A., Saoud, I.P., Boyd, C.A., Pine, H.J., Boyd, C.E., 2010. Shrimp  
1417 culture in inland low salinity waters. *Rev. Aquac.* 2, 191–208.  
1418 <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2010.01036.x>
- 1419 Roy, L.A., Davis, D.A., Saoud, I.P., Henry, R.P., 2007. Effects of varying levels of  
1420 aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the  
1421 Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters.  
1422 *Aquaculture* 262, 461–469. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.011>
- 1423 Samocha, T.M., Hamper, L., Emberson, C.R., Davis, A.D., McIntosh, D., Lawrence,  
1424 A.L., Van Wyk, P.M., 2002. Review of Some Recent Developments in Sustainable  
1425 Shrimp Farming Practices in Texas, Arizona, and Florida. *J. Appl. Aquac.* 12, 1–  
1426 42. [https://doi.org/10.1300/J028v12n01\\_01](https://doi.org/10.1300/J028v12n01_01)
- 1427 Samocha, T.M., Lawrence, A.L., Collins, C.R., Emberson, C.R., Harvin, J.L., S,  
1428 P.M.V.W., 2001. DEVELOPMENT OF INTEGRATED, ENVIRONMENTALLY  
1429 SOUND, INLAND SHRIMP PRODUCTION TECHNOLOGIES FOR  
1430 *Litopenaeus vannamei*. *World Aquac. Soc.* 64–75.
- 1431 Samocha, T.M., Lopez, I.M., Jones, E.R., Jackson, S., Lawrence, A.L., 2004.  
1432 Characterization of intake and effluent waters from intensive and semi-intensive  
1433 shrimp farms in Texas. *Aquac. Res.* 35, 321–339. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01002.x>
- 1435 Sandifer, P., 1991. Further intensification of pond shrimp culture In: *Shrimp Culture in*  
1436 *North America and the Caribbean* (ed. by P.A. Sandifer). *World Aquac. Soc.* 84,  
1437 85.
- 1438 Saoud, I.P., Davis, D.A., Rouse, D.B., 2003. Suitability studies of inland well waters for  
1439 *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture* 217, 373–383.  
1440 [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00418-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00418-0)
- 1441 Schuler, D.J., Boardman, G.D., Kuhn, D.D., Flick, G.J., 2010. Acute toxicity of

- 1442 ammonia and nitrite to pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at low  
1443 salinities. J. World Aquac. Soc. 41, 438–446. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00385.x>
- 1445 Schweitzer, R., Arantes, R., Baloi, M.F., Costódio, P.F.S., Arana, L.V., Seiffert, W.Q.,  
1446 Andreatta, E.R., 2013. Use of artificial substrates in the culture of *Litopenaeus*  
1447 *vannamei* (Biofloc System) at different stocking densities: Effects on microbial  
1448 activity, water quality and production rates. Aquac. Eng. 54, 93–103.  
1449 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.12.003>
- 1450 Souza, D.M. De, Martins, Á.C., Jensen, L., 2014. Marine and Freshwater Behaviour and  
1451 Physiology Effect of temperature on antioxidant enzymatic activity in the Pacific  
1452 white shrimp *Litopenaeus vannamei* in a BFT ( Biofloc technology ) system 37–  
1453 41. <https://doi.org/10.1080/10236244.2013.857476>
- 1454 Souza, D.M. de, Souza, D., Dias, V., Furtado, P., Alberto, L., Wasielesky, W., María, J.,  
1455 Oliveira, L. De, 2016. Antioxidant enzyme activities and immunological system  
1456 analysis of *Litopenaeus vannamei* reared in bio fl oc technology ( BFT ) at  
1457 different water temperatures. Aquaculture 451, 436–443.  
1458 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.10.006>
- 1459 Sowers, A.D., Tomasso, J.R., Browdy, C.L., Atwood, H.L., 2006. Production  
1460 characteristics of *Litopenaeus vannamei* in low-salinity water augmented with  
1461 mixed salts. J. World Aquac. Soc. 37, 214–217. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00030.x>
- 1463 Tsai, S.J., Chen, J.C., 2002. Acute toxicity of nitrate on *Penaeus monodon* juveniles at  
1464 different salinity levels. Aquaculture 213, 163–170. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00023-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00023-6)
- 1466 Van Wyk, P., Scarpa, J., 1999. Farming Marine Shrimp in. Main.
- 1467 Vormann, J., 2003. Magnesium: Nutrition and metabolism. Mol. Aspects Med. 24, 27–  
1468 37. [https://doi.org/10.1016/S0098-2997\(02\)00089-4](https://doi.org/10.1016/S0098-2997(02)00089-4)
- 1469 Wasielesky, W., Atwood, H., Stokes, A., Browdy, C.L., 2006. Effect of natural  
1470 production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive

- 1471 culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 258, 396–  
1472 403. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.030>
- 1473 Wudtisin, I., Boyd, C.E., 2011. Possible Potassium and Magnesium Limitations for  
1474 Shrimp Survival and Production in Low-Salinity, Pond Waters in Thailand. *J.*  
1475 *World Aquac. Soc.* 42, 766–777. [https://doi.org/10.1111/j.1749-](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00530.x)  
1476 [7345.2011.00530.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00530.x)
- 1477 Wyk, P. Van, Davis-hodgkins, M., Laramore, R., Main, K.L., Mountain, J., Scarpa, J.,  
1478 1999. *Farming Marine Shrimp in. Main.*  
1479  
1480

1481

1482

1483

1484

## CAPÍTULO II

1485

1486 **Acute toxicity of nitrate in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) juveniles at low**  
1487 **salinity levels**

1488

1489 Toxicidade aguda do nitrato em juvenis de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em  
1490 baixa salinidade

1491

1492

1493

1494 <sup>I</sup>Universidade Federal do Rio Grande – Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. Rua  
1495 do Hotel, 02, Rio Grande – RS, Brasil. E-mail: [engpesca.inacio@gmail.com](mailto:engpesca.inacio@gmail.com).  
1496 Corresponding author.

