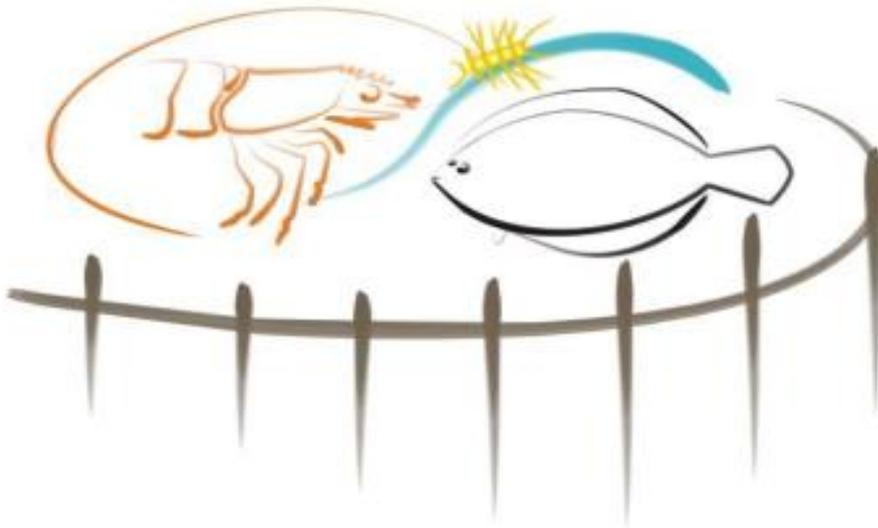




UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



**APLICAÇÃO DA MICROALGA *Arthrospira platensis* NO CULTIVO DE
CAMARÃO BRANCO DO PACÍFICO (*Penaeus vannamei*, BOONE 1931) NA FASE
DE BERÇÁRIO NO SISTEMA DE BIOFLOCOS.**

Navinézia Carolina Joaquim Rungo

Rio Grande, RS

Julho de 2024

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

**APLICAÇÃO DA MICROALGA *Arthrospira platensis* NO CULTIVO DE
CAMARÃO BRANCO DO PACÍFICO (*Penaeus vannamei*, BOONE 1931) NA FASE
DE BERÇÁRIO NO SISTEMA DE BIOFLOCOS.**

Navinézia Carolina Joaquim Rungo

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

Orientador: Dr. Luís Henrique da Silva Poersch

Coorientador: Dr. Alessandro Pereira Cardozo

RIO GRANDE-RS

Julho de 2024

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELA.....	vi
RESUMO.....	1
ABSTRACT	2
1. Introdução.....	1
2. Objetivos	3
2.1 Objectivo geral	3
2.2 Objectivos específicos	3
3 Material e métodos	4
3.1 Local	4
3.2 Delineamento experimental	4
3.3 Qualidade de água.....	6
3.4 Parâmetros zootécnicos.....	6
3.5 Composição proximal	6
3.6 Análise estatística.....	7
4 RESULTADOS.....	8
4.1 Qualidade de água.....	8
4.2 Parâmetros zootécnicos.....	8
4.3 Composição proximal do camarão.....	9
4.4 Composição proximal do biofloco.....	9
5 DISCUSSÃO.....	11
6 Conclusão	16
7. Referências bibliográficas	17

Dedico esta dissertação à minha família, com especial gratidão ao meu pai e aos meus irmãos, cujo apoio incondicional e incentivo foram fundamentais para mim ao longo desta jornada.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, saúde e aptidão durante a jornada acadêmica e pela apresentação desta pesquisa.

Agradeço ao Programa GCUB de Mobilidade Internacional e a CAPES pela concessão da bolsa de estudos. O apoio financeiro e a confiança depositada em mim foram fundamentais para o sucesso desta jornada.

À Universidade Federal do Rio Grande-FURG e ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura, estendo meu sincero agradecimento por proporcionarem um ambiente acadêmico estimulante e acolhedor. Aos professores que com êxitos e excelência compartilharam conhecimentos inestimáveis e aos funcionários pelo suporte administrativo e logístico, meus mais sinceros agradecimentos.

Agradeço especialmente ao meu orientador Luís Henrique e coorientador Alessandro Cardozo pela orientação diligente e expertise que foram essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa e por muitas vezes me acalmar e mostrar a lógica dos desafios que enfrentei na realização do experimento. Ao Júlio sou igualmente grata pelo valioso suporte e pelas contribuições cruciais para este trabalho.

Aos meus colegas do curso e ao grupo de pesquisa do laboratório de carcinocultura e a Valéria expresse minha gratidão pelas colaborações, pelas discussões intelectualmente enriquecedoras e pelo apoio mútuo ao longo desta trajetória. Em especial, endereço minha sincera gratidão a Andrezza Carvalho (minha casca de bala) por sempre acompanhar cada passo do meu percurso acadêmico, de perto e de longe sua presença e orientação continuaram a me guiar. Sua dedicação e generosidade são testemunhos de sua excepcionalidade como colega, sua influência foi fundamental para meu crescimento e sucesso nesta jornada, muito obrigada.

À minha família, cuja paciência, compreensão e apoio incondicional foram a base que me sustentou ao longo desta jornada. Aos meus pais, Joaquim Rungo e Ilda Manuel, meus irmãos e tios por seu encorajamento constante e confiança depositada em mim, gratidão. Aos meus amigos que mesmo à distância, sempre me ofereceram palavras de incentivo e apoio emocional. À Raquel, Maite e Dane minhas companheiras de casa por tantos momentos que compartilhamos juntas, com vocês a saudade de casa doeu menos.

Obrigada

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição proximal da <i>Spirulina</i> em pó.	6
Tabela 2. Parâmetros físico-químicos da água (média ± desvio padrão) do cultivo de pós-larvas <i>Penaeus vannamei</i> nos tratamentos.	8
Tabela 3. Desempenho zootécnico (média±desvio padrão) do <i>Penaeus vannamei</i> dos tratamentos.....	9
Tabela 4. Composição proximal do camarão (média ± desvio padrão) dos tratamentos. 9	
Tabela 5. Composição proximal do bioflocos (média ± desvio padrão) dos tratamentos.	10

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Unidades experimentais.	5
Figura 2. Microalga <i>A. platensis</i> em pó.....	5

1 RESUMO

2 O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adição da biomassa seca da microalga
3 *Arthrospira platensis* sobre o crescimento e composição bromatológica de pós-larvas de
4 *Penaeus vannamei* cultivadas no sistema de bioflocos. Foram utilizados quatro
5 tratamentos: (BFT) controle, sem adição da microalga *A. Platensis*; (*Sp40*) tratamento
6 com bioflocos e adição de 40 mg/L de *A. platensis*; (*Sp50*) tratamento com bioflocos e
7 adição de 50 mg/L de *A. platensis* e (*Sp60*) tratamento com bioflocos e adição de 60 mg/L
8 de *A. platensis*. Os camarões com $0,015 \pm 0,009$ de peso médio foram estocados na
9 densidade de 2.000 pós-larvas/m³ em caixas de polietileno com volume útil de 50L e
10 alimentados com ração comercial, complementada com adição de *A. platensis* em pó. O
11 cultivo teve a duração de 35 dias e foram avaliados os parâmetros zootécnicos, de
12 qualidade da água e a composição proximal dos camarões e do biofoco. Foram
13 observadas diferenças significativas nos valores dos parâmetros de qualidade de água, e
14 os tratamentos com inclusão de *Spirulina* apresentaram maiores valores de ganho de
15 biomassa e sobrevivência comparado ao tratamento controle. Além disso a análise da
16 composição proximal dos camarões revelou maior teor de proteína, cinzas e baixo teor
17 lipídico nos tratamentos com adição de *Spirulina*. Portanto, a adição da microalga *A.*
18 *platensis* em pó melhorou o desempenho zootécnico, a composição proximal de pós-
19 larvas de *P. vannamei*, mas influencia os parâmetros de qualidade de água no cultivo em
20 sistema de bioflocos.

