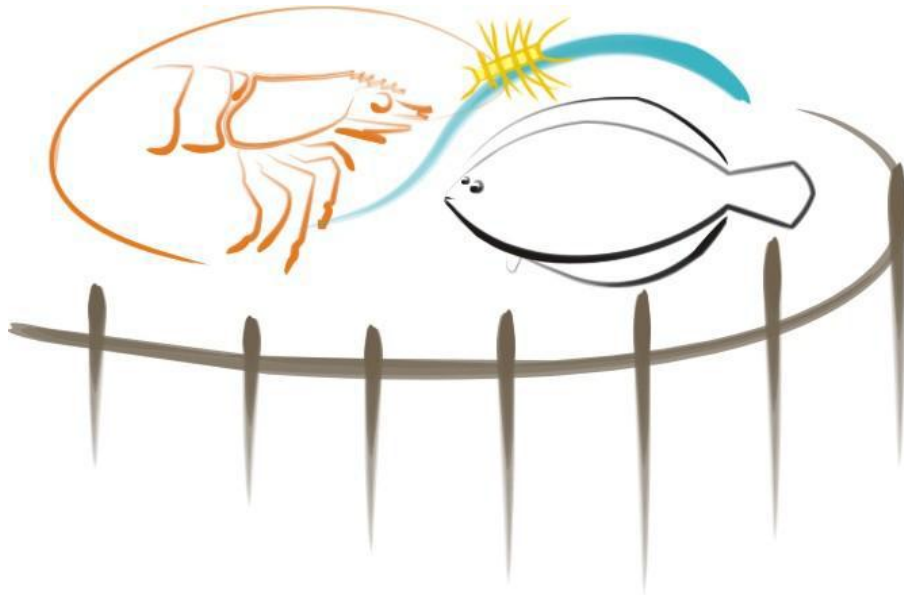




UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



**UTILIZAÇÃO DE INJETORES DE AR NO CULTIVO DO CAMARÃO
Litopenaeus vannamei EM SISTEMA DE BIOFLOCOS: FORMAÇÃO DOS
BIOFLOCOS, QUALIDADE DA ÁGUA E DENSIDADE DE ESTOCAGEM.**

Lucas Genésio Pereira da Silveira

Rio Grande, RS

2017

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

**UTILIZAÇÃO DE INJETORES DE AR NO CULTIVO DO CAMARÃO
Litopenaeus vannamei EM SISTEMA DE BIOFLOCOS: FORMAÇÃO DOS
BIOFLOCOS, QUALIDADE DA ÁGUA E DENSIDADE DE ESTOCAGEM.**

Lucas Genésio Pereira da Silveira

Orientador: Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr

Co-Orientador: Prof. Dr. Dariano Krummenauer

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

Rio Grande, RS

2017

ÍNDICE:

DEDICATÓRIA.....	v
AGRADECIMENTOS	vi
RESUMO GERAL	vii
GENERAL ABSTRACT.....	viii
INTRODUÇÃO GERAL	9
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	12
CAPÍTULO I.....	14
Utilização de diferentes sistemas de aeração para a engorda do <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema superintensivo em meio aos Bioflocos.	14
RESUMO	15
ABSTRACT	16
INTRODUÇÃO.....	17
OBJETIVO GERAL:.....	19
Objetivos específicos.....	19
MATERIAL E MÉTODOS.....	20
Local	20
Origem dos animais.....	20
Manejo Alimentar.....	20
Delineamento experimental.....	20
Variáveis físicas e químicas da água	21
Análise do tamanho dos Bioflocos	22
Análise da comunidade microbiana.....	22
Desempenho zootécnico	22
Análise estatística	23
RESULTADOS	23
Variáveis físicas e químicas da água	23
Tamanho de bioflocos	28

Microrganismos	28
Desempenho Zootécnico	30
DISCUSSÃO	30
CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
CAPÍTULO II.....	41
Engorda do camarão branco do pacífico <i>Litopenaeus vannamei</i> em altas densidades de estocagem em sistema BFT.	41
RESUMO	42
ABSTRACT	43
INTRODUÇÃO.....	44
OBJETIVO GERAL:.....	46
Objetivos específicos	46
MATERIAL E MÉTODOS.....	46
Local	46
Origem dos animais	46
Delineamento experimental.....	46
Variáveis físicas e químicas da água	47
Manejo Alimentar.....	48
Desempenho zootécnico	48
Análise estatística	48
RESULTADOS	49
Variáveis físicas e químicas da água	49
Desempenho Zootécnico	54
DISCUSSÃO	55
CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

CONCLUSÕES GERAIS	65
-------------------------	----

DEDICATÓRIA

À Deus.

À minha Mãe Elizabete.

À minha Tia Anair.

À família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Orientador Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr, por ter me proporcionado a oportunidade de participar do Projeto Camarão logo na minha chegada na EMA, pela paciência, orientações, incentivo, brincadeiras e experiências compartilhadas nas conversas na sala do café ou na sala de permanência.

Ao meu Co-Orientador Prof. Dr. Dariano Krummenauer, pelas inúmeras orientações, ensinamentos, pelas conversas e puxões de orelha, que com certeza me tornaram melhor e mais “cascudo”.

Ao Dr. Carlos Gaona, pelos ensinamentos e pelo apoio na arte de lidar com geradores e trocas de *blower*.

Ao Bob Advent por ter fornecido os *Nozzles* utilizados na minha pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura que contribuíram para minha formação.

Agradeço a presença da banca examinadora.

Ao Joaquim (Joca), Manuel e ao Plácido pela ajuda nas rotinas das estufas e pelas conversas sérias, e as vezes nem tão sérias regadas a cerveja na frente do Bagé.

Ao Geraldo, Aline e Júlio pelas dicas de sobrevivência.

Aos colegas do Projeto Camarão, Gabriele, Sabrina, Mariana, Natália, Paula, Jana, Eduarda, Helly Jr., Inácio, Plínio, João, Alessandro.

Aos estagiários do Projeto Camarão que me ajudaram nas rotinas diárias, Eduardo, George, Henrique, Bruno, Antônio e Anderson.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

Aos técnicos e funcionários da Estação Marinha de Aquicultura.

Enfim, a toda minha família e amigos por todo apoio e compreensão ao longo do mestrado.

RESUMO GERAL

Um dos maiores avanços para a aquicultura foi o desenvolvimento dos sistemas de bioflocos (BFT). O BFT é capaz de controlar os compostos nitrogenados e melhorar a qualidade da água com mínima ou nenhuma renovação de água, gerando alimento natural e de qualidade (os bioflocos) que é consumido pelos camarões, e desta forma, melhorando a performance zootécnica dos organismos criados. O BFT se caracteriza pela necessidade de altas concentrações de oxigênio, e com o desenvolvimento de novas tecnologias, como instrumentos de injeção de ar, surge também a necessidade de testes e pesquisas para avaliar se estas inovações se adaptam ao sistema já existente, visando incrementar a capacidade produtiva. O presente trabalho teve como objetivo contribuir para aprimorar o sistema de cultivo do *Litopenaeus vannamei* em BFT. Para tal fim, foram realizados dois experimentos na Estação Marinha de Aquicultura (Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande – FURG), sendo que cada experimento está descrito nos capítulos a seguir: (1) Utilização de diferentes sistemas de aeração para a engorda do *Litopenaeus vannamei* em cultivo superintensivo em meio aos Bioflocos; (2) Engorda do camarão branco do pacífico *Litopenaeus vannamei* em altas densidades de estocagem em sistema BFT. Para a realização dos experimentos foi utilizada uma estufa retangular de 585 m² com nove tanques com volume útil de 35 m³. No primeiro experimento realizado observou-se na utilização do sistema de ar difuso com mangueiras microperfuradas (Aerotube™) resultados mais consistentes, destacando-se como ótima ferramenta de aeração para as condições encontradas no presente estudo. No segundo experimento pode-se inferir que mesmo com um aumento considerável na densidade de estocagem, o sistema de aeração utilizado atendeu a demanda de oxigênio, porém, se estabelece um limite para esse incremento na densidade de estocagem.

GENERAL ABSTRACT

One of the major advances for aquaculture was the development of biofloc systems (BFT). This system is able to control nitrogen compounds and improve water quality with minimal or no water renewal, generating natural and good quality food (the bioflocs) that is consumed by the shrimps, improving its zootechnical performance. The demand for high oxygen concentration characterizes the BFT system, and the new technologies development, such as air injection instruments, create the need for tests and researches to evaluate if these innovations can adapt to the existing system, aiming to increase the productive capacity of this system. This study aimed to improve the BFT system for *Litopenaeus vannamei* cultivation. To this sake, two experiments were carried out in the Marine Aquaculture Station of FURG, Brazil, Rio Grande, Rio Grande do Sul state. Each experiment is described in the following chapters: (1) Use of different aeration systems for the *Litopenaeus vannamei* rearing in a super-intensive system among Bioflocs; (2) The pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* rearing at high stocking densities in BFT system. For the experiments, it were used a rectangular greenhouse (585 m²) with nine tanks and useful volume of 35 m³. In the first experiment the “A” treatment (Aerotube™) obtained consistent results, and standing out as a great tool for the culture conditions found during this study. In the second experiment, which shows that even with a considerable increase in stocking density, the aeration system met the oxygen demand. However, the increasing in the stocking density has an established limit.

INTRODUÇÃO GERAL

Com o crescimento exponencial da população mundial, a produção de alimentos para atender uma crescente demanda enfrenta grandes desafios. Segundo a FAO (2016) a população mundial por volta do ano de 2050 será de 9 bilhões de pessoas, e este cenário se torna mais complexo com a crescente competição por recursos naturais e incertezas políticas e econômicas. Em 2014 a aquacultura alcançou um marco fundamental, quando a produção de organismos aquáticos em cativeiro ultrapassou a produção pesqueira pela primeira vez. Porém, no contra ponto, a produção de camarão nos países asiáticos, maiores produtores da atualidade, experimentou uma visível queda nos últimos anos devido ao surgimento de doenças que prejudicam diretamente os índices produtivos. Diante deste quadro, se mostra necessário que produtores migrem para sistemas mais produtivos e biosseguros (FAO, 2016).

O crescente desenvolvimento dos sistemas de Bioflocos (BFT) vem fazendo com que cada vez mais esta tecnologia seja utilizada, pois trabalha com mínima ou nenhuma renovação de água durante o cultivo. O sistema BFT vem se destacando por ser uma prática sustentável para melhorar a qualidade da água de cultivo, e ainda disponibilizar uma biomassa microbiana rica em proteína e altamente benéfica para os organismos cultivados (Wasielesky et al., 2006; Crab et al., 2012). Estas práticas de manejo tornam possível manter a água de cultivo em condições ótimas para o bom desenvolvimento dos organismos cultivados, além de melhorar índices de conversão alimentar por disponibilizar alimento adicional e fazendo um melhor aproveitamento do nitrogênio fornecido através das rações (Hargreaves, 1998; De Schryver et al., 2008).

Ao ser analisado, em comparação com sistemas convencionais, o sistema BFT demonstra-se menos agressivo ao meio ambiente, Sandifer e Hopkins (1996) relataram que em um sistema convencional para produzir um quilo de camarão são necessários mais de 60 mil litros de água, enquanto que no sistema de Bioflocos são necessários pouco menos de 200 litros de água por quilo de camarão (Krummenauer et al., 2016; Samocha et al., 2010). Outro fator que deve ser levado em consideração é a existência da possibilidade da reutilização da água por vários ciclos, tornando o sistema biosseguro já que com renovações mínimas também reduzem o risco de entrada de patógenos no ambiente de cultivo (Krummenauer et al., 2014). Todas estas características fazem o sistema BFT ser considerado ambientalmente correto, já que retém a água dentro do sistema devido ao interesse nos nutrientes nela contidos, que se dispensados no meio

34 ambiente causariam poluição das águas costeiras, e também impede possíveis
35 propagações de doenças entre as populações selvagens e cultivadas (Wasielesky et al.,
36 2006).

37 O grande fator limitante enfrentado no sistema BFT é a alta demanda de
38 oxigênio. Em situações em que a demanda de oxigênio não seja atendida, podem
39 ocorrer prejuízos no crescimento e causar grandes taxas de mortalidade (Hopkins et al.,
40 1991). Em um sistema semi-intensivo de cultivo do camarão *L. Vannamei*, a demanda
41 por oxigênio aumenta de acordo com o tempo do cultivo (Santa and Vinatea, 2007). Por
42 tanto, é de se esperar que na parte final de um ciclo de cultivo em um sistema intensivo,
43 que utilize a tecnologia de bioflocos, a demanda por oxigênio também seja mais elevada
44 e um ponto consideravelmente preocupante.

45 De acordo com Fróes et al. (2012) os bioflocos são compostos de formações de
46 agregados bacterianos, incluindo protozoários, metazoários, microalgas, cianobactérias,
47 fezes, exoesqueletos e restos de animais mortos. Durante o processo de formação dos
48 agregados microbianos as interações mecânicas geradas pelos sistemas de aeração são
49 essenciais para o bom desenvolvimento dos bioflocos, sendo que o tamanho das bolhas
50 de ar fornecidas pelo sistema de aeração influenciam diretamente na velocidade de
51 formação dos agregados em questão (Krummenauer et al., 2011). O tamanho das bolhas
52 de ar fornecidas pelo sistema influenciam também na eficiência da transferência do
53 oxigênio para água, bolhas menores demoram mais até chegar a superfície ficando por
54 mais tempo disponível na coluna da água, além de apresentarem maior superfície de
55 troca do que o mesmo volume de oxigênio em bolhas grandes (Abdelrahman and
56 Veverica, 2016).

57 Com o objetivo de aumentar a produção através de incrementos na densidade de
58 estocagem diversos autores já conduziram investigações neste sentido, e demonstrando
59 uma certa evolução a cada trabalho com a utilização de novas tecnologias. Porém,
60 sempre apresentando dinâmicas de resultados semelhantes, com a redução do ganho de
61 peso individual ao passo que se aumenta a densidade de estocagem (Wyban et al., 1987;
62 Ootshi et al., 2007; Arnold et al., 2009).

63 As práticas de manejo do sistema BFT permitem que sejam utilizadas maiores
64 taxas de estocagem. A utilização de substrato em cultivos superintensivos é uma prática
65 que permite um aumento na densidade de estocagem. Pois aumentando a área de
66 superfície do tanque, reduz a densidade relativa, e aparentemente diminui o nível de
67 estresse dos camarões, indicado pelas melhoras no desempenho produtivo (Schveitzer et

68 al., 2013a). Este incremento na densidade gera um aumento na demanda de oxigênio
69 que não deve ser negligenciado. De acordo com Vinatea et al., (2009) a ausência de um
70 sistema de aeração em um cultivo superintensivo de *L. vannamei* pode reduzir as
71 concentrações de oxigênio a níveis letais em apenas 34 minutos. Entretanto, com o
72 surgimento de novas tecnologias capazes de manter níveis excelentes de concentrações
73 de oxigênio na água, e ainda demonstrando capacidade de manter uma circulação e um
74 revolvimento na coluna de água, vislumbra-se uma possibilidade de aumentar ainda
75 mais a capacidade de suporte deste sistema sem causar prejuízo para o desenvolvimento
76 dos camarões.

77 Na atualidade existe uma diversidade de equipamentos e sistemas de aeração
78 desenvolvidos para diferentes tipos de sistemas de cultivo, ao eleger um sistema de
79 cultivo intensivo é necessário que se escolha também um sistema de aeração eficiente
80 para suprir a demanda de oxigênio do sistema. Os sistemas de ar difuso utilizam
81 sopradores (*blowers*) que geram grandes volumes de ar com baixa pressão fornecendo
82 ar para difusores no fundo do tanque. Há uma grande variedade de difusores de ar, entre
83 eles podemos citar pedras porosas, tubos de cerâmica porosa, mangueiras perfuradas,
84 mangueiras microperfuradas (Aerotube™), entre outros (Boyd, 1998). Um sistema de
85 injeção de ar utilizado em sistemas *raceways* vem sendo considerado inovador, esse
86 sistema utiliza uma bomba centrífuga para recircular a água enquanto naturalmente
87 aspira ar do ambiente através de *snorkels* que ficam acoplados aos injetores por onde a
88 água retorna ao *raceway*. Este sistema apresenta uma capacidade de circulação e
89 revolvimento da água muito boa, além de se demonstrar muito eficiente na manutenção
90 de altas taxas de oxigênio devido a capacidade de produzir microbolhas, podendo
91 eliminar a necessidade de suplementação de oxigênio puro (Krummenauer et al. 2016).

92 Com a necessidade da avaliação de estratégias de aeração em sistemas
93 superintensivos de cultivo de camarões, este estudo avaliou dois sistemas de injeção de
94 ar, e suas contribuições na manutenção da qualidade água. E ainda, com o aumento da
95 oferta de oxigênio foram avaliados possíveis incrementos nas densidades de estocagem.
96 O objetivo principal foi aprimorar um sistema de criação de camarão marinho mais
97 sustentável e biosseguro, tornando-o mais eficiente e produtivo.

98

99 **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- 100 Abdelrahman, H.A., Veverica, K.L., 2016. Testing micro-nanobubble generating device
101 at different salinities. *Glob. Aquac. Advocate*.
- 102 Arnold, S.J., Coman, F.E., Jackson, C.J., Groves, S.A., 2009. High-intensity, zero
103 water-exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: An
104 evaluation of artificial substrates and stocking density. *Aquaculture* 293, 42–48.
105 doi:10.1016/j.aquaculture.2009.03.049
- 106 Boyd, C.E., 1998. Pond water aeration systems. *Aquac. Eng.* 18, 9–40.
- 107 Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W., 2012. Biofloc technology in
108 aquaculture : Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture* 356–357, 351–
109 356. doi:10.1016/j.aquaculture.2012.04.046
- 110 De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W., 2008. The basics of
111 bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture* 277, 125–
112 137. doi:10.1016/j.aquaculture.2008.02.019
- 113 FAO, 2016. The state of world fisheries and aquaculture. Rome. doi:92-5-105177-1
- 114 Fróes, C., Fóes, G., Krummenauer, D., Ballester, E., Poersch, L.H., Wasielesky, W.,
115 2012. Fertilização Orgânica Com Carbono No Cultivo Intensivo Em Viveiros
116 Com Sistema De Bioflocos Do Camarão Branco *Litopenaeus vannamei*. *Atlântica*
117 34, 31–39. doi:10.5088/atl.2012.34.1.31
- 118 Hargreaves, J.A., 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture*
119 166, 181–212. doi: 10.1016/S0044-8486(98)00298-1
- 120 Hopkins, J.S., Stokes, A.D., Browdy, C.L., Sandifer, P.A., 1991. The relationship
121 between feeding rate, paddlewheel aeration rate and expected dawn dissolved
122 oxygen in intensive shrimp ponds. *Aquac. Eng.* 10, 281–290. doi: 10.1016/0144-
123 8609(91)90017-E
- 124 Krummenauer, D., Advent, B., Gaona, C.A.P., Fóes, G., Silveira, L.G.P., Moura, P.S.,
125 Poersch, L.H., Wasielesky, W.J., 2016. Sistemas de injetores de ar nos cultivos
126 superintensivos em meio aos bioflocos. *Panor. da Aqüicultura* 155, 24–31.
- 127 Krummenauer, D., Peixoto, S., Cavalli, R.O., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2011.
128 Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc
129 technology system in Southern Brazil at different stocking densities. *J. World*
130 *Aquac. Soc.* 42, 726–733. doi: 10.1111/j.1749-7345.2011.00507.x

131 Krummenauer, D., Samocha, T., Poersch, L., Lara, G., Wasielesky, W., 2014. The reuse
132 of water on the culture of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT
133 system. *J. World Aquac. Soc.* 45, 3–14. doi:10.1111/jwas.12093

134 Otonari, C.A., Naguwa, S.S., Falesch, F.C., Moss, S.M., 2007. Shrimp Behavior May
135 Affect Culture Performance At Super-Intensive Stocking Densities. *Glob. Aquac.*
136 *Advocate* 67–69.