1497 <sup>II</sup>Universidade Federal do Rio Grande – Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

1498 <sup>III</sup>Departamento de Oceanografia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

1499

1500

1501 Artigo submetido e em revisão na revista Ciência Rural.

1502 Figuras e tabelas foram inseridas no corpo do manuscrito para facilitar a leitura.

1503

1504 **RESUMO**

1505 Diferentes tecnologias foram desenvolvidas para melhorar o desempenho do  
1506 *Litopenaeus vannamei* em baixa salinidade, principalmente em sistemas superintensivos  
1507 como o BFT. No entanto, há um acúmulo de compostos nitrogenados tóxicos aos  
1508 camarões, como o nitrato, que em altas concentrações e dependendo da salinidade da água  
1509 pode ser letal. Os testes de toxicidade aguda permitem analisar a relação entre o composto  
1510 e outras variáveis abióticas ou bióticas. O objetivo deste trabalho foi determinar a  
1511 toxicidade aguda e o nível de segurança do nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) em juvenis de *L. vannamei*  
1512 nas salinidades 5 e 10 g.L<sup>-1</sup>. Para a salinidade 5, um controle e cinco tratamentos foram  
1513 testados, com concentrações de 100, 500, 1500, 2500 e 3500 mg.L<sup>-1</sup>. Para salinidade de  
1514 10 mg.L<sup>-1</sup>, foi adicionada uma concentração de 4500 mg.L<sup>-1</sup>. Os juvenis foram expostos  
1515 às concentrações durante 24, 48, 72, 96 horas em sistema estático. A Concentração Letal  
1516 Mediana (CL<sub>50</sub>) foi calculada e o nível de segurança recomendado para o cultivo de *L.*  
1517 *vannamei* é de 60,05 e 127,61 mg.L<sup>-1</sup> de nitrato para salinidades 5 e 10, respectivamente.  
1518 A toxicidade do Nitrato aumenta em baixa salinidade.

1519 **Palavras-chave:** concentração letal mediana; camarão branco do Pacífico; água salobra;  
1520  
1521

1522 **ABSTRACT**

1523 Different technologies have been developed to improve the performance of *Litopenaeus*  
1524 *vannamei* in low salinity, mainly in super-intensive systems like BFT. However, there is  
1525 an accumulation of toxic nitrogenous compounds to the shrimps such as nitrate, that at  
1526 high concentrations and depending on the salinity of the culture water can be lethal. The  
1527 acute toxicity tests allow to analyze the relationship between the compound and other  
1528 abiotic or biotic variables. The aim of this work was to determine the acute toxicity and  
1529 safety level of nitrate (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) for juveniles of *L. vannamei* at salinities 5 and 10 g.L<sup>-1</sup>.  
1530 For salinity 5, a control and 5 treatments were tested, with concentrations of 100, 500,

1531 1500, 2500 and 3500 mg.L<sup>-1</sup>. For salinity of 10 mg.L<sup>-1</sup>, a 4500 mg.L<sup>-1</sup> concentration was  
1532 added. Juveniles were exposed to concentrations during 24, 48, 72, 96 hours in static  
1533 system. The Mean Lethal Concentration (LC<sub>C50</sub>) was calculated and the recommended  
1534 safety level for *L. vannamei* cultivation is 60.05 and 127.61 mg.L<sup>-1</sup> of nitrate for salinities  
1535 5 and 10, respectively. The nitrate toxicity increases at low salinity.

1536 **Key-words:** median lethal concentration; Pacific white shrimp; brackish water

1537

## 1538 INTRODUCTION

1539 The Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* is an euryhaline species that  
1540 tolerates a wide range of salinity (0.5 to 40), which allows it to be reared in low salinity  
1541 and is already established in several countries, including the USA, Thailand, Ecuador and  
1542 Israel (BOYD 2001, SAMOCHA et al., 2001). For this reason, studies on the minimum  
1543 ionic concentrations required for its good zootechnical performance have been developed  
1544 (CHONG-ROBLES et al., 2014; ROY et al., 2010) and together with super-intensive  
1545 cultivation systems such as recirculation and bioflocs provide ability to expand the  
1546 activity. However, super-intensive systems of aquaculture production require high feed  
1547 input and stocking densities of animals, increasing the deposition of deleterious  
1548 compounds of water quality and toxic to the shrimp (MUHLERT et al., 2013). Among  
1549 these compounds, the generation and accumulation of nitrogenous products, which are  
1550 inserted into the system through the degradation of the organic matter, unconsumed food  
1551 and from the excretion resulting from the metabolism of the animals, are highlighted  
1552 (BIANCHINI et al., 1996; EBELING et al., 2006).

1553 The main product generated by the protein catabolism of most aquatic organisms  
1554 and the decomposition of organic matter from over-feeding is ammonia (MAILLARD et  
1555 al., 2005; REGNAULT, 1987). In water it is found in the ionized (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) and non-ionized  
1556 (NH<sub>3</sub>) forms which together form the total ammoniacal nitrogen. In systems that reuse

1557 water, this compound goes through a nitrification process, resulting in a final form of  
1558 nitrate-N through nitrite oxidation (SCHULER et al., 2010).

1559 Nitrate is considered the less toxic form among nitrogen compounds, but at high  
1560 concentrations and depending on the salinity of the water, it can be lethal. The conversion  
1561 of pigments responsible for the transport of oxygen, such as hemocyanin, in forms  
1562 incapable of carrying out transportation (metahemocyanin) is the main toxic action of  
1563 nitrate in aquatic animals, reducing the availability of oxygen for metabolism and may  
1564 induce hypoxia and mortality (CHENG & CHEN, 2002; JENSEN, 1996; SCOTT &  
1565 CRUNKILTON, 2000; TAHON et al., 1988).