21 **Palavras-chave:** *Spirulina*, pós-larvas, parâmetros zootécnicos e composição
22 proximal.

23 **ABSTRACT**

24 The aim of this study was to evaluate the effect of adding the dry biomass of the microalga
25 *Arthrospira platensis* on the growth and bromatological composition of *Penaeus*
26 *vannamei* post-larvae reared in the biofloc system. Four treatments were used: (BFT)
27 control, without the addition of the microalga *A. Platensis*; (*Sp40*) treatment with bioflocs
28 and the addition of 40 mg/L of *A. platensis*; (*Sp50*) treatment with bioflocs and the
29 addition of 50 mg/L of *A. platensis* and (*Sp60*) treatment with bioflocs and the addition
30 of 60 mg/L of *A. platensis*. The shrimp weighing $0.015 \pm 0,009$ average weight were
31 stocked at a density of 2,000 post-larvae/m³ in polyethylene polyethylene boxes with a
32 useful volume of 50L and fed commercial feed, supplemented with *A. platensis* powder.
33 Cultivation lasted 35 days and zootechnical parameters, water quality and the proximal
34 composition of the shrimp and the biofloc were assessed. Significant differences were
35 observed in the values of the water quality parameters, and the treatments with *Spirulina*
36 inclusion showed higher values of biomass gain and survival compared to the control
37 treatment. In addition, analysis of the proximal composition of the prawns revealed a
38 higher protein, ash and low lipid content in the treatments with added *Spirulina*.
39 Therefore, the addition of powdered *A. platensis* microalgae improved zootechnical
40 performance and the proximal composition of *P. vannamei* post-larvae, but also
41 influenced water quality parameters in biofloc system rearing.

42 Keywords: *Spirulina*, post-larvae, zootechnical parameters and proximal composition.

43

44

45

46

47

48

49

50 1. Introdução

51 Desde as últimas décadas, a aquicultura vem se destacando como uma atividade de
52 rápido crescimento na produção de alimentos e contribuindo de forma significativa na
53 geração de emprego, renda, bem como na redução da pobreza e da fome em várias partes
54 do mundo (De Siqueira, 2018). Em 2022, a produção global da pesca e aquicultura
55 alcançou um marco histórico de 223,2 milhões de toneladas, um aumento de 4,4% desde
56 2020. Desse valor a produção aquícola mundial foi de 130,9 milhões de toneladas em
57 2022, avaliada em USD 313 bilhões, compreendendo 94,4 milhões de toneladas de
58 animais aquáticos e 36,5 milhões de toneladas de algas. Com cerca de 51% da produção,
59 a aquicultura superou pela primeira vez a produção da pesca, com a aquicultura em águas
60 interiores produzindo 62,6% do total de animais aquáticos, refletindo o crescimento
61 contínuo da aquicultura nesses ambientes (FAO, 2024).

62 Um dos setores da aquicultura que mais cresce no Brasil, é a carcinicultura. Em 2022
63 a produção total de crustáceos pela aquicultura foi de 113 mil toneladas e das espécies
64 cultivadas lidera o grupo peneídeos, grupo o qual faz parte o *Penaeus vannamei*. A
65 preferência de cultivo por esse grupo e espécie de crustáceos reside nas suas
66 características de cultivo como rusticidade, adaptação a diferentes sistemas de cultivo,
67 ótimo desempenho zootécnico e ciclo de crescimento rápido associado à sua demanda no
68 mercado (Santos & Mendes, 2007; Bezerra et al., 2007; FAO, 2024). Apesar do
69 crescimento da carcinicultura, a alimentação ainda representa um grande desafio na
70 produção de camarão marinho, especialmente durante as fases iniciais de vida, quando a
71 necessidade de alimentos vivos ricos em nutrientes é crucial. De modo geral, a
72 alimentação destaca-se como o insumo de maior impacto representando mais de 60% dos
73 custos totais de produção (Venero et al., 2007). Assim, a tecnologia de bioflocos - BFT
74 (Biofloc Technology System) favorece a produção de camarões não somente pela
75 manutenção da qualidade da água e intensificação dos cultivos, mas também pelo
76 suplemento alimentar que o sistema oferece, o que permite a redução das quantidades da
77 ração ofertadas (Krummenauer et al, 2012; Wasielesky et al., 2013).

78 O sistema BFT (Biofloc Technology) consiste na formação de uma cadeia microbiana,
79 constituída por microrganismos, como algas, protozoários, fungos e bactérias, que se agregam a
80 detritos e partículas orgânicas na coluna de água (Avnimelech, 2012). Esses microrganismos
81 desempenham funções cruciais no sistema, atuando como fonte de alimento natural, probióticos,
82 e contribuindo significativamente para a melhoria da qualidade da água (Emerenciano et al., 2011;
83 Zhao et al., 2012; Samocha et al., 2017).

84 A manutenção da qualidade da água em sistemas BFT pode ser realizada através da ação do
85 fitoplâncton, que realiza a fotossíntese, e das bactérias heterotróficas, que sintetizam biomassa
86 bacteriana a partir de compostos nitrogenados como a amônia. Além disso, as bactérias
87 nitrificantes, que pertencem a um segundo grupo funcional, desempenham um papel essencial ao
88 metabolizar a amônia, um composto tóxico para os organismos aquáticos, em nitrito e,
89 posteriormente, em nitrato, que são formas menos tóxicas e mais facilmente assimiladas. Essa
90 dinâmica não apenas melhora a qualidade da água, mas também transforma resíduos orgânicos
91 em biomassa microbiana, que pode ser consumida pelos organismos aquáticos (Hargreaves,
92 2006; Avnimelech, 2007; Emerenciano et al., 2011). Com o objetivo de aprimorar
93 nutricionalmente esta tecnologia, estudos são direcionados a encontrar formas para
94 melhorar nutricionalmente o floco formado no sistema, sendo uma das formas estudadas
95 a adição de microalgas (Brito et al., 2016; Marinho et al., 2016; Abreu et al., 2019).

96 Dentre as microalgas aplicadas no cultivo de organismos aquáticos, a *Arthrospira*
97 *platensis* também chamada de *Spirulina* destaca-se por seu alto valor nutricional
98 composto por alto teor proteico (64-74%), e pela presença de vitaminas, minerais,
99 aminoácidos essenciais, ácidos graxos poli-insaturados, propriedades antioxidantes e seu
100 alto nível de digestibilidade (Radhakrishnan et al., 2014). A *Spirulina* é uma fonte rica de
101 vitaminas do complexo B que auxiliam no metabolismo e outros nutrientes como ferro,
102 cálcio e magnésio fundamentais em funções enzimáticas, osmorregulação, contração
103 muscular e formação do exoesqueleto, fator crucial para proteção e suporte estrutural
104 (Moss et al., 2019). A rica composição em aminoácidos essenciais da *Spirulina*,
105 especialmente os aminoácidos essenciais limitantes como metionina e lisina aliado as
106 suas propriedades antioxidantes que atuam na proteção das células contra danos causados
107 pelos radicais livres contribuem para a saúde e bom desempenho dos camarões (Michael
108 et al., 2019; Paulapathy, 2013).

109 Essa microalga possui disponibilidade no mercado em escala comercial na forma
110 processada (em pó, flocos, cápsulas e comprimidos) e *in natura*. *In natura* é obtida por
111 cepas e requer manutenção contínua, instalações específicas e necessidade de mão de obra
112 especializada, o que reflete em altos custos (Saharan e Jood, 2021, De Moraes et al., 2022).

