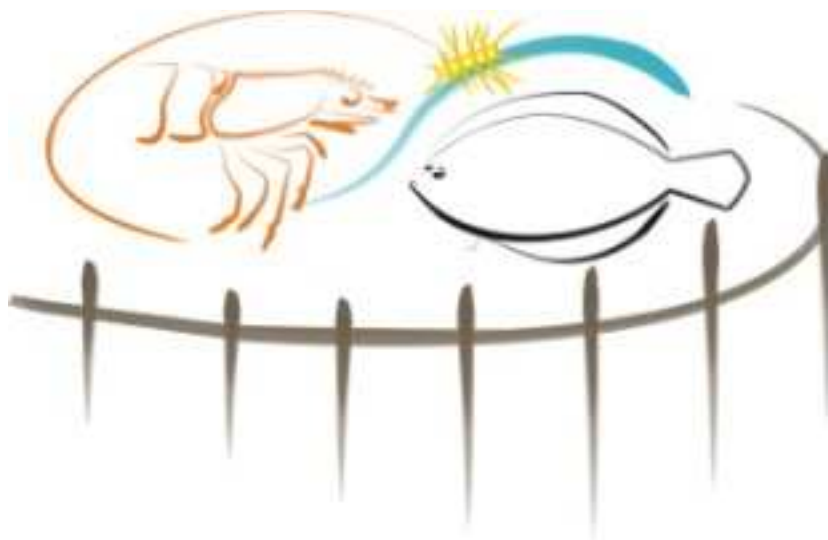


1
2
3
4
5

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



6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

USO DA FARINHA DE PEIXE ANÁLOGA COMO FONTE ALTERNATIVA À
FARINHA DE PEIXE NO CULTIVO SUPER INTENSIVO DO CAMARÃO
BRANCO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

ANDRÉ FREITAS DA SILVA

RIO GRANDE - RS

Abril de 2015

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

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA**

**USO DA FARINHA DE PEIXE ANÁLOGA COMO FONTE ALTERNATIVA À
FARINHA DE PEIXE NO CULTIVO SUPER INTENSIVO DO CAMARÃO
BRANCO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

ANDRÉ FREITAS DA SILVA

Orientador: Dr. Wilson Wasielesky Júnior

Co-orientador: Dr. Dariano Krummenauer

**Dissertação apresentada como parte
dos requisitos para obtenção do grau
de mestre em Aquicultura no
Programa de Pós Graduação em
Aquicultura da Universidade Federal
do Rio Grande**

RIO GRANDE - RS

Abril de 2015

	Pág.
Dedicatória	vii
Agradecimentos	viii
Resumo	ix
Abstract	x
1. Introdução	1
<i>1.1. Estatística Mundial de Pesca e Aquicultura</i>	1
<i>1.2. Sistema de Bioflocos</i>	1
<i>1.3. Farinha de peixe e uso de proteínas alternativas</i>	2
<i>1.4. Farinha de peixe análoga e seus ingredientes</i>	3
<i>1.5. Restrição do uso da farinha de carne e farinha de carne e ossos</i>	5
<i>1.6. Uso de ingredientes da farinha de peixe análoga em rações para camarões marinhos</i>	5
<i>1.7. Justificativa</i>	6
2. Objetivos	6
<i>2.1. Objetivo geral</i>	6
<i>2.2. Objetivos específicos</i>	7
3. Material e Métodos	7
<i>3.1. Local de realização do estudo</i>	7
<i>3.2. Procedência e manejo dos camarões</i>	7
<i>3.3. Delineamento experimental</i>	7
<i>3.4. Formação dos bioflocos</i>	9
<i>3.5. Manejo da qualidade do cultivo</i>	9
<i>3.6. Desempenho zootécnico</i>	10
<i>3.7. Análise estatística</i>	11

4. Resultados	12
<i>4.1. Parâmetros físico-químicos da água</i>	12
<i>4.2. Parâmetros indicadores de desempenho zootécnico</i>	17
5. Discussão	18
6. Conclusões	25
7. Referências Bibliográficas	26

59

Lista de tabelas

60

	Pág.
Tabela 1. Análise proximal da farinha de peixe análoga usada no experimento	8
Tabela 2. Composição nutricional da ração formulada pelo fabricante	8
Tabela 3. Médias (\pm desvio padrão) da temperatura ($^{\circ}$ C), oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), pH, salinidade, alcalinidade ($\text{mg CaCO}_3.\text{L}^{-1}$), sólidos sedimentáveis (SS) (ml.L^{-1}), sólidos suspensos totais (SST) (mg.L^{-1}) e turbidez (NTU) observados ao longo do experimento	12
Tabela 4. Médias (\pm desvio padrão) da amônia total (N-AT mg.L^{-1}), nitrito (N- NO_2 mg.L^{-1}), nitrato (N- NO_3 mg.L^{-1}) e ortofosfato (P- PO_4 mg.L^{-1}) observados ao longo do experimento	14
Tabela 5. Médias (\pm desvio padrão) do peso inicial (g), peso final (g), crescimento (g/semana), conversão alimentar aparente (CAA), sobrevivência (%), biomassa final/tanque (kg), produtividade (kg.m^{-2}) e produtividade (kg.m^{-3}) observados ao longo do experimento	17

61

62

63

Lista de figuras

64

	Pág.
Figura 1. Variação da concentração de oxigênio dissolvido ao longo do cultivo do camarão branco <i>L. vannamei</i> nos diferentes tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT durante 70 dias	13
Figura 2. Variação da concentração dos sólidos suspensos totais ao longo do cultivo do camarão branco <i>L. vannamei</i> nos diferentes tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT durante 70 dias	14
Figura 3. Concentração de amônia ao longo do cultivo do camarão branco <i>L. vannamei</i> nos diferentes tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT durante 70 dias	15
Figura 4. Concentração de nitrito ao longo do cultivo do camarão branco <i>L. vannamei</i> nos diferentes tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT durante 70 dias	15

Figura 5. Concentração de nitrato ao longo do cultivo do camarão branco <i>L. vannamei</i> nos diferentes tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT durante 70 dias	16
Figura 6. Concentração de ortofosfato ao longo do cultivo do camarão branco <i>L. vannamei</i> nos diferentes tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT durante 70 dias	16
Figura 7. Peso médio do camarão branco <i>L. vannamei</i> nos diferentes tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT ao longo de 70 dias	18

65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84

85 **DEDICATÓRIA**

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

*“ Felizes os que tem na sua família o exemplo,
o refúgio, a compreensão, o respeito e o amor ”*

*Dedico este trabalho aos meus pais Maria e Osvaldino
aos meus irmãos Antônio, Simônio, Roberto
e a minha irmã Carliene*

115 **AGRADECIMENTOS**

116

117 Ao meu orientador Prof. Dr. Wilson Wasielesky pela orientação deste trabalho e pelos
118 conselhos dados à minha vida profissional.

119

120 Ao meu co-orientador Dr. Dariano Krummenauer pelas sugestões e contribuições dadas
121 a este trabalho.

122

123 A presença da banca examinadora (Dr. Felipe Vieira e Dr. Luis Poersch) pelas
124 sugestões, análises e críticas a este trabalho.

125

126 A empresa Guabi[®], representada pelo João Manuel Cordeiro Alves, a qual forneceu as
127 rações utilizadas no experimento.

128

129 A mestre Aline Bezerra (Lili) pela ajuda constante desde à minha chegada na Estação
130 Marinha de Aquacultura (EMA).

131

132 Ao mestre Carlos Gaona, pela ajuda durante o período experimental e pelas sugestões
133 dadas ao trabalho.

134

135 Aos amigos Júlio, João, Aline, Gabi, Bárbara, Gabriel, Joaquim (Shrimp Vip) pela
136 ajuda de sempre e pelo convívio descontraído do dia a dia.

137

138 Aos amigos da Ema, Geraldo, Carlos Gaona, Plínio, Alessandro, Bruno (Bolinha),
139 Mariana e Sabrina.

140

141 Aos colegas da pós-graduação.

142

143 Ao técnico Sandro, pelas análises químicas do experimento.

144

145 A todos os professores e alunos (graduação, mestrado e doutorado) da EMA.

146

147 A todos os funcionários e técnicos da EMA, pelo convívio e contribuição direta ou
148 indireta para com este trabalho.

149

150 A CAPES pelo auxílio financeiro durante o mestrado.

151

152 Por fim, agradeço aos meus pais, pelo apoio incondicional dado a mim e a todos os
153 meus irmãos.

154

155

156

157

158

159 **RESUMO**

160

161 O cultivo de camarões em sistema de bioflocos surgiu como alternativa
162 sustentável aos cultivos convencionais. Esse sistema propicia altas densidades de
163 estocagem e manutenção da boa qualidade da água. Muitos esforços têm sido
164 empregados em pesquisas sobre a substituição da farinha de peixe em cultivo de
165 camarões. A farinha de peixe e o óleo de peixe são as principais fontes de proteína e
166 lipídios utilizados em dietas de organismos aquáticos, entretanto, as indústrias de ração
167 têm tido problemas em encontrar esses ingredientes em função das constantes reduções
168 na oferta, além do aumento de preços, o que vem estimulando a pesquisa por fontes
169 alternativas para a substituição desses ingredientes. A farinha de peixe análoga, obtida
170 do subproduto de animais terrestres, surge com grande potencial para substituir a
171 farinha de peixe. No entanto, os efeitos da utilização da farinha de peixe análoga em
172 dietas para o camarão *Litopenaeus vannamei* ainda são pouco conhecidos, sobretudo em
173 cultivo super intensivo em sistema de bioflocos em escala comercial. Nesse sentido, o
174 presente estudo teve o objetivo de avaliar o efeito da substituição da farinha de peixe
175 por farinha de peixe análoga em rações para *L. vannamei* cultivado em sistema super
176 intensivo com bioflocos em escala comercial. Para tanto, realizou-se um experimento
177 com três tratamentos (0, 50 e 100% de substituição da farinha de peixe por farinha de
178 peixe análoga) com três repetições cada, com duração de 70 dias. Os juvenis de *L.*
179 *vannamei* (2,6 g) foram estocados (400 camarões.m⁻²) em 9 tanques de 35 m². Os
180 parâmetros físico-químicos da água foram monitorados durante todo o experimento. Os
181 resultados mostraram que a substituição da farinha de peixe por farinha de peixe
182 análoga não afetou negativamente o desempenho zootécnico do *L. vannamei* e que todos
183 os parâmetros físico-químicos da água mantiveram-se dentro dos limites tolerados para a
184 espécie, mesmo quando a farinha de peixe foi 100% substituída pela farinha de peixe
185 análoga.

186

187 **Palavras chave:** *Litopenaeus vannamei*, farinha de peixe, substituição, farinha de peixe
188 análoga, bioflocos

189 **ABSTRACT**

190

191 The shrimp culture in bioflocs system emerged as a sustainable alternative to
192 shrimp conventional systems. In this system it is possible to work in high stocking
193 densities and maintaining better water quality. Many efforts have been made in research
194 on the replacement of fishmeal in shrimp farming. Fishmeal and fish oil are the main
195 protein and lipid sources used in aquatic organisms diets, however, the feed producers
196 have been find problems to acquire these ingredients in function of constants reductions
197 on offer, and increasing prices. Then, it is important to make researches to find
198 alternative sources to replace these ingredients. The fishmeal analog, obtained from the
199 sub-products of terrestrial animals, comes with great potential to replace fishmeal.
200 However, the effects of the use of fishmeal analog in diets for shrimp *Litopenaeus*
201 *vannamei* are not well known, meanly in super intensive biofloc culture system. In this
202 sense, the present study aimed to evaluate the effect of replacement of fishmeal by
203 fishmeal analog in diets for *L. vannamei* reared in super intensive biofloc system on a
204 commercial scale. Therefore, it was carried out an experiment with three treatments (0,
205 50 and 100% replacement of fishmeal by fishmeal analog) in triplicates. The experiment
206 lasted 70 days. *L. vannamei* juveniles (2,6 g) were stocked (400 shrimp.m⁻²) in nine
207 tanks of 35 m². The physical and chemical parameters of water were monitored
208 throughout the experiment. The results showed that the replacement of fishmeal by
209 fishmeal analog not negatively affected the growth performance of *L. vannamei*.
210 Physical and chemical parameters of the water remained within the limits tolerated for
211 the specie, even when the fishmeal was 100% replaced by the fishmeal analog.