1566 Acute toxicity tests represent a standard method for quantifying and comparing  
1567 the relative toxicities of pollutants and is defined by the concentration that kills 50% of  
1568 the test population, known as the  $LC_{50}$  value (APHA, 1998).  $LC_{50}$  values can be presented  
1569 from 12 to 24 hours exposure to pollutant concentrations at intervals of up to 96 hours. In  
1570 addition to providing comparable data for other species or pollutants, these values allow  
1571 us to analyze the relationships between the compound and other abiotic or biotic  
1572 variables.

1573 Several studies have been conducted to determine the acute toxicity of  
1574 nitrogenous compounds in shrimp (CAMPOS et al., 2012; GROSS et al., 2004;  
1575 SCHULER et al., 2010; TSAI & CHEN, 2002; WICKINS, 1976). However, until the  
1576 present study, data for low salinities is still scarce. The aim of this work was to determine  
1577 the acute toxicity and safety level for nitrate ( $N-NO_3^-$ ) in juveniles of *Litopenaeus*  
1578 *vannamei* at salinities 5 and 10 g.L<sup>-1</sup>.

## 1579 MATERIAL AND METHODS

### 1580 Animals and location

1581 The study was conducted at the Laboratório de Carcinicultura of the Marine  
1582 Aquaculture Station (EMA) belonging to the Oceanography Institute of the Federal

1583 University of Rio Grande - FURG, located in the city of Rio Grande, Cassino - RS, Brazil  
1584 (32° 19 'S, 52° 15 'W). Prior to the experiments, the animals were acclimated to the  
1585 salinities of 5.0 and 10.0 g.L<sup>-1</sup>. *L. vannamei* juveniles (1.8 ± 0.5 g) were stocked in two  
1586 700 L tanks in a stocking density of 700 shrimps/m<sup>3</sup>. The initial salinity of 30 g.L<sup>-1</sup> was  
1587 gradually reduced, five parts per day until reaching the desired final values. The water  
1588 quality parameters were maintained at suitable values for species, with the temperature  
1589 controlled by thermostatic water heaters (Aquarium Heater H-606) and dissolved oxygen  
1590 kept near saturation point. Water renewals were performed (50%) whenever total  
1591 ammonia nitrogen reached concentrations close to 0.8 mg.L<sup>-1</sup>. The animals were fed 2x  
1592 per day considering a feed rate of 10% of the biomass.

1593 In the same period, toxicity pre-tests were carried out, exposing shrimp at the  
1594 concentrations of 500, 1000, 2000 and 3000 mg.L<sup>-1</sup> of N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, in order to determine the  
1595 minimum and maximum concentrations of nitrate and its effects on survival. From these  
1596 data it was possible to delineate the experimental treatments.

#### 1597 Experimental design

1598 Experimental units with 20 liters of useful volume were used with aeration  
1599 supplied by radial blower and distributed by two air stones diffusers inside each  
1600 experimental unit. Sea water was diluted with chlorinated and dechlorinated fresh water  
1601 for each desired salinity. For salinity 5, a control (without addition of sodium nitrate) and  
1602 5 treatments were tested, with concentrations of N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: 100, 500, 1500, 2500 and 3500  
1603 mg.L<sup>-1</sup>. For salinity 10, a control and 6 treatments in different concentrations of N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>  
1604 were determined: 100, 500, 1500, 2500, 3500 and 4500 mg. L<sup>-1</sup>. For both salinities, nitrate  
1605 concentration was obtained through the dilution of 8.5, 42.52, 127.57, 212.62, 297.66 and  
1606 382.70 g (for 4500 mg.L<sup>-1</sup> treatment in salinity 10) of sodium nitrate (NaNO<sub>3</sub> – PA, Synth)  
1607 in the water, respectively. To maintain the Na: K ratio (28: 1), 0.156, 0.78, 2.34, 3.9 and



1608 5.46 g of Potassium Chloride (KCl), respectively, was added in both experiments and  
1609 7.02 g in the treatment with the highest concentration of nitrate in the salinity 10 g.L<sup>-1</sup>.  
1610 The treatments were completely randomized distributed.

1611 Forty-five juveniles were stocked per treatment and monitored daily to verify  
1612 mortality - death criteria adopted was the absence of any type of movement or reaction to  
1613 mechanical stimuli when touched by a glass rod. Dead animals were immediately  
1614 removed from experimental units. The exposure times at concentrations were 24, 48, 72,  
1615 96 hours in static system. During exposure times, shrimps were not feed.

#### 1616 Water quality

1617 The parameters of water quality were monitored daily. The temperature and  
1618 dissolved oxygen were measured with the aid of multiparameter water quality meter (YSI  
1619 - ProODO). The salinity was measured using digital refractometer (Atago, PAL-UREA).  
1620 A table top pH meter (Mettler Toledo) was used to measure pH and alkalinity was  
1621 measured according to the methodology proposed by APHA (1998). Concentrations of  
1622 ammonia (NAT) were monitored daily and nitrate (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) was measured to verify the  
1623 concentrations of the compound after addition of NaNO<sub>3</sub>, according to methodologies  
1624 proposed by UNESCO (1983) and AMINOT & CHAUSSEPIED (1983), respectively.

#### 1625 Statistical analysis

1626 Water quality data were submitted to homoscedasticity and normality tests and  
1627 after confirmation of these premises a One-Way Analysis of Variance (ANOVA) was  
1628 performed to verify the significant differences in water quality parameters. When  
1629 differences were found (p<0.05), Tukey's test for comparison was applied (ZAR, 1996).

1630 Median Lethal Concentration (LC<sub>50</sub>) and confidence interval (95% CI) were  
1631 calculated using the Trimmed Spearman-Kärber Method software (HAMILTON et al.,  
1632 1977). To calculate the safety levels (concentration of the compound that does not have

1633 an adverse effect on the organisms) for each salinity, the value of LC<sub>50</sub> 96h was multiplied  
 1634 by an application factor proposed by SPRAGUE (1971) (LC<sub>50</sub> 96h \* 0.1).