113 Vários estudos foram realizados utilizando a *A. platensis* em pó como suplemento em
114 dietas para organismos aquáticos. Hanel et al. (2007), realizaram um estudo onde testaram
115 a *Spirulina* como fonte proteica substituta da farinha de peixe na alimentação de juvenis
116 de camarão *P. vannamei* e os resultados encontrados foram promissores, indicando que a
117 dieta com *A. platensis* resultou no maior peso final dos camarões, com um valor médio

118 de crescimento de 86 mg/dia, superior à dieta comercial utilizada como referência. Para
119 Macias-Sancho et al. (2018), o uso da *Spirulina* em pó em dietas de pós-larvas se mostrou
120 vantajoso em um estudo realizado em *P. vannamei* no sistema de bioflocos apresentando
121 maiores taxas de sobrevivência das pós-larvas.

122 Apesar de existirem estudos sobre o uso da *Spirulina* na alimentação de organismos
123 aquáticos, ainda são poucos os trabalhos que exploram o uso desta microalga na em pó
124 adicionada na água em sistema de bioflocos. Desta forma, este estudo avaliou o efeito da
125 *Spirulina* em pó no sistema de bioflocos durante o cultivo de camarão branco do Pacífico
126 *P. vannamei* na fase de berçário como fonte alimentar complementar a ração para as pós-
127 larvas, buscando avaliar o seu efeito sobre os parâmetros de crescimento do camarão e
128 nesse contexto fornecer dados experimentais e práticos que possam ser aplicados por
129 produtores e pesquisadores.

130 **2. Objetivos**

131 **2.1 Objectivo geral**

- 132 • Avaliar o efeito da aplicação de diferentes concentrações da biomassa seca da
133 microalga *Arthrospira platensis* no cultivo do camarão *P. vannamei* na fase de
134 berçário em sistema de bioflocos.

135

136 **2.2 Objectivos específicos**

- 137 • Avaliar o efeito da adição da microalga *A. platensis* sobre o desempenho
138 zootécnico do *P. vannamei*;
- 139 • Determinar os parâmetros físico-químicos da água de cultivo durante o período
140 experimental;
- 141 • Determinar a composição proximal do camarão e dos bioflocos.

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151 3 Material e métodos

152 3.1 Local

153 O experimento foi realizado no laboratório de carcinocultura da Estação Marinha de
154 Aquacultura (EMA), na Universidade Federal do Rio Grande – FURG, localizada na
155 cidade do Rio Grande, Cassino - RS, Brasil (32°12'16"S 52°10'42"W).

156 3.2 Delineamento experimental

157 As pós-larvas de camarão branco *P. vannamei* utilizadas no experimento foram
158 provenientes do laboratório Itapoá Aquicultura Ltda, Santa Catarina. No laboratório de
159 carcinocultura da EMA, as pós-larvas foram acondicionadas em um tanque com
160 capacidade de 500L e mantidas a uma temperatura de 27 °C por meio de aquecedores e
161 com oxigenação constante, para aclimação as condições experimentais e até atingirem
162 o tamanho necessário para o início do experimento. A microalga em pó utilizada foi
163 adquirida em um estabelecimento comercial (Corpo Sano Granel) na cidade de Rio
164 Grande, RS, Brasil.

165 O experimento foi realizado em 12 tanques de polietileno em volume útil de 50L
166 (figura 1). Foram avaliados quatro tratamentos com três repetições cada, dispostos ao
167 acaso entre as unidades experimentais. O experimento teve a duração de 35 dias. Os
168 tratamentos foram definidos da seguinte forma: (BFT) controle, sem adição da microalga
169 *A. Platensis*; (*Sp40*) tratamento com bioflocos e adição de 40 mg/L de *A. platensis*; (*Sp50*)
170 tratamento com bioflocos e adição de 50 mg/L de *A. platensis* e (*Sp60*) tratamento com
171 bioflocos e adição de 60 mg/L de *A. platensis*. Essas concentrações da microalga foram
172 adicionadas diariamente somente nos tratamentos que recebiam a microalga desde o
173 primeiro ao último dia do experimento (figura 2) e para melhor incorporar a microalga na
174 água dos tanques experimentais, sempre antes da aplicação ela foi hidratada com a água
175 do respectivo tanque em um recipiente externo e em seguida retornada ao tanque.



176

177

Figura 1. Unidades experimentais utilizadas no experimento.



178

179

180

Figura 2. Microalga *A. platensis* em pó.

181

182

183

184

185

186

187

Para minimizar problemas com compostos nitrogenados foi utilizado em todos os tanques 20% de bioflocos da água de engorda de camarão em bioflocos com 65 dias de cultivo como inóculo, seguindo as recomendações de Krumenauer et al., (2012). O inóculo utilizado apresentava as seguintes características: 0,14 mg/L de amônia, 0,09 mg/L de nitrito, 22 mg/L de nitrato, 280 mg/L de alcalinidade (CaCO_3) e 436 mg/L de sólidos suspensos totais, indicando um cultivo no qual as bactérias nitrificantes já se encontravam bem estabelecidas.

188

189

190

191

192

Ao atingir o peso médio de 0,015g foram selecionados aleatoriamente 1.200 pós-larvas e estocados 100 camarões por unidade experimental, atingindo a densidade final de 2.000 camarões/ m^3 . As pós-larvas foram alimentadas duas vezes por dia, nos horários de 9:00 e 17:00 horas com ração comercial (Guabitech Inicial PL) a qual possuía um teor proteico de 40%. A quantidade de ração ofertada em todo o experimento foi calculada

193 seguindo a metodologia de Jory et al. (2001) deste valor se utilizou somente 50% da ração
194 calculada para todos os tratamentos, ajustada conforme a biometria. Com exceção do
195 tratamento controle, nos demais tratamentos a alimentação foi complementada com a
196 *Spirulina* em pó de acordo com as concentrações definidas para cada tratamento. A
197 composição proximal da microalga utilizada está descrita na Tabela 1.

198 **Tabela 1.** Composição proximal da *Spirulina* em pó.

	Valores
Proteína bruta (%)	66,29±2,39
Lipídios (%)	2,27±0,76
Matéria seca (%)	95,60±0,14
Cinzas (%)	10,65±0,06

199 3.3 Qualidade de água

200 A temperatura da água e a concentração de oxigênio dissolvido foram monitoradas duas
201 vezes por dia com o auxílio de um aparelho multiparâmetro YSI Pro 20 (Yellow Springs,
202 EUA). O pH e a salinidade foram mensurados uma vez por dia com o auxílio de um
203 pHmetro de bancada (Mettler Toledo, FEP20, Brasil) e multiparâmetros (HANNA
204 Hi98194). As concentrações de nitrogênio amoniacal total (UNESCO, 1983) nitrito
205 (Strickland e Parsons, 1972) e alcalinidade (APHA, 1989) foram mensurados três vezes
206 por semana. Quando os níveis de alcalinidade ou pH reduziam para valores menores que
207 140 mg/L ou 7,5, respectivamente, correções eram realizadas utilizando alcalinizante (cal
208 hidratada). O nitrato (N-NO₃⁻), fosfato (P-PO₄⁻³) (Aminot e Chaussepied, 1983) e sólidos
209 suspensos totais (Strickland e Parsons, 1972) foram medidos duas vezes por semana.
210 Quando os valores de sólidos suspensos totais atingissem valores acima de 400 mg/L,
211 renovação de água era feita para manter os SST na faixa aceitável para o camarão. A cada
212 dois dias foram realizadas reposições do volume de água perdida por evaporação
213 ajustando a salinidade com água doce.