212

213

214 **Key Words:** *Litopenaeus vannamei*, fishmeal, substitution, fishmeal analog, bioflocs

215

216

217

218

219 1. INTRODUÇÃO

220

221 1.1. Estatística Mundial de Pesca e Aquicultura

222

223 Os pescados, oriundos da captura e aquicultura, estão entre os alimentos mais
224 comercializados em todo o mundo, tendo importante contribuição para o crescimento
225 econômico global. De acordo com dados estatísticos da Organização das Nações Unidas
226 para Alimentação e Agricultura (FAO), o consumo per capita aparente de pescado
227 aumentou de uma média de 9,9 kg em 1960 para 19,2 kg em 2012 (FAO, 2014). Em
228 2012 foram produzidos mundialmente cerca de 158 milhões de toneladas de pescados,
229 dos quais 66,6 milhões de toneladas foram produzidos pela aquicultura. Do total de 158
230 milhões de toneladas, 86,2% foram destinados à alimentação humana e 13,7% (21
231 milhões de toneladas) para fins não alimentares. Desses 21 milhões de toneladas, 16,3
232 milhões de toneladas (75%) foram transformados em farinha e óleo de peixe (FAO,
233 2014).

234

235 1.2. Sistema de Bioflocos

236

237 A partir da preocupação com a sustentabilidade da Carcinocultura, surge o
238 cultivo de camarões marinhos em meio aos bioflocos. Conforme Wasielesky *et al.*
239 (2006), esse sistema de cultivo baseia-se no desenvolvimento e manutenção de uma
240 biota aeróbica e heterotrófica em suspensão na coluna d'água, atualmente denominado
241 de BFT - Biofloc Technology System (Avnimelech, 2009). Os bioflocos consistem num
242 agregado de bactérias, protozoários, metazoários, rotíferos e microalgas, além de fezes e
243 restos de organismos mortos (Avnimelech, 2009).

244

245 Nesse sistema, as bactérias heterotróficas atuam na formação dos bioflocos,
246 utilizando o nitrogênio inorgânico da água e carbono orgânico dissolvido para produção
247 de biomassa bacteriana (Krummenauer, 2012). O desenvolvimento dessa biomassa
248 bacteriana é induzida por meio do balanço da relação carbono e nitrogênio (C:N) na
249 proporção de aproximadamente 20:1, sendo que a fonte principal de carbono é obtida
250 através das fertilizações com melaço de cana, farelos vegetais, dextrose e outros, e a
251 fonte de nitrogênio provém da ração fornecida aos camarões (Avnimelech, 1999;
252 Ebeling *et al.* 2006; Crab *et al.* 2007; Serra *et al.* 2015). Em meio a essa biomassa
bacteriana estão presentes as bactérias nitrificantes que são capazes de oxidar a amônia

253 a nitrito e depois o nitrito a nitrato, reduzindo a concentração desses compostos no
254 sistema e produzindo mais proteína microbiana (Chen *et al.* 2006).

255 Diversos autores reportam os vários benefícios do cultivo de camarões em
256 sistema BFT, dentre eles: mínima ou nenhuma renovação de água, redução da liberação
257 de efluentes; melhora da qualidade da água de cultivo; redução do risco de introdução e
258 disseminação de patógenos, permite a utilização de altas densidades de estocagem, uso
259 de menores áreas de cultivo, redução do custo de produção e aumento da produtividade
260 (Burford *et al.* 2004; Wasielesky *et al.* 2006; Avnimelech, 2009; Krummenauer, 2012,
261 Schweitzer *et al.* 2013a).

262 Possíveis problemas relacionados as altas densidades de estocagem adotadas nos
263 cultivos em sistema BFT são amenizados pela característica de suplemento alimentar
264 dos bioflocos e com o uso de substratos artificiais. De acordo com Burford *et al.* (2004),
265 mais de 29% do alimento consumido diariamente pelo *L. vannamei* cultivado em
266 sistema BFT podem ser bioflocos e por isso é considerado um suplemento alimentar que
267 pode melhorar significativamente a taxa de conversão alimentar dos camarões
268 (Wasielesky *et al.* 2006). Por sua vez, alguns autores sugerem que os substratos
269 artificiais aumentam a área superficial dos tanques de cultivo, reduzem a densidade
270 relativa e contribuem para melhorar o desempenho zootécnico dos camarões (Ballester
271 *et al.* 2007, Schweitzer *et al.* 2013b).

272

273 1.3. Farinha de peixe e uso de proteínas alternativas

274

275 Além dos estudos que atestam os benefícios do sistema BFT, muitos esforços
276 têm sido empregados em estudos sobre a substituição da farinha de peixe utilizada na
277 fabricação de rações para camarões. A farinha e o óleo de peixe são as principais fontes
278 de proteína e lipídios nas dietas de organismos aquáticos, entretanto, as indústrias de
279 ração estão com problemas em encontrar esses ingredientes em função das constantes
280 reduções na oferta, além do aumento de preços, o que vem estimulando a pesquisa por
281 fontes alternativas de proteínas para substituição desses ingredientes (Watanabe, 2002;
282 Tacon *et al.* 2006).

283 Segundo Naylor *et al.* (2000) a produção aquícola mundial de peixes e
284 crustáceos mais do que duplicou nos últimos 15 anos e muitos pesquisadores acreditam
285 que esse crescimento alivia a pressão sobre a pesca do oceano, mas nem sempre isso é

286 verdade, uma vez que a produção de algumas espécies, sobretudo as carnívoras, requer
287 o uso de grande quantidade de farinha e óleo de peixe. Nesse sentido, segundo o mesmo
288 autor, a aquicultura mundial necessita reduzir o uso da farinha de peixe e adotar práticas
289 de gestão mais ecológicas que garantam o crescimento sustentável do setor.

290 Fontes vegetais e animais estão sendo utilizadas como substitutos à farinha de
291 peixe. Os produtos vegetais mais comumente utilizadas são: milho, cevada, canola,
292 algodão, farelo de soja e trigo. Entretanto, alguns ingredientes vegetais possuem fatores
293 antinutricionais que podem limitar o seu uso, além da deficiência de alguns aminoácidos
294 (lisina e metionina) e ácidos graxos essenciais (EPA e DHA). Além disso, determinadas
295 fontes vegetais apresentam baixa palatabilidade e digestibilidade (Davis & Arnold,
296 2000; Gatlin *et al.* 2007).

297 A farinha de flocos microbianos é outra opção de substituição e a sua eficiência
298 está sendo investigada por alguns estudos. Segundo Khun *et al.* (2009), a farinha de
299 flocos microbianos substituiu com eficiência parte da farinha de soja e da farinha de
300 peixe em dietas para o *L. vannamei*, além de reduzir os custos de alimentação. No
301 estudo de Bauer *et al.* (2012), os resultados sugerem que uma mistura de concentrado de
302 proteína de soja e farinha de flocos microbianos pode substituir 100% a farinha de peixe
303 em dietas para juvenis de *L. vannamei* sem causar efeitos negativos sobre o desempenho
304 zootécnico do camarão.

305

306 1.4. Farinha de peixe análoga e seus ingredientes

307

308 Outra fonte de proteína com grande potencial para substituir a farinha de peixe
309 em rações na aquicultura são os subprodutos de animais terrestres (Naylor *et al.* 2009).
310 A farinha de subprodutos de animais terrestres engloba a farinha de sangue, farinha de
311 carne e ossos, farinha hidrolisada de penas e farinha de vísceras de aves, sendo que no
312 presente estudo a mistura de todas essas farinhas será denominada de farinha de peixe
313 análoga. De acordo com Tan *et al.* (2005) esses produtos geralmente contêm bom
314 percentual de proteína bruta, entre 45 e 65% e quando comparados com as fontes
315 vegetais, os subprodutos de animais terrestres possuem um perfil mais completo de
316 aminoácidos (Naylor *et al.* 2009).

317 A farinha de sangue é oriunda do abate de animais, mais comumente produzida a
318 partir do sangue de bovinos e de aves, que deve estar fresco e isento de qualquer

319 material estranho, como pêlos, penas e urina. A secagem é feita por pulverização
320 (corrente de ar quente para reduzir o tamanho das partículas), em que grande parte da
321 umidade é removida por um evaporador a vácuo sob baixa temperatura até conter
322 aproximadamente 30% de sólidos (Tacon *et al.* 2009). De acordo com Rostagno *et al.*
323 (2005) a farinha de sangue pode conter 82,8% de proteína bruta, 0,48% de gordura total,
324 3,4% de matéria mineral, 5.134 kcal/kg de energia bruta, 0,23% de cálcio e 0,22% de
325 fósforo total.

326 A farinha de carne e ossos é produzida a partir de tecidos e ossos de mamíferos
327 (bovinos e suínos) e não deve apresentar pêlos, cascos, chifres, sangue, conteúdo
328 estomacal e fezes. A farinha de carne e ossos deve conter no mínimo 4% de fósforo e o
329 nível de cálcio não deve ser superior a 2,2 vezes o percentual de fósforo (Tacon *et al.*
330 2009). O perfil nutricional das farinhas de carne e ossos depende da qualidade das
331 fontes utilizadas (Forster *et al.* 2003). Segundo Rostagno *et al.* (2005) a farinha de carne
332 e ossos 55% pode conter 54,5% de proteína bruta, 9,8% de gordura total, 25,9% de
333 matéria mineral, 4.017 kcal/kg de energia bruta, 8,46% de cálcio e 4,18% de fósforo
334 total.

335 A farinha hidrolisada de penas é o produto resultante do tratamento sob alta
336 pressão em penas limpas, não decompostas, advindas do abate de aves e isentas de
337 quaisquer aditivos e/ou catalisadores. Pelo menos 75% do seu teor de proteína bruta
338 deve ser digerível pelo método de digestibilidade em pepsina (Tacon *et al.* 2009). De
339 acordo com Rostagno *et al.* (2005) a farinha de penas pode conter 74,7% de proteína
340 bruta, 5,20% de gordura total, 2,89% de matéria mineral, 5.206 kcal/kg de energia
341 bruta, 0,36% de cálcio e 0,67% de fósforo total.

342 A farinha de vísceras de aves é proveniente de algumas partes de frangos
343 abatidos, tais como a carcaça limpa, pescoço, pés, ovos não desenvolvidos e vísceras
344 (intestino), excluindo as penas e casca de ovos. Além disso, o nível de cálcio não deve
345 ser superior a 2,2 vezes o percentual de fósforo total (Tacon *et al.* 2009). Segundo
346 Rostagno *et al.* (2005) a farinha de vísceras de aves pode conter 57% de proteína bruta,
347 13,8% de gordura total, 14,9% de matéria mineral, 4.661 kcal/kg de energia bruta, 4%
348 de cálcio e 2,66% de fósforo total.

349

350

351 *1.5. Restrição do uso da farinha de carne e farinha de carne e ossos*

352

353 Os subprodutos oriundos do abate de animais terrestres têm sido utilizados na
354 fabricação de ração para organismos aquáticos (Naylor *et al.* 2009), entretanto, o uso da
355 farinha de carne e farinha de carne e ossos em rações para bovinos, caprinos e ovinos é
356 proibida no Brasil desde o ano de 1996, em função das Encefalopatias Espongiformes
357 Transmissíveis (EETs), sobretudo a Encefalopatia Espongiforme Bovina, popularmente
358 chamada de “doença da vaca louca” (MAPA, 2008). A principal via de transmissão é
359 através da ingestão de alimentos contendo farinha de carne e farinha de carne e ossos
360 provenientes de carcaças infectadas pelo agente causador da doença, o PrP (do inglês,
361 prion protein) (MAPA, 2008). Por sua vez, não foram encontradas na literatura
362 nenhuma restrição quanto ao uso de subprodutos de animais na aquicultura e de acordo
363 com Naylor *et al.* (2009), o risco de transmissão de EETs via consumo de organismos
364 aquáticos é muito pequeno.