137 Samocha, T.M., Ph, D., Morris, T.C., Hanson, T., Ph, D., 2010. Intensive Raceways
138 Without Water Exchange Analyzed For White Shrimp Culture. *Glob. Aquac.*
139 *Advocate* 13, 22–24.

140 Sandifer, P.A., Hopkins, J.S., 1996. Conceptual design of a sustainable pond-based
141 shrimp culture system. *Aquac. Eng.* 15, 41–52. doi: 10.1016/0144-
142 8609(95)00003-W

143 Santa, K.D., Vinatea, L., 2007. Evaluation of respiration rates and mechanical aeration
144 requirements in semi-intensive shrimp *Litopenaeus vannamei* culture ponds.
145 *Aquac. Eng.* 36, 73–80. doi: 10.1016/j.aquaeng.2006.07.002

146 Schweitzer, R., Arantes, R., Baloi, M.F., Costódio, P.F.S., Arana, L.V., Seiffert, W.Q.,
147 Andreatta, E.R., 2013. Use of artificial substrates in the culture of *Litopenaeus*
148 *vannamei* (Biofloc System) at different stocking densities: Effects on microbial
149 activity, water quality and production rates. *Aquac. Eng.* 54, 93–103. doi:
150 10.1016/j.aquaeng.2012.12.003

151 Vinatea, L., Gálvez, A.O., Venero, J., Leffler, J., Browdy, C., 2009. Oxygen
152 consumption of *Litopenaeus vannamei* juveniles in heterotrophic medium with
153 zero water exchange. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 44, 534–538. doi:
154 <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000500014>

155 Wasielesky, W., Atwood, H., Stokes, A., Browdy, C.L., 2006. Effect of natural
156 production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive
157 culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 258, 396–
158 403. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.04.030

159 Wyban, J.A., Lee, C.S., Sato, V.T., Sweeney, J.N., Richards, W.K., 1987. Effect of
160 stocking density on shrimp growth rates in manure-fertilized ponds. *Aquaculture*
161 61, 23–32. doi: 10.1016/0044-8486(87)90334-6.

162

163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180

CAPÍTULO I

UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE AERAÇÃO PARA A ENGORDA DO *LITOPENAEUS VANNAMEI* EM SISTEMA SUPERINTENSIVO EM MEIO AOS BIOFLOCOS.

Lucas Genésio Pereira da Silveira

Laboratório de Carcinocultura, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Rio Grande – RS, Brasil.
sdgenesio@gmail.com

181

RESUMO

182 Neste estudo foram avaliados os efeitos de diferentes sistemas de aeração na
183 formação de bioflocos, qualidade da água e no desempenho zootécnico de juvenis de
184 *Litopenaeus vannamei* criados em sistema BFT. A pesquisa foi realizada na Estação
185 Marinha de Aquacultura da FURG, RS, sendo utilizados juvenis de *L. vannamei* ($0,42 \pm$
186 $0,21$) em densidade de estocagem de 300 camarões / m² em nove tanques revestidos de
187 35 m³ recobertos por uma estufa retangular (três tratamentos com três repetições).
188 Tratamento “N” (*Nozzle*) composto por 4 injetores de ar e alimentados por uma bomba
189 centrífuga. Tratamento “A” (*Aerotube*TM) se utilizaram mangueiras microperfuradas
190 dispostas no fundo dos tanques alimentados por soprador de ar. Tratamento “N + A”
191 formado por um sistema misto entre os dois primeiros (2 injetores de ar e mangueiras
192 microperfuradas). Temperatura da água, oxigênio dissolvido e pH foram monitorados
193 diariamente. Enquanto que salinidade, N-AT, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, alcalinidade e sólidos
194 suspensos totais foram monitorados semanalmente. Os resultados foram analisados por
195 uma análise de variância de uma via (ANOVA) e teste Tukey ($\alpha=0,05$), e não obtiveram
196 diferença significativa entre si ($P>0,05$). Com resultados obtidos de Ganho de Peso
197 Semanal variando entre 0,86 e 1,0 g/ semana, sobrevivência acima de 78% e
198 produtividades entre 2,35 e 2,97 Kg / m³. Embora não tenha ocorrido diferenças
199 significativas entre os tratamentos, o sistema de ar difuso (*Aerotube*TM) obteve
200 resultados mais consistentes, e destacando-se como uma ótima ferramenta para as
201 condições de cultivo encontradas durante o presente estudo.

202

ABSTRACT

203

204 This study evaluated the effects of different aeration systems on the formation of
205 bioflocs, water quality and zootechnical performance of *Litopenaeus vannamei*
206 juveniles reared on BFT system. The research was carried out at the Marine
207 Aquaculture Station of FURG, Brazil, Rio Grande, Rio Grande do Sul state, were
208 juveniles of *L. vannamei* (0.42 ± 0.21 g) were used in a stocking density of 300 shrimps
209 / m², in nine 35 m³ coated tanks covered by a greenhouse (three treatments with three
210 replicates). Treatment "N" (*Nozzle*) consisting of four air injectors and supplied by a
211 centrifugal pump. Treatment "A" (*Aerotube*TM) were used micro perforated hoses
212 arranged at the bottom of tanks supplied by air blower. Treatment "N + A" formed by a
213 mixed system between the first two (two air injectors and micro perforated hoses). It
214 was monitored daily the water temperature, dissolved oxygen and pH. Moreover,
215 weekly monitoring for salinity, TA-N, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N, alkalinity and total suspended
216 solids. The results were analyzed by a one-way ANOVA and Tukey test ($\alpha = 0.05$), and
217 did not show any significant difference ($P > 0.05$). With results obtained of survival
218 above 78%, Weekly Growth ranged from 0.86 to 1.0 g/ week, and productivity between
219 2.35 and 2.97 kg / m³. Although there were no significant differences between the
220 treatments, the "A" treatment (*Aerotube*TM) obtained consistent results, and standing out
221 as a great tool for the growing conditions found during this study.

222

223

224 **INTRODUÇÃO**

225 O cultivo de camarões em sistemas de Bioflocos vem crescendo nos últimos
226 anos. Sendo um sistema que trabalha com mínima ou nenhuma renovação de água
227 durante o ciclo de produção. O sistema recebeu notoriedade pois possibilita manter
228 simultaneamente a boa qualidade da água nos sistemas de cultivo e produzir alimento
229 adicional para os organismos aquáticos (Hargreaves, 1998; De Schryver et al., 2008;
230 Crab et al., 2012). Este alimento natural presente na coluna da água pode melhorar
231 significativamente os parâmetros zootécnicos dos organismos cultivados, reduzindo os
232 custos no arraçamento dos camarões, e aproveitando os nutrientes que seriam
233 dispensados (Wasielesky et al., 2006). Bioflocos são agregados de algas, bactérias,
234 protozoários, e outros tipos de particulados de material orgânico, tal como fezes e sobra
235 de ração (Fróes et al., 2012; Hargreaves, 2013).

236 No sistema BFT as bactérias heterotróficas são responsáveis pela remoção do
237 nitrogênio amoniacal do sistema. A eficiência desta remoção aumenta
238 significativamente através do aumento da relação C:N (carbono : nitrogênio) (De
239 Schryver et al., 2008). O controle do nitrogênio inorgânico no viveiro de cultivo é
240 baseado no metabolismo do carbono e nos processos microbianos de imobilização de
241 nitrogênio e de transformação do mesmo em proteína.

242 As bactérias heterotróficas utilizam os carboidratos (açúcares, amidos e
243 celulose) como alimento, para gerar energia e crescer, produzindo proteínas e novas
244 células. Essa utilização dos carboidratos pelas bactérias é acompanhada pela
245 imobilização de nitrogênio inorgânico. As novas células formadas a partir da
246 imobilização do nitrogênio são majoritariamente compostas por proteínas (Avnimelech,
247 1999).

248 Na formação dos agregados microbianos no sistema BFT as interações
249 mecânicas geradas pelos sistemas de aeração são fundamentais para o bom
250 desenvolvimento dos bioflocos, sendo a velocidade de formação destes agregados
251 influenciada pelo tamanho das bolhas de ar fornecidas pelo sistema de aeração
252 (Krummenauer et al., 2011). Provavelmente, quanto menor for o tamanho das bolhas de
253 ar fornecidas pelo sistema de aeração, mais rápido devem se formar os agregados,
254 maturando os bioflocos mais rapidamente, os quais poderão servir de alimento
255 alternativo para os camarões. Em estudo realizado para determinar a preferência no
256 tamanho de bioflocos consumido por camarões, estes demonstraram aptidão ao consumo
257 de bioflocos de diversos tamanhos. Não sendo o tamanho um fator limitante no

258 consumo do biofloco, porém, afirma que o tamanho do biofloco tem influência direta no
259 reaproveitamento de nitrogênio (Ekasari et al., 2014).

260 Os sistemas de cultivo em bioflocos são mais eficientes e menos agressivos ao
261 ambiente, com um grande potencial de aproveitamento de área, e com ótimos resultados
262 de produtividade podendo chegar a 4,09 Kg / m² (Krummenauer et al., 2011). No contra
263 ponto dos sistemas convencionais ou extensivos, que tem uma grande demanda de área,
264 com baixos resultados de produtividade de 0,155 Kg / m² (Sandifer et al., 1993). Outro
265 fator que torna o sistema BFT mais eficiente é a demanda por água, este sistema é capaz
266 de produzir 1 Kg de camarão com menos de 200 litros, variando de 98 a 126 L / Kg
267 (Samocha et al., 2010). Enquanto que no sistema convencional para produzir a mesma
268 quantia de 1 Kg de camarão são necessários 60.000 litros de água (Sandifer and
269 Hopkins, 1996). As características de retenção de água e aproveitamento dos nutrientes
270 foram enaltecidas por Wasielesky et al., (2006), que o denominaram como sistema
271 amigo do meio ambiente, por reduzir potencialmente o risco de poluição de águas
272 costeiras e evitar propagação de possíveis patógenos entre as populações selvagens e
273 cultivadas.

274 A utilização do sistema BFT permite aumentar as densidades de estocagem,
275 Krummenauer et al., (2011) ao avaliar diferentes densidades de estocagem em um
276 cultivo superintensivo utilizando sistema BFT, obtiveram resultados que demonstram
277 que a densidade ideal para este tipo de cultivo é de 300 camarões / m². Entretanto, altas
278 densidades de estocagem exigem uma maior concentração de oxigênio dissolvido no
279 sistema, então torna-se necessário um sistema de aeração capaz de manter uma certa
280 circulação e revolvimento da coluna água para que não ocorra formação de zonas
281 anóxicas.

282 Conforme descrito por Santa and Vinatea (2007), de acordo com o tempo de
283 cultivo em sistemas semi-intensivos aumenta a demanda por oxigênio e aeração. Sendo
284 o oxigênio uma das variáveis mais importantes para o sucesso do empreendimento
285 produtivo, podendo ser causa de redução no crescimento e até mesmo das altas taxas de
286 mortalidade (Hopkins et al., 1991). Tendo em vista que com a ausência ou falha no
287 funcionamento de um sistema de aeração em um cultivo superintensivo de *L. vannamei*
288 pode reduzir as concentrações de oxigênio a níveis letais em aproximadamente 30
289 minutos (Vinatea et al., 2009). A adoção de um sistema de aeração eficiente com
290 capacidade para atender as demandas de um cultivo intensivo em meio aos bioflocos se
291 torna vital para o bom andamento da produção.

292 Sistemas de ar difuso utilizam *blowers* que geram grandes volumes de ar com
293 baixa pressão fornecendo ar para difusores no fundo do tanque (Boyd, 1998; Lara et al.,
294 2017). Existe grande variedade de difusores, entre eles pedras porosas, mangueiras
295 perfuradas, tubos de cerâmica porosa, Aerotube™, entre outros. Um novo sistema de
296 injeção de ar vem sendo desenvolvido e utilizado em sistemas *raceway*, este sistema
297 utiliza apenas uma bomba centrífuga para recircular a água enquanto naturalmente
298 aspira ar do ambiente através de *snorkels*, e ao retornar pelos injetores a água está com
299 uma relação de ar: água de 3: 1. Este retorno produz micro bolhas e altas taxas de
300 transferência de oxigênio para a água, podendo eliminar a necessidade de
301 suplementação de oxigênio puro (Krummenauer et al. 2016).

302 Devido ao avanço das técnicas de produção em aquicultura e a boa adaptação do
303 sistema BFT para a produção de camarões, existe a necessidade da avaliação de
304 estratégias alternativas de aeração em sistemas superintensivos de camarões. Este
305 estudo teve como finalidade avaliar dois sistemas de injeção de ar, suas contribuições na
306 manutenção da qualidade da água através da incorporação e mistura de oxigênio e os
307 efeitos dos mesmos sobre o desenvolvimento do bioflocos e do camarão marinho
308 *Litopenaeus vannamei*.

309

310 **OBJETIVO GERAL:**

311 Analisar a performance de dois sistemas de aeração na formação de flocos
312 microbianos, na qualidade da água e no desempenho zootécnico dos animais, durante a
313 fase de engorda do camarão branco *L. vannamei* cultivados em sistema BFT.

314

315 **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

316 a) Avaliar o efeito dos sistemas de injeção de ar no processo de formação
317 dos bioflocos.

318 b) Avaliar e comparar o efeito dos sistemas de injeção de ar na qualidade
319 da água.

320 c) Avaliar o efeito dos sistemas de injeção de ar no desempenho
321 zootécnico dos camarões durante a fase de engorda em cultivo
322 superintensivo em sistema BFT.

323

324 MATERIAL E MÉTODOS

325 LOCAL

326 O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquacultura (EMA),
327 pertencente ao Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (IO-
328 FURG), Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil.

329

330 ORIGEM DOS ANIMAIS

331 Foram utilizados juvenis de *Litopenaeus vannamei* cultivados em um berçário
332 dentro de uma estufa do Laboratório de Carcinocultura da Estação Marinha de
333 Aquacultura com peso médio inicial de 0,42 g \pm 0,21 g.

334

335 MANEJO ALIMENTAR

336 Durante o experimento os animais foram alimentados 3 vezes ao dia, com uma
337 ração comercial específica (38% PB), as alimentações feitas a lanço durante o dia e
338 disponibilizadas em alimentadores automáticos durante a noite, a taxa inicial de
339 arraçoamento foi baseada em um crescimento semana de 1,0 g, estimando a conversão
340 alimentar em 1,4 e considerando mortalidades de 0,5% por semana. Após isso, os
341 ajustes na taxa de arraçoamento foram feitos baseados nas biometrias e consumo da
342 ração observado. Os ajustes nas taxas de arraçoamento foram feitos através da seguinte
343 equação: $QRD = (N \times CSE \times CAE \times S) / 7$; Onde QRD = Quantidade de Ração Diária,
344 CSE = Crescimento Semanal Esperado, CAE = Conversão Alimentar Esperada, e S =
345 Sobrevivência esperada para semana (Braga et al., 2016).

346

347 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

348 O experimento foi realizado em uma estufa retangular de 585 m². Os juvenis
349 com peso médio inicial de 0,42 g foram estocados na densidade de 300 camarões / m²
350 em nove tanques retangulares de 5 X 7 m (35 m²), com volume útil de 35.000 litros,
351 revestidos com polietileno de alta densidade de 1,5 mm (PEAD).

352 Para o desenvolvimento deste estudo foram testados três sistemas de aeração
353 com três repetições cada, sendo:

- 354 • (N) Sistema de injetores (*Nozzles*) de ar alimentados por uma bomba centrífuga
355 de 1 HP com 4 injetores de ar por tanque;

- 356 • (A) Sistema de ar difuso (aerotubes), composto por um soprador (*blower*) de 4,5
357 HP dividido pelos tanques que utilizaram aerotubes dispostos no fundo.
358 Tratamento “A” utilizou pedaços de aerotube de 15 cm, sendo uma unidade a
359 cada 1,5 m²; e,
- 360 • (N+A) sistema misto com os dois sistemas de aeração descritos anteriormente, 2
361 injetores de ar por tanque, e 1 pedaço de aerotube a cada 3 m².

362 Para a formação dos bioflocos foi mantida a relação C: N de 15: 1 através de
363 fertilizações orgânicas, de acordo com a metodologia proposta por Avnimelech (1999) e
364 Ebeling et al. (2006). A fonte de carbono utilizada nas fertilizações foi o melaço de cana
365 de açúcar e a fonte de nitrogênio foram os detritos gerados pelos camarões e a ração
366 fornecida.

367

368 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA

369 As determinações de temperatura, oxigênio dissolvido e pH foram realizadas
370 duas vezes ao dia com auxílio de multiparâmetro HQ40d (Hach company, Loveland,
371 Colorado, Estado Unidos). As concentrações de nitrogênio amoniacal total e nitrito
372 foram mensurados diariamente até a estabilização e após isso, duas vezes por semana.
373 As concentrações de nitrato e fosfato foram mensuradas semanalmente. As análises de
374 amônia total seguiram metodologias descritas em UNESCO (1983), de nitrito descrita
375 em Bendschneider and Robinson (1952) e de fosfato e nitrato por Aminot and
376 Chaussepied (1983). Durante o experimento até a estabilização dos compostos
377 nitrogenados nos tanques através do controle pelas bactérias heterotróficas, sempre que
378 verificado algum aumento nos níveis de Nitrogênio Amoniacal Total, era adicionado
379 melaço de cana para assim manter a relação C / N entre 15 e 20 g de carbono para 1 g
380 de nitrogênio amoniacal presente no meio, e desta maneira estimular a formação das
381 bactérias heterotróficas (Samocho et al., 2007). A alcalinidade foi analisada
382 semanalmente conforme metodologia proposta por APHA (1998). Quando a
383 alcalinidade alcançava valores abaixo de 120 mg CaCO₃ / L e o pH valores abaixo de
384 7,3 (recomendado por Ebeling et al., 2006) foram feitos ajustes com cal hidratada,
385 seguindo a metodologia descrita por Furtado et al., (2011). A turbidez da água foi
386 determinada com um turbidímetro (Hach® 2100P, Hack Company, Loveland,
387 Colorado, United States). A metodologia de análise dos sólidos suspensos totais (SST)
388 utilizada foi adaptada de Strickland and Parsons (1972). Os níveis dos SST foram

389 mantidos abaixo de 500 mg / L seguindo o recomendado por Cohen et al., (2005) e
390 Samocha et al., (2007). Quando os níveis de SST alcançaram valores próximos a 500
391 mg / L, foram utilizados sedimentadores para o processo de clarificação conforme
392 descrito por Gaona et al., (2016).

393 **ANÁLISE DO TAMANHO DOS BIOFLOCOS**

394 As amostras foram coletadas semanalmente e fixadas em solução de formaldeído
395 4%, e armazenadas em frascos âmbar para análise dos tamanhos dos flocos por imagem.

396 Imagens dos bioflocos foram capturadas utilizando um microscópio (Nikon
397 Eclipse E200) conectado a uma câmera de vídeo (Nikon Moticam 5 5.0MP). As
398 medições informatizadas dos agregados microbianos foram realizadas nas imagens
399 digitalizadas utilizando o software específico da câmera Motic Imagens Plus 3.0(x64)
400 para Windows.

401

402 **ANÁLISE DA COMUNIDADE MICROBIANA**

403 Para caracterização e quantificação da comunidade microbiana presente na água
404 do cultivo, foram utilizadas as mesmas amostras que as utilizadas para a análises de
405 tamanho de biofoco.