214 3.4 Parâmetros zootécnicos

215 Foram realizadas biometrias semanais para a obtenção dos dados de desempenho
216 produtivo dos camarões. Posteriormente foram avaliados os parâmetros: Ganho de peso
217 (GP), Taxa de sobrevivência (TS), o Fator de conversão alimentar (FCA) e Taxa de
218 crescimento específico (TCE) utilizando as fórmulas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 abaixo:

219 (1) GP = (Peso final – Peso inicial) / número de dias

220 (2) $TS = \frac{\text{Número de animais vivos}}{\text{número inicial d animais}} \times 100\%$

221

222 (3) $TCE = \frac{(\ln \text{Peso final} - \ln \text{Peso inicial})}{\text{número de dias}} \times 100\%$

223

224 (4) Ganho de biomassa = (Biomassa final - Biomassa inicial)

225 (5) $FCA = \frac{\text{Quantidade da ração fornecida (g)}}{\text{Ganho de biomassa}}$

226 **3.5 Composição proximal**

227 No final do experimento, foram coletadas amostras de camarão e bioflocos de
228 cada tanque experimental para a realização da análise da composição proximal. Essas
229 análises visaram avaliar o teor de proteína bruta pelo método de titulação de Kjeldahl
230 (valor de N de 6,25). A fórmula utilizada para a conversão de nitrogênio para proteína
231 foi:

232
$$N (\%) = \left[\left(\frac{0,08 \times Vol \times 0,014}{\text{Peso da amostra}} \times 100 \right) \right] \times 6,25$$

233 Onde, *Vol* é o volume do ácido gasto na titulação.

234 Os lipídios foram determinados utilizando extrator de Soxhlet a partir da extração
235 por solvente (éter de petróleo) (Bligh e Dyer, 1959). O teor de cinzas foi obtido por
236 método gravimétrico em forno mufla a 600 °C e a matéria seca foi obtida pelo método de
237 determinação de umidade em estufa a 60 °C até peso constante (AOAC, 2007). Todas as
238 análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos
239 (LANOA) da FURG.

240 **3.6 Análise estatística**

241 Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade (teste de Shapiro-Wilk)
242 e homocedasticidade (teste de Levene). Atendidas as premissas, foi feita a ANOVA de
243 uma via seguindo o teste post-hoc (teste de Tukey) para verificar as diferenças entre os
244 tratamentos. Caso os pressupostos da ANOVA não fossem satisfeitos, foi realizado o teste
245 não paramétrico de Kruskall Wallis. O nível mínimo de significância foi de 5,0% (p<0,05)
246 em todas as análises.

247

248 4 RESULTADOS

249 4.1 Qualidade de água

250 Os valores médios da temperatura, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, salinidade e
251 sólidos suspensos totais não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos
252 durante o período de experimentação ($p > 0,05$). Os tratamentos que receberam *A. platensis*
253 apresentaram valores de pH e alcalinidade significativamente menores, divergindo do
254 grupo controle. O nitrato e fosfato aumentaram significativamente ($p < 0,05$) à medida que
255 a concentração da microalga aumentou entre os tratamentos. Esses resultados podem ser
256 observados na Tabela 2.

257 **Tabela 2.** Parâmetros físico-químicos da água (média \pm desvio padrão) do cultivo de pós-larvas
258 *Penaeus vannamei* nos tratamentos.

	BFT	Sp40	Sp50	Sp60
Temperatura (°C)	28,21 \pm 0,27	27,74 \pm 0,38	28,27 \pm 0,26	28,39 \pm 0,42
O. D (mg/L)	5,75 \pm 0,40	5,56 \pm 0,46	5,57 \pm 0,48	5,48 \pm 0,40
pH	7,97 \pm 0,06 ^a	7,68 \pm 0,18 ^b	7,67 \pm 0,23 ^b	7,55 \pm 0,17 ^c
Alcalinidade (mg CaCO ₃ / L)	213,27 \pm 39,65 ^a	150,61 \pm 35,14 ^b	158,50 \pm 27,67 ^b	141,54 \pm 33,02 ^b
Salinidade (g/L)	34,41 \pm 1,12	34,09 \pm 0,94	34,80 \pm 0,36	34,67 \pm 1,04
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0,21 \pm 0,10	0,20 \pm 0,10	0,17 \pm 0,08	0,19 \pm 0,09
NO ₂ ⁻ (mg/L)	1,46 \pm 1,06	1,07 \pm 0,61	1,08 \pm 0,62	1,05 \pm 0,46
NO ₃ ⁻ (mg/L)	23,89 \pm 17,41 ^a	78,66 \pm 43,10 ^{ab}	87,09 \pm 39,04 ^b	85,81 \pm 41,02 ^b
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	1,08 \pm 0,74 ^a	4,01 \pm 2,31 ^{ab}	5,35 \pm 3,88 ^b	4,81 \pm 2,74 ^{ab}
SST (mg/L)	268,94 \pm 185,81	343,72 \pm 216,67	392,57 \pm 229,60	467,38 \pm 194,95
Renovação (L)	20.00 \pm 5,00 ^a	40.00 \pm 10.00 ^{ab}	45.00 \pm 8,66 ^b	51,66 \pm 12,58 ^b

259 Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamento
260 s após ANOVA de uma via e posterior Teste de Tukey. O D - oxigênio dissolvido; SST- sólidos
261 suspensos totais.

262

263 4.2 Parâmetros zootécnicos

264 Os resultados da ANOVA para os parâmetros zootécnicos mostram que dos
265 parâmetros analisados, a sobrevivência, o FCA, o ganho de biomassa e a produtividade
266 dos camarões apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Nos demais
267 parâmetros não foram observadas diferenças estatísticas. Esses resultados podem ser
268 observados na Tabela 3.

269 **Tabela 3.** Desempenho zootécnico (média±desvio padrão) do *Penaeus vannamei* dos
 270 tratamentos.

	BFT	Sp40	Sp50	Sp60
Peso inicial (g)	0,015 ± 0,009	0,015 ± 0,009	0,015 ± 0,009	0,015 ± 0,009
Peso final (g)	0,95 ± 0,07	1,08 ± 0,12	1,20± 0,06	1,22 ± 0,17
Sobrevivência (%)	90,33 ± 1,53 ^b	98,00 ± 3,46 ^a	98,33 ± 2,89 ^a	98,67 ± 5,80 ^a
FCA	1,09 ± 0,05 ^b	0,93 ± 0,05 ^{ab}	0,94 ± 0,07 ^a	0,93 ± 0,10 ^a
TCE (%)	9,88 ± 0,14	10,17± 0,23	10,44 ± 0,10	10,46 ± 0,27
Ganho de biomassa (g)	87,24 ± 3,92 ^b	104,16 ± 11,9 ^{ab}	116,99 ± 8,8 ^a	118,85 ± 13,9 ^a

271 Taxa de crescimento específico (TCE). Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças
 272 significativas (p< 0,05) entre os tratamentos após ANOVA de uma via e posterior Teste de Tukey.

273 4.3 Composição proximal do camarão

274 A proteína nos camarões dos tratamentos enriquecido com *A. platensis* foi
 275 significativamente maior (p< 0,05) em relação aos do grupo controle. Por outro lado, o
 276 lipídio reduziu significativamente nos tratamentos com a microalga em relação ao
 277 tratamento controle. Para as cinzas foi observada maior concentração nos camarões que
 278 receberam a microalga. A umidade não apresentou diferenças significativas em todos os
 279 tratamentos (tabela 4).

280 **Tabela 4.** Composição proximal do camarão (média ± desvio padrão) dos tratamentos.

	BFT	Sp40	Sp50	Sp60
Proteína bruta (%)	12,36 ± 0,34 ^b	12,51 ± 0,60 ^{ab}	12,94± 0,27 ^a	12,78 ± 0,47 ^{ab}
Lipídios (%)	0,61 ± 0,07 ^a	0,60 ± 0,05 ^a	0,59 ± 0,03 ^{ab}	0,51 ± 0,03 ^b
Umidade (%)	82,76 ± 1,14	83,14± 0,64	82,37± 0,32	82,70 ± 0,69
Cinzas (%)	2,71± 0,08 ^b	2,88 ± 0,16 ^a	2,94 ± 0,10 ^a	2,85± 0,15 ^a

281 Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) entre os tratamentos
 282 após ANOVA de uma via e posterior Teste de Tukey.

