

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO INTEGRADA DO CAMARÃO
Macrobrachium rosenbergii E ALFACE *Lactuca sativa* L. EM SISTEMA DE
AQUAPONIA**

Kelly Kanae Izumi

Rio Grande, RS

Fevereiro 2021

VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO INTEGRADA DO CAMARÃO
Macrobrachium rosenbergii E ALFACE *Lactuca sativa* L. EM SISTEMA DE
AQUAPONIA

Kelly Kanae Izumi

Orientador: Prof. Dr. Luís Henrique da Silva Poersch

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Prata Gaona

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

Fevereiro 2021

Ficha Catalográfica

199v Izumi, Kelly Kanae.
Viabilidade econômica da produção integrada do camarão
Macrobrachium rosenbergii e alface *Lactuca sativa* L. em sistema de
aquaponia / Kelly Kanae Izumi. – 2021.
45 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande –
FURG, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Rio Grande/RS,
2021.
Orientador: Dr. Luís Henrique da Silva Poersch.
Coorientador: Dr. Carlos Augusto Prata Gaona.

1. Análise Econômica 2. *Macrobrachium rosenbergii* 3. Aquaponia
I. Poersch, Luís Henrique da Silva II. Gaona, Carlos Augusto Prata
III. Título.

CDU 639.512

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

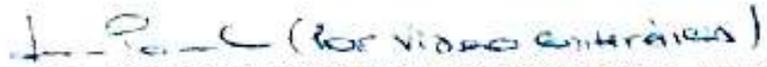
ATA 08/2021

DE DEFESA DA 203ª DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AQUICULTURA

No dia vinte e nove de março de dois mil e vinte e um, às quatorze horas e trinta minutos, reuniu-se a Banca Examinadora de Dissertação de Mestrado em Aquicultura, da **KELLY KANAE IZUMI**, orientada pelo Prof. Dr. Luis Henrique da Silva Poersch composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. Luis Henrique da Silva Poersch (orientador - IO/FURG), Prof. Dr. Carlos Augusto Prata Gaona (Co orientador - UNESP), Prof. Dr. Wilson Wasielesky Junior (IO/FURG) e Prof. Dr. German Merino (Universidad Catoica del Norte - Chile). Título da dissertação: "**Viabilidade econômica da produção integrada do camarão *Macrobrachium rosenbergii* e alface *Lactuca sativa* L. em sistema de aquaponia**". Dando início à defesa, o Coordenador do PPGAq Prof. Dr. Ricardo Vieira Rodrigues, passou a presidência da sessão ao Prof. Dr. Luis Henrique da Silva Poersch, que na qualidade de orientador, passou a palavra para a candidata apresentar a Dissertação. Após ampla discussão entre os membros da Banca e a candidata, a Banca se reuniu sob a presidência do Coordenador em Exercício. Durante esse encontro ficou estabelecido que as sugestões dos membros da Banca Examinadora devem ser incorporadas na versão final da dissertação, ficando a cargo do Orientador o cumprimento desta decisão. A candidata **KELLY KANAE IZUMI** foi considerada **APROVADA**, devendo a versão definitiva da Dissertação ser entregue a Secretaria do PPGAq, no prazo estabelecido nas Normas Complementares do Programa. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, será assinada pela Banca Examinadora, pelo candidato e pelo Coordenador do PPGAq.



PROF. DR. LUIS HENRIQUE DA SILVA POERSCH (ORIENTADOR - IO/FURG)



PROF. DR. CARLOS AUGUSTO PRATA GAONA (CO ORIENTADOR - UNESP)



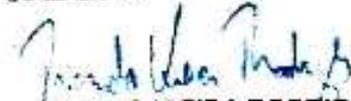
PROF. DR. WILSON WASIELESKY JUNIOR (IO/FURG)



PROF. DR. GERMAN MERINO (Universidad Católica del Norte - Chile)



KELLY KANAE IZUMI



PROF. DR. RICARDO VIEIRA RODRIGUES (Coordenador do PPGAq)

1	ÍNDICE	
2	DEDICATÓRIA	6
3	AGRADECIMENTOS	7
4	RESUMO	8
5	ABSTRACT	9
6	INTRODUÇÃO	10
7	OBJETIVOS	13
8	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
9	MATERIAL E MÉTODOS	14
10	LOCAL	14
11	ORIGEM DOS ANIMAIS E DAS PLANTAS	14
12	MANEJO ALIMENTAR	15
13	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	15
14	ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA	17
15	DESEMPENHO ZOOTÉCNICO	18
16	DESEMPENHO DAS PLANTAS	18
17	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	19
18	ANÁLISES ECONÔMICAS	19
19	RESULTADOS	25
20	VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA	25
21	DESEMPENHO ZOOTÉCNICO	28
22	DESEMPENHO DAS PLANTAS	29
23	ANÁLISES ECONÔMICAS	31
24	DISCUSSÃO	36
25	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
26	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
27		
28		

DEDICATÓRIA

Á Deus, sempre.
Aos meus pais, Kazu e Dina.
Aos meus irmãos.
Á minha família.
Aos amigos e colegas.

AGRADECIMENTOS

30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63

Agradeço a Deus primeiramente, pois sem o seu cuidado nada disso seria possível.

Aos meus pais, por sua dedicação total na minha formação de carácter, somos formados por milhares de pedaços das pessoas que passam por nossas vidas, e eles foram as maiores e melhores partes da minha parte do EU.

Ao meu orientador Prof. Dr. Luis Henrique da Silva Poersch, por ter me proporcionado a oportunidade de participar do Projeto Camarão assim que cheguei à EMA, pela paciência, orientações, incentivo, puxões de orelha, carinho, dedicação e conhecimento compartilhado.

Ao meu Co-Orientador Prof. Dr. Carlos Augusto Prata Gaona, por me apresentar e incentivar a vir para EMA – FURG, seus relatos de experiências e conhecimentos adquiridos aqui foram um dos meus maiores combustíveis.

Ao Prof. Dr. Eduardo Ballester, docente do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável da UFPR, pelo fornecimento das pós-larvas, conhecimento e conselhos compartilhados.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Cavalli, pelas dicas, conselhos, instruções e amizade.

Ao Prof. Dr. Cesar Costa, pelos conselhos e conhecimento passados.

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

Agradeço a presença da banca examinadora.

Ao Jun, Fellipy, Ítalo (P), Luciana e Karyna, pela ajuda nas rotinas, por me socorrerem na GHKelly, pelas conversas sérias, e as vezes não tão sérias para dar leveza a vida aqui, obrigada por ser minha extensão de família nesse local.

Ao Ever, Vick, Genésio, por deixar os dias mais engraçados e amenos.

Aos colegas do Projeto Camarão, Mariana, Lucélia, Alessandro, Léa, Helly, Wellica, Inácio, Aline, Luiza, Marilía, Andrezza, Elisa, Melissa, Jéssica, Roberta, Flávia, Esthefany, Ítalo (G), Alan, Astrid, Léo, Missi e Stéfani.

Aos estagiários do Projeto Camarão que me ajudaram nas rotinas diárias, Mota, Tácio, Thaise e Júlio.

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

64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97

A água oriunda da aquicultura geralmente é rica em nutrientes, especialmente em compostos de nitrogênio e fósforo, apresentando grande potencial para o uso em produção de vegetais hidropônicos. Na Estação Marinha de Aquicultura do IO - FURG, Rio Grande, RS, foi realizado um estudo para avaliar a viabilidade da produção integrada de alface *Lactuca sativa* e do camarão *Macrobrachium rosenbergii*. Foram verificados os efeitos sobre a qualidade de água de diferentes densidades de alfaces em sistema de produção de berçários, desempenho zootécnico de pós-larvas de *M. rosenbergii*, desempenho das plantas de alfaces da variedade lisa *L. sativa* L. e sua viabilidade econômica. Foram utilizadas pós-larvas de *M. rosenbergii* ($0,073\text{g} \pm 0,04\text{g}$) com densidade de estocagem de 2 camarões / L em doze tanques de 50 litros interligados a tanques de 12 litros com mudas de alface para atuarem como filtros biológicos, constituindo um sistema de recirculação (RAS). Todo o sistema foi mantido recoberto por uma estufa retangular, sendo quatro tratamentos com três repetições, divididos em: Tratamento RAS ou controle, sem nenhuma alface incluída no sistema de recirculação; Tratamento 50, com 50 alfaces introduzidas no filtro; Tratamento 25, com 25 alfaces introduzidas no filtro; Tratamento 13, com 13 alfaces introduzidas no filtro. Temperatura da água, oxigênio dissolvido e pH foram monitorados diariamente. Enquanto que NAT, NO_2^- , NO_3^- e PO_4^- foram monitorados três vezes por semana e alcalinidade e dureza, duas vezes por semana. Os resultados foram analisados por uma análise de variância de uma via (ANOVA) e teste Tukey ($\alpha=0,05$). Com os resultados obtidos de produtividade, sobrevivência e ganho de peso, tanto para os camarões, quanto para as plantas, foram realizadas três análises econômicas diferentes: análise de custo-retorno, análise de fluxo de caixa para o horizonte de dez anos e análise de viabilidade econômica do projeto, todas as análises feitas sob os quatro tratamentos como se eles fossem os cenários para um pequeno produtor. A sobrevivência e o peso final dos camarões foram adequados dentro do esperado para o tempo do experimento, enquanto que as alfaces tiveram um desempenho inferior demonstrando uma necessidade na suplementação de minerais para sua produção. Para a análise econômica o cenário baseado no tratamento 50 do experimento se destaca tanto entre os indicadores econômicos e de viabilidade, quanto no horizonte de 10 anos. Mesmo o desembolso para esse cenário sendo o segundo maior dentre eles, seu lucro é maior, fazendo com que se obtenha maior eficiente na diluição desses gastos.

ABSTRACT

98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131

Aquaculture water is usually rich in nutrients, especially in nitrogen and phosphorus compounds, presenting great potential for use in hydroponic plant production. At the Marine Aquaculture Station of IO - FURG, Rio Grande, RS, a study was carried out to evaluate the effects of different densities of lettuces in the production system of nurseries in water quality, zootechnical performance of *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae, performance of lettuce plants of the variety lisa *Lactuca sativa* L. and its economic viability. Postlarvae of *M. rosenbergii* ($0.073\text{g} \pm 0.04\text{g}$) with storage density of 2 shrimps / L in twelve tanks of 50 liters interconnected to tanks of 12 liters with lettuce seedlings to act as biological filters, constituting a recirculation system (RAS). The whole system was kept covered by a rectangular greenhouse, being four treatments with three replications, divided into: (RAS) RAS treatment, control without any lettuce included in the system; (50) Treatment 50, with 50 lettuces inserted into the filter; (25) Treatment 25, with 25 lettuces introduced into the filter; (13) Treatment 13, with 13 lettuces inserted into the filter. Water temperature, dissolved oxygen and pH were monitored daily. While NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- and PO_4^- were monitored three times a week and alkalinity and hardness twice a week. The results were analyzed by a one-way variance analysis (ANOVA) and Tukey test ($\alpha=0.05$). With the results obtained from productivity, survival and weight gain, both for shrimps and plants, three different economic analyses were performed: cost-return analysis, cash flow analysis for the ten-year horizon and economic viability analysis of the project, all analyses made under the four treatments as if they were the scenarios for a small producer. The survival and final weight of the shrimps were adequate within the expected time of the experiment, while the lettuces had a lower performance demonstrating a need in mineral supplementation for their production. For economic analysis, scenario 50, based on treatment 50 of the experiment, stands out both among the economic and feasibility indicators, as well as in the 10-year horizon. Even though the disbursement for this scenario is the second largest among them, its profit is higher, making it more efficient in diluting these expenses.