1635

1636 **RESULTS**

1637 The water quality parameters remained within the ranges considered appropriate  
 1638 for the species studied (LIN AND CHEN, 2003, 2001; WYK et al., 1999) and presented  
 1639 differences only in dissolved oxygen levels. The data are presented in Tables 1 and 2.

1640 Table 1 - Water quality parameters during the LC<sub>50</sub> test for salinity 5 g.L<sup>-1</sup> under  
 1641 different concentrations of nitrate (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

	Temperature	DO	pH	NAT	Alkalinity
Control	27.95 ± 1.62	7.20 ± 0.15 <sup>ab</sup>	8.13 ± 0.11	0.40 ± 0.26	97.5 ± 2.54
100	27.84 ± 1.80	7.32 ± 0.15 <sup>ab</sup>	8.12 ± 0.11	0.40 ± 0.26	97.5 ± 2.55
500	28.14 ± 0.11	7.41 ± 0.09 <sup>a</sup>	8.12 ± 0.11	0.42 ± 0.27	97.5 ± 2.56
1500	27.99 ± 2.26	6.86 ± 0.06 <sup>b</sup>	8.17 ± 0.11	0.41 ± 0.26	97.5 ± 2.59
2500	28.03 ± 1.69	6.98 ± 0.03 <sup>b</sup>	8.15 ± 0.11	0.42 ± 0.26	97.5 ± 2.55
3500	27.89 ± 1.79	7.22 ± 0.18 <sup>ab</sup>	8.13 ± 0.10	0.41 ± 0.26	97.5 ± 2.55

1642 The data correspond to mean values of three replicates ± standard deviation. Different letters on the same  
 1643 column indicate that means differ significantly (p < 0.05). Temperature (°C); DO - Dissolved oxygen (mg.L<sup>-1</sup>)  
 1644 <sup>1</sup>); NAT – Nitrogen ammonia total (mg.L<sup>-1</sup>); Alkalinity (mg of CaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup>).

1645

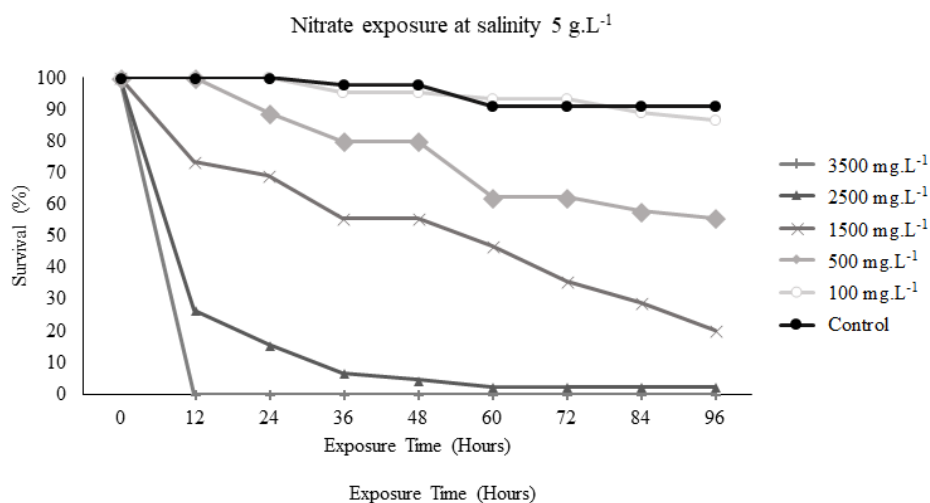
1646 Table 2 - Water quality parameters during the LC<sub>50</sub> test for salinity 10 g.L<sup>-1</sup> under  
 1647 different concentrations of nitrate (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

	Temperature	DO	pH	NAT	Alkalinity
Control	27.01 ± 0.50	6.74 ± 0.1 <sup>a</sup>	8.20 ± 0.09	0.35 ± 0.25	97.5 ± 2.54
100	26.9 ± 0.49	6.75 ± 0.11 <sup>a</sup>	8.20 ± 0.10	0.34 ± 0.23	97.5 ± 2.58
500	27.06 ± 0.51	6.70 ± 0.09 <sup>a</sup>	8.18 ± 0.10	0.35 ± 0.26	97.5 ± 2.57

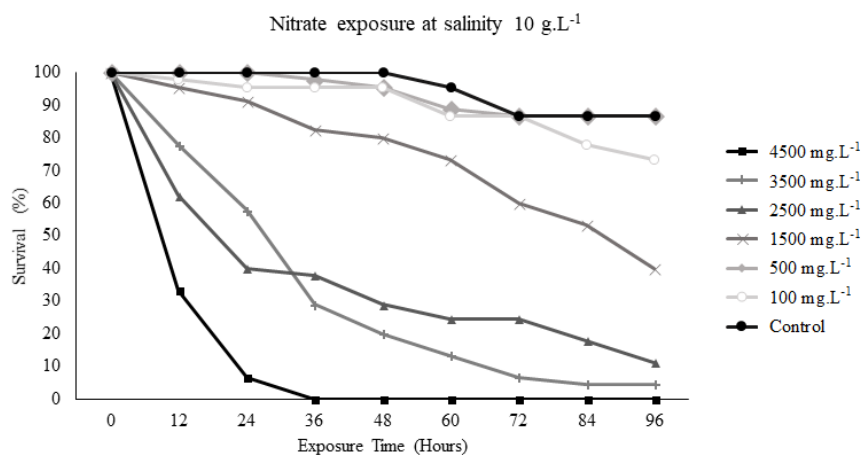
1500	26.7 ± 0.46	6.8 ± 0.13 <sup>a</sup>	8.18 ± 0.07	0.37 ± 0.24	97.5 ± 2.61
2500	27.02 ± 0.52	6.72 ± 0.10 <sup>a</sup>	8.20 ± 0.10	0.33 ± 0.26	97.5 ± 2.57
3500	26.9 ± 0.49	6.75 ± 0.12 <sup>a</sup>	8.19 ± 0.09	0.35 ± 0.24	97.5 ± 2.54
4500	28.27 ± 0.22	7.46 ± 0.00 <sup>b</sup>	8.17 ± 0.12	0.36 ± 0.26	97.5 ± 2.73

1648 The data correspond to mean values of three replicates ± standard deviation. Different letters on the same  
 1649 column indicate that means differ significantly ( $p < 0.05$ ). Temperature (°C); DO - Dissolved oxygen (mg.L<sup>-1</sup>);  
 1650 NAT – Nitrogen ammonia total (mg.L<sup>-1</sup>); Alkalinity (mg of CaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup>).