283 4.4 Composição proximal dos bioflocos

284 Na composição dos bioflocos, observou-se que a proteína e a umidade em todos os
 285 tratamentos não apresentaram diferenças significativas. Os lipídios foram menores nos
 286 tratamentos em que o bioflocos recebeu a microalga em comparação com o grupo controle.
 287 Os tratamentos que receberam *Spirulina* apresentaram maior teor de cinzas no bioflocos,

288 com diferenças significativas em relação ao tratamento sem adição da microalga (Tabela
289 5).

290 **Tabela 5.** Composição proximal do biofloco (média \pm desvio padrão) dos tratamentos.

	BFT	<i>Sp40</i>	<i>Sp50</i>	<i>Sp60</i>
Proteína bruta (%)	20,07 \pm 0,95	17,93 \pm 2,73	17,67 \pm 2,73	18,79 \pm 0,98
Lipídios (%)	2,12 \pm 0,29 ^a	1,96 \pm 0,56 ^{ab}	1,42 \pm 0,32 ^b	1,77 \pm 0,48 ^{ab}
Umidade (%)	4,86 \pm 0,52	5,09 \pm 0,79	5,51 \pm 2,53	5,34 \pm 1,32
Cinzas (%)	47,88 \pm 1,51 ^b	55,09 \pm 2,94 ^a	55,07 \pm 4,48 ^a	52,34 \pm 2,37 ^a

291 Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos
292 após ANOVA de uma via e posterior Teste de Tukey.

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310 5 DISCUSSÃO

311 Para uma melhor produtividade no berçário de camarão, alguns fatores como a
312 qualidade de água e disponibilidade de alimento devem estar adequados de acordo com a
313 necessidade da espécie. A temperatura é um parâmetro que desempenha papel crucial no
314 metabolismo do camarão em todas as fases do ciclo de vida, influenciando diretamente
315 no consumo do alimento (Niu et al., 2003). Neste estudo as médias da temperatura e
316 oxigênio permaneceram dentro do estipulado para o crescimento do *P. vannamei* ao longo
317 de todo o experimento (Furtado et al., 2014; Van Wyk & Scarpa, 1999), assim como a
318 salinidade que se manteve em 34, enquadrada na faixa utilizada por Ponce-Palafox et al.
319 (1997) obtendo igualmente melhores resultados de sobrevivência e crescimento de
320 juvenis de *P. vannamei* em salinidades entre 33 e 40 ppm.

321 Com relação ao pH e alcalinidade, é comum observar a redução dos valores destes
322 parâmetros durante o cultivo no sistema de bioflocos devido à atividade metabólica dos
323 microrganismos presentes no sistema (Jiménez-Ordaz et al., 2021). Neste estudo essa
324 atividade foi potencializada nos tratamentos que receberam *Spirulina* em relação ao
325 controle. A adição da *Spirulina* em pó no sistema de bioflocos, estimulou o aumento da
326 atividade dos microrganismos na degradação da matéria orgânica levando a um consumo
327 maior de íons de carbonato presentes na água, aumento na produção de CO₂ como
328 subproduto, gerando desequilíbrio na composição ácido-base da água e reduzindo assim
329 o pH e a alcalinidade (Mcintosh, 2001; Furtado et al., 2011; Chen et al., 2006; Hargreaves,
330 2013). No entanto, mesmo com essa redução, os valores de pH e alcalinidade
331 permanecem dentro da faixa aceitável para o crescimento do camarão *P. vannamei*.
332 Macias-Sancho et al., (2018), também observaram redução do pH ao incorporar *Spirulina*
333 em pó no sistema de bioflocos no cultivo de pós-larvas de *P. vannamei* em densidades
334 superintensivas, devido ao aumento da concentração de dióxido de carbono gerado pela
335 elevada taxa de respiração. Portanto, como no sistema de bioflocos ocorre pouca ou
336 nenhuma renovação de água a biomassa dos microrganismos a longo do tempo aumenta,
337 com isso torna-se necessário monitorar os parâmetros de qualidade de água para manter
338 a alcalinidade acima de 150mg/L e o pH maior que 7,5 (Wasielesky et al, 2013; Silva et
339 al, 2013).

340 No cultivo em sistema de bioflocos, o controle dos compostos nitrogenados ocorre
341 através do consumo por bactérias heterotróficas ou pela oxidação das bactérias
342 quimioautotróficas, sem gerar problemas ao sistema de cultivo (Wasielesky et al., 2013).

343 A utilização de um inóculo de bioflocos maduro no sistema experimental permitiu um
344 melhor controle desses compostos em todos os tratamentos, atuando de forma efetiva na
345 manutenção da qualidade de água, mantendo os valores da amônia, nitrito e nitrato
346 registrados dentro dos níveis de segurança estabelecidos por Lin e Chen (2003) para o
347 cultivo do camarão. Efeito similar foi observado por Krummenauer et al. (2012) em
348 pesquisa relacionada com o reuso de água no sistema BFT, constatando que a utilização
349 de 2,5% do volume útil do tanque com inóculo de biofloco permitiu um controle dos
350 compostos nitrogenados. As diferenças significativas observadas nos valores do nitrato
351 são explicadas pela característica proteica da *Spirulina*, que a torna uma fonte de
352 nitrogênio no sistema de cultivo e quando incorporada aos bioflocos, o excedente que não
353 é consumido pelo camarão incluindo os restos de ração é oxidado pelas bactérias do
354 biofloco pelo processo de nitrificação resultando em mais nitrato nos tratamentos que
355 receberam a microalga (Avnimelech, 1999), contudo apesar de uma maior concentração
356 nesses tratamentos, esse acúmulo não interferiu no crescimento e sobrevivência dos
357 camarões, mantendo-se inferior a faixa letal de 300 mg/L reportada por Furtado et al.
358 (2014). Segundo Kuhn et al. (2010) concentrações de nitrato inferiores a 220 mg/L não
359 afetam a sobrevivência, o crescimento e a biomassa de *P. vannamei*.

360 De igual forma os valores de fosfato e sólidos suspensos totais estiveram dentro do
361 esperado para o cultivo do camarão, como recomendando por Samocha et al. (2007);
362 Gaona et al. (2011); Samocha et al. (2017). Contudo, os tratamentos com adição de *A.*
363 *platensis* demandaram uma maior remoção de sólidos através da renovação de água
364 quando os valores de sólidos suspensos totais atingissem valores acima de 400 mg/L para
365 manter os SST em 300 mg/L, favorecendo assim um bom desempenho zootécnico ao
366 camarão.

367 A manutenção da qualidade de água se manteve ideal em todos os tratamentos neste
368 estudo, proporcionando condições ideais para o crescimento dos camarões. No entanto, a
369 suplementação com *Spirulina* gerou maiores ganhos de biomassa ao camarão, esse
370 incremento pode ser atribuído ao perfil nutricional da *Spirulina*, a presença de
371 aminoácidos essenciais como a lisina e metionina, propriedades antioxidantes e vitaminas
372 de complexo B dentre todas outras propriedades que essa microalga apresenta auxiliam
373 no crescimento e saúde do camarão. Resultados semelhantes foram observados por
374 Paoletti et al. (1980); De Oliveira et al. (2013). Ao testar diferentes pesos secos de
375 *Spirulina* na dieta para pós-larvas de camarão tigre (*P. monodon*) Hemtanon et al. (2008)
376 observaram que 5,0 % de *A. platensis* melhorou o crescimento dos animais. Em outro

377 estudo, Nakagawa & Gomez-Diaz (1995) observaram melhor crescimento no camarão
378 *Macrobrachium rosenbergii* alimentado com *Spirulina*. Para os autores o aumento da
379 assimilação de proteínas melhorou o crescimento camarões, este fato pode ter contribuído
380 para o maior ganho de biomassa observado nos tratamentos com *Spirulina* desta pesquisa.
381 Em estudo com uma outra microalga Marinho et al. (2014) e Abreu et al. (2019),
382 observaram melhor desempenho zootécnico em pós-larvas de *P. vannamei* com destaque
383 para um maior ganho de biomassa adicionando ambos adicionando *Navicula sp.* viva em
384 cultivo no sistema de bioflocos.