365

366 *1.6. Uso de ingredientes da farinha de peixe análoga em rações para camarões*
367 *marinhos*

368

369 Com o objetivo de avaliar a qualidade nutricional da farinha de carne e ossos
370 como fonte alternativa de proteína em dietas para o *L. vannamei*, Forster *et al.* (2003)
371 utilizaram três fontes da farinha de carne e ossos e três níveis de substituição 25, 50 e
372 75% em dietas para *L. vannamei* cultivados em densidade de 100 camarões.m⁻², durante
373 60 dias e reportaram que para todas as fontes avaliadas houve substituição efetiva entre
374 25 e 75% da farinha de peixe sem redução significativa no crescimento do camarão.

375

376 Por sua vez, Tan *et al.* (2005), conduziram um experimento com 7 níveis de
377 substituição 0, 20, 30, 40, 50, 60 e 80%, durante 56 dias e seus resultados mostraram
378 que mais de 60% da farinha de peixe pode ser substituído por farinha de carne e ossos
379 sem efeitos significativos no crescimento, sobrevivência, conversão alimentar,
380 eficiência protéica e composição corporal do *L. vannamei*. No estudo realizado por
381 Cruz-Suárez *et al.* (2007), com duração de 28 dias e utilização de 4 níveis de
382 substituição (35, 50, 65 e 80%) da farinha de peixe por farinha de vísceras de aves, foi
383 verificado que a farinha de vísceras de aves pode substituir adequadamente até 80% da
384 farinha de peixe em dietas para o *L. vannamei*.

384 Também com o objetivo de avaliar a potencialidade da farinha de vísceras de
385 aves como fonte de proteína em dietas para o *L. vannamei*, Chi *et al.* (2009) utilizaram 7
386 níveis de substituição (0, 30, 40, 50, 60, 70 e 100%) em um experimento de 60 dias e os
387 seus resultados mostraram que mais de 70% da farinha de peixe pode ser substituída por
388 farinha de vísceras de aves sem afetar negativamente o desempenho zootécnico do *L.*
389 *vannamei*.

390 A substituição da farinha de peixe pela farinha de sangue com suplementação de
391 metionina microencapsulada em dietas para o camarão *L. vannamei* foi estudada por
392 Niu *et al.* (2011). Neste estudo, foi utilizado 6 níveis de substituição (0, 20, 40, 60, 80 e
393 100%), em que camarões de 2,3 g foram cultivados na densidade equivalente a 200
394 camarões.m⁻³ por 56 dias. Os autores concluíram que a farinha de peixe pode ser
395 substituída pela farinha de sangue em até 60% sem efeitos deletérios no crescimento do
396 *L. vannamei*.

397

398 1.7. Justificativa

399

400 Diante do exposto, percebe-se que esforços têm sido empregados em pesquisas
401 sobre a utilização de subprodutos de animais terrestres como fonte proteica alternativa
402 para a substituição da farinha de peixe em cultivo de camarões marinhos. Entretanto, os
403 estudos já realizados não empregaram a tecnologia dos bioflocos, foram realizados em
404 escala laboratorial e não comercial e também utilizaram baixas densidades de
405 estocagem. Nesse sentido, o presente trabalho se justifica pela necessidade de estudos
406 que avaliem o efeito da substituição da farinha de peixe por farinha de peixe análoga em
407 rações para o *L. vannamei* em cultivo super intensivo em sistema de bioflocos em uma
408 escala comercial.

409

410 2. OBJETIVOS

411

412 2.1. Objetivo geral

413 Avaliar o efeito da substituição da farinha de peixe por farinha de peixe análoga
414 em rações para o *L. vannamei* cultivado em sistema super intensivo com bioflocos em
415 uma escala comercial.

416

417 *2.2. Objetivos específicos*

418 Avaliar o efeito de diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por
419 farinha de peixe análoga:

420 - No desempenho zootécnico do *L. vannamei* cultivado em sistema super
421 intensivo com bioflocos em escala comercial.

422 - Nos parâmetros de qualidade da água no cultivo super intensivo de *L.*
423 *vannamei* em sistema de bioflocos em escala comercial.

424

425 **3. MATERIAL E MÉTODOS**

426

427 *3.1. Local de realização do experimento*

428 O experimento foi realizado no Laboratório de Carcinocultura da Estação
429 Marinha de Aquacultura (EMA) do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal
430 do Rio Grande – FURG, localizada na praia do Cassino, cidade do Rio Grande, RS,
431 Brasil.

432

433 *3.2. Procedência e manejo dos camarões*

434 Foram adquiridos náuplios de *L. vannamei* da empresa Aquatec (RN) e
435 transferidos para o setor de larvicultura da EMA. Na larvicultura, os camarões
436 completaram os estágios de desenvolvimento larval e foram mantidos nesse setor até
437 pós-larvas de 15 dias (PL15). Após o período de larvicultura, as pós-larvas foram
438 estocadas em tanques berçário de 35 m², com densidade de estocagem de 2000
439 camarões.m⁻² em sistema BFT, até atingirem o peso médio aproximado de 2,6 g. Após a
440 fase de berçário, os juvenis foram estocados em tanques experimentais de engorda.

441

442 *3.3. Delineamento experimental*

443 O experimento foi realizado em estufa retangular de 585 m². Os juvenis com
444 peso médio de 2,6 g foram estocados (400 camarões.m⁻²) em nove tanques de 35 m²
445 com volume útil de 35 m³, sendo que no presente estudo foi usado 0,8m de lâmina
446 d'água, o equivalente a 28 m³. Os tanques são revestidos com polietileno de alta
447 densidade (PEAD-0,8mm) e equipados com o sistema de aeração de ar difuso, no qual o
448 ar é injetado no sistema através de um soprador (“blower”) e distribuído pelos tanques
449 por mangueiras microperfuradas (Aerotubes[®]). Foi utilizado em cada tanque 2

450 substratos artificiais com panagens do tipo Neddlonga[®], aumentando a área superficial de
 451 cada tanque em 15,36 m² (80% da área vertical de cada tanque). Cada substrato artificial
 452 possui 7,68 m² de área (4 panagens de 1,2m largura x 0,8m de altura), sendo que os dois
 453 lados de cada panagem foi considerado para o cálculo. O experimento teve duração de
 454 70 dias e foi composto por três tratamentos com três repetições cada: **(0% FPA)** ração
 455 sem substituição; **(50% FPA)** ração com 50% de substituição da farinha de peixe por
 456 farinha de peixe análoga; **(100% FPA)** ração com 100% de substituição da farinha de
 457 peixe por farinha de peixe análoga. Os ingredientes que compõem a farinha de peixe
 458 análoga são: farinha de carne, farinha de carne e ossos, farinha de vísceras de aves,
 459 farinha hidrolisada de penas, farinha de sangue, farinha de lula, óleo de peixe, lecitina,
 460 lisina, hemoglobina, metionina, colesterol, triptofano, micro minerais, vitaminas e
 461 premix de aminoácidos. Na tabela 1 pode ser observado o perfil proximal da farinha de
 462 peixe análoga usada no presente trabalho. As três dietas foram formuladas pelo
 463 fabricante, sendo isoprotéicas e isoenergéticas, com composição nutricional descrita na
 464 tabela 2. Os camarões foram alimentados três vezes ao dia. Foram utilizadas bandejas
 465 de alimentação, as quais permitiram verificar o consumo diário de ração, evitar sobras e
 466 caso necessário, fazer correções nas quantidades ofertadas.

467

Tabela 1 - Perfil proximal da farinha de peixe análoga*

Proteína bruta (%)	53,25	Fósforo total (%)	3,00
Cinza (%)	19,37	Ácido linoléico (%)	2,49
Lipídeos totais (%)	18,34	Metionina total (%)	1,40
Cálcio (%)	6,00	Cistina total (%)	0,96
Fosfolipídeos (%)	4,00	Fibra (%)	0,90
Lisina total (%)	3,90	Colesterol (%)	0,30

* valores fornecidos pelo fabricante

468

469

Tabela 2 - Composição nutricional da ração para todos os tratamentos *

Proteína bruta mín. (%)	38,0	Vitamina A (UI/kg)	13000
Matéria mineral máx. (%)	13,0	Vitamina D (UI/kg)	2500
Umidade (%)	10,0	Vitamina E (mg/kg)	200
Extrato etéreo mín (%)	7,5	Vitamina C (mg/kg)	500
Fibra bruta máx. (%)	5,0	Selênio mineral (mg/kg)	0,30
Cálcio máx. (%)	3,0	Selênio orgânico (mg/kg)	0,15
Fósforo mín. (%)	1,5	Cromo orgânico (mg/kg)	0,20

* valores fornecidos pelo fabricante

470

471 3.4. Formação dos bioflocos

472

473 Para acelerar a formação dos bioflocos, foi inoculado em cada tanque cerca de
474 10500 litros de água (30% do volume útil do tanque) contendo bioflocos maduro de um
475 cultivo anterior. Em seguida, a manutenção da relação C:N de 16:1 foi obtida através de
476 fertilizações orgânicas, de acordo com a metodologia proposta por Avnimelech (1999) e
477 Ebeling *et al.* (2006). A fonte de carbono utilizada nas fertilizações foi o melaço de cana
478 de açúcar, contendo 37% de carbono.

479

480 3.5. Manejo da qualidade da água do cultivo

481 Durante todo o período experimental foram monitorados diariamente os
482 seguintes parâmetros ambientais: temperatura e oxigênio dissolvido (medidos com
483 oxímetro YSI® 55), pH (utilizando um pHmetro digital YSI® 60). Correções de pH e
484 alcalinidade foram feitas com a aplicação de cal hidratada [Ca(OH)₂] em uma
485 concentração de 0,05 g/L, de acordo com Furtado *et al.* (2014).

486 Quanto aos nitrogenados, diariamente foram monitorados os níveis de amônia
487 total (N-AT (NH₄⁺ + NH₃), conforme UNESCO (1983) e nitrito (N-NO₂⁻) conforme
488 Bendschneider e Robinson (1952). Os níveis de nitrato (N-NO₃⁻) e ortofosfato (P-PO₄⁻³)
489 foram determinados a cada sete dias pela metodologia de Aminot e Chaussepied (1983).
490 Três vezes por semana foi determinado a concentração dos sólidos suspensos totais
491 (SST), de acordo com Strickland e Parsons (1972) e a alcalinidade, segundo APHA
492 (1998). Os níveis dos sólidos suspensos totais foram monitorados e mantidos em 500
493 mg/L de acordo com Samocha *et al.* (2007) e Gaona *et al.* (2011), por meio do processo
494 de clarificação da água do cultivo, conforme metodologia de Johnson e Chen (2006)
495 adaptada por Gaona *et al.* (2011).

496 A turbidez da água de cultivo foi medida uma vez por semana por um
497 turbidímetro (Hach® modelo 2100P) e o volume dos flocos sedimentáveis foi
498 quantificado três vezes por semana, por meio do cone Imhoff, conforme descrito por
499 Eaton *et al.* (1995). A salinidade foi mensurada uma vez por semana usando um
500 refratômetro óptico (Atago).

501 Com a finalidade de auxiliar a manutenção da qualidade da água e da sanidade
502 dos camarões, foram feitas aplicações do probiótico comercial (INVE®) através de duas

503 vias de aplicação, uma aplicada diretamente na água (0,5 ppm) duas vezes por semana e
504 outra via misturada na ração (3 g/kg de ração), sendo aplicado diariamente.

505

506 *3.6. Desempenho zootécnico*

507 Foi realizada uma biometria inicial (n=100) para estimar o peso médio dos
508 camarões a serem estocados. Durante todo o período experimental, foram feitas
509 biometrias semanais com 100 indivíduos por tanque, os quais foram amostrados
510 aleatoriamente com a utilização de uma rede captura do tipo Puçá e pesados
511 individualmente utilizando balança digital com precisão de 0,01 g (MARTE, AS 1000
512 C). Através dessas biometrias, o peso médio dos camarões foi calculado e usado para
513 fazer o ajuste semanal da quantidade de ração ofertada. Ao final do experimento foi
514 realizada uma biometria final com cerca de 200 indivíduos de cada tanque.