406 Para contagem de ciliados (20-200 μ m), flagelados (2-20 μ m) e microalgas foi
407 utilizado microscópio invertido Zeiss Axiovert[®] com objetiva final de 40 x. Alíquotas
408 de 2,1 ml de amostra foram contadas em câmara de sedimentação em 30 campos
409 aleatórios (Utermöhl, 1958). Os microrganismos foram classificados em diferentes
410 grupos. Todas as contagens foram realizadas no Laboratório de Impactos da Aquicultura
411 localizado na Estação Marinha de Aquicultura, IO/FURG.

412

413 **DESEMPENHO ZOOTÉCNICO**

414 O crescimento dos camarões foi acompanhado por meio de biometrias semanais,
415 de 60 indivíduos por tratamento sendo utilizada balança digital com precisão de 0,01 g
416 (Marte[®] científica AS2000, Santa Rita do Sapucaí, MG, Brasil). Para avaliar o
417 desempenho zootécnico dos camarões foram avaliados: ganho de peso semanal (GPS)
418 pelo seguinte cálculo: $GP = (PI - PF) / n^{\circ} \text{ semanas de cultivo}$. Conversão alimentar
419 aparente (CAA): $CAA = \text{alimento oferecido} / \text{incremento de biomassa}$. Sobrevivência:
420 $(\text{biomassa final} / \text{peso médio individual}) / n^{\circ} \text{ indivíduos estocados} \times 100$. E
421 Produtividade: $(\text{biomassa final} - \text{biomassa inicial}) / \text{volume do tanque}$.

422 ANÁLISE ESTATÍSTICA

423 Foram realizados testes estatísticos a fim de comparar entre os tratamentos os
424 resultados de qualidade da água, tamanho de floco e desempenho zootécnico. Foram
425 verificadas a homocedasticidade e a normalidade dos dados, através dos testes de
426 Cochram C e Kolmogorov-Smirnov, respectivamente. Posteriormente foi aplicada
427 ANOVA de uma via ($\alpha = 0,05$) e um teste *Post-hoc* Tukey quando encontradas
428 diferenças significativas (ZAR, 1996).

429

430 RESULTADOS

431 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA

432 Os resultados obtidos para os parâmetros de temperatura, oxigênio dissolvido,
433 pH, alcalinidade, amônia, nitrito, nitrato, sólidos suspensos totais, turbidez, salinidade e
434 fosfato não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os diferentes
435 tratamentos durante os 77 dias de experimento e estão representados na Tabela 1.

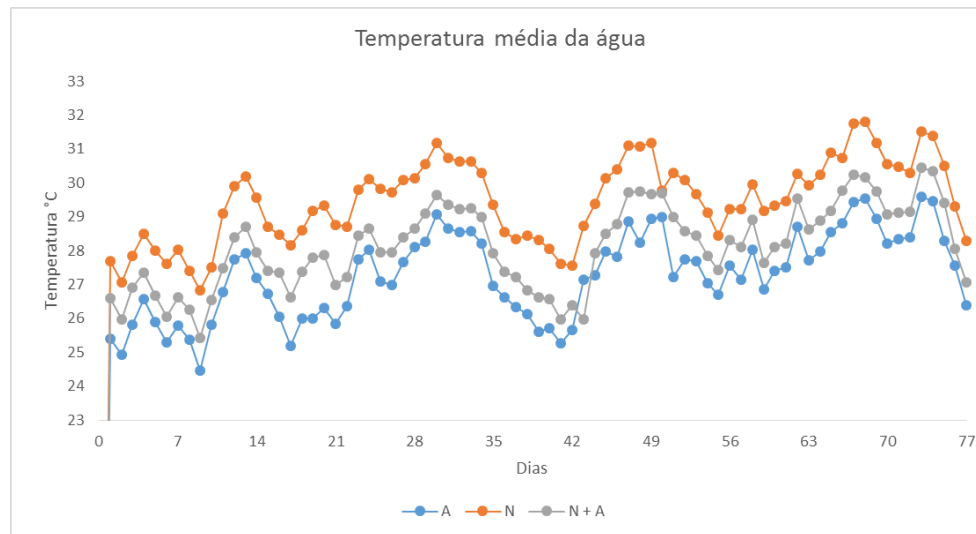
436

437 **Tabela 1** - Parâmetros físico-químicos da água (média \pm desvio padrão) como
438 temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (mg / L), pH, alcalinidade (mg CaCO_3 / L),
439 amônia (mg N-AT / L), nitrito (mg N- NO_2^- / L), nitrato (mg N- NO_3^- / L), sólidos
440 suspensos totais (mg / L), turbidez (NTU), fosfato (mg PO_4^- / L) e salinidade nos
441 tratamentos N (Nozzle), A (Aerotube), N+A (sistema misto Nozzles + Aerotube).
442 Durante 77 dias de cultivo do *Litopenaeus vannamei* na fase de engorda em
443 sistema BFT.

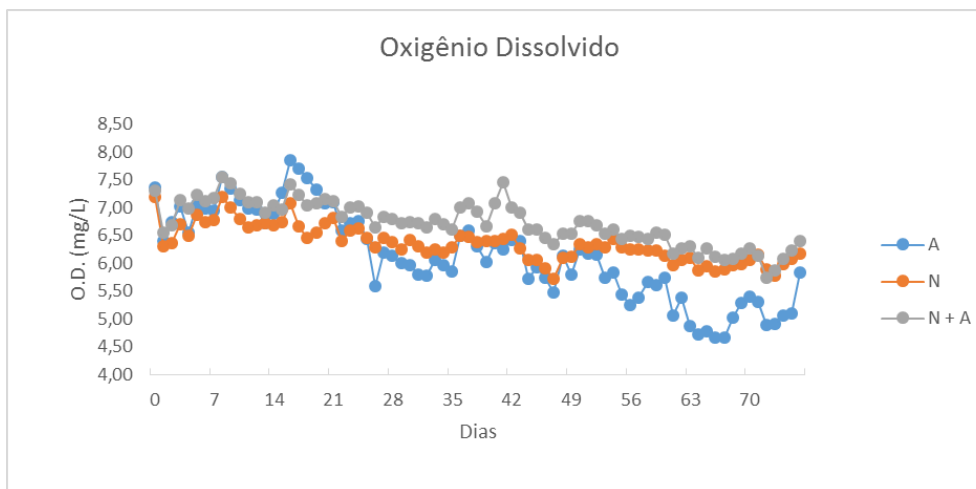
Parâmetros	Tratamentos		
	N	A	N+A
Temperatura	29,48 \pm 1,20	27,28 \pm 1,25	28,12 \pm 1,22
O₂D	6,36 \pm 0,32	6,13 \pm 0,81	6,72 \pm 0,40
pH	7,58 \pm 0,23	7,64 \pm 0,31	7,68 \pm 0,32
Alcalinidade	130,05 \pm 40,19	120,89 \pm 30,31	120,89 \pm 2,64
Amônia	0,14 \pm 0,22	0,20 \pm 0,39	0,13 \pm 0,27
Nitrito	0,56 \pm 0,25	0,47 \pm 0,26	0,56 \pm 0,28
Nitrato	29,17 \pm 26,24	23,71 \pm 26,49	22,24 \pm 21,74
SST	265,31 \pm 108,06	341 \pm 198,35	293 \pm 149,19
Turbidez	69,23 \pm 30,01	96,24 \pm 92,05	132,93 \pm 135,89
Salinidade	26,04 \pm 2,4	26,6 \pm 1,8	26,58 \pm 1,62
Fosfato	4,37 \pm 2,94	3,57 \pm 2,67	4,32 \pm 2,78

444

445 As variações de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, amônia, nitrito e nitrato
446 ao longo do tempo entre tratamentos estão apresentadas nas Figuras 1 à 6.
447



448 **Figura 1-** Variações de temperatura ao longo do cultivo de *L. vannamei* na
449 fase de engorda em sistema BFT com diferentes sistemas de aeração.
450
451



452 **Figura 2-** Variações das concentrações de oxigênio dissolvido ao longo do
453 cultivo de *L. vannamei* na fase de engorda em sistema BFT com diferentes
454 sistemas de aeração.
455
456

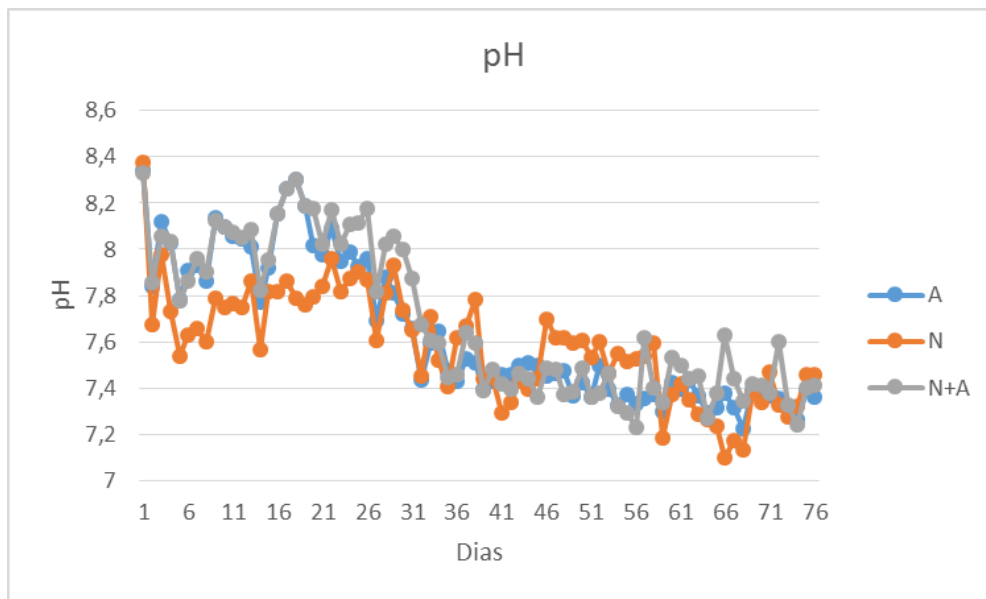


Figura 3- Variações do pH ao longo do cultivo de *L. vannamei* na fase de engorda em sistema BFT com diferentes sistemas de aeração.

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

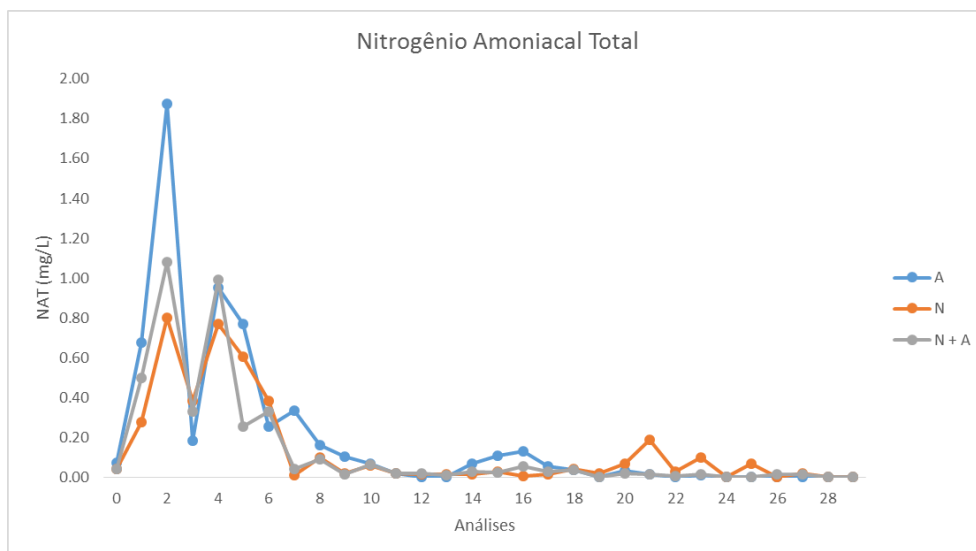
469

470

471

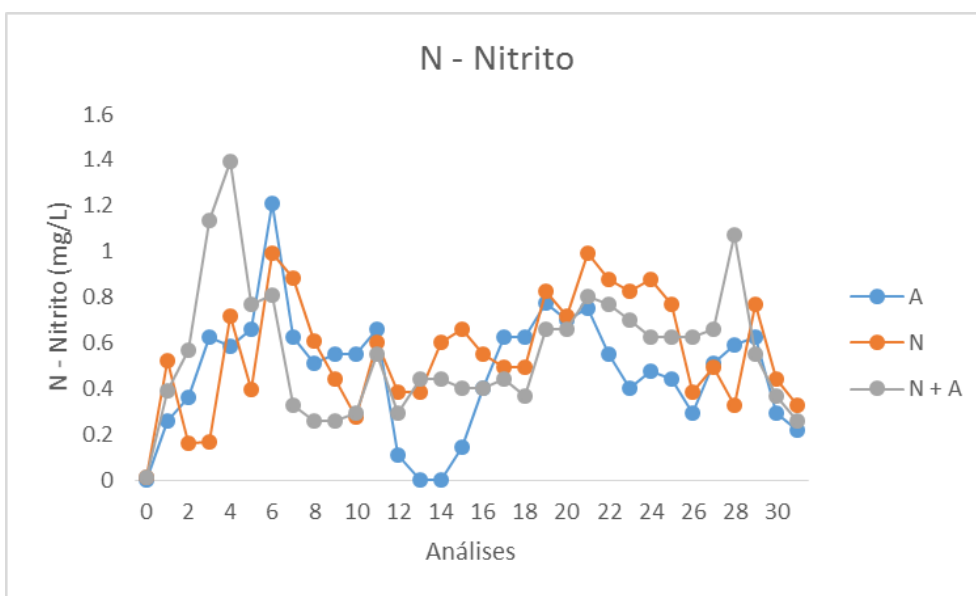
472

A concentração de amônia ao longo dos 77 dias de experimento é representada na Figura 4. No tratamento com aerotube, próximo ao 2º dia de experimento a amônia total atingiu sua maior concentração, seguido de uma queda a partir do 3º com posterior aumento da concentração de amônia no 4º dia. A partir do 6º dia aconteceu uma queda nas concentrações de amônia para todos os tratamentos, estabilizando-se assim até o fim do estudo. Com a estabilização das concentrações de amônia, logo em seguida surgiu o nitrito a partir do 2º dia, sendo que o pico de nitrito ocorreu no tratamento misto (Nozzle + Aerotube) e alcançou o valor máximo de 1,4 mg / L, como mostra a Figura 5. No tratamento Aerotube foram observadas as maiores concentrações de nitrato, alcançando um valor máximo de 83,33 mg / L, representados na Figura 6. Estes três parâmetros não diferiram significativamente entre os tratamentos ($p > 0,05$).



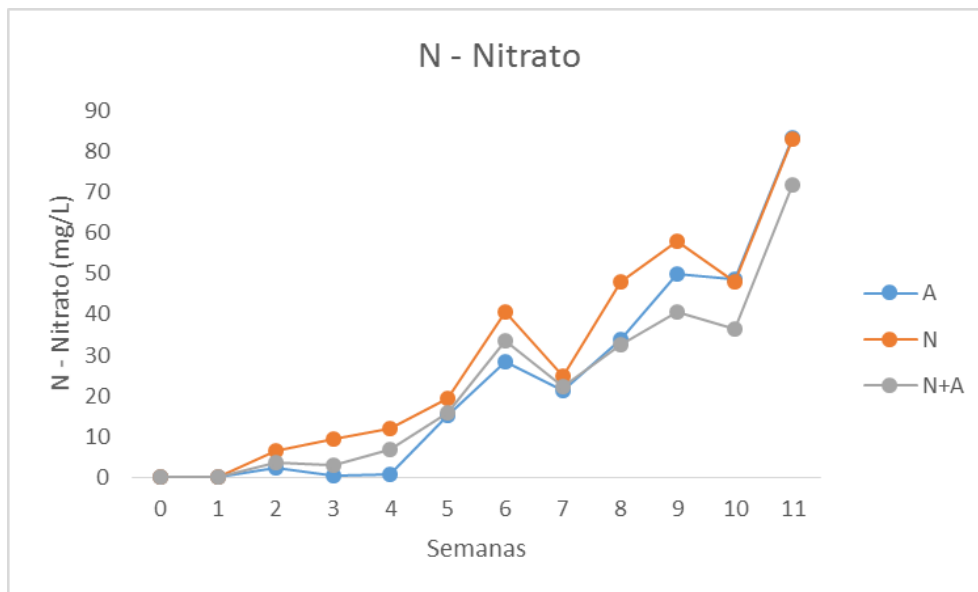
473

474 **Figura 4-** Variações médias das concentrações de amônia (mg N-AT / L)
 475 nos três tratamentos durante o cultivo de *L. vannamei* expostos a diferentes
 476 sistemas de aeração na fase de engorda em sistema BFT. Análises diárias até
 477 estabilização e após isso duas vezes por semana.
 478



479

480 **Figura 5-** Variações médias das concentrações de nitrito (mg N-NO₂⁻ / L)
 481 nos três tratamentos durante o cultivo de *L. vannamei* expostos a diferentes
 482 sistemas de aeração na fase de engorda em sistema BFT. Análises diárias até
 483 estabilização e após isso duas vezes por semana.
 484



485

486

Figura 6- Variações médias das concentrações de nitrato (mg N-NO₃⁻ / L) nos três tratamentos durante o cultivo de *L. vannamei* expostos a diferentes sistemas de aeração na fase de engorda em sistema BFT.

487

488

489

490

491

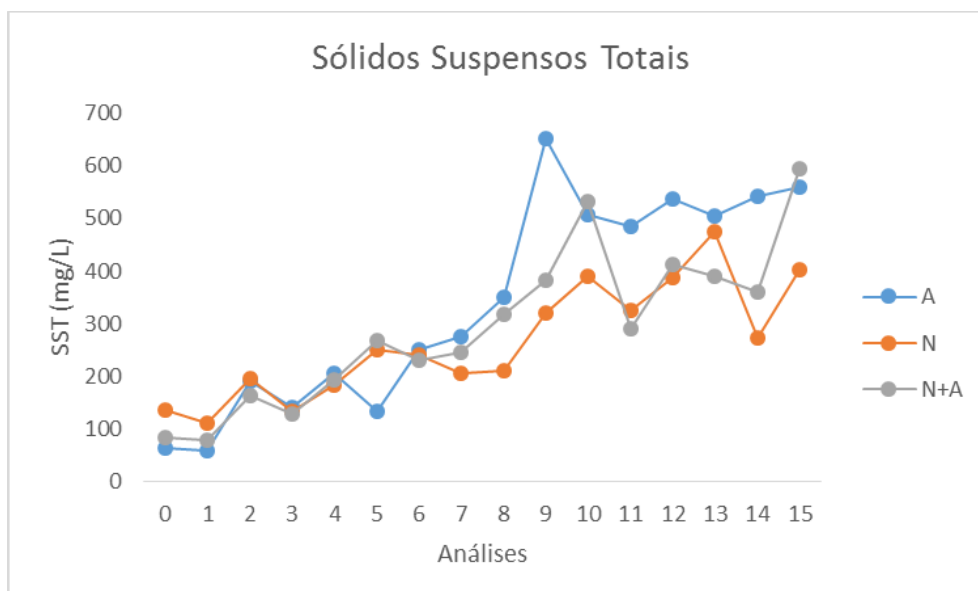
492

493

494

Os valores médios das concentrações de sólidos suspensos totais não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$), e não afetaram na qualidade de água, sobrevivência ou o desempenho zootécnico dos camarões ao longo do experimento (Figura 7).