385 Além do crescimento e ganho de biomassa do camarão, outro fator importante na
386 realização de berçários de camarão é a sobrevivência. A partir dos resultados (Tabela 3)
387 fica claro que as pós-larvas de *P. vannamei* alimentadas com *Spirulina* apresentaram a
388 melhor sobrevivência em relação ao grupo controle, indicando que a microalga melhora
389 a nutrição, fortalece o sistema imunológico e proporciona um ambiente mais saudável
390 para o camarão corroborando com a sobrevivência de 95,6% reportada por Abreu et al.
391 (2019) e Marinho et al. (2014) com 96% de sobrevivência ambos trabalhando com a
392 microalga *Navicula sp.* no berçário de *P. vannamei* no sistema de bioflocos. Taxas de
393 sobrevivência próximas foram observadas por Jaime-Ceballos et al. (2004), avaliando o
394 efeito da *A. platensis* na dieta de larvas de *P. schmitti* desde o estágio Mysis I até pós-
395 larvas e a taxa de sobrevivência foi de cerca de 80% em cada tratamento. Ghaeni et al.
396 (2011), obtiveram a melhor taxa de sobrevivência para larvas de *P. semisulcatus*
397 utilizando uma combinação de 50% (1: 1) de pó de *Spirulina* e pó de Z plus (suplemento
398 nutricional para larvas de camarão). Portanto, maior sobrevivência dos camarões em
399 tanques suplementados com *Spirulina* resulta em produção mais eficiente e lucrativa.
400 Com taxa de mortalidade baixa, há redução nas perdas durante o ciclo de cultivo, o que
401 se reflete em um maior número de camarões atingindo a fase de comercialização. Essa
402 realidade não apenas maximiza os lucros, mas também pode reduzir os custos de
403 produção ao reduzir a necessidade de reposição frequente de pós-larvas.

404 Em estudos de berçário de camarão marinho com altas densidades e taxas de
405 sobrevivência, a conversão alimentar (FCA) tende a variar. Samocha et al. (2007)
406 obtiveram que os valores da conversão alimentar variaram de 1,7 a 2,1. Wasielesky et al.
407 (2020) encontraram FCA entre 1,23 e 1,46. Khanjani et al., (2016) também observaram
408 valores entre 1,20 e 1,52 na conversão alimentar no cultivo de *P. vannamei* dos no sistema
409 de bioflocos. Neste estudo os valores do FCA variaram entre 0,93 e 1,09. Esses valores

410 baixos comparado com os obtidos nos trabalhos mencionados acima também realizados
411 em sistemas de bioflocos.

412 Além da suplementação com *Spirulina* gerar melhor desempenho zootécnico, também
413 pode influenciar no valor nutricional do camarão e do bioflocos. Analisando a composição
414 nutricional do camarão, o teor de proteína bruta entre os tratamentos apresentou
415 diferenças significativas indicando maior teor proteico nos camarões que receberam a
416 microalga. Essa diferença pode ser explicada pela maior quantidade de proteína presente
417 na *A. platensis* aliada a ausência de parede celular na microalga que facilita a sua digestão
418 permitindo melhor absorção do seu conteúdo nutricional pelo organismo (Henrikson,
419 1989). Macias-Sancho et al. (2014) também observaram maior deposição proteica no
420 músculo do camarão alimentado com dieta com 75% de substituição de farinha de peixe
421 por *Spirulina*. Estudos em que a *Spirulina* substituiu totalmente a farinha de peixe na dieta
422 do *Cyprinus carpio* também resultaram em aumento na concentração da proteína
423 muscular (Nandeesh et al., 1998). Igualmente, Abdel-Tawwab & Ahmad (2009)
424 obtiveram maior conteúdo proteico no músculo de Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis*
425 *niloticus*) alimentada com *A. platensis*.

426 O oposto se observou na quantidade de lipídios que se mostrou decrescer à medida
427 que a concentração da microalga aumentou nos tratamentos neste estudo. Possivelmente
428 a *Spirulina* influenciou o metabolismo das pós-larvas fazendo com que a ingestão de mais
429 proteína promovesse a utilização de lipídios como fonte de energia preservando a proteína
430 para o crescimento do camarão (Pascual et al., 2006). Isso foi reportado por Macias-
431 Sancho et al. (2018), ao registrarem incremento proteico e redução do lipídio no músculo
432 do *P. vannamei* analisando o efeito de *A. platensis* como complemento alimentar.
433 Portanto, a alteração na composição proximal do camarão alimentado com *Spirulina*, não
434 só melhora o crescimento dos camarões, mas também melhora a qualidade nutricional do
435 camarão para consumo humano.

436 Em relação ao teor de cinzas, registrou-se um acréscimo dos camarões dos
437 tratamentos com a microalga, isto podem estar relacionados à presença de minerais na *A.*
438 *platensis*. As microalgas têm em sua composição compostos minerais como cálcio,
439 fósforo, magnésio, sódio, potássio, cloreto e enxofre que são elementos necessários para
440 o desenvolvimento do camarão uma vez que perdas repetidas de certos minerais
441 acontecem durante a muda (Abreu, 2019). Este resultado coincide com o de Rasdi et al.
442 (2021), que também encontraram máximo teor de cinzas na composição proximal de pós-

443 larvas de camarão gigante *M. rosenbergii* alimentadas com copépodes enriquecidos por
444 um mix de microalgas *Tetraselmis sp.* e *Nannochloropsis sp.*

445 Quanto aos bioflocos, normalmente o percentual proteico encontrado na literatura
446 varia entre 31 e 43% (Wasielesky et al., 2006; Emerenciano et al., 2012). Neste estudo,
447 os níveis de proteína foram inferiores ao intervalo encontrados pelos autores, tendo
448 variado de 17 a 20%, valores próximos a estes foram observados por Macias-Sancho et
449 al. (2017), os autores destacam que a decomposição dos bioflocos nos tanques influencia
450 na qualidade nutricional e na redução do seu nível proteico. Quanto ao teor lipídico, os
451 maiores valores foram observados no tratamento sem adição de *Spirulina*, alinhando-se
452 com Abreu et al. (2019), que também encontraram redução de lipídios ao adicionar
453 *Navicula sp.* nos bioflocos.

454 Por natureza os bioflocos são ricos em minerais como fósforo, cálcio, potássio e
455 magnésio (Tacon et al., 2002). Nesta pesquisa, os valores de cinzas variaram de 47,88%
456 à 55,09%, semelhantes aos encontrados por Tacon et al. (2002), Wasielesky et al. (2006),
457 Silva et al. (2013) e Gaona et al. (2016) sendo 44,85%, 45,50% e 55,51%
458 respectivamente. Notavelmente, os tratamentos com adição de *Spirulina* apresentaram
459 maior teor de cinzas, indicando que a presença de microalgas pode aumentar a
460 concentração de minerais no biofloco, como observado por Abreu et al. (2019), em estudo
461 onde a maior quantidade de cinzas foi obtida no biofloco dos tratamentos com adição de
462 *Navicula sp.* Assim, uma composição nutricional otimizada do biofloco pode viabilizar
463 sua utilização como fonte alimentar sustentável e economicamente viável já que empregar
464 bioflocos enriquecidos com *Spirulina* na formulação de rações poderia reduzir a
465 dependência de insumos convencionais, promovendo a sustentabilidade na aquicultura
466 (Kuhn et al., 2016).

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476 **6. Conclusão**

477 A adição da microalga *A. platensis* no cultivo de pós-larvas de camarão *P. vannamei*
478 em sistema de bioflocos demonstrou ser uma prática promissora no cultivo de camarões.