132 INTRODUÇÃO

133

134 Devido ao crescente aumento populacional a indústria alimentícia vem
135 enfrentando grandes desafios para atender toda a demanda. Esse cenário se torna mais
136 complexo devido a necessidade de preservação dos recursos naturais, nos levando ao
137 desenvolvimento e a exploração de produções integradas para a otimização de espaços e
138 sistemas de produção. A reutilização da água torna-se uma necessidade devido à escassez
139 da mesma, ao controle da poluição e os prováveis ganhos econômicos (CORSO, 2010).

140 Os sistemas multitróficos de produção demonstram serem mais eficientes
141 quando comparados aos sistemas tradicionais, já que o volume de água necessário para
142 abastecê-los é baixo, se comparado aos sistemas tradicionais de olericultura e/ou
143 aquicultura que necessitam de irrigação e renovação constante de água. Quando
144 abastecido e em funcionamento, um sistema de aquaponia, por exemplo, pode ficar por
145 muitos meses sem a necessidade de troca de água, tendo a necessidade apenas de
146 reposição da água evaporada e evapotranspirada (DIVER, 2006).

147 A produção hidropônica de hortaliças no Brasil vem ganhando espaço devido
148 à melhor utilização da área, precocidade na colheita, utilização mais eficiente de
149 nutrientes, melhor qualidade do produto, possibilitando ainda o controle de fatores
150 ambientais, que tornam limitantes seu cultivo em determinadas épocas do ano
151 (BERNARDES, 1997). No mesmo intuito a aquicultura é apontada como estratégica a
152 segurança alimentar mundial, por disponibilizar rapidamente fontes de proteína para a
153 população. No entanto, as práticas conduzidas nas extensas áreas aquícolas, exigem a
154 visão integrada de seus processos e procedimentos compatíveis com práticas sustentáveis
155 para a aquicultura (SCORVO-FILHO, 2004).

156 A aquaponia é um sistema de recirculação da aquicultura em que se tem a
157 produção integrada de plantas, hortaliças em sua maioria, sem o uso de solo,
158 concomitantemente a um organismo aquático (RAKOCY, 2012). Esse sistema apresenta
159 uma série de benefícios, já que a subcultura produzida irá retirar e aproveitar da água os
160 compostos nitrogenados e fosfatados excretados como fonte de energia, fazendo com que
161 o meio se mantenha estável (HUNDLEY et al., 2018). Além disso, a recirculação da água
162 dentro do sistema e a produção integrada de dois organismos, quando analisados a longo
163 prazo, vem a surtir grande efeito sob os custos, melhorando a rentabilidade do sistema de
164 produção (ADLER et al., 2000; PRETO, 2012).

165 Na aquicultura mundial, os crustáceos se destacam pelo valor nutritivo,
166 capacidade de adaptação às mais variadas condições ambientais e elevado valor de
167 mercado (NEW et al., 2010). Com respeito ao camarão de água doce *Macrobrachium*

168 *rosenbergii* (De Man, 1879). E entre 1981 e 2018, sua produção e sua comercialização
169 no mundo passou de 3 mil para 237 mil toneladas, movimentando milhões de dólares
170 (FAO, 2020). A carcinicultura de água doce é composta basicamente por quatro etapas:
171 reprodução, larvicultura, berçário e crescimento final. O berçário é a fase intermediária
172 entre larvicultura e crescimento final podendo ser subdividido em duas fases conhecidas
173 como: berçário 1, em que os animais saem da larvicultura com 0,02g e chegam a 0,3g; e
174 berçário 2, que podem chegar ao peso final entre 0,8 a 1,5g. A primeira fase pode durar
175 de 2 a 4 semanas, e a segunda de 5 a 8 semanas (ZIMMERMANN & SAMPAIO, 1998),
176 e quando as pós-larvas são produzidas continuamente podem vir a coincidir com o tempo
177 de dois ciclos de produção da maioria das hortaliças em hidroponia (EMBRAPA, 2010).

178 Entre as hortaliças folhosas mais consumidas no Brasil, a alface é um
179 componente básico para saladas, muito comum a ser utilizado (MORETTI & MATTOS,
180 2006). Oriunda do Mediterrâneo, foi uma das primeiras hortaliças cultivadas pelo homem,
181 sendo atualmente produzida em todo território nacional, tanto em solo como em sistemas
182 integrados de hidroponia ou aquaponia (CASTELLANI, CAMARGO & ABIMORAD,
183 2009). A alface *Lactuca sativa* L., conhecida popularmente por alface lisa, é uma das
184 mais produzidas em sistemas hidropônicos por ocupar pouco espaço, atingir mais
185 rapidamente o ponto de comercialização e por ter um rápido retorno financeiro (ZITO et
186 al., 1994).

187 A aquicultura moderna está embasada em três pilares: a produção lucrativa, a
188 conservação do meio ambiente e o desenvolvimento social. Os três componentes são
189 essenciais e indissociáveis para que se possa ter uma atividade perene (VALENTI, 2000).
190 A análise de viabilidade econômica, portanto, é uma ferramenta essencial para a inclusão
191 de qualquer projeto de aquicultura dentro dos preceitos atuais (ASSAD & BURSTYN,
192 2000).

193 Neste contexto, as análises econômicas mais utilizadas em aquicultura
194 determinam o custo-retorno, o fluxo de caixa e a análise financeira de viabilidade do
195 investimento (EHRlich & MORAES, 2015). A primeira avalia todos os custos de
196 produção e as receitas, geralmente em base anual, considerando os preços correntes. A
197 segunda mostra basicamente a liquidez do projeto, ou seja, o balanço positivo ou negativo
198 do projeto ao longo do tempo. A terceira analisa a vida do projeto (horizonte), com
199 desconto dos valores no tempo, mostrando a viabilidade do investimento.

200 A aplicação de ferramentas de engenharia econômica permite uma rápida
201 resposta ao investidor e produtor quanto a viabilidade do negócio, para tanto, utilizam-se
202 indicadores econômicos e análise de viabilidade econômica, estes são essenciais para o
203 acompanhamento e gerenciamento da produção, proporcionando ao empreendedor

204 informações efetivas para tomada de decisão e direcionamento do empreendimento
205 (EHRLICH; MORAES, 2015). Ações fundamentais, principalmente em atividades onde
206 se tem pouca informação quanto aos riscos e retornos sob os investimentos financeiros,
207 caso da larvicultura e berçário de camarão em regiões emergentes.

208 Dentre os indicadores econômicos, destacam-se o custo total de produção
209 (CT), receita bruta (RB), lucro (L), renda anual do empreendedor (RA), rentabilidade
210 (RET), retorno de capital (RCP), dentre outros (CASAROTTO FILHO & KOPITTKKE,
211 2007). Dos quais, podem-se realizar análises de viabilidade econômica baseada no valor
212 presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), período de retorno do capital
213 investido (PCR), retorno do investimento (ROI), dentre outros (FERREIRA, 2009).
214 Contudo, a análise de viabilidade deve ser focada em um projeto particular, uma
215 determinada área, ou em um grupo de projetos. Caso o propósito seja iniciar um negócio
216 ou atrair novos investidores, o estudo de viabilidade financeira será fundamental para
217 tomada de decisão. Nesse caso, devem-se incluir os requisitos e as fontes para o capital
218 inicial e os retornos estimados aos investidores, além de possuir um embasamento técnico
219 robusto sobre a atividade e a espécie que se deseja iniciar o empreendimento.

220 Embora estudos com o sistema de produção de aquaponia venham sendo
221 realizados (ADLER et al., 2000; CASTILHO-BARROS et al., 2018; GRABER &
222 JUNGE, 2009; HUNDLEY et al., 2018; HUNDLEY & NAVARRO, 2013; HUSSAIN et
223 al., 2014; LIMA et al., 2019a; RAKOCY, 2012; TONET et al., 2011), são necessários
224 estudos econômicos para avaliar a viabilidade da produção quando investido na
225 implantação dessa tecnologia, visto que um projeto economicamente inviável, torna
226 desnecessário qualquer outro tipo de análise, sendo ela de sustentabilidade ambiental ou
227 social (VALENTI, 2008).

228

229 **OBJETIVOS**

230 Avaliar a viabilidade econômica da produção do camarão *Macrobrachium*
231 *rosenbergii* em sistema integrado de aquaponia testando diferentes densidades de alface
232 *Lactuca sativa* L.

233

234 **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

235 1. Analisar a viabilidade econômica da produção comercial de camarão e
236 alface em cada sistema aquapônico;

237 2. Definir a relação camarão:planta com melhor resposta produtiva no
238 sistema de aquaponia;

239 3. Avaliar a qualidade da água na criação integrada de camarões com alface
240 nas diferentes relações camarão:planta em sistema aquapônico.

241 **MATERIAL E MÉTODOS**

242 LOCAL

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

246

247 ORIGEM DOS ANIMAIS E DAS PLANTAS

248 Foram utilizadas pós-larvas (PL) do camarão *Macrobrachium rosenbergii*
249 provenientes de uma larvicultura conduzida na Universidade Federal do Paraná – UFPR
250 – Campus de Palotina no LABCAR – Laboratório de Carcinicultura com peso médio
251 inicial de $0,073 \text{ g} \pm 0,04 \text{ g}$ (Figura 1).

252 Foram utilizadas mudas da alface lisa *Lactuca sativa* L. provenientes da
253 empresa Turucitrus – produção de mudas e consultoria empresarial localizada em Turuçu
254 - RS com peso médio inicial de $1,29 \text{ g} \pm 0,33 \text{ g}$, número médio de folhas inicial de $7,17$
255 $\pm 0,98$, tamanho médio da raiz inicial de $6,04 \text{ cm} \pm 0,97 \text{ cm}$ e tamanho médio do talo
256 inicial de $1,09 \text{ cm} \pm 0,49 \text{ cm}$.

257



258

259 **Figura 1.** Pós-larvas (PL) do camarão *Macrobrachium rosenbergii* proveniente do
260 Laboratório de Carcinicultura da UFPR – Campus de Palotina.

261

262

263 MANEJO ALIMENTAR

264 Durante o experimento os animais foram alimentados 2 vezes ao dia com uma
265 ração comercial específica (PB 45%), as alimentações foram feitas a lanço e a quantidade
266 de ração ofertada foi calculada sendo 15% da biomassa de cada tanque e reajustada a cada
267 biometria (NEW et al., 2010).