495



496

497

498

499

500

Figura 7- Variações médias das concentrações de Sólidos Suspensos Totais (mg / L) durante os 77 dias de cultivo do *L. vannamei* expostos a diferentes sistemas de aeração na fase de engorda em sistema BFT. Em algumas ocasiões eram feitas mais de uma análise por semana.

501 **TAMANHO DE BIOFLOCOS**

502 Após análise por imagens, os resultados observados foram submetidos a análises
503 estatísticas, onde não foram verificadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os
504 tratamentos. Os valores de tamanho médio para cada tratamento, expressado como
505 perímetro dos bioflocos é demonstrado na tabela 3.

506

507 **Tabela 3** - Tamanho de Bioflocos dado pela média dos perímetros dos flocos (μm)
508 medidos através de software de imagem.

Tabela de Tamanho de Bioflocos (perímetro μm)			
	N	A	N + A
Amostra inicial	17,20 \pm 13,64	16,80 \pm 14,01	16,50 \pm 14,05
Amostra final	138,78 \pm 29,52	124,31 \pm 36,52	151,34 \pm 27,36

509

510 **MICROORGANISMOS**

511 Os principais grupos de microrganismos observados nas amostras dos bioflocos
512 são apresentados na Tabela 4. Observou-se a dominância das microalgas sobre os
513 demais microrganismos heterotróficos, como ciliados, flagelados e rotíferos.

514

515 **Tabela 4** - Densidades de microrganismos (valores médios) encontrados nos bioflocos
 516 dos diferentes tratamentos, dados encontrados nas amostras iniciais, intermediárias e
 517 finais.

Amostra Inicial						
(Org. / L)	N		A		N+A	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Microalgas	$5,47 \cdot 10^7$	$2,45 \cdot 10^7$	$3,80 \cdot 10^7$	$1,31 \cdot 10^7$	$4,50 \cdot 10^7$	$1,47 \cdot 10^7$
Flagelados	$2,86 \cdot 10^6$	$8,28 \cdot 10^5$	$2,12 \cdot 10^6$	$1,01 \cdot 10^6$	$2,09 \cdot 10^6$	$1,16 \cdot 10^6$
Ciliados	$5,28 \cdot 10^6$	$4,04 \cdot 10^6$	$3,14 \cdot 10^6$	$1,93 \cdot 10^6$	$3,10 \cdot 10^6$	$1,74 \cdot 10^6$
Nematoides	$5,67 \cdot 10^5$	$3,72 \cdot 10^5$	$6,11 \cdot 10^5$	$3,78 \cdot 10^5$	$7,20 \cdot 10^5$	$4,58 \cdot 10^5$
Rotíferos	$3,49 \cdot 10^5$	$1,65 \cdot 10^5$	$3,71 \cdot 10^5$	$3,72 \cdot 10^5$	$4,58 \cdot 10^5$	$6,54 \cdot 10^4$
Amostra Intermediária						
(Org. / L)	N		A		N+A	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Microalgas	$3,09 \cdot 10^8$	$8,07 \cdot 10^7$	$1,52 \cdot 10^8$	$5,94 \cdot 10^7$	$3,32 \cdot 10^8$	$3,60 \cdot 10^7$
Flagelados	$1,32 \cdot 10^7$	$2,46 \cdot 10^6$	$3,31 \cdot 10^7$	$3,84 \cdot 10^7$	$1,80 \cdot 10^7$	$6,42 \cdot 10^6$
Ciliados	$2,95 \cdot 10^7$	$9,80 \cdot 10^6$	$3,07 \cdot 10^7$	$1,25 \cdot 10^7$	$2,86 \cdot 10^7$	$6,67 \cdot 10^6$
Nematoides	$1,26 \cdot 10^6$	$7,21 \cdot 10^5$	$1,46 \cdot 10^7$	$2,37 \cdot 10^7$	$1,72 \cdot 10^6$	$1,04 \cdot 10^6$
Rotíferos	$1,13 \cdot 10^6$	$8,31 \cdot 10^5$	$1,40 \cdot 10^7$	$2,19 \cdot 10^7$	$1,55 \cdot 10^6$	$6,55 \cdot 10^5$
Amostra Final						
(Org. / L)	N		A		N+A	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Microalgas	$3,05 \cdot 10^8$	$1,51 \cdot 10^8$	$2,59 \cdot 10^8$	$3,93 \cdot 10^7$	$6,57 \cdot 10^8$	$3,72 \cdot 10^8$
Flagelados	$3,76 \cdot 10^7$	$1,71 \cdot 10^7$	$2,41 \cdot 10^7$	$1,64 \cdot 10^6$	$6,55 \cdot 10^7$	$3,99 \cdot 10^7$
Ciliados	$4,76 \cdot 10^7$	$2,49 \cdot 10^7$	$3,46 \cdot 10^7$	$2,57 \cdot 10^6$	$6,37 \cdot 10^7$	$2,90 \cdot 10^7$
Nematoides	$3,47 \cdot 10^6$	$1,18 \cdot 10^6$	$2,94 \cdot 10^6$	$9,81 \cdot 10^5$	$6,88 \cdot 10^6$	$6,12 \cdot 10^6$
Rotíferos	$3,16 \cdot 10^6$	$9,44 \cdot 10^5$	$3,05 \cdot 10^6$	$1,40 \cdot 10^6$	$6,84 \cdot 10^6$	$4,59 \cdot 10^6$

519 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

520 Os índices de desempenho zootécnico dos camarões cultivados não
521 apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os três tratamentos, e estão
522 apresentados com os valores médios e desvio padrão na Tabela 5.

523

524 **Tabela 5** - Desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei* (média e desvio
525 padrão) para peso inicial (g) e final (g), biomassa inicial (kg / tanque) e biomassa
526 final (kg / tanque), ganho de peso semanal (g / semana), conversão alimentar
527 aparente (CAA), sobrevivência e produtividade expostos a diferentes sistemas de
528 aeração na fase de engorda em sistema BFT, durante cultivo de 77 dias.

Tabela de Parâmetros Zootécnicos			
Tratamentos	N	A	N+A
PI	0,42 ± 0,21	0,42 ± 0,21	0,42 ± 0,21
PF	9,09 ± 2,55	10,43 ± 2,75	9,83 ± 2,68
Biomassa Inicial	4,41	4,41	4,41
Biomassa Final	79,56 ± 26,35	86,1 ± 8,05	82,63 ± 18,86
GPS	0,86 ± 0,37	1,00 ± 0,05	0,94 ± 0,29
CAA	1,62 ± 0,54	1,03 ± 0,13	1,48 ± 0,37
Sobrevivência (%)	84,75 ± 7,0	78,56 ± 4,21	85,42 ± 7,59
Produtividade (Kg / m ²)	2,14 ± 0,74	2,33 ± 0,23	2,32 ± 0,53
Produtividade (Kg / m ³)	2,35 ± 0,94	2,97 ± 0,23	2,94 ± 1,05

529

530 DISCUSSÃO

531 Os parâmetros físico-químicos de qualidade da água durante o período
532 experimental provavelmente não causaram interferência no crescimento e na
533 sobrevivência dos camarões. A temperatura é um fator de grande importância para o
534 crescimento e sobrevivência dos camarões, e a espécie *L. vannamei* tolera uma ampla
535 faixa de temperatura que varia entre 15° C e 40° C (Van Wyk and Scarpa, 1999), porém
536 com temperaturas abaixo de 23° C o camarão apresenta diminuição nas taxas de
537 crescimento como foi observado por Wyban et al. (1995), sendo a melhor taxa de
538 crescimento dos camarões encontrada na faixa de temperatura considerada ótima, entre
539 28 e 30° C (Ponce-Palafox et al., 1997). No presente estudo a média de temperatura
540 manteve-se aproximadamente em 28° C com algumas variações, devido a fatores
541 climáticos. É importante destacar que mesmo sem demonstrar diferenças significativas,
542 os tratamentos que continham os injetores de ar (*Nozzle*), tratamento “N” e “N+A”,
543 mantiveram as temperaturas sempre mais elevadas que o tratamento “A”, isso porque os

544 injetores através dos “*snorkels*” aspiravam o ar aquecido do interior da estufa, enquanto
545 que o “*blower*” aspirava ar externo para suprir as mangueiras microperfuradas dispostas
546 no fundo dos tanques.

547 O oxigênio é importante nos processos de metabolização dos nutrientes pelo
548 camarão, além de desempenhar papel fundamental no processo bacteriano de
549 assimilação de nitrogênio e na nitrificação. Portanto, é necessário atender a demanda de
550 oxigênio das comunidades microbianas e da biomassa de camarões a ser cultivada. Para
551 cultivos típicos de camarão recomenda-se que a concentração de oxigênio dissolvido na
552 água seja sempre acima de 5,0 mg / L (Van Wyk and Scarpa, 1999). Neste estudo os
553 resultados de oxigênio se mantiveram acima dos níveis considerados ideais para este
554 parâmetro, exceto no período final do experimento, no tratamento Aerotube onde foram
555 observados níveis abaixo de 5,0 mg / L, mas ainda acima de 3,0 mg / L, nível crítico
556 considerado prejudicial para os camarões (Van Wyk and Scarpa, 1999).

557 Esta redução nos níveis de oxigênio pode estar relacionada com o aumento na
558 biomassa microbiana que contém microrganismos aeróbicos nos agregados dos
559 bioflocos e automaticamente geram um aumento no consumo de oxigênio (Gaona et al.,
560 2016a). Porém é importante destacar que o tratamento “N” não teve queda tão
561 acentuada nos valores médios de oxigênio, mesmo quando observado incrementos na
562 biomassa microbiana. Embora as concentrações de oxigênio do tratamento “A” tenham
563 se mantido dentro dos níveis de segurança, a mesma dinâmica de resultados, com queda
564 acentuada nas concentrações de oxigênio ao final do ciclo de cultivo, já foi observado
565 anteriormente por Krummenauer et al., (2011) utilizando sistema de ar difuso, porém
566 com pedras porosas, que são difusores bem mais rústicos do que os utilizados neste
567 estudo.

568 Durante o período experimental, a salinidade média da água ficou na faixa de 26,
569 ou seja, dentro da faixa de valores apropriados para manter os níveis ideais de
570 parâmetros de qualidade da água, para o desenvolvimento ideal dos bioflocos, e para o
571 bom desempenho dos camarões (Ponce-Palafox et al., 1997; Van Wyk and Scarpa,
572 1999; Maicá et al., 2012).

573 De acordo com Ebeling et al. (2006), as vias de remoção de amônia em sistemas
574 com baixa ou nenhuma renovação de água, se beneficiam pela existência de bactérias
575 nitrificantes para tal remoção, transformando a amônia em nitrito, e nitrito em nitrato,
576 sendo a última, a forma menos tóxica do nitrogênio, apenas tóxica em concentrações

577 muito elevadas, e por fim o nitrogênio acaba sendo transformado em biomassa
578 microbiana.

579 Durante o processo de nitrificação as bactérias consomem 3,57 g de alcalinidade
580 para cada g de amônia transformado em biomassa microbiana, e por tanto, os sistemas
581 com baixa ou nenhuma renovação de água, que se valem desse ciclo, devem ser
582 mantidos com a alcalinidade entre 100-150 mg CaCO₃ / L (Ebeling et al., 2006).
583 Furtado et al. (2014) observaram em sistemas de bioflocos, que maiores concentrações
584 de alcalinidade favorecem tanto a formação dos agregados microbianos quanto das
585 bactérias nitrificantes. Durante o presente estudo os níveis médios de alcalinidade foram
586 mantidos dentro do recomendado com média de 120 mg CaCO₃ / L, sendo corrigido
587 sempre que diminuía de 100 mg CaCO₃/ L de acordo com a metodologia proposta pelo
588 autor supra citado.

589 Quando a redução da alcalinidade não é compensada, em sistemas de bioflocos o
590 pH apresenta uma tendência de redução de concentração ao longo do cultivo, essa
591 redução é devida a respiração das bactérias heterotróficas que aumenta a concentração
592 de dióxido de carbono na água (Wasielesky et al., 2006), sendo que o pH ideal para o
593 cultivo do *L. vannamei* está entre 7,0- 8,3 (Van Wyk and Scarpa, 1999), e quando atinge
594 valores inferiores a 7,0 afetam negativamente o desempenho zootécnico dos animais e a
595 qualidade da água (Furtado et al., 2011). No presente estudo, as concentrações foram
596 mantidas na faixa considerada ideal para o cultivo da espécie, não causando qualquer
597 prejuízo no desempenho dos camarões.

598 De acordo com Schuler et al. (2010) a toxicidade da amônia e do nitrito devem
599 ser levados em consideração no cultivo de camarão. Estes compostos nitrogenados
600 podem causar danos no tecido branquial e no hepatopâncreas, afetando o
601 desenvolvimento e a sobrevivência dos organismos em questão (Kuhn et al., 2010).

602 Durante este estudo os níveis de nitrogênio amoniacal total (N-AT)
603 permaneceram dentro dos níveis de segurança para a espécie, sendo o maior valor
604 observado para este parâmetro de 1,87 mg / L, sendo que para o *L. vannamei* os níveis
605 de segurança recomendados para salinidade entre 25 – 35, são de 3,55 - 3,95 mg N-AT /
606 L respectivamente (Lin and Chen, 2001).

607 Os valores de nitrito encontrados neste estudo, ficaram bem abaixo dos níveis de
608 segurança descritos por Lin and Chen (2003) que foram de 15,2 – 25,7 mg / L para a
609 salinidade utilizada durante este experimento, por tanto sem causar prejuízos na
610 sobrevivência e ao desempenho dos animais durante o presente estudo.

611 Em sistema de bioflocos o nitrato é o composto resultante da nitrificação, e este
612 composto vai se acumulando na água do cultivo ao longo do ciclo produtivo. Os níveis
613 de toxicidade de nitrato em *L. vannamei* encontram-se em concentrações maiores que
614 300 mg / L (Kuhn et al., 2010). Sendo assim, os níveis de nitrato durante o presente
615 estudo não foram causa de quaisquer alterações possíveis nos resultados de
616 sobrevivência e desempenho zootécnico dos camarões, tendo em vista que o maior
617 resultado observado ao final do ciclo para a concentração de nitrato foi de 83,33 mg / L.
618 Desta maneira, durante este estudo as concentrações de nitrogênio amoniacal total (N-
619 NAT), nitrito (N-NO₂⁻), e nitrato (N-NO₃⁻) mantiveram-se dentro dos níveis de
620 segurança recomendados e não afetaram a qualidade da água e o desempenho
621 zootécnico dos camarões.

622 Os resultados dos valores médios de sólidos suspensos totais (SST) durante o
623 período experimental foram mantidos o mais próximo possível dos níveis ideais
624 descritos por Gaona et al. (2016b) que foi 500 mg / L. Concordando com os resultados
625 obtidos por Schweitzer et al. (2013), que ao investigarem os níveis ideais de sólidos
626 suspensos totais em sistemas com mínima renovação de água encontraram que valores
627 inferiores a 200 mg / L prejudicam os processos de nitrificação, e as concentrações
628 acima de 800 mg / L podem afetar no desenvolvimento e sobrevivência dos camarões,
629 provavelmente devido a entupimento das brânquias pelos bioflocos.

630 Durante este estudo, através das análises da comunidade microbiana, foi possível
631 verificar a presença abundante de microrganismos durante o ciclo. Evidentemente as
632 concentrações de microrganismos demonstraram uma correlação direta com os valores
633 de SST. Concordando com Ray et al. (2010) que afirmaram que com a remoção dos
634 sólidos suspensos a abundância de nematoides, rotíferos, cianobactérias e bactérias
635 foram reduzidas. Indicando também que ao reduzir as abundâncias destes
636 microrganismos, é reduzida a demanda por oxigênio, diminuindo custos com
637 suplementação de oxigênio. Os altos valores nutricionais que podem ser atribuídos aos
638 bioflocos são graças à presença abundante de microrganismos (Burford et al., 2004).
639 Esses microrganismos desempenham um papel fundamental na nutrição dos organismos
640 cultivados, já que são ricos em proteínas e lipídios. São também fontes naturais de
641 alimento, disponíveis 24 horas por dia, ocasionando melhorias nos índices de conversão
642 alimentar (Emerenciano et al., 2013).

643 A biomassa microbiana produzida no sistema de bioflocos (BFT) é uma
644 considerável fonte de nutrientes para os camarões (Wasielesky et al. 2006;

645 Krummenauer et al. 2011). Além disso, é visível a beira do tanque que o *L. vannamei*
646 apresenta um comportamento de “pastejo” dos bioflocos. Os tamanhos dos flocos são
647 influenciados diretamente pela temperatura da água (Chu and Lee, 2004; De Schryver et
648 al., 2008). Considerado isso e os valores médios de temperatura entre os tratamentos,
649 que mesmo sem apresentar diferença estatística foi possível observar que o tratamento
650 de Injetores de ar (*Nozzle*) manteve temperaturas levemente mais altas que os demais
651 tratamentos, sendo então coerente que os maiores tamanhos médios de bioflocos foram
652 obtidos nos tratamentos em que haviam injetores de ar (*Nozzle*). Além da temperatura, o
653 tamanho das bolhas fornecidas por cada dispositivo também influência na formação dos
654 flocos, tanto no tempo de maturação quanto no tamanho dos bioflocos, de maneira que
655 quanto menor a bolha, mais rápido ocorre a maturação dos bioflocos. Esse fator é
656 importante pois ao fornecer bolhas de tamanhos menores, essas bolhas demoram mais
657 tempo para chegar a superfície, ficando mais tempo na coluna da água disponibilizando
658 a troca gasosa. Além disso, disponibiliza uma maior área para essa troca quando
659 comparado o mesmo volume de oxigênio disponível em bolhas maiores (Abdelrahman
660 and Veverica, 2016). No presente estudo foi possível observar que os tratamentos onde
661 os injetores de ar (*Nozzle*) foram utilizados, os bioflocos alcançaram mais rapidamente
662 uma coloração marrom. Esta coloração é um indicativo de bioflocos maduros compostos
663 predominantemente por bactérias (Hargreaves, 2013). No entanto, as concentrações de
664 comunidades microbianas não tiveram diferenças estatísticas significativas entre os
665 tratamentos ($p > 0,05$).

666 Outro fator importante que provavelmente colaborou para a aceleração da
667 formação dos bioflocos é a capacidade do sistema de aeração para revolver a água e
668 evitar a formação de zonas anóxicas. Quando comparados os dois sistemas avaliados,
669 nota-se que o sistema de ar difuso com soprador (*blower*) tem a capacidade de revolver
670 a água apenas verticalmente, enquanto que o sistema de injeção de ar (*Nozzle*) revolve a
671 água vertical e horizontalmente, gerando uma circulação nos tanques e desta maneira
672 evita formação das zonas anóxicas. Então o sistema que supri a demanda por altas
673 concentrações de oxigênio e impede a formação de zonas anóxicas acaba sendo de
674 grande interesse (Krummenauer et al., 2016a).

675 De acordo com Ekasari et al. (2014) os camarões são aptos a consumir flocos de
676 todos os tamanhos, porém observaram que há uma maior eficiência na recuperação do
677 nitrogênio quando consumido flocos maiores que 100 μm . Durante o presente estudo
678 foram encontrados flocos com os mais variados tamanhos, entretanto no período final

679 do experimento as médias de tamanho dos flocos estavam entre 100 μm e 160 μm , sem
680 apresentar diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$). Observando estes
681 resultados, e analisando conjuntamente com os índices zootécnicos como a conversão
682 alimentar aparente (CAA), é possível que os bons resultados obtidos neste parâmetro
683 estejam relacionados com a eficiência na recuperação do nitrogênio dos bioflocos, tendo
684 em vista a disponibilização de proteína de alta qualidade que os bioflocos
685 proporcionaram.