515 O desempenho zootécnico dos camarões foi avaliado por meio do peso inicial
516 (g), peso final (g), crescimento (g/semama), biomassa final/tanque (kg), produtividade
517 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), produtividade ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$), taxa de sobrevivência (%) e conversão alimentar
518 aparente (CAA).

519

520 O crescimento (g/semama) foi calculado pela fórmula:

521

$$C = Pf - Pi / Ns \quad (1)$$

522 Onde:

523 C = crescimento (g/semana)

524 Pf= peso final (g)

525 Pi = peso inicial (g)

526 Ns= número de semanas de cultivo

527

528 A produtividade foi calculada por meio da fórmula:

$$P = (Bf - Bi) / A \quad (2)$$

529 Onde:

530 P = produtividade ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)

531 Bf = biomassa final/tanque (kg)

532 Bi = biomassa inicial/tanque (kg)

533 A= área de cultivo (m²)

534 A produtividade em kg.m⁻³ foi calculada pela mesma fórmula, entretanto a
535 medida de A foi o volume do tanque (m³).

536

537 Para o cálculo da taxa de sobrevivência usou-se a fórmula:

$$S = [(Bf / Pf) / D] * 100 \quad (3)$$

538 Onde:

539 S = taxa de sobrevivência (%)

540 Bf = biomassa final/tanque (kg)

541 Pf = peso final (kg)

542 D = n° de indivíduos estocados

543

544 A conversão alimentar aparente (CAA) foi determinada pela utilização da
545 fórmula:

$$CAA = Rf / (Bf - Bi) \quad (4)$$

546 Onde:

547 CAA = conversão alimentar aparente

548 Rf = quantidade total de ração fornecida em todo experimento por tanque (kg)

549 Bf = biomassa final/tanque (kg)

550 Bi = biomassa inicial/tanque (kg)

551

552 3.7. Análise estatística

553 Para a análise estatística dos dados experimentais foi utilizado o software
554 *Statística 7.0*[®]. Depois de verificada a normalidade (Levene) e a homocedasticidade
555 (Kolmogorov-Smirnov) dos dados zootécnicos e de qualidade de água, aplicou-se a
556 análise de variância de uma via (ANOVA), para verificar se existe diferença
557 significativa entre os dados obtidos. Quando detectada diferença significativa entre os
558 tratamentos (p<0,05), o teste de Tukey (Sokal & Rohlf, 1969) de comparação de médias
559 foi utilizado. Os valores percentuais foram transformados (arco-seno da raiz quadrada)
560 antes de analisados.

561 **4. RESULTADOS**

562

563 *4.1. Parâmetros físico-químicos da água*

564

565 Os parâmetros de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, salinidade e alcalinidade
566 não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as médias nos diferentes
567 tratamentos (tabela 3). As concentrações de oxigênio dissolvido diminuíram levemente
568 ao longo do período experimental (figura 1).

569

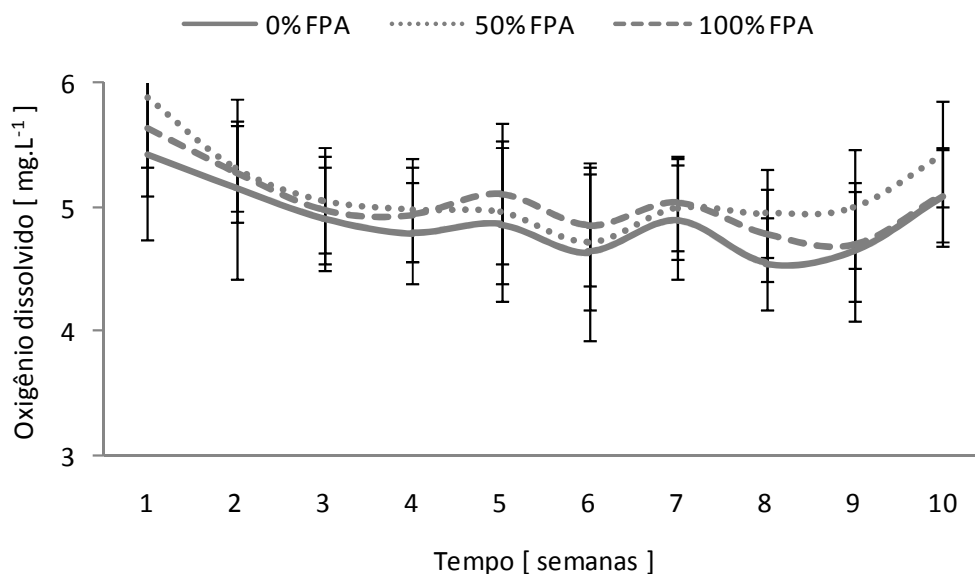
570

571 **Tabela 3** - Médias (\pm desvio padrão) da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), pH,
572 salinidade, alcalinidade ($\text{mg CaCO}_3.\text{L}^{-1}$), sólidos sedimentáveis (SS) (ml.L^{-1}), sólidos suspensos
573 totais (SST) (mg.L^{-1}) e turbidez (NTU) do cultivo do camarão branco *L. vannamei* nos diferentes
574 tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT durante 70 dias. Letras diferentes
575 na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Parâmetros	0 % FPA	50 % FPA	100 % FPA
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	$29,65 \pm 0,76$	$29,04 \pm 0,80$	$29,35 \pm 0,90$
Oxigênio dissolvido (mg.L^{-1})	$4,89 \pm 0,53$	$5,13 \pm 0,45$	$5,04 \pm 0,44$
pH	$7,51 \pm 0,16$	$7,55 \pm 0,16$	$7,54 \pm 0,14$
Salinidade	$23,04 \pm 0,58$	$23,19 \pm 0,48$	$23,63 \pm 0,54$
Alcalinidade ($\text{mg CaCO}_3.\text{L}^{-1}$)	$161,0 \pm 34,56$	$170,60 \pm 25,83$	$173,17 \pm 21,61$
SS (ml.L^{-1})	$18,8 \pm 4,90^a$	$25,1 \pm 8,00^b$	$26,4 \pm 8,70^b$
SST (mg.L^{-1})	$427,00 \pm 122,75^a$	$477,06 \pm 103,12^b$	$486,01 \pm 110,94^b$
Turbidez (NTU)	$165,50 \pm 52,65^a$	$207,82 \pm 44,76^b$	$200,21 \pm 52,54^b$

576

577



578

579 **Figura 1** – Variação da concentração de oxigênio dissolvido ao longo do cultivo do camarão
 580 branco *L. vannamei* nos diferentes tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT
 581 durante 70 dias. As barras verticais indicam o desvio padrão.

582

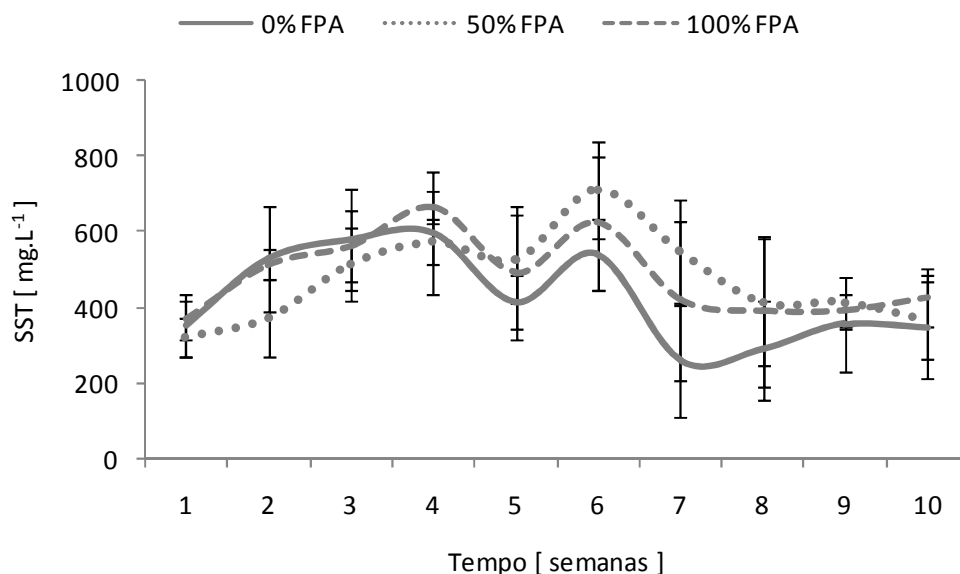
583 Diferenças significativas entre os tratamentos foram observadas nas
 584 concentrações de sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais e turbidez (tabela 3).
 585 No tratamento 0% FPA, os valores de SS, SST e turbidez foram significativamente
 586 ($p < 0,05$) menores em relação aos tratamentos 50% FPA e 100% FPA (tabela 3, figura
 587 2).

588 Os valores médios de amônia, nitrito, nitrato e ortofosfato são mostrados na
 589 Tabela 4. A concentração de amônia foi baixa em todos os tratamentos ao longo do
 590 período experimental (figura 3), sem diferenças estatísticas ($p > 0,05$).

591 As médias das concentrações de nitrito em mg.L^{-1} para o tratamento 0% FPA,
 592 50% FPA e 100% FPA foram, respectivamente, 3,02, $2,45 \pm 1,15$ e 2,03, sem diferenças
 593 significativas entre os tratamentos. Entretanto, de maneira geral, os valores iniciais de
 594 nitrito foram relativamente elevados. As variações das concentrações de nitrito podem
 595 ser visualizadas na figura 4.

596 O nitrato e o ortofosfato não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$)
 597 entre os tratamentos, e as variações das suas concentrações ao longo do período
 598 experimental são mostradas nas figuras 5 e 6, respectivamente.

599



600

601 **Figura 2** – Variação da concentração dos sólidos suspensos totais ao longo do cultivo do camarão
 602 branco *L. vannamei* nos diferentes tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT
 603 durante 70 dias. As barras verticais indicam o desvio padrão.

604

605

606

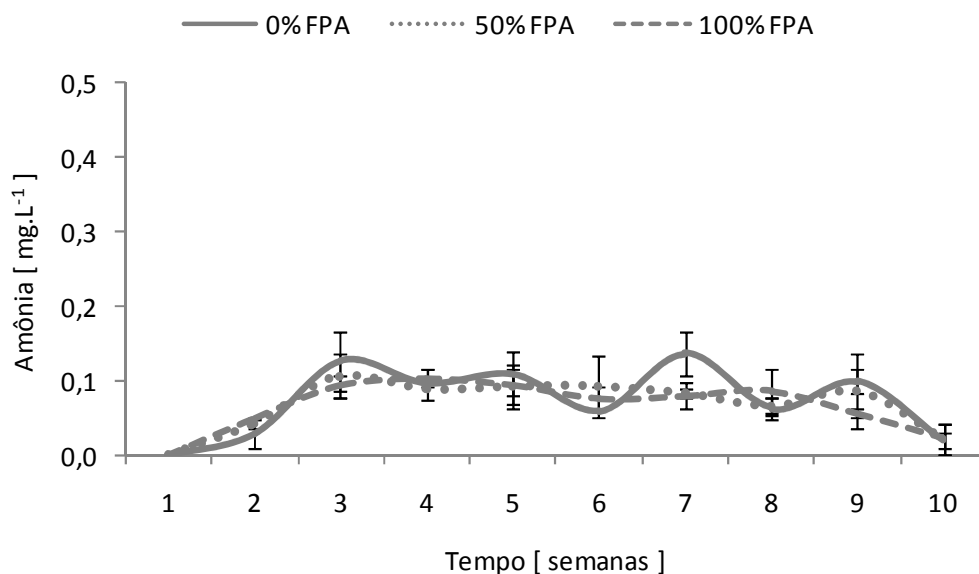
607 **Tabela 4** - Médias (\pm desvio padrão) da amônia total (N-AT mg.L⁻¹), nitrito (N-NO₂ mg.L⁻¹),
 608 nitrato (N-NO₃ mg.L⁻¹) e ortofosfato (P-PO₄ mg.L⁻¹) do cultivo do camarão branco *L. vannamei*
 609 nos diferentes tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT durante 70 dias.
 610 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05).