1651 Figure 1 and figure 2 illustrate that there was mortality in the control group  
 1652 (without addition of nitrate) in both experiments starting from 60h. In 24 hours, the  
 1653 treatment with 3500 mg.L<sup>-1</sup> of nitrate reached 100% of mortality when in salinity 5. For  
 1654 the same period and at the highest concentration, 4,500 mg.L<sup>-1</sup>, 93,33% mortality was  
 1655 observed in salinity 10.



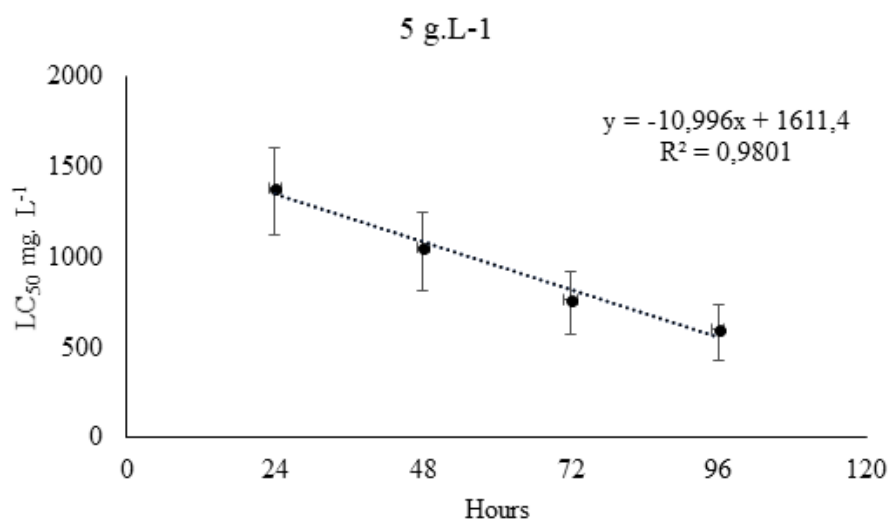
1656  
 1657 Figure 1 - Survival of *Litopenaeus vannamei* throughout 96h nitrate exposure at different concentration in  
 1658 salinity 5 mg.L<sup>-1</sup>.



1659

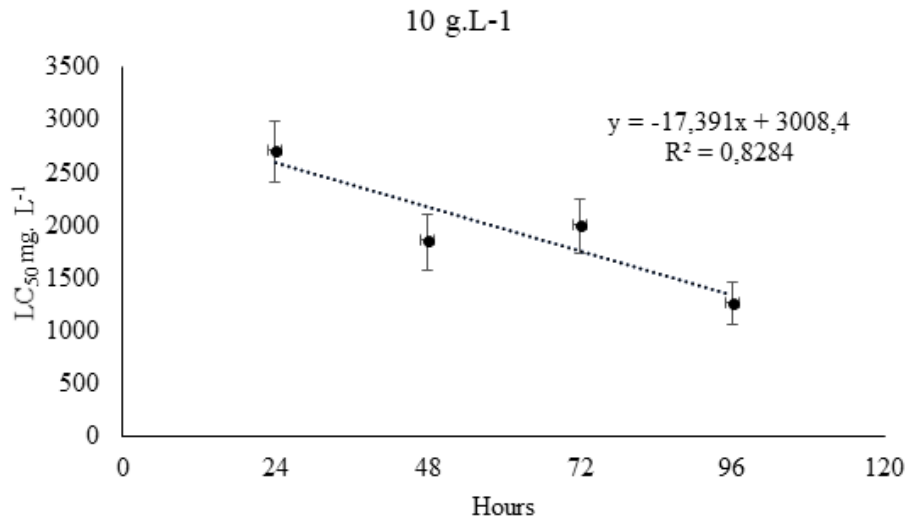
1660 Figure 2 - Survival of *Litopenaeus vannamei* throughout 96h nitrate exposure at different concentration in  
 1661 salinity 10 mg.L<sup>-1</sup>.

1662 After 96h, 100% of mortality was found in the highest concentration, 3,500 mg.L<sup>-1</sup>  
 1663 followed by 97.77%, 80%, 44.44%, 13.33%, 8.88 % for 2,500, 1,500, 500 and 100 mg.L<sup>-1</sup>  
 1664 <sup>1</sup>NO<sup>3-</sup> concentrations. As in the previous one, 100% lethality was obtained for the highest  
 1665 nitrate concentration, 4,500 mg.L<sup>-1</sup>, followed by 95.55%, 88.88%, 60%, 13.33%, 26.66  
 1666 % and 13.33 respectively for the treatments with 3,500, 2,500, 1,500, 500 and 100 mg.L<sup>-1</sup>  
 1667 <sup>1</sup>NO<sup>3-</sup> in salinity 10. Figure 3 and figure 4 shows that there was a linearity in mortality  
 1668 data in both studies.



1669

1670 Figure 3 - Linear regression of LC<sub>50</sub> of nitrate-N to juvenile of *L. vannamei* exposed to different  
 1671 concentrations of nitrate-N at salinity 5 g.L<sup>-1</sup>.



1672

1673 Figure 4 - Linear regression of LC<sub>50</sub> of nitrate-N to juvenile of *L. vannamei* exposed to different  
 1674 concentrations of nitrate-N at salinity 10 g.L<sup>-1</sup>.