686 O índice de conversão alimentar aparente (CAA) encontrado por Lara et al.
687 (2017) em um experimento de 33 dias de engorda com sistema semelhante, e com uma
688 densidade de 140 camarões / m^2 variou entre 1,56 e 1,99. Estes resultados concordam
689 com os encontrados por Krummenauer et al. (2011), que em um experimento de 120
690 dias de engorda também em sistema semelhante ao do presente estudo, com densidades
691 de 150, 300 e 450 camarões / m^2 encontrou resultados para CAA de 1,40, 1,29 e 2,41
692 respectivamente. Os índices de CAA neste estudo foram de 1,62, 1,03 e 1,48, para os
693 tratamentos “N”, “A” e “N+A”, respectivamente. Embora sem diferença estatística ente
694 os tratamentos, a CAA do tratamento “A” foi visualmente melhor, inclusive
695 demonstrando melhores resultados quando comparados com os autores supracitados.

696 Em sistemas similares com o aporte de oxigênio puro, é possível obter resultados
697 de produtividade acima de 7 Kg / m^3 (Prangnell et al., 2016). Praticamente o dobro da
698 produtividade alcançada neste estudo, entre 2,35 e 2,97 Kg / m^3 . Porém, deve ser
699 ressaltado que no presente estudo não houve suplementação com oxigênio puro, o que
700 aumentaria consideravelmente os custos de produção. Utilizando um sistema
701 semelhante ao deste estudo e com a mesma densidade, porém com 120 dias de cultivo,
702 Krummenauer et al. (2011) encontrou um resultado de produtividade de 4,09 Kg / m^2 .
703 Neste estudo os resultados de produtividade não demonstraram diferenças significativas
704 entre os tratamentos ($p > 0,05$), variando entre 2,14 e 2,33 / m^2 em 77 dias. Entretanto,
705 era esperado que os injetores de ar (Tratamento N) tivessem melhores resultados, o que
706 não ocorreu provavelmente devido ao formato dos tanques utilizados, que de acordo
707 com o fabricante devem ser retangulares.

708 Os índices de sobrevivência do presente estudo podem ser considerados bons
709 resultados, sem diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$), variando entre
710 78,56% e 85,42%. Concordando com resultados obtidos em trabalhos anteriores em
711 condições semelhantes, onde a taxa de sobrevivência na densidade de estocagem de 300
712 camarões/ m^2 foi de 81,2 % (Krummenauer et al., 2011).

713 **CONCLUSÕES**

714 Com os resultados encontrados no presente estudo foi possível verificar que a
715 utilização de mangueiras microperfuradas (Aerotube™) supridas por soprador de ar,
716 continua sendo a melhor opção para cultivos intensivos que utilizam estruturas
717 semelhantes ao deste estudo. Entretanto, a avaliação das inovações tecnológicas do
718 segmento, são importantes para uma constante evolução e aprimoramento do pacote
719 tecnológico já existente.

720

721 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 722 Abdelrahman, H.A., Veverica, K.L., 2016. Testing micro-nanobubble generating device
723 at different salinities. *Glob. Aquac. Advocate*.
- 724 Aminot A., Chaussepied, M., 1983. *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*.
725 Brest, CNEXO, 395p.
- 726 APHA (American Public Health Association). 1998. *Standard methods for the*
727 *examination of water and wastewater*. 20st edition. Washington, DC. 1193p.
- 728 Avnimelech, Y., 1999. Carbon / nitrogen ratio as a control element in aquaculture
729 systems. *Aquaculture* 176, 227–235.
- 730 Bendschneider, K., Robinson, R.J., 1952. A new spectrophotometric method for the
731 determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 11, 87-96.
- 732 Boyd, C.E., 1998. Pond water aeration systems. *Aquac. Eng.* 18, 9–40.
- 733 Braga, A., Magalhães, V., Hanson, T., Morris, T.C., Samocha, T.M., 2016. The effects
734 of feeding commercial feed formulated for semi-intensive systems on *Litopenaeus*
735 *vannamei* production and its profitability in a hyper-intensive biofloc-dominated
736 system. *Aquac. Reports* 3, 172–177. doi: 10.1016/j.aqrep.2016.03.002.
- 737 Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C., 2004.
738 The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*)
739 nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture* 232, 525–537.
740 doi: 10.1016/S0044-8486(03)00541-6.
- 741 Chu, C.P., Lee, D.J., 2004. Multiscale structures of biological flocs. *Chem. Eng. Sci.* 59,
742 1875–1883. doi: 10.1016/j.ces.2004.01.040.
- 743 Cohen, J.M., Samocha, T.M., Fox, J.M., Gandy, R.L., Lawrence, A.L., 2005.
744 Characterization of water quality factors during intensive raceway production of

745 juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure
746 management tools. *Aquac. Eng.* 32, 425–442. doi:10.1016/j.aquaeng.2004.09.005.

747 Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W., 2012. Biofloc technology in
748 aquaculture : Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture* 356–357, 351–
749 356. doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.04.046.

750 De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W., 2008. The basics of
751 bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture* 277, 125–
752 137. doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.02.019.

753 Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J., 2006. Engineering analysis of the
754 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of
755 ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257, 346–358.
756 doi:10.1016/j.aquaculture.2006.03.019.

757 Ekasari, J., Angela, D., Waluyo, S.H., Bachtiar, T., Surawidjaja, E.H., Bossier, P., De
758 Schryver, P., 2014. The size of biofloc determines the nutritional composition and
759 the nitrogen recovery by aquaculture animals. *Aquaculture* 426–427, 105–111.
760 doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.01.023.

761 Emerenciano, M., Gaxiola, G., Cuzon, G., 2013. Biofloc Technology (BFT): A Review
762 for Aquaculture Application and Animal Food Industry, in: *Biomass Now -*
763 *Cultivation and Utilization*. pp. 301–328. doi: 10.5772/53902.

764 Fróes, C., Fóes, G., Krummenauer, D., Ballester, E., Poersch, L.H., Wasielesky, W.,
765 2012. Fertilização Orgânica Com Carbono No Cultivo Intensivo Em Viveiros
766 Com Sistema De Bioflocos Do Camarão Branco *Litopenaeus vannamei*. *Atlântica*
767 34, 31–39. doi: 10.5088/atl.2012.34.1.31.

768 Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2014. The effect of different alkalinity
769 levels on *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc technology (BFT). *Aquac.*
770 *Int.* 345–358. doi: 10.1007/s10499-014-9819-x.

771 Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2011. Effect of calcium hydroxide,
772 carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance
773 of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems.
774 *Aquaculture* 321, 130–135. doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.08.034.

775 Gaona, C.A.P., da Paz Serra, F., Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2016a.
776 Effect of different total suspended solids concentrations on the growth
777 performance of *Litopenaeus vannamei* in a BFT system. *Aquac. Eng.* 72–73, 65–
778 69. doi:10.1016/j.aquaeng.2016.03.004.

779 Gaona, C.A.P., Serra, F.D.P., Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2016b.
780 Biofloc management with different flow rates for solids removal in the
781 *Litopenaeus vannamei* BFT culture system. *Aquac. Int.* 1–13. doi:
782 10.1007/s10499-016-9983-2.

783 Hargreaves, J.A., 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture*
784 166, 181–212. doi: 10.1016/S0044-8486(98)00298-1.

785 Hargreaves, J. A., 2013. Biofloc Production Systems for Aquaculture. *South. Reg.*
786 *Aquac. Cent.* 4503. 1-12.

787 Hopkins, J.S., Stokes, A.D., Browdy, C.L., Sandifer, P.A., 1991. The relationship
788 between feeding rate, paddlewheel aeration rate and expected dawn dissolved
789 oxygen in intensive shrimp ponds. *Aquac. Eng.* 10, 281–290. doi: 10.1016/0144-
790 8609(91)90017-E.

791 Krummenauer, D., Advent, B., Gaona, C.A.P., Fóes, G., Silveira, L.G.P., Moura, P.S.,
792 Poersch, L.H., Wasielesky, W.J., 2016. Sistemas de injetores de ar nos cultivos
793 superintensivos em meio aos bioflocos. *Panor. da Aqüicultura* 155, 24–31.

794 Krummenauer, D., Peixoto, S., Cavalli, R.O., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2011.
795 Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc
796 technology system in Southern Brazil at different stocking densities. *J. World*
797 *Aquac. Soc.* 42, 726–733. doi:10.1111/j.1749-7345.2011.00507.x.

798 Kuhn, D.D., Smith, S.A., Boardman, G.D., Angier, M.W., Marsh, L., Flick, G.J., 2010.
799 Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*:
800 Impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. *Aquaculture* 309,
801 109–114. doi:10.1016/j.aquaculture.2010.09.014.

802 Lara, G., Krummenauer, D., Abreu, P.C., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2017. The use
803 of different aerators on *Litopenaeus vannamei* biofloc culture system: effects on
804 water quality, shrimp growth and biofloc composition. *Aquac. Int.* 25, 147–162.
805 doi: 10.1007/s10499-016-0019-8.

806 Lin, Y.C., Chen, J.C., 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone)
807 juveniles at different salinity levels. *Aquaculture* 224, 193–201. doi:
808 10.1016/S0044-8486(03)00220-5.

809 Lin, Y.C., Chen, J.C., 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei*
810 (Boone) juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 259, 109–
811 119. doi: 10.1016/S0022-0981(01)00227-1.

812 Ponce-palafox, J., Martinez-palacios, C.A., Ross, L.G., 1997. The effects of salinity and
813 temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, Boone,
814 1931. *Aquaculture* 157, 107–115.

815 Prangnell, D.I., Castro, L.F., Ali, A.S., Browdy, C.L., Zimba, P. V., Laramore, S.E.,
816 Samocha, T.M., 2016. Some Limiting Factors in Superintensive Production of
817 Juvenile Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in No-water-exchange,
818 Biofloc-dominated Systems. *J. World Aquac. Soc.* 47, 396–413.
819 doi:10.1111/jwas.12275.

820 Ray, A.J., Seaborn, G., Leffler, J.W., Wilde, S.B., Lawson, A., Browdy, C.L., 2010.
821 Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive
822 aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture*
823 310, 130–138. doi:10.1016/j.aquaculture.2010.10.019.

824 Samocha, T.M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A.M., Burger, J.M., Almeida, R. V., Ayub,
825 Z., Harisanto, M., Horowitz, A., Brock, D.L., 2007. Use of molasses as carbon
826 source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus*
827 *vannamei*. *Aquac. Eng.* 36, 184–191. doi:10.1016/j.aquaeng.2006.10.004.

828 Samocha, T.M., Ph, D., Morris, T.C., Hanson, T., Ph, D., 2010. Intensive Raceways
829 Without Water Exchange Analyzed For White Shrimp Culture. *Glob. Aquac.*
830 *Advocate* 13, 22–24.

831 Sandifer, P.A., Hopkins, J.S., 1996. Conceptual design of a sustainable pond-based
832 shrimp culture system. *Aquac. Eng.* 15, 41–52. doi: 10.1016/0144-
833 8609(95)00003-W.

834 Sandifer, P.A., Hopkins, J.S., Stokes, A.D., Browdy, C.L., 1993. Preliminary
835 Comparisons of the Native *Penaeus setiferus* and Pacific *P. vannamei* White
836 Shrimp for Pond Culture in South Carolina, USA. *J. World Aquac. Soc.* 24, 295–
837 303. doi: 10.1111/j.1749-7345.1993.tb00161.x.

838 Santa, K.D., Vinatea, L., 2007. Evaluation of respiration rates and mechanical aeration
839 requirements in semi-intensive shrimp *Litopenaeus vannamei* culture ponds.
840 *Aquac. Eng.* 36, 73–80. doi:10.1016/j.aquaeng.2006.07.002.

841 Schuler, D.J., Boardman, G.D., Kuhn, D.D., Flick, G.J., 2010. Acute toxicity of
842 ammonia and nitrite to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at low
843 salinities. *J. World Aquac. Soc.* 41, 438–446. doi: 10.1111/j.1749-
844 7345.2010.00385.x.

845 Schveitzer, R., Arantes, R., Costódio, P.F.S., Espírito Santo, C.M., Vinatea, L.,
846 Quadros, W., Andreatta, E.R., 2013. Effect of different biofloc levels on microbial
847 activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system
848 operated with no water exchange. *Aquac. Eng.* 56, 59–70.
849 doi:10.1016/j.aquaeng.2013.04.006.

850 Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*.
851 Fisheries Research Board of Canada, 167p.

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

855 Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton metthodik.
856 *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 9:1–38.

857 Van Wyk, P., Scarpa, J., 1999. *Water Quality Requirements and Management*. *Farming*
858 *Mar. Shrimp Recirc. Freshw. Syst.* 141–161.

859 Vinatea, L., Gálvez, A.O., Venero, J., Leffler, J., Browdy, C., 2009. Oxygen
860 consumption of *Litopenaeus vannamei* juveniles in heterotrophic medium with
861 zero water exchange. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 44, 534–538. doi:
862 <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000500014>.

863 Zar, J.H., 1996. *Biostatistical Analysis*. Third Edition New Jersey: Prentice Hall, 662p.

864 Wasielesky, W., Atwood, H., Stokes, A., Browdy, C.L., 2006. Effect of natural
865 production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive
866 culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 258, 396–
867 403. doi:10.1016/j.aquaculture.2006.04.030.

868 Wyban, J., Walsh, W.A., Godin, D.M., 1995. Temperature effects on growth, feeding
869 rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*).
870 *Aquaculture* 38, 267–279.

871

872

873 **CAPÍTULO II**

874

875

876

877

878

879 **ENGORDA DO CAMARÃO BRANCO DO PACIFICO *LITOPENAEUS***
880 ***VANNAMEI* EM ALTAS DENSIDADES DE ESTOCAGEM EM SISTEMA BFT.**

881

882

883

Lucas Genésio Pereira da Silveira

884

885

886 Laboratório de Carcinocultura, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio
887 Grande (FURG). Rio Grande – RS, Brasil.

888 sdgenesio@gmail.com

889

890

891

892

893

RESUMO

894 Neste estudo foi avaliado os efeitos de diferentes densidades de estocagem na
895 qualidade da água e no desempenho zootécnico de juvenis de *Litopenaeus vannamei*
896 criados em sistema BFT. O experimento foi realizado na Estação Marinha de
897 Aquacultura da FURG, RS, com juvenis de *L. vannamei* ($1,27 \pm 0,54$) distribuídos em
898 três densidades de estocagem: 400, 500 e 600 camarões / m², em nove tanques de 35 m³
899 recobertos por uma estufa retangular (três tratamentos com três repetições). Em cada
900 unidade experimental foram utilizados 2 injetores de ar (alimentados por uma bomba
901 centrífuga de 1 HP), além de mangueiras microperfuradas (Aerotube®) dispostas no
902 fundo dos tanques e supridos por soprador de 7,5 HP. Temperatura da água, oxigênio
903 dissolvido e pH foram monitorados diariamente. Enquanto a salinidade, N-AT, N-NO₂⁻,
904 N-NO₃⁻, alcalinidade e sólidos suspensos totais foram monitorados semanalmente. Os
905 resultados de desempenho zootécnico e qualidade de água foram submetidos a análise
906 de variância de uma via (ANOVA) e teste Tukey ($\alpha = 0,05$), encontrando os seguintes
907 resultados de desempenho zootécnicos, como Ganho de Peso Semanal (GPS) de 1,10,
908 1,09 e 0,90 g/ semana, Conversão Alimentar Aparente (CAA) de 1,79, 1,82 e 2,09,
909 produtividades de 4,39, 4,48 e 5,27 Kg/ m³, sobrevivências de 82,31, 76,67 e 81,05 %,
910 Peso Final (PF) de 12,3, 12,2 e 10,2 g e Biomassa Final (BF) de 140,83, 162,97 e
911 174,35 Kg/ tanque, respectivamente para as densidades de estocagem de 400, 500 e 600
912 camarões/ m², sendo encontradas diferenças significativas entre os tratamentos apenas
913 para os índices de PF e BF. Com os resultados encontrados é possível concluir que a
914 utilização de densidades de estocagem de até 500 camarões/m² são as mais indicadas,
915 para as condições e para o tipo de cultivo do presente estudo.

ABSTRACT

916

917 This study evaluated the effects of different storage densities on water quality and
918 zootechnical performance of juveniles of *Litopenaeus vannamei* reared on BFT system.
919 The experiment was carried out at the Marine Aquaculture Station of FURG, Brazil, Rio
920 Grande, Rio Grande do Sul state, with juveniles of *L. vannamei* (1.27 ± 0.54 g)
921 distributed in three stocking densities: 400, 500 and 600 shrimps / m², in nine tanks
922 coated with 35 m³ covered by a greenhouse (three treatments with three replicates).
923 Each experimental unit was equipped with two air injectors (supplied by a centrifugal
924 pump of 1 HP), as well as micro perforated hoses (Aerotube®) arranged at the bottom
925 of the tanks and supplied by a 7.5 HP air blower. It was monitored daily the water
926 temperature, dissolved oxygen and pH. Moreover, weekly monitoring for salinity, TA-
927 N, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N, alkalinity and total suspended solids. The results were analyzed by
928 a one-way ANOVA and Tukey test ($\alpha = 0.05$), finding the following results of shrimp
929 performance as Weekly Growth Rate (WGR) of 1.10, 1.09 and 0.90 g / week, feed
930 conversion rate (FCR) of 1.79, 1.82 and 2.09, Yields of 4.39, 4.48 and 5.27 kg / m³,
931 survivals of 82.31, 76.67 and 81.05%, Final weight of 12.3, 12.2 and 10.2, and Final
932 Biomass of 140.83, 162.97 and 174.35 Kg / tank, for stocking densities of 400, 500 and
933 600 shrimp / m², respectively, finding significant differences between treatments only
934 for final weight and final biomass indexes. With the founding results it is possible to
935 conclude that the use of stocking densities of up to 500 shrimps/ m² are the most
936 suitable for the culture and conditions of the present study.

937

938

939 INTRODUÇÃO

940 Em 2014 a aquacultura teve uma grande conquista, que foi a produção de
941 organismos aquáticos em cativeiro ultrapassando a captura por pesca pela primeira vez
942 na história. Porém, a produção de camarão nos países asiáticos, que são os maiores
943 produtores, vivenciou uma acentuada queda nos últimos anos devido ao surgimento de
944 doenças que prejudicaram diretamente os índices de produção, daí a necessidade que
945 produtores migrem para sistemas intensivos e biosseguros (FAO, 2016).

946 A capacidade de aumentar a produção de camarões por unidade de área é o que
947 se espera de um sistema intensivo inovador, além de tornar viável o investimento em
948 uma produção biossegura. Dentro de um sistema biosseguro, a intensificação dos
949 sistemas de produção passa obrigatoriamente pelo aumento da capacidade de produção,
950 ou seja, um incremento nas densidades de estocagem. Porém, o aumento da densidade
951 de estocagem afeta o crescimento e a sobrevivência do *Litopenaeus vannamei* em
952 sistemas com bioflocos (Fróes et al., 2013).

953 Por isso são necessários estudos atualizados que avaliem a eficiência de novas
954 técnicas de manejo e ferramentas avançadas que surgem no mercado. É com esse
955 raciocínio que diversos pesquisadores ao longo do tempo vem avaliando o efeito de
956 densidades de estocagem na sobrevivência e crescimento dos camarões (Otoshi et al.,
957 2007; Krummenauer et al., 2011). Os resultados obtidos demonstram que ao passar do
958 tempo a densidade de estocagem considerada alta foi aumentando, ou seja, ao longo dos
959 anos as técnicas de manejo e as ferramentas foram sendo atualizadas e com isso foi
960 também se incrementando a capacidade de estocagem dos sistemas de produção, esse
961 aumento se deve ao surgimento de novas tecnologias. Quando avaliado novas
962 densidades de estocagem, o padrão de resultados se mostra semelhante sendo o
963 crescimento individual dos camarões reduzido ao passo que se aumenta a densidade de
964 estocagem (Wyban et al., 1987; Otoshi et al., 2007; Arnold et al., 2009; Schweitzer et
965 al., 2013a).