611

Parâmetros	0 % FPA	50 % FPA	100 % FPA
Amônia (mg.L ⁻¹)	0,07 \pm 0,02	0,07 \pm 0,02	0,07 \pm 0,01
Nitrito (mg.L ⁻¹)	3,02 \pm 2,07	2,45 \pm 1,15	2,03 \pm 0,90
Nitrato (mg.L ⁻¹)	73,71 \pm 14,28	73,64 \pm 9,88	75,66 \pm 16,31
Ortofosfato (mg.L ⁻¹)	2,80 \pm 0,45	2,94 \pm 0,63	3,03 \pm 0,58

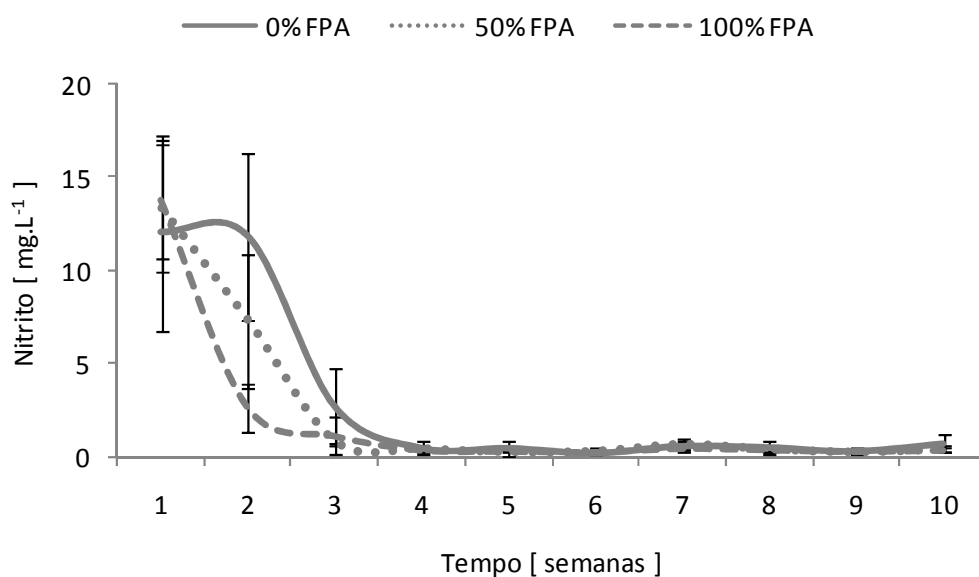
612

613



614

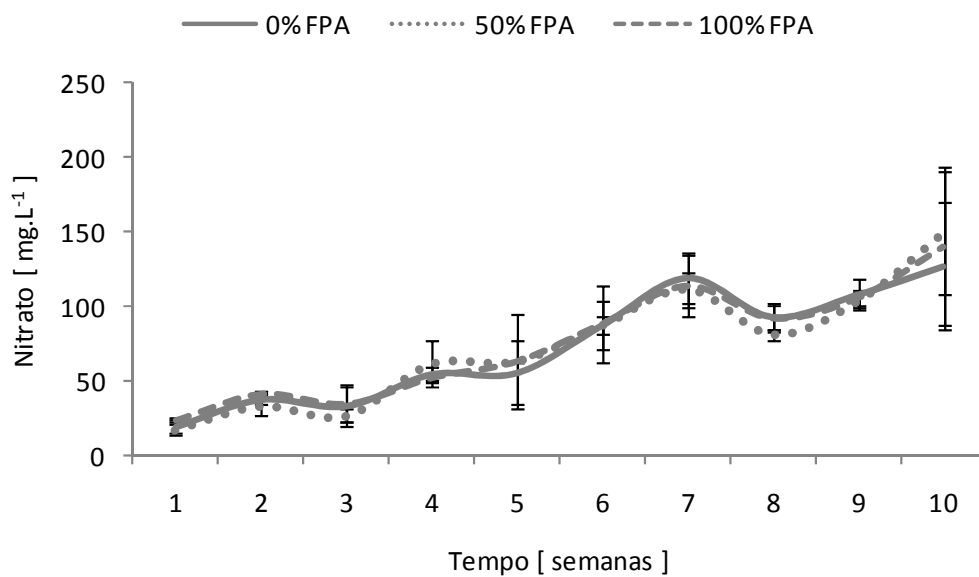
615 **Figura 3** – Concentração de amônia ao longo do cultivo do camarão branco *L. vannamei* nos
 616 diferentes tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT durante 70 dias. As
 617 barras verticais indicam o desvio padrão.



618

619 **Figura 4** – Concentração de nitrito ao longo do cultivo do camarão branco *L. vannamei* nos
 620 diferentes tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT durante 70 dias. As
 621 barras verticais indicam o desvio padrão.

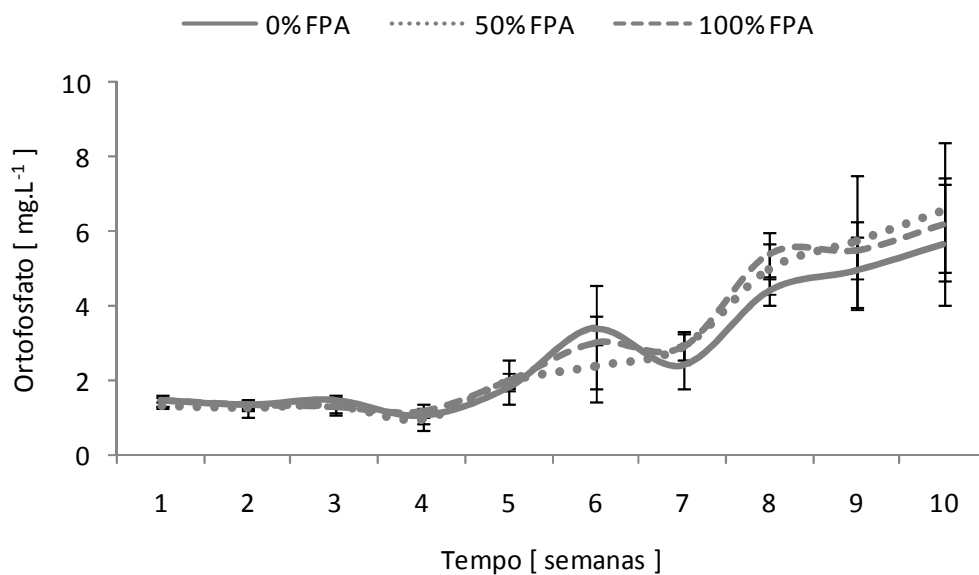
622



623

624 **Figura 5** – Concentração de nitrato ao longo do cultivo do camarão branco *L. vannamei* nos
 625 diferentes tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT durante 70 dias. As
 626 barras verticais indicam o desvio padrão.

627



628

629 **Figura 6** – Concentração de ortofosfato ao longo do cultivo do camarão branco *L. vannamei* nos
 630 diferentes tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT durante 70 dias. As
 631 barras verticais indicam o desvio padrão.

632

633

634 4.2. Parâmetros indicadores de desempenho zootécnico

635

636 Não foram verificadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos
 637 nos índices: peso inicial, peso final, crescimento, sobrevivência, biomassa final e
 638 produtividade. A CAA foi significativamente inferior no tratamento 50% FPA em
 639 relação ao tratamento 100% FPA. Os índices de desempenho zootécnico são
 640 apresentados na tabela 5 e figura 7.

641

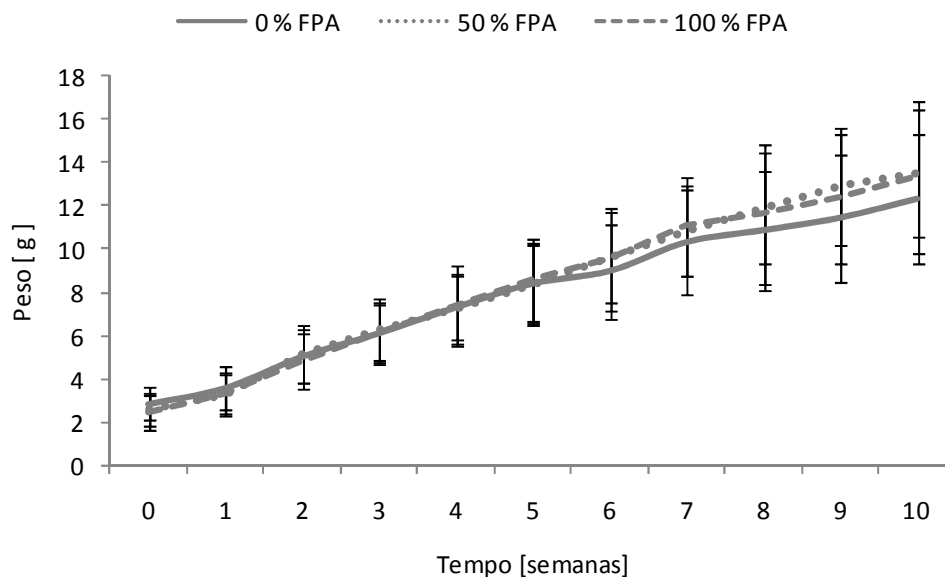
642 **Tabela 5** – Médias (\pm desvio padrão) do peso inicial (g), peso final (g), crescimento (g/semana),
 643 conversão alimentar aparente (CAA), sobrevivência (%), biomassa final/tanque (kg),
 644 produtividade ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) e produtividade ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) do cultivo do camarão branco *L. vannamei* nos
 645 diferentes tratamentos [0% FPA; 50% FPA; 100% FPA] em sistema BFT durante 70 dias. Letras
 646 diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos.
 647

Parâmetros	0 % FPA	50 % FPA	100 % FPA
Peso inicial (g)	2,64 \pm 0,77	2,64 \pm 0,77	2,64 \pm 0,77
Peso final (g)	12,19 \pm 2,98	13,51 \pm 2,92	13,34 \pm 3,49
Crescimento (g/semana)	1,08 \pm 0,10	1,11 \pm 0,19	1,10 \pm 0,14
CAA	1,47 \pm 0,06 ^{ab}	1,37 \pm 0,06 ^b	1,50 \pm 0,03 ^a
Sobrevivência (%)	86,83 \pm 7,68	82,17 \pm 3,75	81,97 \pm 4,79
Biomassa final/tanque (kg)	153,93 \pm 4,55	158,72 \pm 4,99	149,29 \pm 2,72
Produtividade ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	4,40 \pm 0,13	4,53 \pm 0,14	4,26 \pm 0,08
Produtividade ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	5,50 \pm 0,16	5,67 \pm 0,18	5,33 \pm 0,10

648

649

650



651

652 **Figura 7** – Peso médio do camarão branco *L. vannamei* nos diferentes tratamentos [0% FPA; 50%
 653 FPA; 100% FPA] em sistema BFT ao longo de 70 dias. As barras verticais indicam o desvio
 654 padrão.