268

269 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

270 O experimento foi realizado em uma estufa de 32,5 m². As PLs com peso
271 médio de 0,0073g foram estocadas com densidade de 2 camarões / L em doze tanques
272 circulares de 62 X 31 cm (5024 cm²), com volume útil de 50 litros. As mudas de alface
273 foram transplantadas para caixas de 60 cm X 40 cm X 15 cm (comprimento, largura,
274 altura) (2400 cm²), com volume útil de 12 litros. Essas caixas foram preenchidas com
275 argila expandida sendo utilizadas como filtro biológico, mecânico e superfície de fixação
276 para as mudas de alface.

277 Para o desenvolvimento deste estudo foram testados quatro tratamentos com
278 diferentes densidades de alfaces com três repetições cada, sendo:

- 279 • 50 - 50 alfaces com densidade de 2 camarões/L;
- 280 • 25 - 25 alfaces com densidade de 2 camarões/L;
- 281 • 13 - 13 alfaces com densidade de 2 camarões/L;
- 282 • RAS - Sistema de Recirculação sem alface com densidade de 2
283 camarões/L.

284 Todos os tanques foram preenchidos com água doce provenientes da empresa
285 distribuidora de água da cidade de Rio Grande (CORSAN), sendo a água de cada tanque
286 declorada e ajustada a alcalinidade com bicarbonato de sódio 2 dias antes da introdução
287 dos organismos no sistema (Figuras 2 e 3).

288

289



290

291 **Figura 2.** Sistema de aquaponia com mudas de alfaces *L. sativa* L. e camarões *M.*
292 *rosenbergii*, sendo: A) Tratamento com 13 alfaces; B) Tratamento com 25 alfaces; C)
293 Tratamento com 50alfaces e D) Tratamento sem alfaces – RAS.

294



295

296

Figura 3. Sistema de aquaponia montado com mudas de alfaces *L. sativa* L. e pós-larvas de camarão *M. rosenbergii* na Estação Marinha de Aquacultura - FURG.

297

298

299

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA

300

301

302

303

304

305

306

307

308

As determinações de temperatura e oxigênio dissolvido foram realizadas com auxílio de multiparâmetro HQ40d (Hach Company, Loveland, Colorado, Estados Unidos), o pH foi determinado com auxílio do pHmetro de bancada Mettler Toledo, duas vezes ao dia. As concentrações de amônia total, nitrito, nitrato e fosfato foram mensurados três vezes por semana. As análises de amônia total seguiram metodologias descritas em (UNESCO, 1983), de nitrito descrita em (BENDSCHENEIDER & ROBINSON, 1952) e de fosfato e nitrato por (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983). A alcalinidade e a dureza foram analisadas duas vezes por semana conforme metodologia proposta por (APHA, 2005). Quando a alcalinidade alcançava valores abaixo de 80 mg

309 CaCO₃ / L foram feitos ajustes com bicarbonato de sódio, seguindo a metodologia
310 descrita por (ADHIKARI et al., 2007).

311

312 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

313 O crescimento dos camarões foi acompanhado por meio de biometrias
314 quinzenais com 30 indivíduos por tratamento sendo utilizada balança digital com precisão
315 de 0,01g (Marte® científica AS2000, Santa Rita do Sapucaí, MG, Brasil). Para avaliar o
316 desempenho zootécnico dos camarões, foram avaliados:

- 317 ○ Consumo Alimentar (g) – quantidade de alimento total fornecido ao
318 final;
- 319 ○ Conversão Alimentar Aparente (CAA) – alimento oferecido /
320 incremento de biomassa;
- 321 ○ Biomassa Total (g) – Biomassa total de organismos produzidos ao
322 final;
- 323 ○ Peso Médio Final (g) – Média dos pesos dos animais ao final do
324 experimento;
- 325 ○ Sobrevivência (%) – Percentual de camarões que sobreviveram ao
326 final do experimento;
- 327 ○ Produtividade (kg/ha) – Cálculo de produção baseada no que se teve
328 para quilos por hectare.

329

330 DESEMPENHO DAS PLANTAS

331 O crescimento das plantas foi acompanhado pela biometria das plantas inicial,
332 antes de serem introduzidas no sistema, e ao final, após a sua colheita, sendo utilizada
333 balança digital com precisão de 0,01g (Marte® científica AS2000, Santa Rita do Sapucaí,
334 MG, Brasil). Para avaliar o desempenho das plantas, foram avaliados:

- 335 ○ Número de folhas – quantidade de folhas saudáveis;
- 336 ○ Talo (cm) – Comprimento do talo, medida feita do início da primeira
337 raiz até o final do talo da planta;
- 338 ○ Raiz (cm) – Comprimento da raiz, medida feita da presença da
339 primeira raiz até o final da última;
- 340 ○ Peso Fresco (g) – Peso final fresco de cada planta;
- 341 ○ Sobrevivência (%) - Percentual de plantas que sobreviveram ao final
342 do experimento;

- 343 ○ Crescimento (g/m²) – produção total de plantas em gramas por metro
344 quadrado de área.

345

346 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

347 Foram realizados testes estatísticos a fim de comparar entre os tratamentos os
348 resultados de qualidade da água, desempenho zootécnico e desempenho das plantas.
349 Foram verificadas a homocedasticidade a normalidade dos dados, através dos testes de
350 Bartlett e Shapiro-Wilk, respectivamente. Posteriormente foi aplicada ANOVA de uma
351 via ($\alpha = 0,05$) e um teste *Post-hoc* Tukey quando encontradas diferenças significativas
352 (ZAR, 1996). E quando os pré-requisitos para a análise dos dados não foram cumpridos,
353 foram realizadas transformações matemáticas (ln).

354

355 ANÁLISES ECONÔMICAS

356 Considerando as informações obtidas com o experimento, avaliou-se quatro
357 diferentes cenários. Os cenários foram montados segundo os tratamentos empregados
358 tendo apenas um único tipo de comercialização, que seria a venda para engorda:

- 359 • Cenário 1 – 50 alfaces com densidade de 2 camarões/L;
- 360 • Cenário 2 – 25 alfaces com densidade de 2 camarões/L;
- 361 • Cenário 3 – 13 alfaces com densidade de 2 camarões/L;
- 362 • Cenário 4 – Sistema de Recirculação - RAS sem alface com densidade
363 de 2 camarões/L.

364 Para a avaliação da viabilidade econômica do cultivo de *M. rosenbergii*,
365 optou-se por uma simulação. Considerou-se uma pequena propriedade agrícola que
366 utiliza mão de obra familiar localizada no Rio Grande do Sul que se tem interesse de
367 incrementar sua renda mensal ou iniciar um pequeno negócio como aquicultor. Devido
368 ao clima frio considerou-se a criação de camarões em 1 ciclo por ano.

369 Foi considerada uma estrutura de 0,1 ha de lâmina d'água para a criação dos
370 camarões. Os valores de itens de investimento, despesas operacionais e custos de
371 oportunidade foram obtidos na região sul do RS em 2019. Os valores dos materiais
372 indisponíveis nesta região foram obtidos de outras regiões e o valor do frete foi incluído
373 no valor total.

374 Foi avaliada a construção de três tanques circulares (0,1 ha), com sistema de
375 recirculação de água por meio de bombas. Os componentes, quantidade e valores das
376 despesas operacionais em cada cenário estudado estão expostos na Tabela 1.

377

378 **Tabela 1.** Componentes e valores das despesas operacionais para a estratégia de produção
 379 de camarões de água doce na fase de berçário (coleta de valores: novembro de 2019).

Custos Variáveis	Valor Unitário (R\$)	Quantidade para 1 ciclo/ano
Pós-larva de <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	R\$150,00 / milheiro	600
Ração EPAC Black XL INVE	R\$80,00 / Kg	107,40
Alface lisa <i>Lactuca sativa</i> L.*	R\$15,00 / bandeja com 200	
Energia Elétrica	R\$0,50 / Kwh	6.336
Custos Diversos	R\$1.000,00	
Custos Fixos		
Manutenção das Instalações e Equipamentos	2% do valor dos bens	
Depreciação do Projeto	R\$3.882,53	1
Investimento inicial para instalação	R\$34.920,00	1
Salário do produtor	R\$1.500,00 / mês	12

380 *somente para o cenário com alfaces.

381

382 Os custos de oportunidade considerados nesta análise foram de “remuneração
 383 sobre o capital fixo” (juros anuais da poupança = 1,40%) e a “remuneração do
 384 empresário” (1,2 salários mínimos). Considerou-se que o empresário é quem vai conduzir
 385 a atividade e se admitiu dedicação de meio período por um dia em qualquer cenário
 386 estudado.

387 Dados de comércio de camarões de água doce e marinhos foram obtidos no
 388 ano de 2019, por meio observacional entre produtores mais próximos da região.
 389 Considerou-se que haveria demanda para todos os camarões produzidos independente do
 390 cenário estudado.

391 Desta forma, foram avaliados os seguintes indicadores econômicos, seguindo
 392 (ENGLE, 2010):

393 a. Custo Operacional Efetivo (COE): valores para operacionalização
 394 do sistema de produção de camarão, como: insumos; mão-de-obra;
 395 manutenção das instalações; despesas com maquinários e equipamentos
 396 impostos e taxas; despesas com transporte e despesas totais;

397 $COE = \Sigma \text{custos operacionais (MDO Contratada + Manutenção + Insumos+ ...)}$
 398

399

400 b. Custo Operacional Total (COT): Soma além do custo operacional
 401 efetivo (COE) com gastos de depreciação e mão-de-obra familiar.

402 COT = COE + MDO Familiar + Depreciação¹

403 ¹Depreciação (Linear) = (V - S)/ n

404 Sendo: V = valor novo do bem/produto; S = valor de sucata do
405 bem/produto e n = vida útil em anos do bem/produto.

406

407 c. Custo Total (CT): Soma além do custo operacional total (COT) o
408 custo de investimento (CI) (parcelas).

409 $CT = COT + C \text{ Investimentos}$

410

411 d. Receita Bruta (RB): Receita obtida por meio da produção das
412 larvas;

413 $RB = q \times p$

414 Onde, q é quantidade produzida e p é o preço de venda.

415

416 e. Receita Líquida ou Margem Líquida (RL ou ML): Lucro obtido
417 entre a diferença da Receita Bruta e o Custo Operacional Total;

418 $ML = RB - COT$

419

420 f. Lucro Bruto ou Margem Bruta (MB): Calculado a diferença entre
421 a receita bruta (RB) e o custo operacional efetivo (COE):

422 $MB = RB - COE$

423

424 g. Lucro baseado no Custo Total (Lct): É a diferença entre a receita
425 bruta (RB) e o custo total (CT), a partir deste indicador verifica-se se o
426 produtor consegue pagar todos os custos variáveis e fixos da produção.

427 $Lct = RB - CT$

428

429

430 h. Rentabilidade (RET): É a relação entre o Lucro baseado no Custo
431 Operacional Total (RB - COT) e a receita bruta (RB) em percentual.

432 $RET = [(RB - COT) / RB] * 100$

433

434 i. Custo Médio de Produção baseado no Custo Operacional Efetivo
435 (CMe (COE)): É o custo operacional efetivo dividido pela quantidade
436 produzida (Q) que auxiliará na determinação do custo unitário do produto.