479 Os camarões alimentados com microalga apresentaram melhor sobrevivência, ganho
480 de biomassa e melhor perfil nutricional, indicando que a microalga pode ser uma fonte
481 nutricional eficaz para os camarões.

482 O sistema de bioflocos mostrou-se eficaz no controle dos compostos nitrogenados,
483 mas a *Spirulina* influenciou alguns parâmetros de qualidade de água, com isso a
484 concentração de *A. platensis* indicada para o berçário do *P. vannamei* no sistema de
485 bioflocos é de 50 mg/L.

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506 **7. Referências bibliográficas**

507 Abdel-Tawwab, M., & Ahmad, M. H. (2009). Live Spirulina (*Arthrospira platensis*) as a
508 growth and immunity promoter for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), challenged
509 with pathogenic *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture Research*, 40(9), 1037-1046.

510 Abreu, J., Brito, L. O., Lima, P. C. M., Silva, S. M., Severi, W., & Gálvez, A. O. (2019).
511 Effects of addition of *Navicula sp.* (diatom) in different densities to postlarvae of shrimp
512 *Litopenaeus vannamei* reared in a BFT system: Growth, survival, productivity and fatty
513 acid profile. *Aquaculture Research*, 50(1), 1-11.

514 American Public Health Association (APHA). (1989). *Standard methods for the*
515 *examination of water and wastewater* (16th ed.). American Public Health Association,
516 AWWA, WPCF, New York.

517 Aminot, A., & Chaussepied, M. (1983). *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*.
518 Centre National pour l'exploitation des océans, França.

519 AOAC. (2007). *Official methods of analysis* (18th ed.). Association of Official Analytical
520 Chemists.

521 Avnimelech, Y. (2007). Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-
522 flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264(1-4), 140-147.

523 Bezerra, L. R., Silva, A. M. A., Azevedo, S. A., & Mendes, R. S. (2007). Seleção de
524 variáveis em modelos matemáticos dos parâmetros de cultivo de camarão marinho
525 *Litopenaeus vannamei*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(3), 385-391.

526 Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and
527 purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), 911-917.

528 Brito, L. O., Santos, I. G. S., Abreu, J. L., Araújo, M. T., Severi, W., & Gálvez, A. O.
529 (2016). Effect of addition of diatoms (*Navicula sp.*) and rotifers (*Brachionus plicatilis*)
530 on growth and water quality of the *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in biofloc
531 system. *Aquaculture Research*, 47, 3990-3997.

532 Chen, S., Ling, J., & Blancheton, J. P. (2006). Nitrification kinetics of biofilm as affected
533 by water quality factors. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 179-197.

534 De Moraes, L. B. S., Santos, R. F. B., & Gonçalves Junior, G. F. (2022). Microalgae for
535 feeding of penaeid shrimp larvae: An overview. *Aquaculture International*, 30, 1295-
536 1313.

537 De Oliveira CA, de Oliveira Campos AA, Ribeiro SMR, de Castro Oliveira W, do
538 Nascimento A. G. (2013). Potencial nutricional, funcional e terapêutico da cianobactéria
539 *Spirulina*. *Revista da Associação Brasileira de Nutrição*, 5(1), 52-59.

540 De Siqueira, T. V. (2018). Aquicultura: A nova fronteira para produção de alimentos de
541 forma sustentável. *Revista BNDES*, 25(49), 119-170.

542 Emerenciano, M., Ballester, E. L. C., Cavalli, R. O., & Wasielesky, W. (2012). Biofloc
543 technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for
544 pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 43,
545 447-457.

546 Emerenciano, M., Ballester, E.L.C., Cavalli, R.O., Wasielesky, W., 2011. Effect of
547 biofloc technology (BFT) on the early post larval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus*
548 *paulensis*: Growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquac.*
549 *Int.* 19, 891–901.

550 Food and Agriculture Organization (FAO). (2024). The state of world fisheries and
551 aquaculture 2024. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd0683en>

552 Furtado, P. S., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. Jr. (2011). Effect of calcium hydroxide,
553 carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of
554 shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bioflocs technology (BFT) systems.

555 Furtado, S., Serra, F. P., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. (2014). Acute toxicity of
556 hydrogen peroxide in juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei* reared in bioflocs
557 technology systems. *Aquaculture International*, 22(3), 653-659.

558 Gaona, C. A. P., Poersch, L. H., Krummenauer, D., Foes, G. K., & Wasielesky, W. J.
559 (2011). The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus*
560 *vannamei* in a biofloc technology culture system. *International Journal of Recirculating*
561 *Aquaculture*, 12.

562 Gaona, C. A. P., Serra, F. da P., Furtado, P. S., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. (2016).
563 Biofloc management with different flow rates for solids removal in the *Litopenaeus*
564 *vannamei* BFT culture system. *Aquaculture International*, 24(4), 1263-1275.

565 Ghaeni, M., Matinfar, A., Soltani, M., Rabbani, M., & Vosoughi, A. (2011). Comparative
566 effects of pure powdered *Spirulina* and other diets on larval growth and survival of green
567 tiger shrimp, *Penaeus semisulcatus*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 10(2), 208-
568 217.

569 Hanel, H., Broekman, D., De Graaf, S., & Schnack, D. (2007). Partial replacement of
570 fishmeal by lyophilized powder of the microalgae *Spirulina platensis* in Pacific white
571 shrimp diets. *The Open Marine Biology Journal*, 1, 1-5.

572 Hargreaves, J. A. (2006). Photosynthetic suspended growth systems in aquaculture.
573 *Aquacultural Engineering*, 34(3), 344-363.

574 Hargreaves, J. A. (2013). Biofloc Production Systems for Aquaculture. *Aquaculture*
575 *Research*, 44(1), 1-12.

576 Harisanto, M. Z., Horowitz, A., & Brock, D. L. (2007). Use of molasses as carbon source
577 in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*.
578 *Aquacultural Engineering*, 36, 184-191.

579 Hemtanon, P., Direkbusarakom, S., & Bunyaviwat, V. (2008). Application of *Spirulina*
580 *platensis* for prevention of white spot syndrome virus in post larvae and juvenile black
581 tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Songklanakarin Journal of Science and Technology*,
582 30, 149-156.

583 Henrikson, R. (1989). *Earth food Spirulina: How this remarkable Blue-green algae can*
584 *transform your health and our planet*. Enterprises Inc, Laguna Beach, CA, USA. 174p.

585 Jaime-Ceballos, B., Villareal, H., Garcia, T., Perez Jar, L. E., & Alfonso, E. (2005). Efeito
586 da farinha de *Spirulina platensis* como aditivo alimentar no crescimento, sobrevivência e
587 desenvolvimento em larvas de camarão *Litopenaeus schmitti*. *Revista de investigaciones*
588 *marinas*, 26(3), 235-241.

589 Jiménez-Ordaz, F. J., Cadena-Roa, M. A., Pacheco-Vega, J. M., Rojas-Contreras, M.,
590 Tovar-Ramírez, D., & Arce-Amezquita, P. M. (2021). Microalgas e bactérias probióticas

591 como indutores de bioflocos em cultura hiperintensiva de camarão branco do Pacífico
592 (*Penaeus vannamei*). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 49(1), Valparaíso.

593 Jory, D. E., Cabrera, T. R., Dugger, D. M., Fegan, D., Lee, P. G., Lawrence, A. L.,
594 Jackson, C. J., McIntosh, R. P., & Castañeda, J. (2001). A global review of shrimp feed
595 management: Status and perspectives. *Aquaculture International*, 104-152.