655

656 5. DISCUSSÃO

657

658 A temperatura é um parâmetro muito importante de ser avaliado, pois é um dos
 659 principais fatores limitantes tanto em ambientes naturais como em sistemas de cultivo,
 660 podendo afetar significativamente o crescimento e a taxa de sobrevivência dos camarões
 661 (Lowery, 1988; Vinatea, 1997; Wasielesky, 2000). Segundo Van Wyk & Scarpa (1999),
 662 o camarão branco do Pacífico *L. vannamei* é capaz de sobreviver em uma ampla faixa
 663 de temperatura (15-35°C), todavia sua faixa de crescimento se situa entre 24-35 °C e os
 664 melhores índices de desempenho zootécnico alcançados entre 28-32 °C. De acordo com
 665 Ponce-Palafox *et al.* (1997), temperaturas de 20 °C afetam negativamente o consumo
 666 alimentar e o crescimento do *L. vannamei*. A temperatura média do presente estudo foi
 667 de 29,3 °C, estando dentro da faixa ideal para o crescimento da espécie (Van Wyk &
 668 Scarpa, 1999)

669

670 O oxigênio dissolvido (OD) é um parâmetro fundamental para o sucesso de um
 671 cultivo de camarão (Zhang, 2006). São recomendadas concentrações de OD acima de 5
 672 mg.L⁻¹ (Boyd, 1989; Van Wyk & Scarpa, 1999), sendo que concentrações abaixo de 2,8
 673 mg.L⁻¹ podem causar hipóxia nos crustáceos, tendo reflexos negativos no crescimento,
 sobrevivência, consumo alimentar e capacidade de osmorregulação (Allan & Maguire

674 1991, Wannamaker & Rice, 2000). Em sistemas BFT, o requerimento de OD é maior, uma
675 vez que além do consumo pelos camarões, há um consumo adicional pelos organismos
676 presentes nos bioflocos (Cohen *et al.* 2005; Schryver *et al.* 2008; Avnimelech, 2009). No
677 presente estudo a concentração média de OD foi de 5,02 mg.L⁻¹, sendo que uma pequena
678 queda nas concentrações OD no decorrer do experimento pode ser observado (figura 1),
679 provavelmente em função do aumento da biomassa de camarão e de carga orgânica no
680 sistema e consequente aumento do consumo de OD. Apesar da queda, as concentrações
681 médias ao final do experimento permaneceram acima dos 5,0 mg.L⁻¹, estando dentro da
682 faixa ideal para o cultivo de peneídeos (Van Wyk & Scarpa, 1999)

683 Os valores de pH e salinidade deste estudo se mantiveram dentro dos valores
684 recomendados por Van Wyk & Scarpa (1999). De acordo com Ebeling *et al.* (2006) e
685 Furtado *et al.* (2014), em sistemas com limitada troca de água, a alcalinidade deve estar
686 entre 100-150 mg.CaCO₃.L⁻¹. No presente estudo a alcalinidade média foi 168
687 mg.CaCO₃.L⁻¹, dentro da faixa recomendada.

688 O monitoramento contínuo da concentração de SST em sistemas BFT é primordial
689 para manutenção da qualidade da água, bem como para o melhor desempenho zootécnico
690 dos camarões, não podendo ser superior a 500 mg.L⁻¹ (Samocha *et al.* 2007;
691 Avnimelech, 2009; Gaona *et al.* 2011). No presente estudo, as concentrações médias de
692 SST em todos os tratamentos permaneceram dentro dos limites recomendados. Visando
693 a manutenção dos níveis ótimos de OD a clarificação foi mais contínua no tratamento
694 0% FPA, por isso os valores de SST, bem como de SS e turbidez, foram
695 significativamente (p<0,05) menores nesse tratamento em relação aos tratamentos 50%
696 FPA e 100% FPA.

697 Os compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) desse estudo (figuras 3, 4
698 e 5) seguiram a rota de nitrificação característica do sistema BFT (Schryver *et al.* 2008),
699 em que as bactérias nitrificantes oxidam a amônia a nitrito e depois a nitrato, reduzindo
700 a concentração desses compostos no sistema e produzindo mais proteína microbiana
701 (Chen *et al.* 2006). Elevados níveis de amônia, nitrito e nitrato podem ser prejudiciais
702 para os crustáceos, causando vários efeitos adversos tais como redução do crescimento e
703 sobrevivência (Lin & Chen, 2001, Furtado *et al.* 2015). Os valores médios dos
704 compostos nitrogenados encontrados neste estudo, mantiveram-se dentro de valores
705 toleráveis para o *L. vannamei* (Van Wyk & Scarpa, 1999, Wasielesky *et al.* 2006), não

706 causando efeitos negativos no desempenho zootécnico da espécie. A utilização de um
707 inóculo (biofoco maduro) de 30% do volume útil do tanque pode ter contribuído para
708 os baixos valores dos compostos nitrogenados. De acordo com Krummenauer *et al.*
709 (2014), o uso de inóculo acima de 1% acelera a formação dos agregados microbianos,
710 bem como a estabilização dos nitrogenados no sistema de cultivo.

711 Ao analisar a figura 4, percebe-se concentrações de nitrito acima de 10 mg.L^{-1}
712 em todos os tratamentos no início do experimento, sendo que essa concentração
713 diminuiu rapidamente, chegando próximo a zero na terceira semana e mantendo-se
714 assim até o fim do período experimental. Os valores mais elevados de nitrito no período
715 inicial se devem ao fato de que a concentração de nitrito do inóculo utilizado estava
716 elevada, aliado ao fato do maior volume de inóculo usado para acelerar a formação dos
717 biofocos (30% do volume útil do tanque, equivalente a 10500 L). Entretanto, as
718 concentrações elevadas de nitrito no período inicial não afetaram o desempenho
719 zootécnico dos camarões, uma vez que de acordo com Lin & Chen (2003),
720 concentrações de nitrito a partir de $25,7 \text{ mg.L}^{-1}$ é que podem reduzir o crescimento do *L.*
721 *vannamei*.

722 Segundo Samocha *et al.* (2004), a quantidade e qualidade da proteína da dieta
723 são fatores principais que influenciam o crescimento dos camarões e a carga de
724 nitrogênio da água de cultivo. No presente estudo, os parâmetros físico-químicos da água
725 de cultivo mantiveram-se dentro dos limites tolerados para o *L. vannamei*, indicando que
726 a substituição da farinha de peixe por farinha de peixe análoga não afetou
727 negativamente os parâmetros de qualidade da água. Além disso, cabe enfatizar que os
728 biofocos também propiciaram a melhora da qualidade da água de cultivo, assim como
729 nos estudos de Burford *et al.* (2004); Wasielesky *et al.* (2006); Avnimelech, (2009) e
730 Krummenauer (2012).

731 A densidade de estocagem desempenha papel importante na taxa de
732 sobrevivência dos camarões cultivados, principalmente no período de muda, quando os
733 camarões estão mais suscetíveis ao canibalismo e as variações nas condições ambientais
734 (Wasielesky, 2000). No presente trabalho, as taxas de sobrevivência foram em média
735 superiores a 80% em todos os tratamentos e não apresentaram diferenças significativas
736 ($p>0,05$).

737 No presente estudo, mesmo adotando alta densidade de estocagem (400
738 camarões.m⁻²), as taxas de sobrevivência foram elevadas em todos os tratamentos. Além
739 dos bons indicadores de qualidade de água, outros fatores que podem ter contribuído
740 para as elevadas taxas de sobrevivências foram os bioflocos funcionando como um
741 suplemento alimentar e o uso de substratos artificiais. De acordo com Burford *et al.*
742 (2004), mais de 29% do alimento consumido diariamente pelo *L. vannamei* cultivado
743 em sistema BFT podem ser bioflocos. Além disso, alguns estudos comprovam que o uso
744 de substratos artificiais no cultivo de camarões contribui para a melhoria do
745 crescimento, da conversão alimentar aparente e também da produção de biomassa, uma
746 vez que o biofilme que fica aderido aos substratos representa importante item alimentar
747 para os camarões (Abreu *et al.* 2007; Ballester *et al.* 2007). No estudo de Schweitzer *et*
748 *al.* (2013b), a área superficial de cada tanque foi aumentada em 100% com o uso de
749 substratos artificiais no cultivo do *L.vannamei* estocados em densidades de 238 e 473
750 camarões.m⁻³ em sistema BFT e obtiveram maior crescimento (g/semana), maior
751 sobrevivência e maior biomassa por tanque no tratamento onde os substratos foram
752 utilizados. Por sua vez, Lara (2012), avaliou o aumento da área de cultivo em 200% e
753 400% com o uso de substratos artificiais no cultivo em sistema BFT do *L.vannamei*
754 estocado em densidades de 300 camarões.m² e relata que os melhores parâmetros
755 zootécnicos foram obtidos nos tratamentos com os substratos. No presente estudo, os
756 substratos artificiais aumentaram em 80% a área de cada tanque e mesmo sendo um
757 aumento inferior em relação aos estudos mencionados, possivelmente contribuíram para
758 melhorar a qualidade da água e o desempenho zootécnico dos camarões.

759 Taxas de sobrevivência acima de 80% também foram encontradas por Tacon *et*
760 *al.* (2010), em que formularam treze dietas de substituição da farinha de peixe por
761 farinha de subprodutos de animais terrestres no cultivo de *L. vannamei*. Por sua vez,
762 melhores resultados foram encontrados por Ye *et al.* (2011), em que testaram uma
763 mistura de farinha de carne e ossos (30%), farinha de vísceras de aves (30%), glúten de
764 milho (25%) e farinha de sangue (15%) como substituto da farinha de peixe em dietas
765 para o *L. vannamei* e alcançaram taxas de sobrevivência superiores a 90% em todas as
766 seis dietas práticas que foram formuladas. Entretanto, o estudo citado utilizou
767 densidades equivalentes a 150 camarões.m⁻³, bem abaixo dos 500 camarões.m⁻³ que foi
768 a densidade em m³ utilizado no presente estudo.

769 Quanto ao peso final dos camarões, nos resultados obtidos não foram detectadas
770 diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos. Em termos de crescimento
771 (g/semana), não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos, nos
772 quais os valores médios foram respectivamente, 1,08, 1,11 e 1,10 para os tratamentos
773 0% FPA, 50% FPA e 100% FPA. Resultados inferiores de crescimento foram obtidos
774 por Forster *et al.* (2003), em que o crescimento (g/semana) variou de um mínimo de
775 0,45 ao máximo de 0,65. Entretanto, Tacon *et al.* (2010), utilizando substituições
776 parciais da farinha de peixe por farinha de peixe análoga obteve melhores crescimentos
777 semanais, variando de 1,47 a 1,57 gramas por semana.

778 Dentre os indicadores de desempenho zootécnico (tabela 5), o único que
779 apresentou diferenças significativas ($p<0,05$) entre os tratamentos foi a conversão
780 alimentar aparente, sendo inferior no tratamento 50% FPA em relação ao tratamento
781 100% FPA. No estudo de Cruz-Suárez *et al.* (2007), o valor médio da CAA foi de 1,7 e
782 não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. No presente estudo, a
783 CAA média foi de 1,44, melhor do que a do estudo anteriormente citado e inferior em
784 relação a do estudo de Chi *et al.* (2009), que apresentou uma CAA média de 1,36, com
785 mínimo de 1,32 e máximo de 1,43. Valores médios semelhantes de CAA foram obtidas
786 por outros estudos realizados em sistema BFT, como em Wasielesky *et al.* (2006),
787 Furtado *et al.* (2014) e Krummenauer *et al.* (2014), com valores médios respectivos de
788 1,21, 1,39 e 1,17.

789 No presente estudo, a biomassa final/tanque (kg), produtividade ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) e
790 produtividade ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) entre os
791 tratamentos, com valores de produtividade média de $4,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ e $5,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Não foram
792 encontrados valores de produtividade nos trabalhos de substituição da farinha de peixe
793 por farinha de subprodutos de animais terrestres, provavelmente em função de serem
794 estudos em escala laboratorial e não comercial. Comparando com outros estudos em
795 regime super intensivo em sistema BFT, com o *L. vannamei*, os valores de
796 produtividade no presente estudo foram superiores aos obtidos por Krummenauer
797 (2012), que obteve $8,45 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ em uma profundidade de cultivo de 0,4 metros e
798 densidade equivalente de $1000 \text{ camarões}\cdot\text{m}^{-3}$ (o dobro da densidade em m^3 usada no
799 presente trabalho) e utilizando ração comercial contendo 38% de proteína bruta. Já
800 Samocha *et al.* (2007), adotando um sistema com restrita troca de água, avaliaram o

801 efeito do melaço como fonte de carbono no desempenho zootécnico do *L. vannamei* e
802 na qualidade da água. Para tanto, utilizaram tanques de 7,8 m³, com juvenis de 6,2
803 gramas estocados em uma densidade de 81 camarões.m⁻³, ração comercial com 30% de
804 proteína bruta, duração de 84 dias e obtiveram produtividade média de 3,27 kg.m⁻³,
805 valor inferior ao encontrado no presente estudo.