437 $CMe(COE) = (COE / Q) \text{ (R\$/larva)}$

438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472

j. Custo Médio de Produção baseado no Custo Operacional Total (CMe (COT)): É o custo operacional total dividido pela quantidade produzida (Q) que auxiliará na determinação do custo unitário do produto.

$$CMe(COT) = (COT / Q) \text{ (R\$/larva)}$$

k. Custo Médio de Produção baseado no Custo Total (CMe (CT)): É o custo total dividido pela quantidade produzida (Q) que auxiliará na determinação do custo unitário do produto.

$$CMe(CT) = (CT / Q) \text{ (R\$/larva)}$$

l. Receita Média baseada no Custo Operacional Efetivo (RMe (COE)): É o valor de venda do camarão menos o custo médio de produção baseado no custo operacional efetivo que auxiliará na determinação da receita unitário do produtor.

$$RMe(COE) = p - CMe(COE)$$

Onde p é preço de venda do camarão.

m. Receita Média baseada no Custo Operacional Total (RMe (COT)): É o valor de venda do camarão menos o custo médio de produção baseado no custo operacional total que auxiliará na determinação da receita unitário do produtor.

$$RMe(COT) = p - CMe(COT)$$

Onde p é preço de venda do camarão.

n. Receita Média baseada no Custo Total (RMe(CT)): É o valor de venda do camarão menos o custo médio de produção baseado no custo total que auxiliará na determinação da receita unitário do produtor.

$$RMe(CT) = p - Cme(CT)$$

Onde p é preço de venda do camarão.

o. Retorno do Investimento Operacional (RIO): É a relação entre a receita líquida pelo investimento, representada em percentual.

$$RIO = (ML / Investimento) * 100$$

473 p. Ponto de Nivelamento Efetivo (Pni(pe)): será utilizado para
474 determinação da produção mínima de larvas quando vendidas pelo preço
475 mínimo efetivo (pe) de venda para cobrir os custos com a produção de
476 camarões.

$$477 \text{Pni (pe)} = (\text{CUSTO} / \text{pe})$$

478 Onde pe é o preço efetivo de venda do camarão.

479

480 q. Ponto de Nivelamento (Pni): será utilizado para determinação da
481 produção mínima de larvas quando vendidas pelo preço mínimo (p) de
482 venda para cobrir os custos com a produção das larvas de camarões.

$$483 \text{Pni} = (\text{CUSTO} / \text{p})$$

484 Onde p é o preço de venda do camarão.

485

486 Realizada a análise dos indicadores econômicos, aplicaram-se as equações
487 para avaliação da viabilidade da produção de camarões de acordo com o proposto por
488 (ENGLE, 2010) e (BRIGHAM; EHRHARDT, 1977), seguindo as seguintes equações:

489

490 r. Relação Custo-Benefício Líquido (RCB); para verificar os
491 benefícios acumulados sobre o capital investido, garantia de ganho do
492 proprietário na atividade; quanto maior esse índice, maior será a
493 rentabilidade econômica do empreendimento.

$$494 \text{RBC} = \text{RB} / \text{CT}$$

495 Onde, RB = Receita bruta; CT = Custo Total.

496

497 s. Valor Presente Líquido (VPL); é o valor resultante do projeto para
498 saber se pagará ou não o capital investido.

$$499 \text{VPL} = (\text{RB} - \text{CT}) / (1 + \text{Taxa mínima de atratividade})$$

500 Onde, RB = Receita bruta; CT = Custo Total; Taxa mínima de atratividade
501 = juros anuais da poupança.

502

503 t. Taxa Interna de Retorno (TIR); é a taxa de desconto que iguala o
504 valor presente das entradas de caixa esperadas de um projeto ao valor
505 presente dos custos desse projeto.

$$506 \text{TIR} = \sum (\text{RB} - \text{CT}) / (1 + \text{TIR}) = 0(\text{VPL})$$

507 Onde, RB = Receita Bruta; CT = Custo Total; VPL = Valor Presente
508 Líquido.

509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541

u. Índice de Lucratividade (IL); é calculado a partir do valor presente líquido (VPL) e o investimento inicial, se $IL < 1$ o projeto é rejeitado ou não rentável, caso $IL > 1$ o projeto é aceito e rentável ao investidor.

$$IL = (\sum_t^n (FCt) / (1 + k)^t) / (I_0)$$

Onde, k = Taxa Mínima de Atratividade; I_0 = Investimento Inicial; t = tempo; FCt = Valor do Fluxo de Caixa.

v. Payback; é o tempo estimado em que o projeto será pago.

Payback = anos antes da recuperação total + (Custo não recuperado no início do ano / Fluxo de caixa durante o ano)

w. Retorno de Capital ao Produtor (RCP); representa o capital de retorno ao empreendedor rural por volume de produção (ou por unidade produzida).

$$RCP = Pv / CMe(CT)$$

Onde, Pv = Preço de Venda; $CMe(CT)$ = Custo médio de produção baseado no custo total.

x. Renda Anual (RA); para verificar a sustentabilidade econômica do projeto (garantia de permanência do proprietário na atividade).

$$RA = (RB - DO - D - I - T)$$

Onde, RB = Receita bruta; DO = Despesas operacionais da produção; D = Depreciação; I = Impostos; T = Taxas.

y. Retorno do Capital Investido (RCI); é calculado a partir do somatório das receitas brutas (RB) e dos custos totais (CT), ao longo dos anos (i) avaliados. Utilizada para avaliar o retorno do capital investido no empreendimento ao longo do tempo para cada R\$1 investido.

$$RCI = \{ \sum_{i=0}^n [(RB - CT) / CT] \}$$

Onde, RB = Receita bruta; CT = Custo Total; n = horizonte do projeto/empreendimento; i = tempo (anos).

542 **RESULTADOS**

543

544 **VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA**

545 Os resultados obtidos para os parâmetros de temperatura, pH, oxigênio
546 dissolvido, alcalinidade e dureza não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$)
547 entre os diferentes tratamentos durante os 40 dias de experimento e estão representados
548 na Tabela 2.

549 A amônia, nitrito, nitrato e fosfato apresentaram diferenças significativas ($p >$
550 $0,05$) entre os diferentes tratamentos e também (Tabela 2).

551

552 **Tabela 2.** Parâmetros físico-químicos de qualidade de água (média \pm desvio padrão)
553 dos tanques de produção dos camarões de água doce entre os diferentes tratamentos.

Parâmetros	Tratamentos			
	50 alfaces	25 alfaces	13 alfaces	RAS
Temperatura	24,50 \pm 1,40 a	24,56 \pm 1,40 a	24,60 \pm 1,47 a	24,57 \pm 1,44 a
pH	7,77 \pm 0,35 a	7,84 \pm 0,36 a	7,81 \pm 0,37 a	7,79 \pm 0,35 a
OD	9,39 \pm 2,97 a	9,47 \pm 2,33 a	9,56 \pm 2,79 a	9,62 \pm 2,09 a
Alcalinidade	62,64 \pm 18,95 a	55,56 \pm 18,20 a	61,25 \pm 17,90 a	51,25 \pm 21,02 a
Dureza	110,67 \pm 32,24 a	100,89 \pm 29,35 a	116,33 \pm 31,60 a	104,44 \pm 28,83 a
NAT	0,27 \pm 0,28 a	0,17 \pm 0,11 b	0,21 \pm 0,15 ab	0,19 \pm 0,16 ab
NO ₂ ⁻	0,12 \pm 0,16 a	0,06 \pm 0,06 b	0,08 \pm 0,09 ab	0,11 \pm 0,12 ab
NO ₃ ⁻	1,59 \pm 1,25 a	1,89 \pm 1,56 a	2,73 \pm 2,74 a	4,86 \pm 3,89 b
PO ₄ ⁻	0,28 \pm 0,16 a	0,26 \pm 0,22 a	0,32 \pm 0,21 a	0,47 \pm 0,33 b

554 *Temperatura (°C); pH; OD – Oxigênio Dissolvido (mg/L); Alcalinidade (CaCO₃ mg/L);
555 Dureza (CaCO₃ mg/L); NAT – Amônia Total (mg/L); NO₂⁻ - Nitrito (mg/L); NO₃⁻ -
556 Nitrato (mg/L) e PO₄⁻ - Fosfato (mg/L).

557

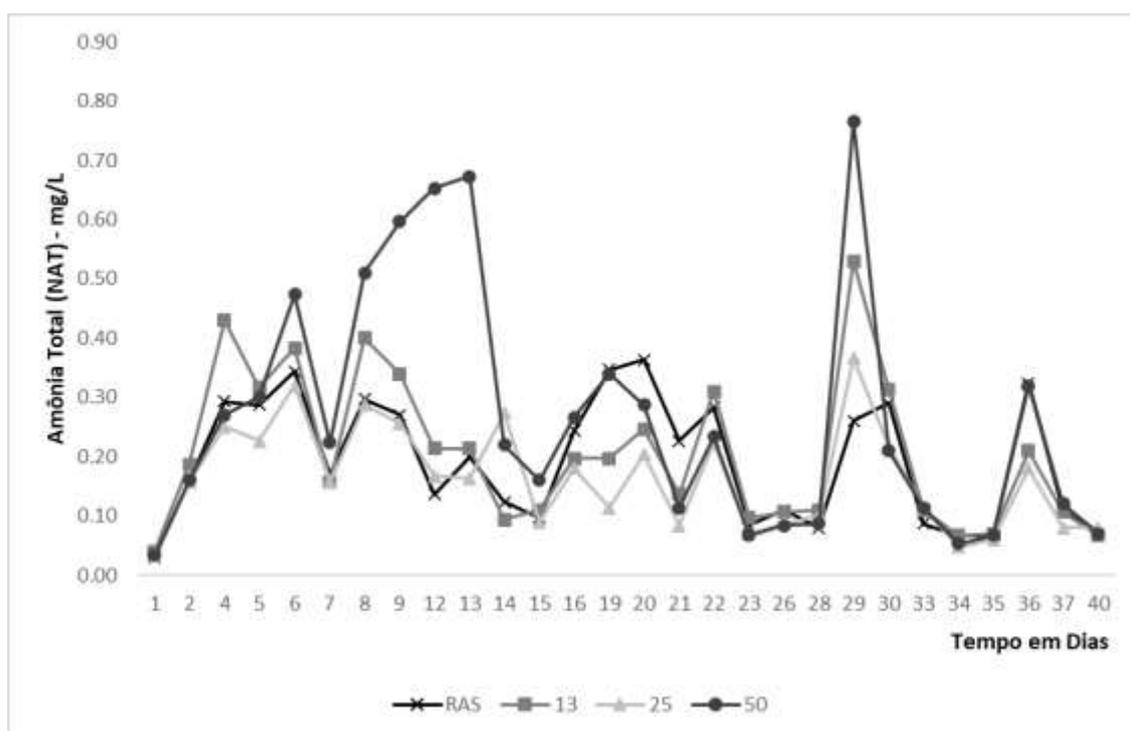
558 As variações de amônia, nitrito, nitrato e fosfato ao longo do tempo entre os
559 tratamentos estão apresentadas nas Figuras 4 a 7.