1675 Results of Mean Lethal Concentration (LC<sub>50</sub>) as well as the confidence intervals  
 1676 for each salinity (95% CI) are presented in Table 3. The acute toxicity of nitrate was tested  
 1677 for several species of crustaceans, especially for penaeids, as shown in table 4.

Table 3 - LC<sub>50</sub> (mg.L-1) and confidence intervals of N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> at different times and salinities.

Time (h)	5 g.L <sup>-1</sup>	10 g.L <sup>-1</sup>
24	1385,38 (1163,29 - 1649,87)	2716,12 (2445,69 - 3016,46)
48	1052,58 (859,72 - 1288,72)	1860,64 (1611,66 - 2148,08)
72	768,09 (614,49 - 960,09)	2006,89 (1764,00 - 2282,70)
96	600,51 (467,23 - 771,81)	1276,09 (1090,07 - 1495,07)

1678

1679 Table 4 - LC<sub>50</sub> - 96h values (mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup>) of nitrate for juveniles of different species  
 1680 of crustaceans, including results generated by the present study.

Species	Life stage	Salinity	LC <sub>50</sub>	References
<i>Penaeus monodon</i>	Juvenile	15 with K <sup>+</sup>	1411	ROMANO & ZENG (2009)
		35 no K <sup>+</sup>	2213	ROMANO & ZENG (2009)

		35 with K <sup>+</sup>	2337	ROMANO & ZENG (2009)
<i>Penaeus monodon</i>	Juvenile (0.30g)	15	1449	TSAI & CHEN (2002)
		35	2316	TSAI & CHEN (2002)
<i>Scylla serrata</i>	-	30 no K <sup>+</sup>	3601	ROMANO & ZENG (2007)
		30 with K <sup>+</sup>	4339	ROMANO & ZENG (2007)
<i>Portunus pelagicus</i>	Juvenile (0.24 g)	30 no K <sup>+</sup>	3355	ROMANO & ZENG (2007)
		30 with K <sup>+</sup>	4132	ROMANO & ZENG (2007)
<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i>	Juvenile (0.30g)	28	912.07	CAMPOS et al (2012)
<i>Litopenaeus vannamei</i>	Juvenile (1.8g)	5	600.51	This study
		10	1276.09	This study

1681 LC<sub>50</sub> = Median Lethal Concentration (mg.L<sup>-1</sup>).

1682

## 1683 DISCUSSION

1684 The data presented in this work add to the current knowledge more data about  
 1685 the sensitivity of the penaeid shrimp *Litopenaeus vannamei* to the nitrate. Although there  
 1686 are studies on acute toxicity to some aquatic organisms (CAMARGO et al., 2005;  
 1687 PANDEY et al., 2011; SOUCEK & DICKINSON, 2012) there is still a demand for more  
 1688 information of the effects on this species, especially at low salinity. In aquaculture it is  
 1689 important to know the limits of tolerance of the species that is aimed to be cultivated since  
 1690 the parameters of water quality are determinant factors for the maintenance of cultivation  
 1691 systems.

1692 CAMPOS et al. (2012) tested LC<sub>50</sub> values for juveniles of *Farfantepenaeus*  
 1693 *brasiliensis* and their respective confidence intervals at salinity 28 g.L<sup>-1</sup> and found 912.07  
 1694 mg.L<sup>-1</sup> (LC<sub>50</sub> - 96 h). Based on the application factor proposed by SPRAGUE (1971), the  
 1695 calculated safety level for juveniles of *F. brasiliensis* is 91.20 mg.L<sup>-1</sup>. TSAI & CHEN

1696 (2002) conducted an acute nitrate toxicity test in *Penaeus monodon*, using the same  
1697 empirical application factor presented to estimate safe chronic levels and found a value  
1698 of 145 mg.L<sup>-1</sup> of nitrate in 15 gL<sup>-1</sup> of salinity.

1699 In the present study we found values for salinities 5 and 10 gL<sup>-1</sup> of 600.51 and  
1700 1276.29 mg.L<sup>-1</sup>, respectively, with safety levels 60.05 and 127.61, thus showing that *L.*  
1701 *vannamei* is sensitive to nitrate, however, according to the data generated in this study, it  
1702 is more resistant than Brazil pink shrimp and tiger shrimp.

1703 Also, according to LC<sub>50</sub> it was possible to show in this study that salinity is a  
1704 determining factor for nitrate toxicity, since it is directly proportional to salinity.  
1705 According to TSAI & CHEN (2002), nitrate toxicity decreases with increasing salinity.  
1706 KUHN et al. (2010) showed an increase in mortality of *L. vannamei* when submitted to  
1707 the reduction of salinity in higher nitrate concentrations.

1708 Studies by FURTADO et al. (2015) showed lethal effect on penaeid shrimp  
1709 exposed to concentrations above 300 mg.L<sup>-1</sup> in salinity 24 and levels below 220 mg.L<sup>-1</sup>  
1710 for salinity 11 was found by KUHN et al. (2010). In addition, the accumulation of this  
1711 nitrogen compound can cause sublethal effects on organisms, such as affecting antenna  
1712 length, gill injury, hepatopancreas lesions, and other deleterious effects (KUHN et al.,  
1713 2007; FURTADO et al. 2014).

1714 Closed aquaculture systems with little or no water exchange, such as  
1715 recirculation and bioflocs systems, depend on nitrification for the conversion of nitrogen  
1716 ammonia to nitrate, which leads to the accumulation of the last one. Although less toxic,  
1717 nitrate has lethal effect for organisms when in high concentrations. Some ways have been  
1718 studied to remove and use this compound, such as the use of biofilters and integrated  
1719 multi-trophic aquaculture systems, which t is the production of food such as fish, shrimp,  
1720 mollusk, combined with an organism with market value, using plants for nitrate

1721 assimilation, reducing and / or recycling this compound (RAKOCY et al., 2006; VAN  
1722 RIJN, 2013). Another technology under investigation for application in aquaculture is the  
1723 electrochemical treatment (MOOK et al., 2012), where the nitrate is reduced to the  
1724 nitrogen gas at the cathode.