806 Dentre os diferentes subprodutos de animais terrestres utilizados na aquicultura,
807 a farinha de fígado e a farinha de vísceras de aves possuem o melhor perfil global de
808 aminoácidos, sendo que as demais fontes geralmente apresentam desequilíbrios
809 específicos de aminoácidos essenciais (Tacon *et al.* 2009). A farinha de sangue
810 apresenta deficiência de isoleucina e metionina, a farinha hidrolisada de penas possui
811 deficiência de lisina e metionina e em menor grau a farinha de carne e a farinha de carne
812 e ossos apresentam deficiência de metionina e tirosina (Tacon *et al.* 2009). Nesse
813 contexto, a lisina, arginina e a metionina são, geralmente, os aminoácidos essenciais
814 mais limitantes nas dietas para camarão (Fox *et al.* 1995) e a lisina, seguida da
815 metionina, os aminoácidos mais deficientes nos subprodutos de animais terrestres
816 (Nunes *et al.* 2014).

817 Santos (2013) realizou uma avaliação de subprodutos de animais terrestres e de
818 resíduos do processamento de peixes como fonte de proteína em rações para o *L.*
819 *vannamei* e constatou que os subprodutos avaliados (farinha de vísceras de aves, farinha
820 de carne e ossos, farinha hidrolisada de penas, farinha de sangue suíno e farinha de
821 resíduos da filetagem de tilápia) são nutricionalmente inferiores e aparentemente menos
822 palatáveis comparados à farinha de salmão, principalmente em relação ao conteúdo e
823 balanceamento de aminoácidos essenciais. Nesse sentido, ao substituir a farinha de
824 peixe pela farinha de subprodutos de animais terrestres é necessária uma suplementação
825 nutricional (mix de vitaminas, aminoácidos essenciais e alguma fonte de proteína e
826 lipídeo de origem marinha), como ocorreu no presente estudo (tabela 1 e tabela 2) e em
827 outros estudos (Dominy e Ako, 1988; Tacon *et al.* 2010; Hernández *et al.* 2011; Niu *et*
828 *al.* 2011).

829 Dominy e Ako (1988) realizaram um cultivo de 42 dias com juvenis de *L.*
830 *vannamei*, estocados sob densidade de 50 camarões.m⁻², em que os camarões foram
831 alimentados com dietas contendo quatro diferentes tipos de farinha de sangue: farinha
832 de sangue *ring-dried*, farinha de sangue acidulada e secada ao sol, farinha de sangue

833 acidulada e secada ao sol contendo metionina cristalina e farinha de sangue acidulada e
834 secada ao sol, ligada de forma covalente a metionina. Ao final do cultivo, os autores não
835 observaram diferença significativa na sobrevivência final (96,8 a 100%), crescimento
836 (0,62 a 0,75 g/semana) e conversão alimentar aparente (1,6 a 2,0). Além disso, os
837 resultados também indicaram que a farinha de sangue suplementada com metionina
838 ligada de forma covalente pode ser uma forma potencialmente útil para complementar
839 os aminoácidos em dietas de camarão.

840 No estudo de Tacon *et al.* (2010), os autores concluíram que a substituição da
841 farinha de peixe pela farinha de peixe análoga somente apresentou êxito zootécnico e
842 econômico ao se utilizar na dieta uma suplementação com metionina e lisina, em
843 combinação com proteína e lipídeo de origem marinha (2% de farinha de krill e 1% de
844 óleo de peixe).

845 Hernández *et al.* (2011) testaram se o uso da farinha hidrolisada da cabeça de
846 atum pode melhorar a qualidade e digestibilidade da farinha de carne de suínos em
847 dietas para o *L. vannamei*. Segundo os autores, o aporte de 5% de farinha hidrolisada da
848 cabeça de atum possibilitou uma melhora no desempenho zootécnico do camarão, uma
849 vez que proporcionou uma maior atratividade, digestibilidade protéica e elevou o perfil
850 de aminoácidos na dieta. No estudo de Niu *et al.* (2011), a suplementação de metionina
851 microencapsulada na farinha de sangue contribuiu para que a farinha de peixe pudesse
852 ser substituída em até 60% sem efeitos deletérios no crescimento do *L. vannamei*.

853 O uso de subprodutos de animais terrestres como fonte de alimentos na
854 aquicultura contribui para a sustentabilidade do setor, uma vez que traz benefícios
855 ambientais e econômicos. De acordo com Naylor *et al.* (2009), a melhoria das técnicas
856 de processamento propiciou ao longo dos últimos 30 anos o aumento da digestibilidade
857 destes produtos para 80 a 90% e também contribuiu para diminuir o seu custo. Segundo
858 o mesmo autor, a proteína bruta da farinha dos subprodutos de animais terrestres é
859 significativamente mais barata em relação a proteína bruta da farinha de peixe. Por
860 exemplo, em julho de 2009, a farinha de vísceras de aves custava \$ 0,79 por
861 kg/proteína, enquanto que a farinha de anchova custava \$ 1,13 por kg/proteína.
862 Conforme Naylor *et al.* (1998), a ração representa mais de 50% do custo total de
863 produção, principalmente porque a farinha de peixe é a principal fonte de proteína
864 utilizada em dietas de organismos aquáticos. Nesse sentido, o uso de uma fonte mais

865 barata de proteína e com eficiência equivalente a proteína da farinha de peixe representa
866 uma diminuição nos custos totais de toda a cadeia produtiva. Do ponto de vista
867 ambiental, a utilização dos subprodutos de animais terrestres pode contribuir para a
868 redução do uso da farinha e óleo de peixe na aquicultura. Além disso, grande parte dos
869 subprodutos gerados do abate de animais terrestres (sangue, gorduras, vísceras, penas,
870 ossos, etc) que antes eram potenciais itens poluidores do meio ambiente e vetores de
871 doenças, agora são processados e comercializados como itens alimentares na
872 aquicultura. Dentre os subprodutos de animais terrestres utilizados como itens
873 alimentares, o uso da farinha de carne e farinha de carne e ossos é proibido em dietas
874 para bovinos, caprinos e ovinos desde o ano de 1996 no Brasil, por estarem associadas
875 às EETs, sobretudo Encefalopatia Espongiforme Bovina, popularmente chamada de
876 “doença da vaca louca” (MAPA, 2008). Entretanto, no que se refere a aquicultura, não
877 foi encontrada na literatura nenhuma associação da utilização destes subprodutos na
878 alimentação de organismos aquáticos e a presença de alguma enfermidade nos
879 organismos cultivados. De acordo com Naylor *et al.* (2009), evidências recentes
880 sugerem que o risco de transmissão de EETs via consumo de peixes é muita remota em
881 função de três motivos: (1) os príons encontrados em diversas espécies de peixes são
882 geneticamente distintos dos príons presentes em mamíferos, (2) os príons não
883 conseguem atravessar a barreira intestinal de peixes e são rapidamente eliminados do
884 organismo e (3) o processo de extrusão (cozimento em altas pressões) utilizado na
885 fabricação de rações é capaz de desativar os príons.

886

887 **6. CONCLUSÃO**

888

889 Sob as condições experimentais do presente estudo, os resultados atestam que a
890 farinha de peixe pode ser substituída em até 100% pela farinha de peixe análoga que foi
891 formulada, sem afetar negativamente o desempenho zootécnico do *L. vannamei* e a
892 qualidade da água no cultivo super intensivo com bioflocos em escala comercial.

893

894 A utilização da farinha de peixe análoga como fonte alternativa à farinha de
895 peixe contribui para a sustentabilidade da aquicultura, uma vez que diminui a
896 dependência do uso da farinha de peixe e também possibilita a redução dos custos de
produção.

897 Os resultados obtidos neste estudo podem contribuir para que a farinha de peixe
898 análoga possa ser utilizada na formulação de rações comerciais para o *L. vannamei*.

899

900 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

901

902 ABREU, PC, BALLESTER, ELC, ODEBRECHT, C, WASIELESKY, W, CAVALLI,
903 RO, GRANÉLI, W, ANESIO, AM. 2007. Importance of biofilm as food source
904 for shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) evaluated by stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ and
905 $\delta^{15}\text{N}$). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology., 347: 88-96.

906

907 ALLAN, GL, MAGUIRE, GB. 1991. Lethal levels of low dissolved oxygen and effects
908 of short-term oxygen stress on subsequent growth of juvenile *Penaeus monodon*.
909 Aquaculture., 94: 27-37.

910

911 AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA).1998. Standards methods
912 for the examination of water and wastewater. 19 th Edition. Washington, D. C.
913 1155p.

914

915 AMINOT, AE, CHAUSSEPIED, M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu
916 marin. Brest, CNEXO, 395 p.

917

918 AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon: nitrogen ratio as a control element in aquaculture
919 systems. Aquaculture., 176: 227-235.

920

921 AVNIMELECH, Y. 2009. Biofloc technology: A practical guide book. The World
922 Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States.

923

924 BALLESTER, ELC, WASIELESKY, W, CAVALLI, RO, ABREU, PC. 2007. Nursery
925 of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates:
926 Biofilm composition and shrimp performance. Aquaculture., 269: 355-362

927

928 BAUER, W, PRENTICE-HERNANDEZ, C, TESSER, MB, WASIELESKY, W,
929 POERSCH, LH. 2012. Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy
930 protein concentrate in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*.
931 *Aquaculture.*, 342-343: 112-116.
932

933 BENDSCHNEIDER, K, ROBINSON, RJ. 1952. A new spectrophotometric method for
934 the determination of nitrite in sea water. *Journal Marine Research.*,11: 87-96.
935

936 BOYD, CE. 1989. Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming.
937 Alabama Agricultural experiment.Station, Auburn University.Alabama.
938

939 BURFORD, MA, THOMPSON PJ, MCINTOSH, RP, BAUMAN, RH, PEARSON,
940 DC. 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*L. vannamei*)
941 nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture.*, 232: 525-537.
942

943 CHEN, S, LING, J, BLANCHETON, JP. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as
944 affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering.*, 34: 179-197.
945

946 CHI, S, TAN, B, MAI, K, ZHENG, S. 2009. Growth and feed efficiency of juvenile
947 shrimp *Litopenaeus vannamei* fed formulated diets containing different levels of
948 poultry by-product meal. *J. Ocean Univ. China.*, 8: 399-403.
949

950 COHEN, JM, SAMOCHA, TM, FOX, JM, GANDY, RL, LAWRENCE, AL. 2005.
951 Characterization of water quality factors during intensive raceway production of
952 juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure
953 management tools. *Aquacultural Engineering.*, 32: 425-442.
954

955 CRAB, R, AVNIMELECH, Y, DEFOIRDT, T, BOSSIER, P, VERSTRAETE, W.
956 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production.
957 *Aquaculture.*, 270:1-14.
958

- 959 CRUZ-SUÁREZ, LE, NIETO-LÓPEZ, M, GUAJARDO-BARBOSA, C, TAPIA-
960 SALAZAR, M, SCHOLZ, U, RICQUE-MARIE, D. 2007. Replacement of fish
961 meal with poultry by-product meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*,
962 and digestibility of the tested ingredients and diets. *Aquaculture.*, 272: 466-476.
963
- 964 DAVIS, DA & ARNOLD, CR. 2000. Replacement of fish meal in practical diets for the
965 Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture.*, 185: 291-298.
966
- 967 DOMINY, WG, AKO, H. 1988. The utilization of blood meal as a protein ingredient in
968 the diet of the marine shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture.*, 70: 289-299.
969
- 970 EATON, AD, CLESERCI, LS, GREENBERG, AE. 1995. Standard Methods for the
971 examination of water and waste water, 10th edition. (Eds.). American Public
972 Health Association. Washington D.C.
973
- 974 EBELING, JM, TIMMONS, MB, BISOGNI, JJ. 2006. Engineering analysis of the
975 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic control of
976 ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. *Aquaculture.*, 257: 346-
977 358.
- 978 FAO. 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). Disponível em:
979 <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf> . Acesso em: 17/03/2015.
980
- 981 FORSTER, IP, DOMINY, W, OBALDO, L, TACON, AGJ. 2003. Rendered meat and
982 bone meals as ingredients of diets for shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone,
983 1931). *Aquaculture.*, 219: 655-670.
984
- 985 FOX, JM, LAWRENCE, AL, LI-CHAN, E. 1995. Dietary requirement for lysine by
986 juvenile *Penaeus vannamei* using intact and free amino acid sources.
987 *Aquaculture.*, 131: 279-290.
988
- 989 FURTADO, PS, GAONA, CAP, POERSCH, LH, WASIELESKY, W. 2014.
990 Application of different doses of calcium hydroxide in the farming shrimp