560 As concentrações de amônia ao longo dos 40 dias de experimento são
561 representadas na Figura 4. Em todos os tratamentos se observa picos de amônia seguidos
562 por quedas em suas concentrações. No tratamento controle sem alface RAS, próximo ao
563 29º dia de experimento a amônia total atingiu sua maior concentração, seguido de uma
564 queda para todos os tratamentos.

565 Logo após os primeiros picos de concentração de amônia surgiu o nitrito, a
566 partir do 4º dia. Os picos de nitrito se sucederam aos picos de amônia em todos os
567 tratamentos (Figura 5). Observa-se ainda um pico de nitrito para o tratamento 50 no 13º
568 e 20º dia.

569 O nitrato, por sua vez, surgiu logo após o aparecimento do nitrito no sistema,
570 tendo suas concentrações, em todos os tratamentos, como uma crescente. Com o decorrer
571 dos dias do experimento, se observa consumo do nitrato onde os tratamentos possuem
572 plantas, enquanto que no tratamento controle sem alface RAS, o acumulo desse composto
573 é crescente, como podemos observar na Figura 6.

574 O fosfato aparece no sistema a partir do 5º dia, tendo picos de concentrações
575 em crescente aumento durante os dias do experimento. Observa-se que, nos tratamentos
576 em que se tem as plantas, após os picos de concentração de fosfato no meio houve
577 consumo do composto. O tratamento controle RAS sem alface apresenta ao fim do
578 experimento maior concentração de fosfato, quando comparado aos outros tratamentos,
579 como mostra a Figura 7.



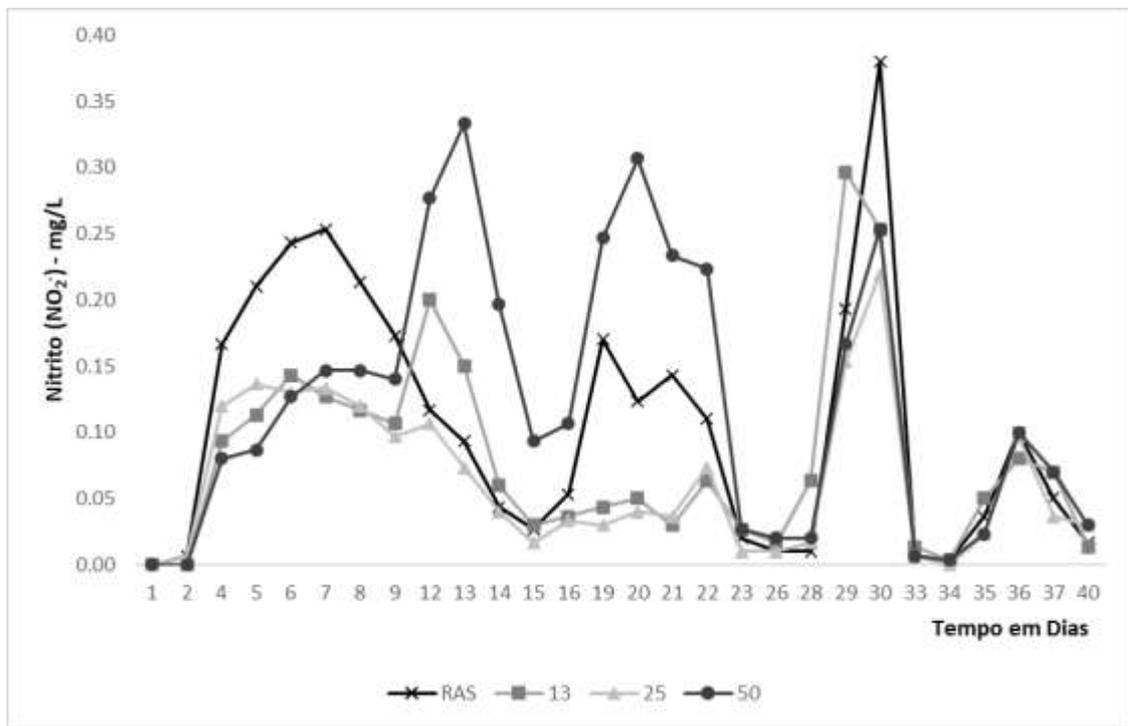
580

581 **Figura 4.** Variações da Amônia Total (NAT) (mg/L) ao longo do cultivo de *M.*

582

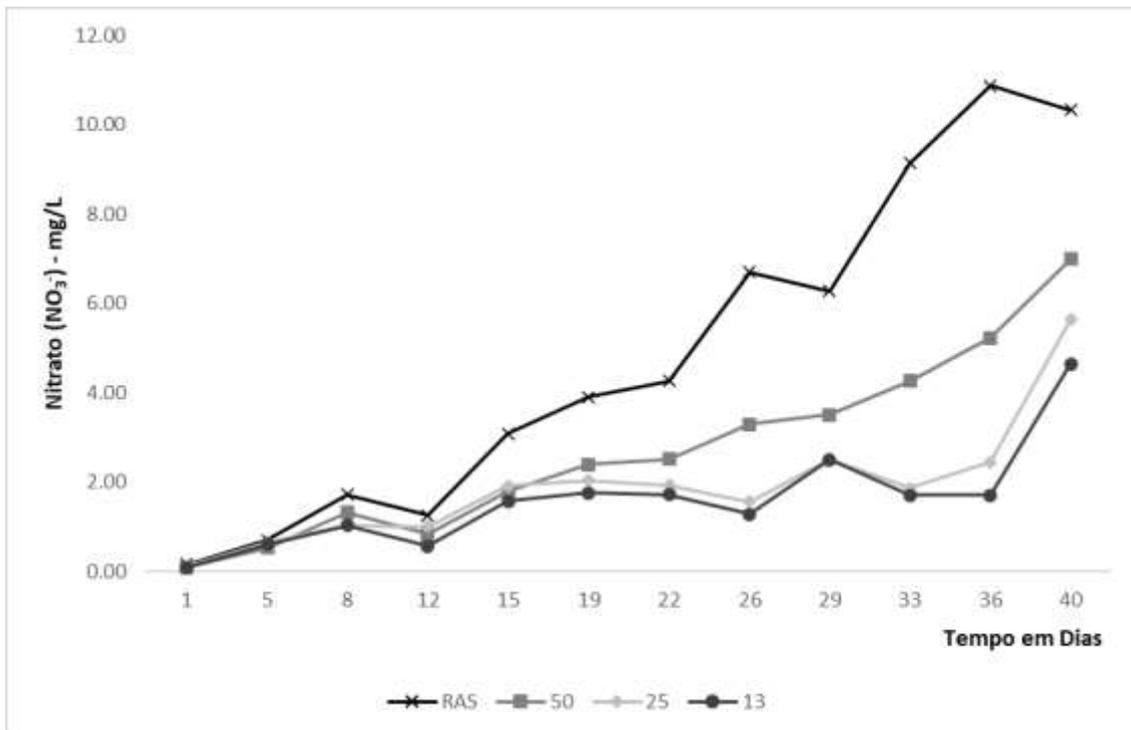
rosenbergii entre os diferentes tratamentos.

583



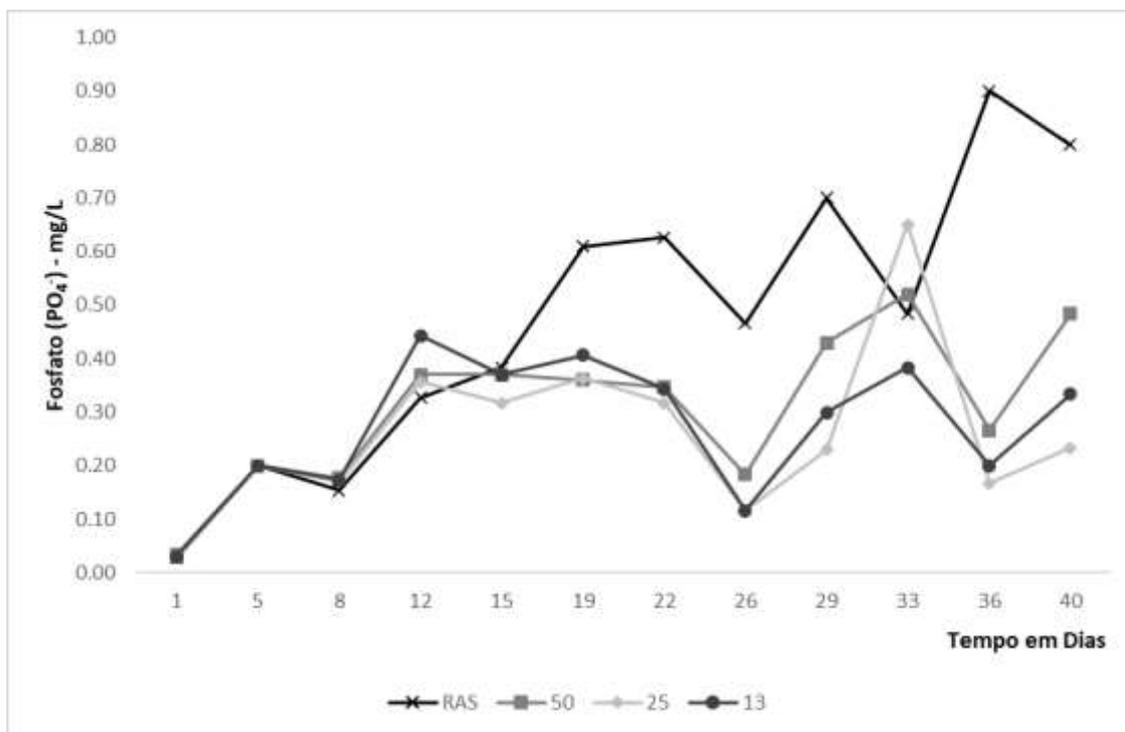
584
585
586
587

Figura 5. Variações do Nitrito (NO₂⁻) (mg/L) ao longo do cultivo de *M. rosenbergii* entre os diferentes tratamentos.



588
589
590
591

Figura 6. Variações do Nitrato (NO₃⁻) (mg/L) ao longo do cultivo de *M. rosenbergii* entre os diferentes tratamentos.



592

593 **Figura 7.** Variações do Fosfato (PO₄⁻) (mg/L) ao longo do cultivo de *M. rosenbergii*
 594 entre os diferentes tratamentos.

595

596

597 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

598 Os índices de desempenho zootécnico dos camarões cultivados não
 599 apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 3) (Figura
 600 8).

601

602 **Tabela 3.** Desempenho zootécnico (média \pm desvio padrão) *Macrobrachium rosenbergii*
 603 dentro de 40 dias entre os diferentes tratamentos.