966 Krummenauer et al. (2011) testou por 120 dias diferentes densidades de
967 estocagem 150, 300 450 camarões / m² em sistema BFT, encontrando resultados que
968 indicavam que a densidade de estocagem ideal para tal sistema de cultivo seria de 300
969 camarões / m². Porém, ao registrar resultados de concentrações de oxigênio na água com
970 valores muito baixos entre 1,30 e 2,02 mg / L, é provável que os resultados de
971 sobrevivência e crescimento dos camarões poderiam ser melhores se as concentrações
972 de oxigênio fossem mantidas em níveis ideais. Provavelmente a utilização de sistemas

973 capazes de manter as concentrações de oxigênio nestes níveis ideais levaria a resultados
974 diferentes. De acordo com Samocha et al., (2004) que em um experimento testou baixas
975 densidades (74, 93, 107 animais / m²) versus alta densidade (346 animais / m²) com 107
976 dias de duração, obteve com alta densidade uma produtividade de 4,39 Kg / m² e
977 sobrevivência de 86%. Estes resultados encontrados são fruto de um complexo sistema
978 de aeração disponível, o qual possibilita inclusive, injetar oxigênio puro no sistema se
979 necessário.

980 Com a intensificação de um sistema de produção o principal ponto que deve ser
981 considerado é o aumento na demanda de oxigênio para atender as exigências dos
982 organismos aquáticos. Segundo Boyd (1998), é possível realizar cultivo de camarões de
983 maneira intensiva desde que se faça a utilização de aeradores para atender a demanda de
984 oxigênio dos organismos cultivados. E a quantidade de aeradores a ser utilizado deverá
985 levar em consideração o tamanho do camarão, a densidade de estocagem, a temperatura
986 e a salinidade da água (Vinatea et al., 2011). Por esta razão, cada nova tecnologia de
987 aeração que surge deve ser estudada e avaliada em relação a sua capacidade de suporte,
988 para que esta não seja subutilizada. Atualmente, um sistema de injeção de ar com
989 características inovadoras vem sendo desenvolvido e utilizado em sistemas *raceway*.
990 Este sistema utiliza apenas uma bomba centrífuga para recircular a água, enquanto
991 naturalmente aspira ar do ambiente através de *snorkels*, e ao retornar pelos injetores a
992 água atinge uma relação de ar: água de 3: 1 (Krummenauer et al., 2016a). Com o
993 surgimento de um equipamento com tal potencial e podendo ser associado com outros
994 instrumentos é natural que ocorram novos questionamentos direcionados a capacidade
995 de produção utilizando este novo sistema de aeração, sempre buscando a intensificação
996 do sistema produtivo.

997 Desta maneira, é necessário para o bom desenvolvimento da aquicultura que os
998 incrementos nas produtividades dos sistemas de cultivo sejam alcançados, através da
999 adoção de novas ferramentas e de melhores estratégias de manejo que reduzam os
1000 prejuízos causados pelo aumento nas densidades de estocagem sem prejudicar o
1001 ambiente.

1002

1003 **OBJETIVO GERAL:**

1004 Analisar a influência de diferentes densidades de estocagem na qualidade da
1005 água e no desempenho zootécnico dos animais, durante a fase de engorda do camarão
1006 branco *L. vannamei* cultivados em sistema BFT.

1007

1008 **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1009 a) Avaliar o impacto das diferentes densidades de estocagem nos
1010 parâmetros físico-químicos de qualidade de água.

1011 b) Avaliar o efeito das diferentes densidades de estocagem no desempenho
1012 zootécnico dos camarões durante a fase de engorda em cultivo
1013 superintensivo em sistema BFT.

1014

1015 **MATERIAL E MÉTODOS**

1016 **LOCAL**

1017 O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquacultura (EMA),
1018 pertencente ao Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (IO-
1019 FURG), Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil.

1020

1021 **ORIGEM DOS ANIMAIS**

1022 Foram utilizados juvenis de *Litopenaeus vannamei* com $1,27 \pm 0,54$ g cultivados
1023 em berçário coberto por estufa do Projeto Camarão, na Estação Marinha de
1024 Aquacultura.

1025

1026 **DELINEAMENTO EXPERIMENTAL**

1027 O experimento foi realizado em uma estufa retangular de 585 m^2 , com nove
1028 tanques de 35 m^2 (7 x 5 m) revestidos com polietileno de alta densidade de 1,5mm
1029 (PEAD), a profundidade nestes tanques foi mantida em 80 cm, totalizando um volume
1030 útil de 28.000 litros por tanque. Os juvenis com peso médio inicial de $1,27 \pm 0,54$ g
1031 foram distribuídos nas densidades de estocagem experimentais de 400, 500 e 600
1032 camarões / m^2 .

1033 Para o desenvolvimento deste estudo foi utilizado um sistema de aeração por ar
1034 difuso, utilizando um soprador *blower* de 7,5 HP que fornecia ar para as mangueiras

1035 microperfuradas (Aerotube™) distribuídas no fundo dos tanques, além disso, cada
1036 tanque estava equipado com mais dois injetores de ar (*Nozzle*) alimentados por uma
1037 bomba de água de 1 CV, formando um sistema com grande capacidade de oxigenação.

1038 Para a aceleração da formação dos bioflocos, foi inoculado em cada unidade
1039 experimental cerca de 2.800 litros de água (10% do volume útil da unidade) contendo
1040 bioflocos maduros provenientes de um cultivo anterior segundo metodologia descrita
1041 por Krummenauer et al. (2014). A manutenção da relação C: N de 15: 1 foi obtida
1042 através de fertilizações orgânicas, de acordo com a metodologia proposta por
1043 Avnimelech (1999) e Ebeling et al. (2006). A fonte de carbono utilizada nas
1044 fertilizações foi o melaço de cana de açúcar e a fonte de nitrogênio foram os detritos
1045 gerados pelos camarões e a ração fornecida.

1046

1047 **VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA**

1048 As determinações de temperatura, oxigênio dissolvido e pH foram realizadas
1049 duas vezes ao dia com auxílio de um multiparâmetro HQ40d (Hach company,
1050 Loveland, Colorado, Estado Unidos). As concentrações de nitrogênio amoniacal total e
1051 nitrito foram mensurados diariamente até a estabilização, posteriormente foram
1052 monitoradas semanalmente junto com as concentrações de nitrato e fosfato. As análises
1053 de amônia total seguiram metodologias descritas em UNESCO (1983), as de nitrito
1054 segundo descrita em Bendschneider and Robinson (1952) e fosfato e nitrato por Aminot
1055 and Chaussepied (1983). A alcalinidade foi analisada semanalmente conforme
1056 metodologia proposta por APHA (1998). Quando a alcalinidade alcançava valores
1057 abaixo de 100 mg CaCO₃ / L, e o pH abaixo de 7,3 (recomendado por Ebeling et al.,
1058 2006) foram realizados ajustes com cal hidratada, seguindo a metodologia de Furtado et
1059 al., (2011). A metodologia de análise dos sólidos suspensos totais (SST) utilizada foi
1060 adaptada de Strickland and Parsons (1972). Os níveis dos SST foram mantidos abaixo
1061 de 500 mg / L seguindo o recomendado por Cohen et al., (2005) e Samocha et al.,
1062 (2007). Quando os níveis de SST alcançaram valores próximos a 500 mg / L, foram
1063 utilizados sedimentadores para o processo de clarificação (Gaona et al., 2016).

1064

1065 **MANEJO ALIMENTAR**

1066 Durante o experimento os animais foram alimentados 3 vezes ao dia, com uma
1067 ração comercial específica (38% PB), as alimentações feitas a lanço durante o dia e
1068 disponibilizadas em alimentadores automáticos durante a noite, a taxa inicial de
1069 arraçoamento foi baseada em um crescimento semana de 1,0 g, estimando a conversão
1070 alimentar em 1,4 e considerando mortalidades de 0,5% por semana. Após isso, os
1071 ajustes na taxa de arraçoamento foram feitos baseados nas biometrias e consumo da
1072 ração observado. Os ajustes nas taxas de arraçoamento foram feitos através da seguinte
1073 equação: $QRD = (N \times CSE \times CAE \times S) / 7$; Onde QRD = Quantidade de Ração Diária,
1074 CSE = Crescimento Semanal Esperado, CAE = Conversão Alimentar Esperada, e S =
1075 Sobrevivência esperada para semana (Braga et al., 2016).

1076

1077 **DESEMPENHO ZOOTÉCNICO**

1078 O crescimento dos camarões foi acompanhado por meio de biometrias
1079 individuais no início e ao final do experimento, e biometrias por média de amostragem a
1080 cada 3 dias, utilizando balança digital com precisão de 0,01 g (Marte® científica
1081 AS2000, Santa Rita do Sapucaí, MG, Brasil). Para avaliar o desempenho zootécnico dos
1082 camarões foram determinados: ganho de peso semanal (GPS): GP / n° semanas de
1083 cultivo. A conversão alimentar aparente (CAA): alimento oferecido / incremento de
1084 biomassa. A sobrevivência: $(\text{biomassa final} / \text{peso médio individual}) / n^\circ$ indivíduos
1085 estocados) x 100. A produtividade: $\text{biomassa final} / \text{volume do tanque}$.

1086

1087 **ANÁLISE ESTATÍSTICA**

1088 Foram realizados testes estatísticos a fim de comparar os resultados para a
1089 qualidade da água e desempenho zootécnico dos camarões nos diferentes tratamentos.
1090 Foram verificadas a homocedasticidade e a normalidade dos dados, através dos testes de
1091 Cochran C e Kolmogorov-Smirnov, respectivamente. Posteriormente foi aplicada
1092 ANOVA de uma via ($\alpha = 0,05$) e um teste *Post-hoc* Tukey quando encontradas
1093 diferenças significativas (Zar, 1996).

1094

1095 **RESULTADOS**

1096 **VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA**

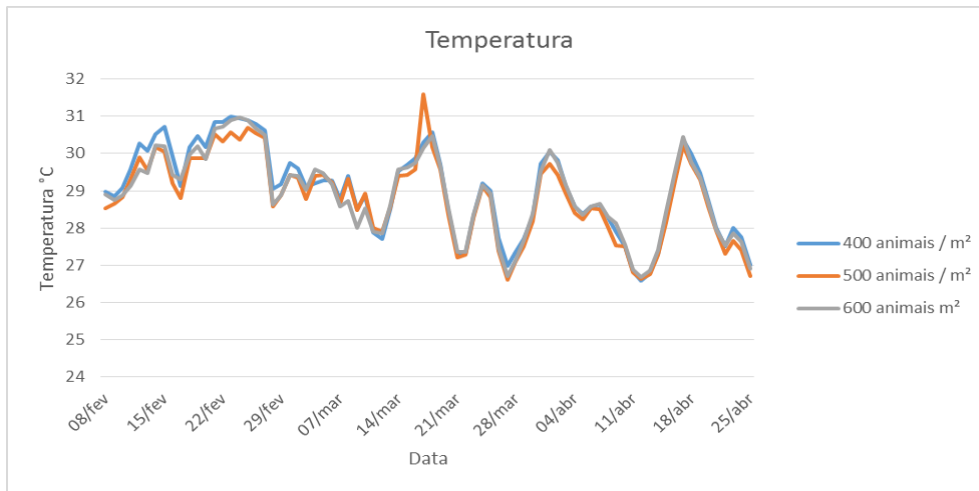
1097 Os resultados obtidos para os parâmetros de temperatura, oxigênio dissolvido,
 1098 pH, alcalinidade, salinidade, amônia, nitrito, nitrato, fosfato e sólidos suspensos totais
 1099 não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os diferentes tratamentos
 1100 durante os 78 dias de experimento. Valores médios e desvio padrão dos resultados
 1101 obtidos para estes parâmetros estão representados na Tabela 1.

1102 **Tabela 1** - Parâmetros físicos e químicos da água (média \pm desvio padrão) como
 1103 temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (mg / L), pH, alcalinidade (mg CaCO_3 / L),
 1104 Sólidos suspensos Totais (mg / L), amônia (N-AT mg / L), nitrito (N- NO_2^- mg /
 1105 L), nitrato (N- NO_3^- mg / L), Fosfato (P- PO_4^- mg / L) e salinidade nas diferentes
 1106 densidades. Durante 78 dias de cultivo do *Litopenaeus vannamei* na fase de
 1107 engorda em sistema BFT.

Parâmetros	Tratamentos		
	400 animais / m ²	500 animais / m ²	600 animais / m ²
Temperatura	29,02 \pm 1,16	28,82 \pm 1,12	28,91 \pm 1,11
O₂D	6,91 \pm 0,41	6,75 \pm 0,45	6,31 \pm 0,64
pH	7,40 \pm 0,12	7,37 \pm 0,11	7,33 \pm 0,10
Alcalinidade	192,2 \pm 25,6	151,8 \pm 26,1	170 \pm 28,8
Amônia	0,11 \pm 0,13	0,15 \pm 0,15	0,13 \pm 0,13
Nitrito	0,70 \pm 0,38	0,92 \pm 0,45	0,31 \pm 0,77
Nitrato	47,69 \pm 25,58	46,66 \pm 24,62	47,39 \pm 24,23
Fosfato	6,07 \pm 1,9	6,07 \pm 2,34	6,86 \pm 2,04
Salinidade	28,14 \pm 1,9	27,62 \pm 1,6	29,38 \pm 1,7
SST	452,57 \pm 117,99	373,33 \pm 97,29	341,66 \pm 93,35

1108 As variações de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade, sólidos
 1109 suspensos totais, amônia, nitrito, nitrato e fosfato ao longo dos 78 dias de cultivo entre
 1110 os três tratamentos estão expostos nas Figuras 1 à 9.

1112



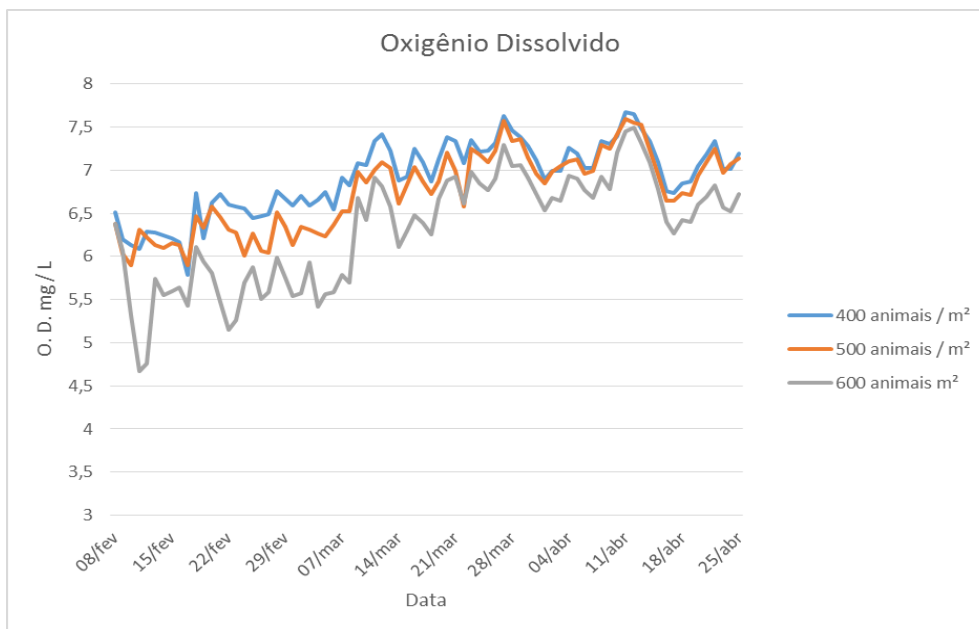
1113

1114

1115

1116

Figura 8- Variações de temperatura ao longo do cultivo de *L. vannamei* na fase de engorda em sistema BFT com diferentes densidades de estocagem.



1117

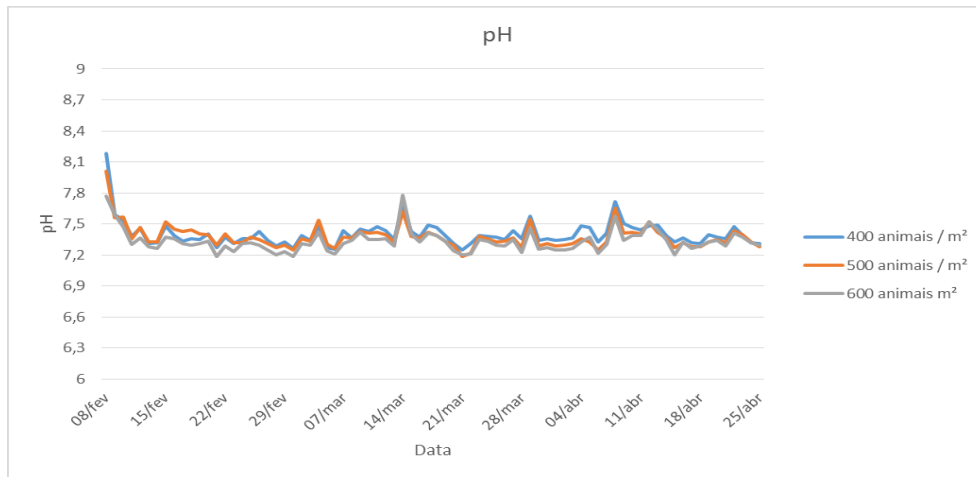
1118

1119

1120

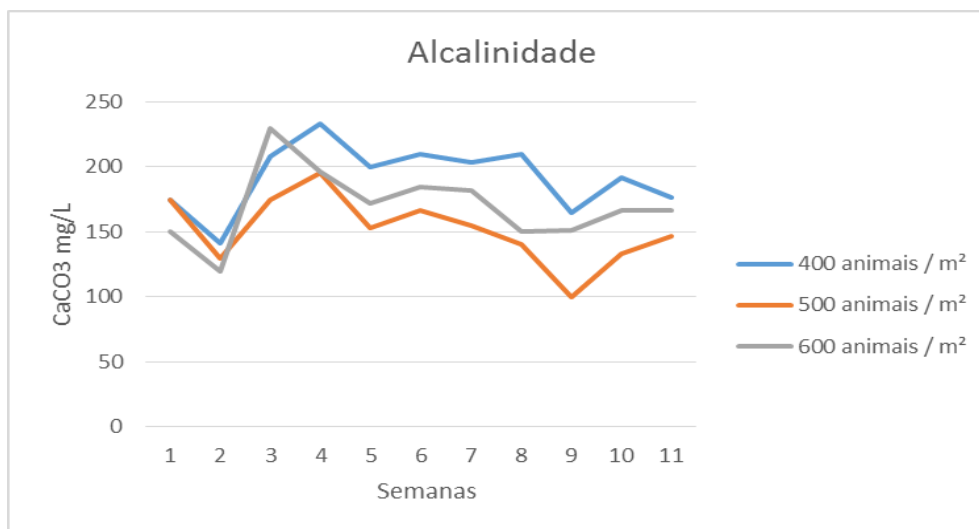
1121

Figura 9- Variações das concentrações de oxigênio dissolvido ao longo do cultivo de *L. vannamei* na fase de engorda em sistema BFT com diferentes densidades de estocagem.