991 *Litopenaeus vannamei* with the biofloc technology (BFT). Aquaculture
992 International., 22: 1009-1023.
993

994 FURTADO, PS, CAMPOS, BR, SERRA, FP, KLOSTERHOFF, M, ROMANO, LA,
995 WASIELESKY, W. 2015. Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp,
996 *Litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). Aquaculture
997 International., 23: 315-327.
998

999 GAONA, CAP, POERSCH, LH, KRUMMENAUER, D, FOES, GK, WASIELESKY,
1000 W. 2011. The effect of solids removal on water quality, growth and survival of
1001 *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. International
1002 Journal of Recirculating Aquaculture.11: (in press).
1003

1004 GATLIN, DM, BARROWS, FT, BROWN, P, DABROWSKI, K, GAYLORD, TG,
1005 HARDY, RW, HERMAN, E, HU, G, KROGDAHL, A, NELSON, R,
1006 OVERTURF, K, RUST, M, SEALEY, W, SKONBERG, D, SOUZA, EJ,
1007 STONE, D, WILSON, R, WURTELE, E. 2007. Expanding the utilization of
1008 sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquaculture Research., 38:
1009 551-579.
1010

1011 HERNÁNDEZ, C, OLVERA-NOVOA, MA, SMITH, DM, HARDY, RW,
1012 GONZÁLEZ-RODRÍGUES, B. 2011. Enhancement of shrimp *Litopenaeus*
1013 *vannamei* diets based on terrestrial protein sources via the inclusion of tuna by-
1014 product protein hydrolysates. Aquaculture., 317: 117-123.
1015

1016 JOHNSON, W, CHEN, S. 2006. Performance evaluation of radial/vertical flow
1017 clarification applied to recirculating aquaculture systems. Aquacultural
1018 Engineering., 34: 47-55.
1019

1020 KRUMMENAUER, D. 2012. Otimização do manejo para o cultivo do camarão-branco
1021 *Litopenaeus vannamei* em sistemas de estufas com bioflocos. Tese (Doutorado

1022 em Aqüicultura). Programa de Pós-graduação em Aqüicultura. Universidade
1023 Federal do Rio Grande. Rio Grande. 152p.
1024

1025 KRUMMENAUER, D, SAMOCHA, T, POERSCH, L, LARA, G, WASIELESKY, W.
1026 2014. The Reuse of Water on the Culture of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus*
1027 *vannamei*, in BFT System. Journal of the World Aquaculture Society., 45. doi:
1028 10.1111/jwas.12093
1029

1030 KUHN, DD, BOARDMAN, GD, LAWRENCE, AL, MARSH, L, FLICK, GJ. 2009.
1031 Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean
1032 protein in shrimp feed. Aquaculture., 296: 51-57.
1033

1034 LARA, GR. 2012. Técnicas de manejo aplicadas à redução das concentrações de nitrito
1035 na água de cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos.
1036 Dissertação (Mestrado em Aqüicultura). Programa de Pós-graduação em
1037 Aquicultura. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande. 67p.
1038

1039 LIN, YC, CHEN, JC. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone)
1040 juveniles at different salinity levels. Aquaculture., 224: 193-201.
1041

1042 LOWERY, RS. 1988. Growth, molting and reproduction. In: HOLDICH, DM &
1043 LOWERY, RS (eds). Freshwater Crawfish: Biology Management and
1044 Exploitation. Timber Press, Portland.
1045

1046 MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), 2008. Encefalopatia
1047 espongiforme bovina – EEB: doença da vaca louca. Ministério da Agricultura,
1048 Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília :
1049 MAPA/SDA, 24 p.
1050

1051 NAYLOR, R, GOLDBURG, RJ, MOONEY, H, BEVERIDGE, M, CLAY, J, FOLKE,
1052 C, KAUTSKY, N, LUBCHENCO, J, PRIMAVERA, J, WILLIAMS, M. 1998.
1053 Nature's subsidies to shrimp and salmon farming. Science., 282: 883-884.

1054
1055 NAYLOR, RL, GOLDBERG, RJ, PRIMAVERA, JH, KAUTSKY, N, BEVERIDGE,
1056 MCM, CLAY, J, FOLKE, C, LUBCHENCO, J, MOONEY, H, TROELL, M.
1057 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature.*, 405: 1017-1024.
1058
1059 NAYLOR, RL, HARDY, RW, BUREAU, DP, CHIU, A, ELLIOTT, M, FARRELL,
1060 AP, FORSTER, I, GATLIN, DM, GOLDBURG, RJ, HUA K, NICHOLS, PD.
1061 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. *PNAS* vol. 106, no 36.
1062
1063 NIU, H; CHANG, J, GUO, S, XIE, Z, ZHU, A. 2011. Effects of spray-dried blood cell
1064 meal with microencapsulated methionine substituting fish meal on the growth,
1065 nutrient digestibility and amino acid retention of *Litopenaeus vannamei*.
1066 *Aquaculture Research*, 42: 480-489.
1067
1068 NUNES, AJP, SÁ, MVC, BROWDY, CL, VASQUEZ-ANON, M. 2014. Practical
1069 supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids.
1070 *Aquaculture.*, 431: 20-27.
1071
1072 PONCE-PALAFOX, J, MARTINEZ-PALACIOS, CA, ROSS, LG. 1997. The effects of
1073 salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white
1074 shrimp *Penaeus vannamei*. Boone (1931). *Aquaculture.*, 157: 107-115.
1075
1076 ROSTAGNO, HS, ALBINO, LFT, DONZELE, JL, GOMES, PC, OLIVEIRA, RF,
1077 LOPES, DC, FERREIRA, AS, BARRETO, SLT. 2005. Tabelas brasileiras para
1078 aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2ª ed. Viçosa:
1079 Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia. 186p.
1080
1081 SAMOCHA, TM, DAVIS, DA, SAOUD, IP, DEBAULT, K. 2004. Substitution of fish
1082 meal by co-extruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the
1083 Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture.*, 231: 197-203.
1084

1085 SAMOCHA, TM, PATNAIK, S, SPEED, M, ALI, AM, BURGER, JM, ALMEIDA,
1086 RV, AYUB, Z, HARISANTO, M, HOROWITZ, A, BROOK, DL. 2007. Use of
1087 molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for
1088 *L. vanammei*. *Aquacultural Engineering.*, 36: 184-191.
1089

1090 SANTOS, PHG. Avaliação de subprodutos do abate de animais terrestres e de resíduos
1091 do processamento de peixes como fonte de proteína em rações para o camarão
1092 branco do pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). Dissertação
1093 (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais). Programa de Pós-Graduação em
1094 Ciências Marinhas Tropicais. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 77p.
1095

1096 SCHRYVER, P, CRAB, R, DEFOIRDT, T, BOON, N, VERSTRAETE, W. 2008. The
1097 basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture.*,
1098 277: 125-137.
1099

1100 SCHVEITZER, R, ARANTES, R, COSTÓDIO, PFS, ESPIRITO SANTO, CM,
1101 VINATEA, LA, SEIFFERT, WD, ANDREATTA, ER. 2013a. Effect of
1102 different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of
1103 *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange.
1104 *Aquacultural Engineering.*, 56: 59-70.
1105

1106 SCHVEITZER, R, ARANTES, R, BALOI, MF, COSTÓDIO, PFS, VINATEA, LA,
1107 SEIFFERT, WD, ANDREATTA, ER. 2013b. Use of artificial substrates in the
1108 culture of *Litopenaeus vannamei* (Biofloc System) at different stocking
1109 densities: Effects on microbial activity, water quality and production rates.
1110 *Aquacultural Engineering.*, 54: 93-103.
1111

1112 SERRA, FP, GAONA, CAP, FURTADO, PS, POERSCH, LH, WASIELESKY, W.
1113 2015. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the
1114 nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*
1115 *International.*, DOI 10.1007/s10499-015-9887-6
1116

- 1117 SOKAL, RR, ROHLF, RJ. 1969. Biometry. Principle and practices of statistics in
1118 biological research. WH Freeman & Co, 776 p.
1119
- 1120 STRICKLAND, JDH, PARSONS, TR. 1972. A practical handbook of seawater
1121 analysis. Canada, Ottawa. Fishery Research Board. 310 p.
1122
- 1123 TACON, AGJ, HASAN, MR, SUBASINGHE, RP. 2006. Use of fishery resources as
1124 feed inputs for aquaculture development: trends and policy implications. FAO
1125 Fisheries Circular. No. 1018, Food and Agricultural Organization of the United
1126 Nations, Rome, Italy. 99 pp.
1127
- 1128 TACON, AGJ, METIAN, M, HASAN, MR. 2009. Feed ingredients and fertilizers for
1129 farmed aquatic animals: sources and composition. FAO Fisheries and
1130 Aquaculture Technical. Roma: Food and Agriculture Organization of the United
1131 Nations. 209 p.
1132
- 1133 TACON, AGJ, CAHYONO, EW, SUGEMA, UUS, ZAUDJAT, C, NATES, S. 2010.
1134 Replacement of fishmeal and marine proteins in practical diets for Pacific white
1135 shrimp using terrestrial land animal proteins. Aquaculture Asia Pacific
1136 Magazine, Singapura., 6: 12-17.
1137
- 1138 TAN, B, MAI, K, ZHENG, S, ZHOU, Q, LIU, L, YU, Y. 2005. Replacement of fish
1139 meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus*
1140 *vannamei* (Boone). Aquaculture Research., 36: 439-444.
1141
- 1142 UNESCO.1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring.
1143 Manual and Guides12, Intergovernmental Oceanographic Commissiony. Paris,
1144 France. 53 p.
1145
- 1146 VAN WYK, P, SCARPA, J. 1999. Water Quality and Management. In: Van Wyk, P., *et*
1147 *al.* (eds.). Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems. Florida
1148 Department of Agriculture and Consumer Services. Tallahassee.

- 1149
- 1150 VINATEA, L. 1997. Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura: uma
1151 revisão para peixes e camarões. Florianópolis: UFSC. 349p
- 1152
- 1153 WANNAMAKER, CM, RICE, JA. 2000. Effects of hypoxia on movements and
1154 behavior of selected estuarine organisms from the southeastern United States.
1155 Journal of Experimental Marine Biology and Ecology., 249: 145-163.
- 1156
- 1157 WASIELESKY, W. 2000. Cultivo do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*
1158 (Decapoda, Penaeidae) no estuário da Lagoa dos Patos: efeitos de parâmetros
1159 ambientais e manejo de cultivo. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica),
1160 Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande. 147p.
- 1161
- 1162 WASIELESKY, W, ATWOOD, H, STOKES, A, BROWDY, CL. 2006. Effect of
1163 natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-
1164 intensive culture system for white shrimp *L. vannamei*. Aquaculture., 258: 396-
1165 403.
- 1166
- 1167 WATANABE, T. 2002. Strategies for further development of aquatic feeds. Fisheries
1168 Science, 68: 242–252.
- 1169
- 1170 YE, JD, WANG, K, LI, FD, SUN, YZ, LIU, XH. 2011. Incorporation of a mixture of
1171 meat and bone meal, blood meal and corn gluten meal as a replacement for fish
1172 meal in practical diets of Pacific White shrimp *L. vannamei* at two dietary
1173 protein levels. Aquaculture Nutrition., 17: 337-347.
- 1174
- 1175 ZHANG, P, ZHANG, X, LI, J, HUANG, G. 2006. The effects of body weight,
1176 temperature, salinity, pH, light intensity and feed condition on DO levels of
1177 whiteleg shrimp, *L. vannamei* (Boone, 1931). Aquaculture., 256: 579-587.