	Tratamentos			
	50 alfaces	25 alfaces	13 alfaces	RAS
Consumo alimentar	28,50 \pm 0,50 a	31,92 \pm 1,47 a	31,70 \pm 5,25 a	46,82 \pm 25,45 a
CAA	1,93 \pm 0,95 a	1,73 \pm 0,68 a	1,57 \pm 0,45 a	2,50 \pm 1,25 a
Biomassa Total	19,89 \pm 6,30 a	20,97 \pm 3,08 a	22,72 \pm 6,87 a	20,78 \pm 3,62 a
Peso Médio	0,25 \pm 0,10 a	0,28 \pm 0,07 a	0,29 \pm 0,09 a	0,26 \pm 0,03 a
Sobrevivência	81 \pm 6,24 a	76,67 \pm 8,33 a	78 \pm 1,73 a	79 \pm 5,20 a
Produtividade	395,84 \pm 125,43 a	417,32 \pm 61,35 a	452,31 \pm 136,83 a	413,65 \pm 72,02 a

604 *Consumo Alimentar (g); CAA – Conversão Alimentar Aparente; Biomassa Total (g); Peso
 605 Médio (g); Sobrevivência (%) e Produtividade (kg/ha).

606



Figura 8. Pós-larva do camarão *M. rosenbergii* ao final do ciclo.

607

608

609

610 DESEMPENHO DAS PLANTAS

611

612

613

Os índices de desempenho das plantas quanto ao número de folhas, tamanho do talo e produtividade não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 4).

614

615

616

Já os índices de tamanho das raízes, peso fresco e sobrevivência apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos. O tamanho das raízes dentro do tratamento com 50 alfaces foi menor quando comparado aos outros tratamentos.

617

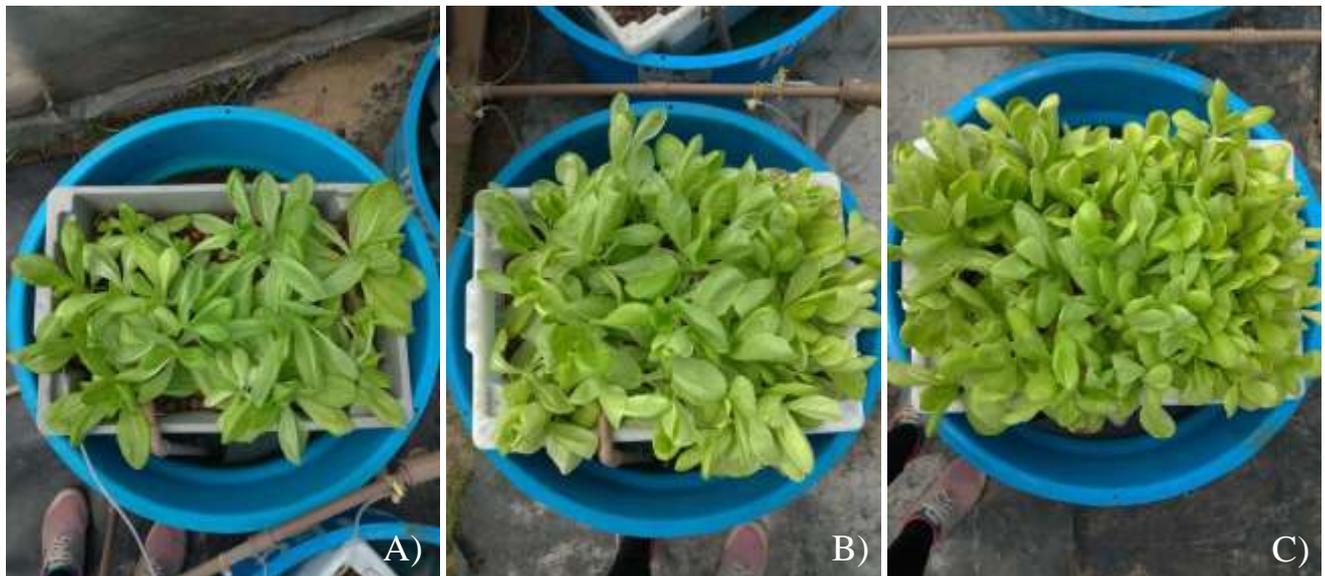
618

619

620

621

O tratamento com 25 alfaces apresentou a média de peso fresco final maior que os outros tratamentos, como se pode observar na Tabela 4. Pode-se observar ainda que o tratamento com 13 alfaces teve uma sobrevivência de 15%, mostrando-se diferente para com os outros tratamentos em que a sobrevivência foi maior que 80% (Figura 9).



623 **Figura 9.** Sistema de aquaponia ao final do ciclo com alfaces *L. sativa* L. e camarões
 624 *M. rosenbergii*, sendo: A) Tratamento com 13 alfaces; B) Tratamento com 25 alfaces e
 625 C) Tratamento com 50 alfaces.

626

627 **Tabela 4.** Desempenho das plantas (média \pm desvio padrão) usando os nutrientes
 628 provindos dos tanques de produção de camarões nos diferentes tratamentos.

	Tratamentos		
	50 alfaces	25 alfaces	13 alfaces
Número de folhas	9,28 \pm 2,77 a	10,47 \pm 3,29 a	8,83 \pm 1,83 a
Tamanho do talo	5,51 \pm 2,84 a	5,91 \pm 2,28 a	6,97 \pm 1,9 a
Tamanho da raiz	10,46 \pm 4,40 a	12,17 \pm 3,64 b	11,38 \pm 1,80 b
Peso fresco	9,17 \pm 4,49 a	14,83 \pm 7,66 b	10,82 \pm 4,59 a
Sobrevivência	82,67 \pm 20,53 a	80 \pm 17,44 a	15,39 \pm 13,33 b
Produtividade	0,14 \pm 0,08 a	0,11 \pm 0,07 a	0,01 \pm 0,01 a

629 *Número de folhas (quantidade); Tamanho do talo (cm/planta); Tamanho da raiz
 630 (cm/planta); Peso fresco (g/planta); Sobrevivência (%) e Produtividade (g/m²).

631 ANÁLISES ECONÔMICAS

632 Observaram-se na Tabela 5 os itens, valores unitários, quantidades e valores
 633 totais considerados para o investimento inicial. Estes valores foram obtidos em dezembro
 634 de 2019.

635
 636 **Tabela 5.** Itens, quantidades e valores de investimento em reais para todos os cenários
 637 projetados (coleta de valores: dezembro de 2019).

638 (Em R\$1,00 de 2019)

Equipamentos	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Tanque	4.000,00	3	12.000,00
Estrutura para alfaces	200,00	3	600,00
Barra de PVC	8,00	10	80,00
Joelho PVC	3,00	20	60,00
Cap PVC	2,	5	10,00
Registro de plástico	2,00	10	4,00
Mangueira Cristal 1/2"	28,00	25	700,00
Argila expandida	65,00	30	1.950,00
Multiparâmetro	3.000,00	1	3.000,00
Gerador	3.500,00	1	3.500,00
Balança	100,00	1	100,00
Soprador	2.000,00	4	8.000,00
Paquímetro	60,00	1	60,00
Balde	8,00	3	24,00
Frascos plásticos	5,00	3	15,00
Puça	45,00	1	45,00
Análise NAT	11,00	54	594,00
Análise NO2	11,00	54	594,00
Análise NO3	11,00	36	396,00
Análise PO4	11,00	36	396,00
Análise Alcalidade	11,00	36	396,00
Análise Dureza	11,00	36	396,00

639

640

641 Quando avaliado o investimento inicial, os tanques são responsáveis pela
 642 maior participação no todo. Os tanques representam 34,36% do valor total, sendo seguido
 643 pelos sopradores que representam 22,91% independente do cenário estudado.

644 Baseado nos resultados de sobrevivência obtidos do experimento, foi
 645 calculado a produção final, tanto dos camarões, quanto das alfaces para cada cenário
 646 econômico representado na Tabela 6.

647

648 **Tabela 6.** Projeção em números de camarões da produção final para cada cenário.

Cenário	Camarão	Alface
RAS	474.000	
13	468.000	1.125
25	456.000	120.000
50	486.000	246.000

649

650

651 Mesmo que o custo de investimento seja igual para todos os cenários
652 estudados, aqueles em que obtiveram a inclusão da alface na produção apresentaram o
653 custo operacional efetivo – COE e o custo total – CT gradativamente menores (Tabela 7).
654 A renda bruta – RB, a margem bruta – MB e a margem líquida - ML aumentaram
655 gradativamente conforme a utilização de alfices nos tratamentos, dentro dos indicadores
656 econômicos considerados para um ano de produção os únicos que não se apresentaram
657 como crescentes nos respectivos cenários de RAS, 13, 25 e 50 foram os índices de custo
658 médio de produção baseado no custo operacional efetivo – CMe COE, custo médio de
659 produção baseado no custo operacional total – CMe COT, custo médio de produção
660 baseado no custo total – CMe CT, a receita média baseada no custo operacional total –
661 RMe COT, o ponto de nivelamento baseado no preço efetivo do produto (Pni pe) e o
662 ponto de nivelamento (Pni) (Tabela 7).

663 Ainda na Tabela 7, o índice de CMe COT se apresentou igual entre os cenários
664 RAS, 13 e 25, tendo seu valor mais baixo no cenário 50 sendo R\$0,12; os índices RMe
665 COE e RMe CT apresentaram valores decrescentes conforme foi se introduzindo as
666 alfices, e os índices Pni pe e Pni apresentaram valores iguais entre os tratamentos.

667 **Tabela 7.** Indicadores econômicos considerando um ano de produção *Macrobrachium*
 668 *rosenbergii* entre os diferentes tratamentos.

Indicadores	RAS	13	25	50
COE	463.898,08	320.709,08	351.948,08	395.184,08
COT	59.302,53	59.302,53	59.302,53	59.302,53
CT	523.200,61	380.011,61	411.250,61	454.486,61
RB	1.185.000,00	1.203.750,00	1.500.000,00	1.953.000,00
MB	721.101,92	1.137.869,20	1.148.051,92	1.557.815,92
ML	1.125.697,47	1.137.869,20	1.440.697,47	1.893.697,47
Lct	661.799,39	1.137.869,20	1.088.749,39	1.498.513,39
RET (%)	95,00	95,14	96,10	97,00
CMe COE	0,98	0,69	0,77	0,82
CMe COT	0,13	0,13	0,13	0,12
CMe CT	1,10	0,82	0,90	0,94
RMe COE	1,52	1,81	1,73	1,69
RMe COT	2,37	2,37	2,37	2,38
RMe CT	1,40	1,69	1,60	1,56
RIO (%)	32,90	33,47	42,12	44,58
Pni pe	29.651,26	29.651,26	29.651,26	29.651,26
Pni	23.721,01	23.721,01	23.721,01	23.721,01

669 *COE – Custo operacional efetivo (R\$); COT – Custo operacional total (R\$); CT – Custo
 670 total (R\$); RB – Renda bruta (R\$); MB – Margem bruta (R\$); ML – Margem líquida
 671 (R\$); Lct – Lucro sob o custo total (R\$); RET – Rentabilidade (%); CMe COE – Custo
 672 médio baseado no custo operacional efetivo (R\$); CMe COT – Custo médio baseado no
 673 custo operacional total (R\$); CMe CT – Custo médio baseado no custo total (R\$); RMe
 674 COE – Renda média baseada no custo operacional efetivo (R\$); RMe COT – Renda
 675 média baseada no custo operacional total (R\$); RMe CT – Renda média baseada no custo
 676 total (R\$); RIO – Retorno do investimento operacional (%); Pni pe – Ponto de
 677 nivelamento sob o preço efetivo (quantidade) e Pni – Ponto de nivelamento (quantidade).
 678
 679

680 Como a receita bruta – RB em todos os cenários foi positiva, todos os fluxos
 681 de caixa foram apresentados. As Tabelas 8 a 11 mostram a análise de fluxo de caixa para
 682 cada cenário em 10 anos de produção.