1725

## 1726 **CONCLUSION**

1727           Based on the values found for LC<sub>50</sub> in 96h, the recommended safety level for *L.*  
1728 *vannamei* culture is 60.05 and 127.61 mg.L<sup>-1</sup> of nitrate for the salinities 5 and 10 g.L<sup>-1</sup>,  
1729 respectively. To reuse water during several cycles of culture with low salinity in super-  
1730 intensive systems, it is recommended the use of mechanisms and management to remove  
1731 or immobilize this compound so that its toxicity does not compromise the development  
1732 of the organisms cultivated, avoiding losses in the production.

1733

## 1734 **DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS**

1735 We have no conflict of interest to declare.

1736

## 1737 **REFERENCES**

1738

1739 AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the**  
1740 **examination of water and wastewater**. 1998, 20st edition. Washington, DC.

1741 AMINOT A, CHAUSSEPIED M. **Manuel des analyses chimiques en milieu marin**.  
1742 Brest, 1983. CNEXO.

1743 BOYD, C. E. Inland shrimp farming and the environment. **WorldAquaculture**, 2001.  
1744 32( 1): 10-12.

1745 BIANCHINI, A.; WASIELESKY, W.; MIRANDA FILHO, K. C. Toxicity of



1746 nitrogenous compounds to juveniles of flatfish *Paralichthys orbignyanus*. **Bulletin of**  
1747 **Environmental Contamination and Toxicology**, 1996. v. 56, n. 3, p. 453–459.

1748 CAMARGO, J. A.; ALONSO, A.; SALAMANCA, A. Nitrate toxicity to aquatic animals:  
1749 A review with new data for freshwater invertebrates. **Chemosphere**, 2005. v. 58, n. 9, p.  
1750 1255–1267.

1751 CAMPOS, B. R. DE *et al.* Toxicidade Aguda Da Amônia, Nitrito E Nitrato Sobre Os  
1752 Juvenis De Camaráorosa *Farfantepenaeus Brasiliensis* (Latreille, 1817) (Crustacea:  
1753 Decapoda). **Atlântica**, 2012. v. 34, n. 1, p. 75–81. Disponível em:  
1754 <<http://www.seer.furg.br/atlantica/article/view/2712/1488>>.

1755 CHENG, S. Y.; CHEN, J. C. Joint action of elevated ambient nitrite and nitrate on  
1756 hemolymph nitrogenous compounds and nitrogen excretion of tiger shrimp *Penaeus*  
1757 *monodon*. **Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and**  
1758 **Pharmacology**, 2002. v. 131, n. 3, p. 303–314.

1759 CHONG-ROBLES, J. *et al.* Osmoregulation pattern and salinity tolerance of the white  
1760 shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) during post-embryonic development.  
1761 **Aquaculture**, 2014. v. 422–423, p. 261–267. Disponível em:  
1762 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.11.034>>.

1763 EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the  
1764 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-  
1765 nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, 2006. v. 257, n. 1–4, p. 346–358.

1766 FURTADO, P. S. *et al.* Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus*  
1767 *vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). **Aquaculture International**, 2014. v.  
1768 23, n. 1, p. 315–327.

1769 GROSS, A.; ABUTBUL, S.; ZILBERG, D. Acute and Chronic Effects of Nitrite on White  
1770 Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, Cultured in Low-Salinity Brackish Water. **Journal of**

1771 **the World Aquaculture Society**, 2004. v. 35, n. 3, p. 315–321. Disponível em:  
1772 <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1749-7345.2004.tb00095.x>>.

1773 HAMILTON, M. A.; RUSSO, R. C.; THURSTON, R. V. Trimmed spearman- karber  
1774 method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. **Environ. Sci.**  
1775 **Technol.**, 1977. v. 11, n. 1, p. :714-719.

1776 JENSEN, F. B. Uptake, elimination and effects of nitrite and nitrate in freshwater crayfish  
1777 (*Astacus astacus*). **Aquatic Toxicology**, 1996. v. 34, n. 2, p. 95–104.

1778 KUHN, D. D. *et al.* Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus*  
1779 *vannamei*: Impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. **Aquaculture**,  
1780 2010. v. 309, n. 1–4, p. 109–114. Disponível em:  
1781 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.09.014>>.

1782 LIN, Y. C.; CHEN, J. C. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* boone  
1783 juveniles at different salinity levels. **Journal of Experimental Marine Biology and**  
1784 **Ecology**, 2001. v. 259, n. 1, p. 109–119.

1785 \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at  
1786 different salinity levels. **Aquaculture**, 2003. v. 224, n. 1–4, p. 193–201.

1787 MAILLARD, V. M. *et al.* Water quality and sludge characterization at raceway-system  
1788 trout farms. **Aquacultural Engineering**, 2005. v. 33, n. 4, p. 271–284.

1789 MOOK, W. T. *et al.* Removal of total ammonia nitrogen (TAN), nitrate and total organic  
1790 carbon (TOC) from aquaculture wastewater using electrochemical technology: A review.  
1791 **Desalination**, 2012. v. 285, p. 1–13. Disponível em:  
1792 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2011.09.029>>.

1793 MUHLERT, A. *et al.* Indicadores Numéricos Como Ferramenta Para Avaliação Da  
1794 Sustentabilidade Ecológica Da Carcinicultura Marinha Em Sergipe, Brasil/Numerical  
1795 Indicators As a Tool for the Evaluation of the Ecological Sustainability of Marine Shrimp

1796 Farms in Sergipe, Brazil. **Interciencia**, 2013. v. 38, n. 8, p. 615–620.

1797 PANDEY, R. B.; ADAMS, G. L.; WARREN, L. W. Survival and precopulatory guarding  
1798 behavior of *Hyalella azteca* (Amphipoda) exposed to nitrate in the presence of atrazine.  
1799 **Environmental Toxicology and Chemistry**, 2011. v. 30, n. 5, p. 1170–1177.