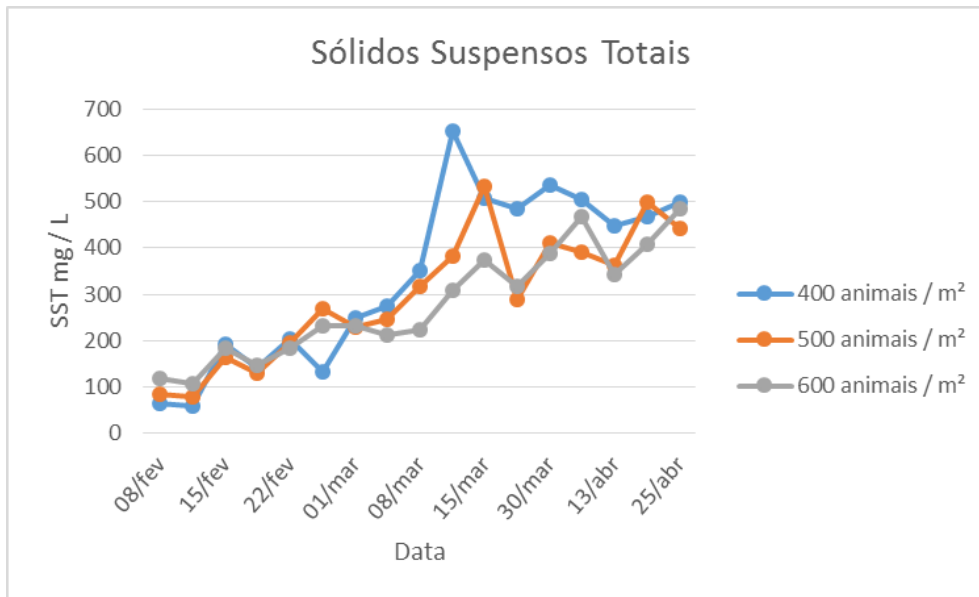
1122
1123
1124
1125

Figura 10- Variações do pH ao longo do cultivo de *L. vannamei* na fase de engorda em sistema BFT com diferentes densidades de estocagem.



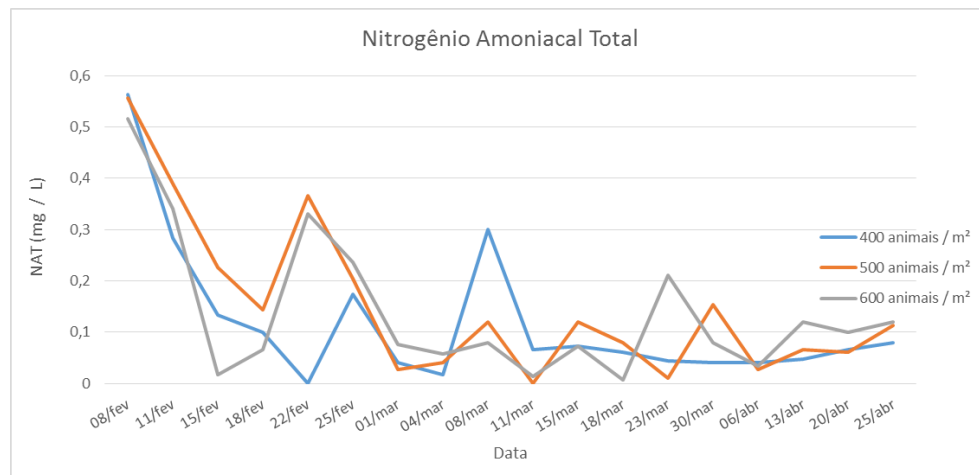
1126
1127
1128
1129
1130

Figura 4- Variações médias da Alcalinidade (CaCO_3 mg / L) durante os 78 dias de cultivo do *L. vannamei* expostos a diferentes densidades de estocagem na fase de engorda em sistema BFT.



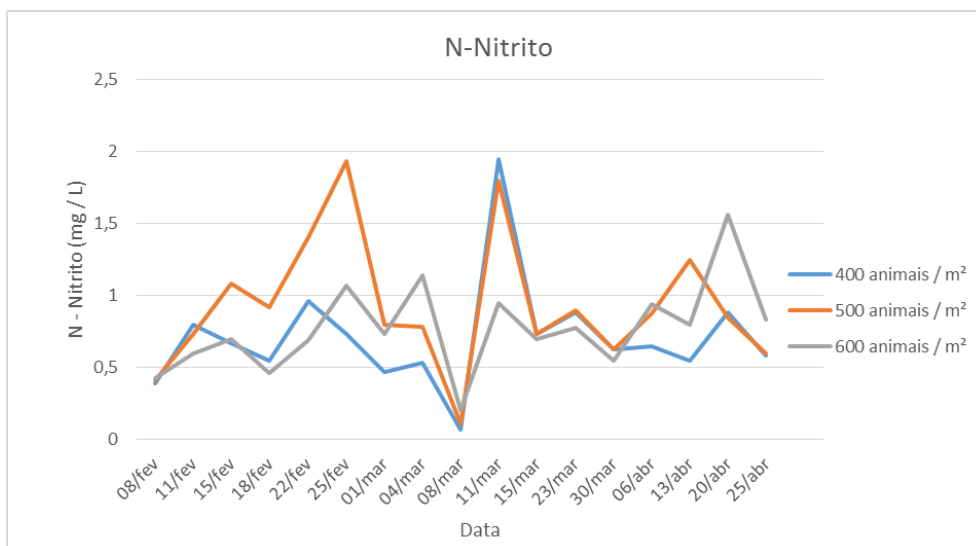
1131
1132
1133
1134
1135

Figura 5- Variações médias das concentrações de Sólidos Suspensos Totais (mg/L) durante os 78 dias de cultivo do *L. vannamei* expostos a diferentes densidades de estocagem na fase de engorda em sistema BFT.



1136
1137
1138
1139
1140
1141

Figura 6- Variações médias das concentrações de nitrogênio amoniacal total (mg N-AT/L) nos três tratamentos durante o cultivo de *L. vannamei* expostos a diferentes densidades de estocagem na fase de engorda em sistema BFT.



1142

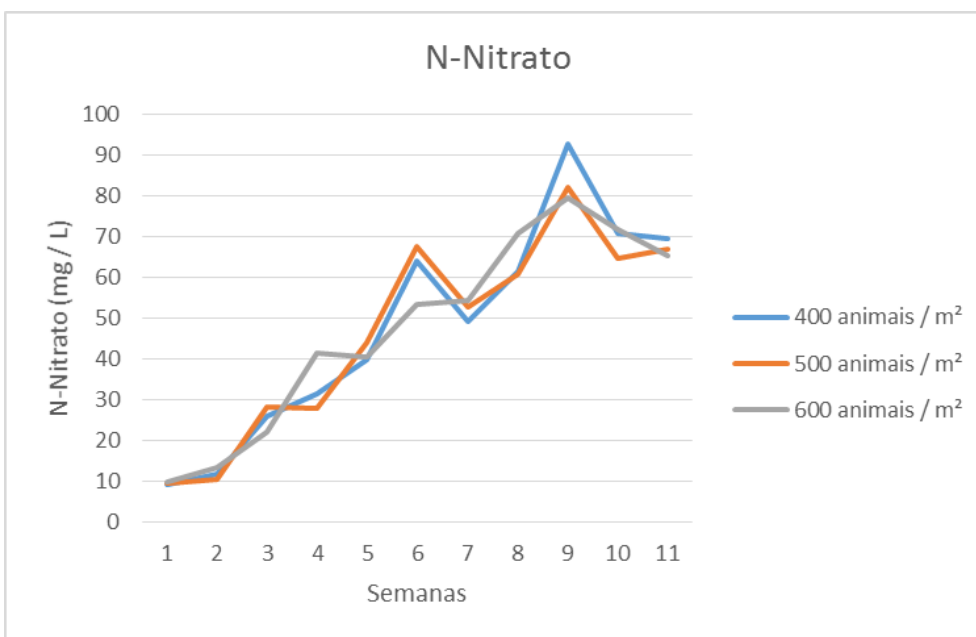
1143

1144

1145

1146

Figura 7- Variações médias das concentrações de nitrito (mg N-NO₂ / L) nos três tratamentos durante o cultivo de *L. vannamei* expostos a diferentes densidades de estocagem na fase de engorda em sistema BFT.



1147

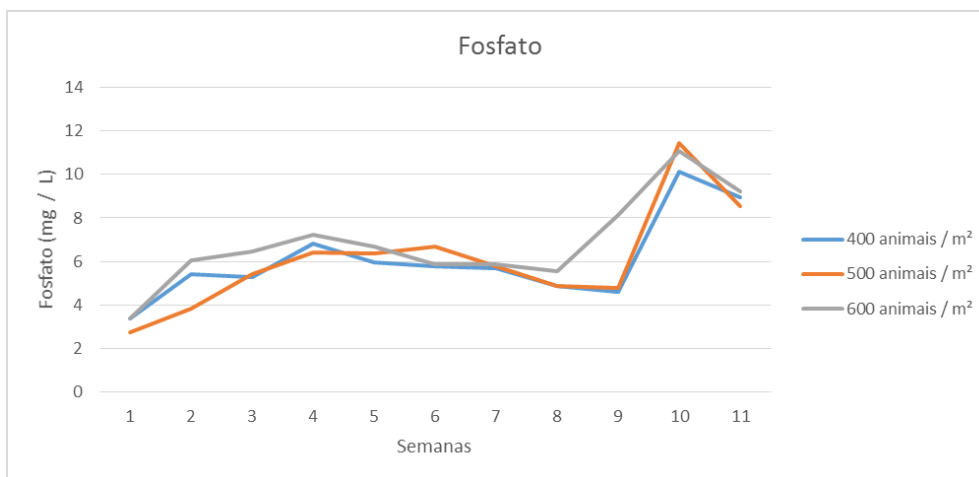
1148

1149

1150

1151

Figura 8- Variações médias das concentrações de nitrato (mg N-NO₃ / L) nos três tratamentos durante o cultivo de *L. vannamei* expostos a diferentes densidades de estocagem na fase de engorda em sistema BFT.



1152

1153

1154

1155

1156

Figura 9- Variações médias das concentrações de nitrato (mg PO₄⁻ / L) nos três tratamentos durante o cultivo de *L. vannamei* expostos a diferentes densidades de estocagem na fase de engorda em sistema BFT.

1157

DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

1158

1159

1160

1161

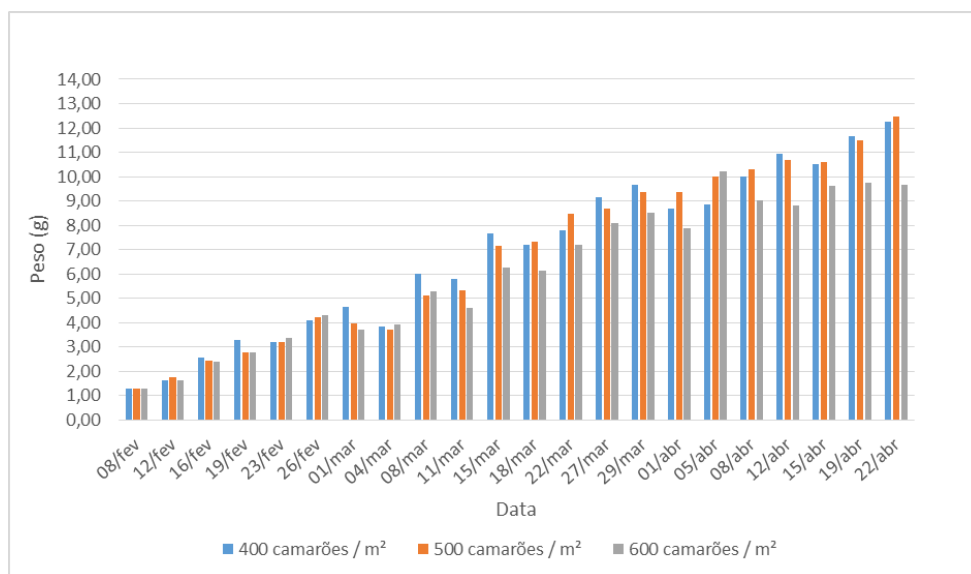
1162

1163

1164

1165

Os índices de desempenho zootécnico dos camarões cultivados demonstraram diferenças significativas ($p < 0,05$) para o índice de Peso Final e Biomassa Final. Onde o tratamento com 600 camarões / m² teve Peso Final inferior aos demais tratamentos. E o tratamento de 400 camarões / m² teve Biomassa Final inferior aos demais tratamentos. Os demais índices não apresentaram tal diferença. Os crescimentos dos camarões a cada biometria podem ser observados na figura 10, e os índices de desempenho zootécnico estão apresentados como valores médios e desvio padrão na Tabela 3.



1166

1167

1168

1169

Figura 10 – Crescimento dos camarões durante os 78 dias de experimento nos três tratamentos durante o cultivo de *L. vannamei* expostos a diferentes densidades de estocagem na fase de engorda em sistema BFT.

1170
1171
1172
1173
1174
1175

Tabela 3 - Desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei* (média e desvio padrão) para peso inicial (g) e final (g), biomassa inicial (kg / tanque) e biomassa final (kg / tanque), ganho de peso semanal (g / semana), conversão alimentar aparente (CAA), sobrevivência (%) e produtividade, com diferentes densidades na fase de engorda em sistema BFT, durante cultivo de 78 dias.

Tabela de Parâmetros Zootécnicos			
Tratamentos	400 camarões/m²	500 camarões/m²	600 camarões/m²
PI	1,27 ± 0,54	1,27 ± 0,54	1,27 ± 0,54
PF	12,3 ± 5,53 ^a	12,2 ± 3,89 ^a	10,2 ± 3,49 ^b
Biomassa Inicial	17,78	22,22	26,67
Biomassa Final	140,83 ± 1,91 ^b	162,97 ± 0,16 ^a	174,35 ± 13,57 ^a
GPS	1,10 ± 0,11	1,09 ± 0,02	0,90 ± 0,08
CA	1,79 ± 0,02	1,82 ± 0,02	2,09 ± 0,20
Sobrevivência	82,31 ± 9,13	76,67 ± 2,31	81,05 ± 11,08
Produtividade (Kg/m²)	3,52 ± 0,05	3,58 ± 0,76	4,22 ± 0,40
Produtividade (Kg/m³)	4,39 ± 0,07	4,48 ± 0,94	5,27 ± 0,49

1176
1177

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

1178 DISCUSSÃO

1179 Os parâmetros de qualidade de água durante este experimento não tiveram
1180 diferença significativa entre os tratamentos, e provavelmente não causaram nenhuma
1181 diferença nos índices de desempenho. Os parâmetros físico-químicos da água
1182 permaneceram dentro dos limites considerados ideais para a espécie cultivada.

1183 O *L. vannamei* tem uma ampla faixa de resistência para temperatura, podendo
1184 sobreviver a temperaturas entre 15 e 35 °C, porém, para se obter índices ótimos de
1185 sobrevivência e crescimento a amplitude da faixa de temperatura é bastante reduzida e
1186 fica entre 28 e 32 °C (Van Wyk and Scarpa, 1999). Durante este estudo a faixa média de
1187 temperatura se manteve próxima dos 29 °C com picos próximos a 32 °C. Porém, devido
1188 a fatores climáticos externos houve uma queda de temperatura relevante na parte final
1189 do ciclo, reduzindo a temperatura da água de 32 °C para 27 °C. Mas ainda assim a
1190 temperatura ficou acima da faixa de temperatura que reduz o metabolismo dos animais
1191 podendo prejudicar o crescimento, que é abaixo de 24 °C (Wyban et al., 1995).

1192 A concentração de oxigênio é considerada a variável mais importante dentro de
1193 um sistema aquícola de produção. Portanto, cabe ressaltar que devido a notável
1194 capacidade do sistema de aeração utilizado durante o experimento, mesmo com a mais

1195 alta densidade de estocagem (600 camarões / m²) as concentrações de oxigênios foram
1196 mantidas sempre dentro dos valores ótimos para a espécie. As médias de concentrações
1197 de oxigênio dos tratamentos mantidas entre 5,5 e 7 mg/L durante o período
1198 experimental, valores considerados ótimos para o desenvolvimento do *L. vannamei*
1199 (Boyd, 1989; Van Wyk and Scarpa, 1999). Sendo observado um incremento nos valores
1200 médios para concentração de oxigênio na água ao final do cultivo, esses resultados são
1201 diretamente correlacionados com a queda de temperatura no mesmo período.

1202 Outra variável de qualidade de água considerada importante é o pH, que deve ser
1203 mantido em níveis adequados, para assegurar que os camarões obtenham ótimos índices
1204 de crescimento e sobrevivência. Os camarões podem suportar pH com valores entre 7 e
1205 10, sendo que valores abaixo de 7 e acima de 10 podem causar lesões nas brânquias e
1206 suprimir a capacidade de crescimento (Van Wyk and Scarpa, 1999). Porém, ao avaliar a
1207 toxicidade do pH para *L. vannamei* Furtado et al., (2015) observou que a espécie tem
1208 uma maior resistência a águas com pH mais ácido. Com tudo, durante o presente
1209 experimento o pH da água foi mantido dentro dos níveis ótimos recomendados para o
1210 cultivo do *L. vannamei*. Por tanto, não sendo causa de qualquer prejuízo causado aos
1211 animais.

1212 A alcalinidade é definida por ser capacidade de neutralizar os ácidos adicionados
1213 a água. Em cultivos de camarões com mínima ou nenhuma renovação de água, o ideal é
1214 manter a alcalinidade entre 100 e 150 mg CaCO₃ / L (Ebeling et al., 2006). Em sistemas
1215 de bioflocos, para que ocorra a formação de biofilme e dos bioflocos, é necessário que
1216 se tenha a manutenção de altas concentrações de alcalinidade, fator indispensável para
1217 se obter também resultados ótimos para desempenho zootécnico e nitrificação (Furtado
1218 et al., 2014). Concordando com os autores, os níveis de alcalinidade foram monitorados
1219 e mantidos durante este experimento dentro do considerado ideal para a espécie, sempre
1220 acima de 100 mg CaCO₃ / L.

1221 Os resultados encontrados neste estudo para sólidos suspensos totais embora não
1222 apresentem diferenças estatísticas entre os tratamentos são interessantes. As médias dos
1223 resultados por tratamento foram inversamente proporcionais a densidade de estocagem
1224 de cada tratamento, o que pode ter sido resultante de um maior consumo do alimento
1225 natural por parte dos camarões cultivados. Mesmo assim, os valores dos sólidos
1226 suspensos totais foram mantidos abaixo de 500 mg / L, para evitar qualquer problema
1227 de entupimento de brânquias e demanda excessiva de oxigênio, devido a altas
1228 concentrações de SST conforme descrito por Schweitzer et al. (2013b). De qualquer

1229 forma, os níveis de sólidos suspensos totais não prejudicam o desenvolvimento dos
1230 animais cultivados, desde que se consiga manter na água o nível de oxigênio que seja
1231 capaz de atender as demandas das espécies cultivadas. Porém, podem ter uma influência
1232 negativa sobre outros parâmetros de qualidade de água (Gaona et al., 2016a).

1233 Durante o período experimental, a salinidade média da água ficou na faixa de 28,
1234 que é um valor considerado adequado para manutenção de parâmetros de qualidade da
1235 água e para o desenvolvimento dos bioflocos, bem como, para o bom desempenho dos
1236 camarões (Van Wyk and Scarpa, 1999).

1237 No cultivo de *L. vannamei* os níveis de concentração de Nitrogênio Amoniacal
1238 Total (N-AT) considerados tóxicos para espécie variam de acordo com a salinidade da
1239 água do cultivo, entre salinidade 25 – 35 os níveis de segurança deste parâmetro são de
1240 3,55 – 3,95 mg N-AT / L respectivamente de acordo com o descrito por Lin and Chen
1241 (2001). Valores que superam aos encontrados durante este estudo, sendo o maior valor
1242 encontrado de 0,6 mg N-AT / L, e médias próximas a 0,13 mg N-AT / L sem se
1243 observar diferenças significativas entre os tratamentos.