683 Quando observado o Fluxo Líquido Acumulado ao final de 10 anos entre os
 684 cenários percebe-se um aumento crescente, tendo o cenário 50 o maior valor dentre eles
 685 de R\$15.477.339,56 (Tabela 11).
 686

687 **Tabela 8.** Fluxo de caixa de 10 anos considerando o cenário de produção com o
 688 tratamento controle sem alface RAS. Valores em R\$.

Ano	Investimento	Capital de Giro	Desembolso	Receita Bruta	Fluxo Líquido	Fluxo Líquido Acumulado
0	-\$34.920,00	-\$59.000,93	\$0,00	\$0,00	-\$93.920,93	-\$93.920,93
1	-\$698,40	\$0,00	-\$464.199,68	\$1.185.000,00	\$720.101,92	\$626.180,99
2	-\$698,40	\$0,00	-\$464.199,68	\$1.185.000,00	\$720.101,92	\$1.346.282,91
3	-\$698,40	\$0,00	-\$464.199,68	\$1.185.000,00	\$720.101,92	\$2.066.384,83
4	-\$698,40	\$0,00	-\$464.199,68	\$1.185.000,00	\$720.101,92	\$2.786.486,75
5	-\$13.483,32	\$0,00	-\$464.199,68	\$1.185.000,00	\$707.317,00	\$3.493.803,76
6	-\$698,40	\$0,00	-\$464.199,68	\$1.185.000,00	\$720.101,92	\$4.213.905,68
7	-\$698,40	\$0,00	-\$464.199,68	\$1.185.000,00	\$720.101,92	\$4.934.007,60
8	-\$698,40	\$0,00	-\$464.199,68	\$1.185.000,00	\$720.101,92	\$5.654.109,52
9	-\$698,40	\$0,00	-\$464.199,68	\$1.185.000,00	\$720.101,92	\$6.374.211,44
10	689 \$13.483,32	\$0,00	-\$464.199,68	\$1.185.000,00	\$707.317,00	\$7.081.528,44

690

691 **Tabela 9.** Fluxo de caixa de 10 anos considerando o cenário de produção com o
 692 tratamento 13. Valores em R\$.

Ano	Investimento	Capital de Giro	Desembolso	Receita Bruta	Fluxo Líquido	Fluxo Líquido Acumulado
0	-\$34.920,00	-\$62.186,61	\$0,00	\$0,00	-\$97.106,61	-\$97.106,61
1	-\$698,40	\$0,00	-\$317.825,00	\$1.203.750,00	\$885.226,60	\$788.119,99
2	-\$698,40	\$0,00	-\$317.825,00	\$1.203.750,00	\$885.226,60	\$1.673.346,59
3	-\$698,40	\$0,00	-\$317.825,00	\$1.203.750,00	\$885.226,60	\$2.558.573,19
4	-\$698,40	\$0,00	-\$317.825,00	\$1.203.750,00	\$885.226,60	\$3.443.799,79
5	-\$13.483,32	\$0,00	-\$317.825,00	\$1.203.750,00	\$872.441,68	\$4.316.241,48
6	-\$698,40	\$0,00	-\$317.825,00	\$1.203.750,00	\$885.226,60	\$5.201.468,08
7	-\$698,40	\$0,00	-\$317.825,00	\$1.203.750,00	\$885.226,60	\$6.086.694,68
8	-\$698,40	\$0,00	-\$317.825,00	\$1.203.750,00	\$885.226,60	\$6.971.921,28
9	-\$698,40	\$0,00	-\$317.825,00	\$1.203.750,00	\$885.226,60	\$7.857.147,88
10	693 \$13.483,32	\$0,00	-\$317.825,00	\$1.203.750,00	\$872.441,68	\$8.729.589,56

694

695 **Tabela 10.** Fluxo de caixa de 10 anos considerando o cenário de produção com o
 696 tratamento 25. Valores em R\$.

Ano	Investimento	Capital de Giro	Desembolso	Receita Bruta	Fluxo Líquido	Fluxo Líquido Acumulado
0	-\$34.920,00	-\$62.200,61	\$0,00	\$0,00	-\$97.120,61	-\$97.120,61
1	-\$698,40	\$0,00	-\$349.050,00	\$1.500.000,00	\$1.150.251,60	\$1.053.130,99
2	-\$698,40	\$0,00	-\$349.050,00	\$1.500.000,00	\$1.150.251,60	\$2.203.382,59
3	-\$698,40	\$0,00	-\$349.050,00	\$1.500.000,00	\$1.150.251,60	\$3.353.634,19
4	-\$698,40	\$0,00	-\$349.050,00	\$1.500.000,00	\$1.150.251,60	\$4.503.885,79
5	-\$13.483,32	\$0,00	-\$349.050,00	\$1.500.000,00	\$1.137.466,68	\$5.641.352,48
6	-\$698,40	\$0,00	-\$349.050,00	\$1.500.000,00	\$1.150.251,60	\$6.791.604,08
7	-\$698,40	\$0,00	-\$349.050,00	\$1.500.000,00	\$1.150.251,60	\$7.941.855,68
8	-\$698,40	\$0,00	-\$349.050,00	\$1.500.000,00	\$1.150.251,60	\$9.092.107,28
9	-\$698,40	\$0,00	-\$349.050,00	\$1.500.000,00	\$1.150.251,60	\$10.242.358,88
10	697 \$13.483,32	\$0,00	-\$349.050,00	\$1.500.000,00	\$1.137.466,68	\$11.379.825,56

698 **Tabela 11.** Fluxo de caixa de 10 anos considerando o cenário de produção com o
 699 tratamento 50. Valores em R\$.

Ano	Investimento	Capital de Giro	Desembolso	Receita Bruta	Fluxo Líquido	Fluxo Líquido Acumulado
0	-\$34.920,00	-\$62.186,61	\$0,00	\$0,00	-\$97.106,61	-\$97.106,61
1	-\$698,40	\$0,00	-\$392.300,00	\$1.953.000,00	\$1.560.001,60	\$1.462.894,99
2	-\$698,40	\$0,00	-\$392.300,00	\$1.953.000,00	\$1.560.001,60	\$3.022.896,59
3	-\$698,40	\$0,00	-\$392.300,00	\$1.953.000,00	\$1.560.001,60	\$4.582.898,19
4	-\$698,40	\$0,00	-\$392.300,00	\$1.953.000,00	\$1.560.001,60	\$6.142.899,79
5	-\$13.483,32	\$0,00	-\$392.300,00	\$1.953.000,00	\$1.547.216,68	\$7.690.116,48
6	-\$698,40	\$0,00	-\$392.300,00	\$1.953.000,00	\$1.560.001,60	\$9.250.118,08
7	-\$698,40	\$0,00	-\$392.300,00	\$1.953.000,00	\$1.560.001,60	\$10.810.119,68
8	-\$698,40	\$0,00	-\$392.300,00	\$1.953.000,00	\$1.560.001,60	\$12.370.121,28
9	-\$698,40	\$0,00	-\$392.300,00	\$1.953.000,00	\$1.560.001,60	\$13.930.122,88
10	\$13.483,32	\$0,00	-\$392.300,00	\$1.953.000,00	\$1.547.216,68	\$15.477.339,56

701

702 Dentro dos indicadores financeiros de viabilidade econômica, observou-se
 703 que o Payback se alterou entre os diferentes cenários, tendo o seu maior e menor tempo
 704 de retorno para pagar o investimento como 0,94 e 0,87 ano, respectivamente (Tabela 12).
 705 Todos os indicadores apresentaram os valores crescentes entres os cenários conforme a
 706 introdução das alfases (Tabela 12).

707 Ainda na Tabela 12, o único indicador que foge à regra é o RCP – Retorno do
 708 Capital ao Produtor (%), tendo seu maior valor no tratamento 13, seguido pelo tratamento
 709 25, 50 e por último o RAS.

710 **Tabela 12.** Indicadores financeiros de viabilidade econômica do investimento
 711 considerando um ano de produção de *M. rosenbergii* entre os diferentes tratamentos.

Indicadores	RAS	13	25	50
RBC (%)	2,26	3,17	3,65	4,30
VPL	652.662,13	812.365,28	1.073.717,35	1.477.823,86
TIR (%)	11,81	11,61	14,59	19,14
IL	70,84	84,28	109,57	148,70
Payback	0,87	0,89	0,91	0,94
RCP (%)	2,27	6,77	6,10	5,88
RA	717.146,15	879.105,19	1.144.111,82	1.553.869,77
RCI (%)	1,26	2,17	2,65	3,30

712
 713 *RBC – Relação Benefício Custo Líquido (%); VPL – Valor Presente Líquido (R\$); TIR
 714 – Taxa Interna de Retorno (%); IL – Índice de Lucratividade; Payback – Tempo de
 715 Retorno (ano); RCP – Retorno do Capital ao Produtor (%); RA – Renda Anual (R\$) e
 716 RCI – Retorno do Capital Investido (%).

717

718 DISCUSSÃO

719 Os parâmetros físico-químicos de qualidade de água durante o período
 720 experimental não causaram interferência no crescimento e na sobrevivência dos camarões
 721 e das alfaces. A temperatura é um fator de grande importância para o crescimento e
 722 sobrevivência dos camarões e das alfaces, e as espécies *M. rosenbergii* e *L. sativa* L.
 723 toleram uma ampla faixa de temperatura, que variam entre 20° e 25°C (FARIA;
 724 VALENTI, 1995); e 15° a 24° C (BRUNINI et al., 1976) respectivamente. No presente
 725 estudo a média de temperatura manteve-se aproximadamente em 24° C com poucas
 726 variações, devido aos fatores climáticos.

727 A faixa ideal de pH para o desenvolvimento e saúde da maioria dos animais
 728 de água doce é 6,5 a 9,0 (BOYD; TUCKER, 1998). Sendo recomendado a faixa de 7 a
 729 8,5 como ótima para a produção de *M. rosenbergii* (ZIMMERMANN; NEW, 2007). A
 730 mesma faixa de pH se mostra adequada para a produção de alfaces quando introduzidas
 731 no meio aquapônico (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006). Os valores presentes
 732 nesse estudo se mantiveram em 7 com poucas variações.