1800 RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating aquaculture tank  
1801 production systems: Aquaponics- integrating fish and plant culture. **SRAC publication -**  
1802 **southern regional aquaculture center**, 2006. n. 454, p. 16.

1803 REGNAULT, M. Nitrogen Excretion In Marine and Fresh-Water. **Biological Reviews**,  
1804 1987. v. 62, n. 1, p. 1–24.

1805 ROMANO, N.; ZENG, C. Acute toxicity of sodium nitrate, potassium nitrate, and  
1806 potassium chloride and their effects on the hemolymph composition and gill structure of  
1807 early juvenile blue swimmer crabs (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) (Decapoda,  
1808 Brachyura, Portunidae). **Environmental Toxicology and Chemistry**, 2007. v. 26, n. 9,  
1809 p. 1955–1962.

1810 \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Evaluating the newly proposed protocol of incorporated potassium in  
1811 nitrate toxicity experiments at different salinities: A case study with the tiger prawn,  
1812 *Penaeus monodon*, juveniles. **Aquaculture**, 2009. v. 289, n. 3–4, p. 304–309. Disponível  
1813 em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.01.035>>.

1814 ROY, L. A. *et al.* Shrimp culture in inland low salinity waters. **Reviews in Aquaculture**,  
1815 2010. v. 2, n. 4, p. 191–208.

1816 SAMOCHA, T. M. *et al.* Development of integrated, environmentally sound, inland  
1817 shrimp production technologies for *Litopenaeus vannamei*. **World Aquaculture Society**,  
1818 2001. p. 64–75.

1819 SCHULER, D. J. *et al.* Acute toxicity of ammonia and nitrite to pacific white shrimp,  
1820 *Litopenaeus vannamei*, at low salinities. **Journal of the World Aquaculture Society**,

1821 2010. v. 41, n. 3, p. 438–446.

1822 SCOTT, G.; CRUNKILTON, R. Acute and chronic toxicity of nitrate to fathead minnows  
1823 (Pimephales promelas), Ceriodaphnia dubia, and Daphnia magna. **Environmental**  
1824 **Toxicology and Chemistry**, 2000. v. 19, n. 12, p. 2918–2922. Disponível em:  
1825 <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.5620191211/full>>.

1826 SOUCEK, D. J.; DICKINSON, A. Acute toxicity of nitrate and nitrite to sensitive  
1827 freshwater insects, mollusks, and a crustacean. **Archives of Environmental**  
1828 **Contamination and Toxicology**, 2012. v. 62, n. 2, p. 233–242.

1829 SPRAGUE, J. B. FISH--III. 1971. v. 5, n. 1962, p. 245–266.

1830 TAHON, J. P. *et al.* The reaction of nitrite with the haemocyanin of *Astacus*  
1831 *leptodactylus*. **The Biochemical journal**, 1988. v. 249, n. 3, p. 891–6. Disponível em:  
1832 <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2833232>%5Cn[http://www.pubmedcentral.nih.g](http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC1148790)  
1833 [ov/articlerender.fcgi?artid=PMC1148790](http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC1148790)>.

1834 TSAI, S. J.; CHEN, J. C. Acute toxicity of nitrate on *Penaeus monodon* juveniles at  
1835 different salinity levels. **Aquaculture**, 2002. v. 213, n. 1–4, p. 163–170.

1836 UNESCO. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. **Manual and**  
1837 **Guides 12**, Intergovernmental Oceanographic Commission. 1983, Paris, France

1838 VAN RIJN, J. Waste treatment in recirculating aquaculture systems. **Aquacultural**  
1839 **Engineering**, 2013. v. 53, n. 2010, p. 49–56. Disponível em:  
1840 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.11.010>>.

1841 WICKINS, J. F. The tolerance of warm-water prawns to recirculated water. **Aquaculture**,  
1842 1976. v. 9, n. C, p. 19–37.

1843 WYK, P. Van *et al.* Farming Marine Shrimp in. **Main**, 1999. n. 4520. Disponível em:  
1844 <[http://www.icecubetopper.com/pdfs/docs/fl/FL\\_DA\\_shrimp\\_AA.pdf](http://www.icecubetopper.com/pdfs/docs/fl/FL_DA_shrimp_AA.pdf)>.

1845 ZAR JH., 1996, Biostatistical analysis, 3rd edn. **Prentice Hall**, New Jersey

## 1846 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

1847 O sistema BFT possibilita a reutilização da água por diversos ciclos de produção,  
1848 durante esse processo ocorrem alterações no perfil iônico da água e acúmulo de  
1849 compostos nitrogenados como o nitrato que, em salinidades reduzidas tornam-se mais  
1850 tóxicos para o *L. vannamei*. Sendo assim, é importante fazer o acompanhamento cíclico  
1851 da composição iônica, especialmente das principais relações iônicas e utilizar  
1852 metodologias e manejo para manter as concentrações dos compostos nitrogenados em  
1853 níveis aceitáveis para o bom desempenho dos organismos cultivados.

1854 A redução do custo da salinização artificial com a manipulação do magnésio, além  
1855 de ter apresentado bons resultados, abre espaço para novas pesquisas com outros  
1856 constituintes da formulação da salga. Além de reduzir custos na produção, pode gerar  
1857 conhecimento sobre a influência de cada íon no desenvolvimento de camarões marinhos  
1858 cultivados em baixas salinidades e diferentes formas de suprir a necessidade desses  
1859 organismos, como suplementação via ração.

1860 Outro aspecto importante a ser considerado é o efeito da toxicidade de compostos  
1861 nitrogenados como o nitrato sobre os camarões, que estão sobre efeito de estresse pela  
1862 redução de íons que podem estar envolvidos com a sanidade dos animais.