596 Khanjani, M. H., Sajjadi, M., M. Alizadeh, M. & Sourinejad, I. (2016). Nursery
597 performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in
598 a biofloc system: the effect of adding different carbon sources. *Aquaculture Research*,
599 2016, 1–11

600 Krummenauer, D., Lara, G., Foés, G., Poersch, L., Junior, C. A. S., Wasielesky Jr, W.
601 (2012). Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: análise da reutilização da
602 água. *Aquaculture*, 103-111.

603 Kuhn, D. D., Lawrence, A. L., Boardman, G. D., Patnaik, S., Marsh, L., Flick, G. J.
604 (2010). Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish
605 effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *The Open*
606 *Marine Biology Journal*, 3(3), 28-33.

607 Kuhn, D. D., Lawrence, A. L., Crockett, J., Taylor, D. (2016). Evaluation of bioflocs
608 derived from confectionery food effluent water as a replacement feed ingredient for
609 fishmeal or soy meal for shrimp. *Aquaculture*, 454, 66-71.

610 Lin, Y.-C., & Chen, J.-C. (2003). Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei*
611 (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224(1-4), 193-201.

612 Macias-Sancho, J., Poersch, L. H., Bauer, W., Romano, L. A., Wasielesky Jr, W., &
613 Tesser, M. B. (2014). Fishmeal substitution with *Arthrospira (Spirulina platensis)* in a
614 practical diet for *Litopenaeus vannamei*: Effects on growth and immunological
615 parameters. *Aquaculture*, 426-427, 120-125.

616 Macias-Sancho, J., Poersch, L. H., Bauer, W., Romano, L. A., Wasielesky Jr, W., &
617 Tesser, M. B. (2018). Diferentes aplicações da microalga *Arthrospira platensis* na
618 produção de camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei*. Dissertação de
619 Mestrado, Aquacultura.

620 Marinho, Y. F., Brito, L. O., Campos, C. V. F. S., Severi, W., Andrade, H. A., & Galvez,
621 A. O. (2016). Effect of the addition of *Chaetoceros calcitrans*, *Navicula sp.* and
622 *Phaeodactylum tricornutum* (diatoms) on phytoplankton composition and growth of
623 *Litopenaeus vannamei* (Boone) postlarvae reared in a biofloc system. *Aquaculture*
624 *Research*, 48, 4155–4164.

625 Michael, A., Kyewalyanga, M., & Lugomela, C. (2019). Biomass and nutritive value of
626 *Spirulina (Arthrospira fusiformis)* cultivated in a cost-effective medium. *Annals of*
627 *Microbiology*, 69(12), 1387–1395.

628 Nakagawa, H., & Gomez-Diaz, G. (1995). Usefulness of *Spirulina sp.* meal as feed additive
629 for geant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Suisanzoshoku*, 43, 521-526.

630 Nandeesh, M., Gangadhar, B., Varghese, T., & Keshavanath, P. (1998). Effect of feeding
631 *Spirulina platensis* on the growth, proximate composition and organoleptic quality of
632 common carp, *Cyprinus carpio* L. *Aquaculture Research*, 29(4), 305-312.

633 Paoletti, C., Vincenzini, M., Bocci, F., & Materassi, R. (1980). Composição bioquímica
634 geral da biomassa de *Spirulina platensis* e *S. maxima*. In R. Materassi (Ed.), *Prospettive*
635 *della coltura di Spirulina na Italia* (pp. 111-125). Consiglio Nazionale delle Ricerche,
636 Roma.

637 Pascual, C., Sánchez, A., Zenteno, E., Cuzon, G., Gabriela, G., Brito, R., Gelabert, R.,
638 Hidalgo, E., & Rosas, C. (2006). Biochemical, physiological, and immunological changes
639 during starvation in juveniles of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 251(2), 416-429.

640 Paulapathy, S. V. (2013). The multifunctional dietary properties of *Spirulina* and its use
641 in aquaculture. *International Aquafeed*, 16(2), 34-36.

642 Radhakrishnan, S., Saravana Bhavan, P., Seenivasan, C., Shanthi, R., & Muralisankar, T.
643 (2014). Substituição da farinha de peixe por *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* e
644 *Azolla pinnata* nas atividades antioxidantes não enzimáticas e enzimáticas de
645 *Macrobrachium rosenbergii*. *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 67, 25-33.

646 Rasdi, N. W., Ikhwanuddin, M., Syafika, C. A., Azani, N., & Ramli, A. (2021). Efeitos
647 do uso de copépodes enriquecidos com microalgas no crescimento, sobrevivência e
648 composição centesimal do camarão gigante de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*).
649 *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 20(4), 986-1003.

650 Saharan, V., & Jood, S. (2021). Effect of storage on *Spirulina platensis* powder
651 supplemented breads. *Journal of Food Science and Technology*, 58, 978-984.

652 Samocha, T. M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A. M., Burger, J. M., Almeida, R. V., &
653 Ayub, Z. (2007). Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-
654 out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, 36, 184–191.

655 Samocha, T. M., Prangnell, D. I., Hanson, T. R., Treece, G. D., Morris, T. C., Castro, L.
656 F., & Staresinic, N. (2017). Projeto e operação de sistemas superintensivos dominados
657 por bioflocos para produção interna de camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus*
658 *vannamei* – The Texas A&M Experiência de pesquisa AgriLife. Baton Rouge, LA:
659 Sociedade Mundial de Aquicultura.

660 Santos, B. L. S., & Mendes, P. P. (2007). Análise estatística das variáveis de cultivo do
661 camarão cinza *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Revista Brasileira de Engenharia*
662 *de Pesca*, 2, 128.

663 Silva, A. F., Lara, G. R., Ballester, E. C., Krummenauer, D., Abreu, P. C., & Wasielesky,
664 W. (2013). Efeito das altas densidades de estocagem no crescimento e sobrevivência de
665 *Litopenaeus vannamei* na fase final de engorda, cultivados em sistemas de bioflocos
666 (BFT). *Ciência Animal Brasileira*, 14, 279–287.

667 Strickland, J. D. H., & Parsons, T. R. (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*
668 (2nd ed.). Fisheries Research Board of Canada.

669 Tacon, A. G. J., Cody, J. J., Conquest, L. D., Divakaran, S., Forster, I. P., & Decamp, O.
670 E. (2002). Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific
671 white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) fed different diets. *Water*, 8, 121–137.

672 UNESCO. (1983). *Chemical methods for use in marine environmental monitoring*.
673 Intergovernmental Oceanographic Commission.

674 Van Wyk, P., & Scarpa, J. (1999). Water quality requirements and management. In P.
675 Van Wyk et al. (Eds.), *Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems* (pp.
676 141-161). Florida: Harbor Branch Oceanographic Institution.

677 Venero, J. A., Davis, A., & Rouse, D. B. (2007). Variable feed allowance with constant
678 protein input for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared under semi-
679 intensive conditions in tanks and ponds. *Aquaculture*, 269(1-4), 490-503.

680 Wasielesky Jr., W., Gabriele, L., Fóes, G., & Poersch, L. H. (2013). Cultivo de camarões
681 em sistema de bioflocos: Realidades e perspectivas. *Revista ABC*, 15, 31.

682 Wasielesky, Jr, Bezerra, A, Poersch, L, Hoffling, F, B. & Krummenauer, D. (2020). Effect
683 of feeding frequency on the white shrimp *Litopenaeus vannamei* during the pilot-scale
684 nursery phase of a superintensive culture in a biofloc system. *World Aquacult Soc.*
685 2020;1–17.

686 Wasielesky, W., Atwood, H., Stokes, A., & Browdy, C. L. (2006). Effect of natural
687 production in a zero-exchange suspended microbial floc based super-intensive culture
688 system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258, 396–403.

689 Zhao, P., Huang, J., Wang, X.H., Song, X.L., Yang, C.H., Zhang, X.G & ., Wang, G.C.,
690 (2012). The application of bioflocs technology in high-intensive, zero Exchange farming
691 systems of *Marsupenaeus japonicus*. *Aquaculture* 354–355, 97–106

692