1244 A toxicidade do nitrito é influenciada pela salinidade e pelo pH, sendo que
1245 quanto menores os valores para estes parâmetros mais tóxico se torna o nitrito. Os
1246 níveis de segurança para as concentrações de nitrito em cultivos de *L. vannamei* são de
1247 15,2 – 25,7 mg NO₂⁻ / L para salinidades de 25 – 35 respectivamente (Lin and Chen,
1248 2003). Durante o presente estudo as médias de concentrações de nitrito não chegaram
1249 nem próximo dos níveis de segurança descritos e apresentaram valores que não
1250 superaram 2 mg NO₂⁻ / L.

1251 O nitrato é a forma resultante da oxidação do nitrito por bactérias do gênero
1252 *Nitrobacter*, para este parâmetro o nível de concentração tóxica para a espécie não foi
1253 especificado. Segundo Kuhn et al. (2010) os níveis de concentração tóxica do nitrito são
1254 muito mais altas do que 300 mg NO₃⁻ / L. Porém quando o camarão branco é exposto a
1255 concentrações maiores ou iguais a 300 mg NO₃⁻ / L durante um longo período são
1256 provocados danos histopatológicos nas brânquias e no hepatopâncreas podendo causar
1257 prejuízos ao crescimento e a sobrevivência dos camarões (Furtado et al., 2014). Durante
1258 o presente estudo os níveis máximos de concentração de nitrato não ultrapassaram 100
1259 mg NO₃⁻ / L, por tanto, as concentrações de nitrato se mantiveram dentro dos níveis de
1260 segurança para o *L. vannamei*.

1261 Analisando as concentrações dos compostos nitrogenados conjuntamente
1262 durante este experimento, observa-se que não houve problemas com picos de

1263 concentrações muito elevadas, e que estiveram de acordo com níveis adequados para o
1264 bom desenvolvimento da espécie. O controle dos compostos nitrogenados pode ser
1265 observado principalmente no resultado do nitrogênio amoniacal total que em seu pico
1266 não ultrapassou 0,6 mg N-AT / L. Este controle é resultado da prática descrita por
1267 Krummenauer et al. (2014) que através do reuso da água de um cultivo anterior, permite
1268 o desenvolvimento mais rápido das comunidades microbianas desejadas, e que
1269 controlam os compostos nitrogenados.

1270 Ao avaliar o efeito de densidades de estocagem, em sistema convencional, no
1271 crescimento de camarões Wyban et al. (1987), observaram que o crescimento individual
1272 dos camarões era prejudicado conforme era aumentada a densidade de estocagem.
1273 Mesma dinâmica de resultados foi atingida durante este experimento utilizando maiores
1274 densidades de estocagem sendo observada uma queda nos índices de desempenho
1275 zootécnico conforme aumentada a densidade de estocagem, estes resultados podem ser
1276 atribuídos a uma provável competição por alimento. O prejuízo de crescimento em altas
1277 densidades de estocagem pode ser resultado de alterações na qualidade da água ou pela
1278 influência do comportamento do camarão (Otoshi et al., 2007). A utilização de
1279 substratos já é um método solidificado nos sistemas intensivos, os quais foram também
1280 utilizados durante este experimento, e aparentemente colaboram para a redução do
1281 stress comportamental dos camarões causado por grandes densidades de estocagem. O
1282 uso de substratos também demonstra a eficiência para produzir biofilme nos mesmos ao
1283 estimular o desenvolvimento de bactérias nitrificantes. Além de aumentar a área de
1284 superfície do tanque e assim diminuir a densidade relativa, desta forma reduz o
1285 problema comportamental (Arnold et al., 2009; Schweitzer et al., 2013a).

1286 Analisando o presente trabalho e estudos realizados por outros autores, observa-
1287 se a concordância de que ao aumentar a densidade de estocagem mesmo mantendo
1288 todos os parâmetros de qualidade da água dentro das faixas ótimas para o
1289 desenvolvimento das espécies, observa-se prejuízo no crescimento individual dos
1290 camarões, esse prejuízo é atribuído principalmente aos hábitos comportamentais dos
1291 camarões (Esparza-Leal et al., 2010; Márquez et al., 2012; Silva et al., 2013).

1292 Em sistema fechado com reduzida ou nenhuma renovação de água
1293 Krummenauer et al., (2011) considerou aumentar as densidades de estocagem,
1294 avaliando três densidades: 150, 300 e 450 camarões / m², em experimento com duração
1295 de 120 dias. Afirmando que os melhores resultados nos índices zootécnicos ocorreram
1296 na densidade de 300 camarões / m², em que verificou Ganho de Peso Semanal (GPS) de

1297 0,92 g/ semana, Peso Final (PF) de 16,8 g, CAA de 1,29, produtividade de 4,09 Kg / m²
1298 e sobrevivência de 81,2 %. Os resultados obtidos pelo autor supra citado provavelmente
1299 foram limitados por sua capacidade de atender a demanda de oxigênio, que fica clara ao
1300 observar as concentrações de oxigênio ao final do período de cultivo. Para os índices de
1301 desempenho zootécnico, os resultados obtidos neste estudo estão descritos na tabela 3,
1302 cabendo destacar o tratamento de 500 camarões/ m² com resultados: GPS de 1,09 g/
1303 semana, PF de 12,2 g, CAA de 1,82, produtividades de 3,58 Kg/ m² e 4,48Kg/ m³, e
1304 sobrevivência de 76,67%. É possível observar uma evolução entre os dois estudos,
1305 devendo-se considerar que o presente estudo teve duração de 78 dias, enquanto que o
1306 anteriormente citado teve duração de 120 dias.

1307 Analisando os índices de desempenho zootécnico obtidos por autores
1308 americanos, como Samocha et al., (2010) que utilizando densidades de estocagem de
1309 530 camarões/ m² obteve resultados de GPS variando entre 1,35 a 1,39 g/ semana, CAA
1310 variando entre 1,53 e 1,60, produtividade entre 9,34 e 9,75 Kg/ m³ e sobrevivências
1311 acima de 94%. Deve ser observado também, que estes autores fazem uso de diversos
1312 dispositivos para suprir a demanda de oxigênio, tendo inclusive a possibilidade de
1313 injetar oxigênio puro na água.

1314 Quando observadas as diferentes pesquisas referentes ao uso de altas densidades
1315 de produção de camarões, observa-se que para ensaios realizados em microcosmos
1316 sempre se obtiveram resultados de densidades de estocagem superiores a 600 camarões /
1317 m², sendo de 1111 camarões / m² para e Fróes et al. (2013). Cabe destacar que o
1318 presente estudo foi realizado em tanques de escala comercial e se atingiram resultados
1319 de sobrevivência elevada e com alto desempenho dos camarões em densidades de até
1320 600 camarões / m².

1321 Ressaltando que com os resultados obtidos neste experimento podemos afirmar
1322 que é possível obter bons desempenhos com as densidades testadas e até com
1323 densidades mais elevadas, com tudo, a densidade de estocagem deve ser feita com base
1324 no peso final almejado. Portanto, ótimas densidades de estocagem em operações
1325 comerciais devem ser baseadas em fatores intrínsecos de mercado e custos de produção
1326 associados a novas tecnologias (Neal et al., 2010).

1327
1328
1329

1330 **CONCLUSÕES**

1331 Com os resultados obtidos é possível concluir que é viável a utilização de altas
1332 densidades de estocagem, porém a densidade de 500 camarões/ m² obteve os melhores
1333 índices de desempenho zootécnico, sendo a mais indicada para o sistema de cultivo
1334 utilizado. Entretanto, a densidade de estocagem deve ser ajustada de acordo com o peso
1335 final individual almejado, já que com o aumento da biomassa ocorre um incremento na
1336 demanda de oxigênio, sendo este o grande fator limitante para os cultivos intensivos de
1337 camarão.

1338

1339 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 1340 Aminot A., Chaussepied, M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin.
1341 Brest, CNEXO, 395p.
- 1342 APHA (American Public Health Association). 1998. Standard methods for the
1343 examination of water and wastewater. 20st edition. Washington, DC. 1193p.
- 1344 Arnold, S.J., Coman, F.E., Jackson, C.J., Groves, S.A., 2009. High-intensity, zero
1345 water-exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: An
1346 evaluation of artificial substrates and stocking density. *Aquaculture* 293, 42–48.
1347 doi:10.1016/j.aquaculture.2009.03.049.
- 1348 Avnimelech, Y., 1999. Carbon / nitrogen ratio as a control element in aquaculture
1349 systems. *Aquaculture* 176, 227–235.
- 1350 Bendschneider, K., Robinson, R.J., 1952. A new spectrophotometric method for the
1351 determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 11, 87-96.
- 1352 Boyd, C.E., 1998. Pond water aeration systems. *Aquac. Eng.* 18, 9–40.
- 1353 Boyd, C.E., 1989. *Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming*.
- 1354 Braga, A., Magalhães, V., Hanson, T., Morris, T.C., Samocha, T.M., 2016. The effects
1355 of feeding commercial feed formulated for semi-intensive systems on *Litopenaeus*
1356 *vannamei* production and its profitability in a hyper-intensive biofloc-dominated
1357 system. *Aquac. Reports* 3, 172–177. doi: 10.1016/j.aqrep.2016.03.002.
- 1358 Cohen, J.M., Samocha, T.M., Fox, J.M., Gandy, R.L., Lawrence, A.L., 2005.
1359 Characterization of water quality factors during intensive raceway production of
1360 juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure
1361 management tools. *Aquac. Eng.* 32, 425–442. doi:10.1016/j.aquaeng.2004.09.005

1362 Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J., 2006. Engineering analysis of the
1363 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of
1364 ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257, 346–358. doi:
1365 10.1016/j.aquaculture.2006.03.019.

1366 Esparza-Leal, H.M., Ponce-Palafox, J.T., Valenzuela-Quiñónez, W., Arredondo-
1367 Figueroa, J.L., García-Ulloa Gómez, M., 2010. Effects of density on growth and
1368 survival of juvenile pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, reared in low-
1369 salinity well water. *J. World Aquac. Soc.* 41, 648–654. doi:10.1111/j.1749-
1370 7345.2010.00406.x.

1371 FAO, 2016. The state of world fisheries and aquaculture. Rome. doi: 92-5-105177-1.

1372 Fróes, C., Fóes, G., Krummenauer, D., Poersch, L.H., Junior, W.W., 2013. Densidade
1373 de estocagem na engorda de camarão-branco cultivado em sistema de biofloc.
1374 *Pesqui. Agropecu. Bras.* 48, 878–884. doi: 10.1590/S0100-204X2013000800010.

1375 Furtado, P.S., Campos, B.R., Serra, F.P., Klosterhoff, M., Romano, L.A., Wasielesky,
1376 W., 2014. Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus*
1377 *vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). *Aquac. Int.* 315–327. doi:
1378 10.1007/s10499-014-9817-z.

1379 Furtado, P.S., Fugimura, M.M.S., Monserrat, J.M., Souza, D.M., Garcia, L. de O.,
1380 Wasielesky, W., 2015. Acute effects of extreme pH and its influences on the
1381 survival and biochemical biomarkers of juvenile White Shrimp, *Litopenaeus*
1382 *vannamei*. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* 48, 417–429. doi:
1383 10.1080/10236244.2015.1086539.

1384 Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2014. The effect of different alkalinity
1385 levels on *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc technology (BFT). *Aquac.*
1386 *Int.* 345–358. doi: 10.1007/s10499-014-9819-x.

1387 Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2011. Effect of calcium hydroxide,
1388 carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance
1389 of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems.
1390 *Aquaculture* 321, 130–135. doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.08.034.

1391 Gaona, C.A.P., da Paz Serra, F., Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2016.
1392 Effect of different total suspended solids concentrations on the growth
1393 performance of *Litopenaeus vannamei* in a BFT system. *Aquac. Eng.* 72–73, 65–
1394 69. doi: 10.1016/j.aquaeng.2016.03.004.

- 1395 Jory, D.E., Cabrera, T.R., Dugger, D.M., Fegan, D., Lee, P.G., Lawrence, L., Jackson,
1396 C.J., McIntosh, R.P., Castañeda, J., International, B., Park, H.A., Hwy, N.O.D.,
1397 Pierce, F., 2001. A Global Review of Shrimp Feed Management: Status and
1398 Perspectives. *Aquaculture* 104–152.
- 1399 Krummenauer, D., Advent, B., Gaona, C.A.P., Fóes, G., Silveira, L.G.P., Moura, P.S.,
1400 Poersch, L.H., Wasielesky, W.J., 2016. Sistemas de injetores de ar nos cultivos
1401 superintensivos em meio aos bioflocos. *Panor. da Aqüicultura* 155, 24–31.
- 1402 Krummenauer, D., Peixoto, S., Cavalli, R.O., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2011.
1403 Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc
1404 technology system in Southern Brazil at different stocking densities. *J. World*
1405 *Aquac. Soc.* 42, 726–733. doi:10.1111/j.1749-7345.2011.00507.x.
- 1406 Krummenauer, D., Samocha, T., Poersch, L., Lara, G., Wasielesky, W., 2014. The reuse
1407 of water on the culture of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT
1408 system. *J. World Aquac. Soc.* 45, 3–14. doi:10.1111/jwas.12093.
- 1409 Kuhn, D.D., Smith, S.A., Boardman, G.D., Angier, M.W., Marsh, L., Flick, G.J., 2010.
1410 Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*:
1411 Impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. *Aquaculture* 309,
1412 109–114. doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.09.014.
- 1413 Lin, Y.C., Chen, J.C., 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone)
1414 juveniles at different salinity levels. *Aquaculture* 224, 193–201. doi:
1415 10.1016/S0044-8486(03)00220-5.
- 1416 Lin, Y.C., Chen, J.C., 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei*
1417 (Boone) juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 259, 109–
1418 119. doi: 10.1016/S0022-0981(01)00227-1.
- 1419 Márquez, J.E.Q., Andreatta, E.R., Vinatea, L., Olivera, A., Brito, L.O., 2012. Efeito da
1420 densidade de estocagem nos parâmetros zootécnicos da criação de camarões
1421 *Litopenaeus schmitti*. *Bol. do Inst. Pesca* 38, 145–153.
- 1422 Neal, R.S., Coyle, S.D., Tidwell, J.H., Boudreau, B.M., 2010. Evaluation of stocking
1423 density and light level on the growth and survival of the Pacific white shrimp,
1424 *Litopenaeus vannamei*, reared in zero-exchange systems. *J. World Aquac. Soc.*
1425 41, 533–544. doi:10.1111/j.1749-7345.2010.00393.x.
- 1426 Otoshi, C.A., Naguwa, S.S., Falesch, F.C., Moss, S.M., 2007. Shrimp Behavior May
1427 Affect Culture Performance At Super-Intensive Stocking Densities. *Glob. Aquac.*
1428 *Advocate* 67–69.

- 1429 Samocha, T.M., Lawrence, A.L., Collins, C.A., Castille, F.L., Bray, W.A., Davies, C.J.,
1430 Lee, P.G., Wood, G.F., 2004. Production of the Pacific White Shrimp,
1431 *Litopenaeus vannamei*, in High-Density Greenhouse- Enclosed Raceways Using
1432 Low Salinity Groundwater. *J. Appl. Aquac.* 15, 1–19. doi:
1433 10.1300/J028v15n03_01.
- 1434 Samocha, T.M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A.M., Burger, J.M., Almeida, R. V., Ayub,
1435 Z., Harisanto, M., Horowitz, A., Brock, D.L., 2007. Use of molasses as carbon
1436 source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus*
1437 *vannamei*. *Aquac. Eng.* 36, 184–191. doi:10.1016/j.aquaeng.2006.10.004.
- 1438 Samocha, T.M., Morris, T.C., Hanson, T., 2010. Intensive Raceways Without Water
1439 Exchange Analyzed For White Shrimp Culture. *Glob. Aquac. Advocate* 13, 22–
1440 24.
- 1441 Schweitzer, R., Arantes, R., Baloi, M.F., Costódio, P.F.S., Arana, L.V., Seiffert, W.Q.,
1442 Andreatta, E.R., 2013a. Use of artificial substrates in the culture of *Litopenaeus*
1443 *vannamei* (Biofloc System) at different stocking densities: Effects on microbial
1444 activity, water quality and production rates. *Aquac. Eng.* 54, 93–103. doi:
1445 10.1016/j.aquaeng.2012.12.003.
- 1446 Schweitzer, R., Arantes, R., Costódio, P.F.S., Espírito Santo, C.M., Vinatea, L.,
1447 Quadros, W., Andreatta, E.R., 2013b. Effect of different biofloc levels on
1448 microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a
1449 tank system operated with no water exchange. *Aquac. Eng.* 56, 59–70.
1450 doi:10.1016/j.aquaeng.2013.04.006.
- 1451 Silva, A.F., Lara, G.R., Ballester, E.C., Krumennauer, D., Abreu, P.C., Wasielesky, W.,
1452 2013. Efeito das altas densidades de estocagem no crescimento e sobrevivência de
1453 *Litopenaeus vannamei* na fase final de engorda, cultivados em sistemas de
1454 bioflocos (bft). *Cienc. Anim. Bras.* 14, 279–287. doi:10.5216/cab.v14i3.10.419.
- 1455 Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*.
1456 Fisheries Research Board of Canada, 167.
- 1457 UNESCO, 1983. *Chemical methods for use in marine environmental monitoring*.
1458 *Manual and Guides 12*, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris,
1459 France.
- 1460 Van Wyk, P., Scarpa, J., 1999. *Water Quality Requirements and Management*. *Farming*
1461 *Mar. Shrimp Recirc. Freshw. Syst.* 141–161.

- 1462 Vinatea, L., Muedas, W., Arantes, R., 2011. The impact of oxygen consumption by the
1463 shrimp *Litopenaeus vannamei* according to body weight, temperature, salinity and
1464 stocking density on pond aeration: a simulation. *Acta Sci. Biol. Sci.* 33, 125–132.
1465 doi: 10.4025/actascibiolsci.v33i2.7018.
- 1466 Zar, J.H., 1996. *Biostatistical Analysis*. Third Edition New Jersey: Prentice Hall, 662p.
- 1467 Wyban, J.A., Lee, C.S., Sato, V.T., Sweeney, J.N., Richards, W.K., 1987. Effect of
1468 stocking density on shrimp growth rates in manure-fertilized ponds. *Aquaculture*
1469 61, 23–32. doi: 10.1016/0044-8486(87)90334-6.
- 1470 Wyban, J., Walsh, W.A., Godin, D.M., 1995. Temperature effects on growth, feeding
1471 rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*).
1472 *Aquaculture* 38, 267–279.
- 1473

1474

CONCLUSÕES GERAIS

1475 Com os resultados encontrados na presente dissertação foi possível verificar que
1476 a utilização de mangueiras microperfuradas (Aerotube™) supridas por soprador de ar,
1477 continua sendo uma boa opção para cultivos intensivos que utilizam estruturas
1478 semelhantes as utilizadas neste estudo. Além disso, pode-se afirmar que a densidade de
1479 estocagem de 500 camarões/ m² é a mais indicada para a fase de engorda em tais
1480 sistemas. Sendo que atualmente já são utilizadas densidades de estocagem de 530
1481 camarões/ m², como descrito por autores já citados. Porém, em densidades de estocagem
1482 mais elevadas que estas, experimenta-se uma limitação no potencial individual de
1483 desempenho dos camarões, podendo ser resultado de possíveis fatores comportamentais,
1484 bem como de alguma alteração na qualidade física e química da água que não foram
1485 detectadas durante os experimentos.