733 O oxigênio é importante nos processos de metabolização dos nutrientes tanto
 734 para os camarões, diretamente na água quanto para as plantas nas suas raízes, além de
 735 desempenhar o papel fundamental no processo bacteriano de assimilação de nitrogênio e
 736 na nitrificação. Portanto, é importante atender a demanda necessária de oxigênio das
 737 comunidades microbianas, da biomassa de camarões e da biomassa das plantas. Para
 738 cultivos típicos de camarões recomenda-se que a concentração de oxigênio dissolvido na
 739 água seja sempre acima de 5,0 mg/L (VAN WYK; SCARPA, 1999). Enquanto que para

740 cultivos de alfaces recomenda-se que a concentração de oxigênio dissolvido na água seja
741 acima de 4,0 mg/L (PINHO et al., 2017). Neste estudo os resultados de oxigênio se
742 mantiveram acima dos níveis considerados ideais para este parâmetro.

743 A alcalinidade total é a soma das bases tituláveis contidas na água. Geralmente
744 os animais aquáticos desenvolvem-se muito bem em faixa larga de alcalinidade (BOYD
745 & TUCKER, 1998). A alcalinidade além de estabilizar o pH, aumentar a fertilidade da
746 água e diminuir o potencial tóxico dos metais ((BOYD & TUCKER, 1998), também é
747 consumida pelas bactérias que fazem o processo de nitrificação, chegando a consumirem
748 3,57 g de alcalinidade para cada g de amônia transformada em biomassa microbiana
749 (EBELING, TIMMONS & BISOGNI, 2006), e por tanto, os sistemas com baixa ou
750 nenhuma renovação de água devem ser supridos para se manter a alcalinidade dentro do
751 ideal desejado. Recomenda-se a faixa de 20 a 60 mg/L de CaCO₃ para o cultivo de *M.*
752 *rosenbergii* (NEW, 2002); enquanto que para a produção de alfaces a alcalinidade ótima
753 mínima é de 100 mg/L (RAKOCY, MASSER & LOSORDO, 2006). Neste estudo os
754 resultados de alcalinidade se mantiveram na faixa ideal para os camarões.

755 Em sistemas com baixa ou nenhuma renovação de água as vias de remoção de
756 amônia são beneficiadas pela existência de bactérias nitrificantes para tal remoção,
757 transformando a amônia em nitrito, nitrito em nitrato, sendo a última, a forma menos
758 tóxica do nitrogênio, apenas tóxica em concentrações muito elevadas, e por fim o
759 nitrogênio acaba sendo transformado em biomassa microbiana (EBELING, TIMMONS
760 & BISOGNI, 2006). Em sistemas aquapônicos a remoção de parte da amônia se dá
761 diretamente pelas raízes das plantas que possuem, apesar de geralmente reduzidas,
762 capacidades de absorver esse composto. A maior parte da amônia dissolvida na água
763 necessita ser convertida em nitrato, que é o melhor formato em que o nitrogênio se
764 apresenta para ser consumido pelas plantas em aquaponia (TOKUYAMA et al., 2004).

765 A toxicidade da amônia e do nitrito deve ser levada em consideração no
766 cultivo de camarão, já que esses compostos nitrogenados podem causar danos nos tecidos
767 branquiais e hepatopâncreas, afetando o desenvolvimento e a sobrevivência dos
768 organismos em questão (HENRIQUE, 1992; HU et al., 2015; LIN & CHEN, 2001).
769 Durante este estudo os níveis de nitrogênio amoniacal total (NAT) permaneceram abaixo
770 do nível de segurança (3 mg/L) para *M. rosenbergii*, sendo o maior valor observado de
771 0,8 mg/L (TIMMONS et al., 2002). Os valores de nitrito encontrados neste estudo,
772 ficaram bem abaixo do nível de segurança, tendo o seu maior valor observado de 0,4
773 mg/L, sendo que para a espécie o nível recomendado é inferior a 2 mg/L (NEW, 2002).
774 Os valores de nitrato registrados, ficaram bem abaixo do nível de segurança (180 mg/L)
775 já que sua maior concentração foi de 11 mg/L (WICKINS, 1976). As quantidades de

776 fosfato presentes na água variaram bastante durante o cultivo, quando comparado aos
777 outros compostos nitrogenados.

778 As baixas concentrações de amônia e nitrito indica que os processos de
779 nitrificação ocorreram adequadamente, o que sugere um bom funcionamento biológico
780 do sistema. A baixa concentração de nitrato e fósforo nos tratamentos 50, 25 e 13 sugere
781 que as plantas consumiram esses compostos, tendo um acúmulo dos mesmos no
782 tratamento RAS (LENZ, 2016). Geralmente os níveis de fósforo (P), potássio (K), ferro
783 (Fe), manganês (Mn) e enxofre (S) em sistemas aquapônicos são baixos quando não
784 ocorre a suplementação (BERNARDES, 1997; LENZ, 2016).

785 No presente estudo, o peso final (0,29 g) das pós-larvas foi semelhante aos
786 encontrados em outros experimentos (SILVA, MENDES & VALENÇA, 2008;
787 ZIMMERMANN & SAMPAIO, 1998). Logo, as alfaces não chegaram a interferir na
788 produção final dos camarões.

789 As sobrevivências das pós-larvas ficaram em torno de 81% não apresentando
790 diferenças estatísticas entre os tratamentos e podem ser consideradas elevadas. Esse
791 parâmetro pode ser considerado bom quando superior a 65% (AMARAL & NEVES,
792 1990; SILVA, MENDES & VALENÇA, 2008; ZIMMERMANN & SAMPAIO, 1998).

793 O comprimento das raízes das alfaces diferiu entre os tratamentos, tendo seu
794 maior comprimento para o tratamento 25 em torno 12cm, valores semelhantes a outras
795 aquaponias com alfaces (LIMA et al., 2019b; RAKOCY, MASSER & LOSORDO,
796 2006).

797 Dentre os resultados observados para as alfaces, essas quando produzidas em
798 um sistema de hidroponia convencional, devem atingir um peso de 250 a 300 g em torno
799 de 40 a 45 dias para a obtenção de um bom retorno econômico (BERNARDES, 1997).
800 Em outros estudos de aquaponia com peixes, as alfaces necessitaram de suplementação
801 mineral para o seu desenvolvimento (CORTEZ, 1999; PARKER, D. ANOUT &
802 DICKENSON, 1990). No experimento realizado a alface não atingiu essa faixa ideal para
803 a comercialização, sendo obtido o maior valor médio de 15g. Para uma melhor
804 produtividade talvez fosse necessário a utilização de suplementos.

805 Na análise econômica todos os custos operacionais totais (COT) foram
806 semelhantes no presente estudo, tendo apenas um maior valor no custo operacional
807 efetivo (COE) que influenciou diretamente nos custos totais (CT), já que a conversão
808 alimentar aparente (CAA) utilizada foram as obtidas do experimento e se mostrou mais
809 eficiente nos sistemas em que as alfaces foram introduzidas. Sendo assim, um menor
810 valor de investimento será feito com a ração nos tratamentos com alfaces. Logo, com a
811 obtenção de um maior lucro (Lct) quando comparado ao cultivo tradicional de berçário

812 (RAS), observa-se que com a somatória do lucro obtido da venda do produto principal
813 mais o produto secundário, tendo por consequência uma maior diluição desses gastos.

814 Ainda dentro dos indicadores econômicos do fluxo de caixa, observou-se um
815 crescente aumento na rentabilidade das produções entre os cenários, o que sugere que a
816 produção aquapônica de *M. rosenbergii* e alfaces lisas são rentáveis, já que por mais que
817 a rentabilidade possa ser afetada pelo preço de venda, o preço da ração, os custos efetivos
818 e a liquidez do mercado, ela respondeu positivamente a implementação das alfaces,
819 mostrando que os valores arrecadados da venda dos produtos atua diretamente na receita
820 bruta da produção (AYROZA et al., 2011).

821 O Custo Médio sob o Custo Operacional Total (CMe CT) representa o preço
822 de nivelamento (Pni), isto é, o preço mínimo que é necessário para cobrir o custo total de
823 produção (RIODADES, 2005; SHANG, 1990; VALENTI et al., 2011).

824 Observa-se que o Custo Médio sob o Custo Operacional Efetivo (CMe COE)
825 se aproxima do CMe CT à medida que se implementa alface nos cenários. Isto ocorre
826 porque, no cultivo de *M. rosenbergii*, a implementação de alface exige um aumento nos
827 investimentos. Portanto, quanto menor o valor do CMe COE, melhor será para a produção
828 a longo prazo, já que os valores serão menores para o investimento em equipamentos,
829 terras, instalações, etc.

830 Os valores observados para o Retorno do Investimento Operacional (RIO)
831 representam em percentual o quanto retornará ao produtor daquilo que foi investido, e
832 quando comparamos o cenário 50 se destaca com o percentual de 44,58%.

833 Os fluxos de caixa com horizonte de 10 anos para todos os cenários mostram
834 que há independência por reinvestimentos externos. Em todos os cenários foi observado
835 que seus fluxos líquidos acumulados foram positivos ao final dos 10 anos, e como as
836 simulações demonstraram elevada liquidez, ou seja, um rápido retorno do valor investido,
837 o empresário rural poderia obter crédito tanto para o investimento quanto para as despesas
838 operacionais e rapidamente quitar seu débito.

839 A análise de viabilidade econômica mostrou que quando a estratégia é o
840 cenário de 50, os recursos financeiros foram utilizados com grande eficiência. A Taxa
841 Interna de Retorno (TIR) foi maior no cenário 50. Porém esse indicador mostra uma taxa
842 que deve ser comparada com a taxa de atratividade do mercado. Se a TIR do
843 empreendimento for maior que a taxa de atratividade do mercado, pode ser interessante
844 investir na atividade. No entanto, outros estudos mostraram que para este tipo de
845 empreendimento a TIR não é o melhor indicador, já que para o pequeno produtor rural
846 pouco interessa a especulação que possa ser feita no mercado, e sim, se a renda obtida
847 permite que a sua família tenha uma boa qualidade de vida (PRETO, 2012).

848 Poucos indicadores de viabilidade demonstram ser melhores para outros
849 cenários, porém, tendo em vista que o cenário 50 se destacou dentre eles e que o seu lucro
850 ao final será maior, se sugere que esse, dentro dos parâmetros econômicos, seja o
851 escolhido.

852

853 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

854 Com os resultados encontrados no presente estudo foi possível verificar que,
855 a introdução de alfaces nos filtros biológicos em sistemas de berçários de *Macrobrachium*
856 *rosenbergii* com densidade de 50 alfaces para 2 camarões por litro, pode ser uma opção
857 de segunda renda dentro dessa produção, gerando assim maior lucro ao final da produção.
858 Entretanto, a suplementação de minerais para as plantas deve ser um fator a se acrescentar
859 na produção, focando sempre em aprimorar e evoluir esse pacote tecnológico já existente.

860 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

861

862 ADHIKARI, S. et al. Survival and Growth of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man)
863 Juvenile in Relation to Calcium Hardness and Bicarbonate Alkalinity. **Turkish Journal**
864 **of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 7, p. 23–26, 2007.

865 ADLER, P. R. et al. Economic Analysis of an Aquaponic System for the Integrated
866 Production of Rainbow Trout and Plants. **International Journal of Recirculating**
867 **Aquaculture**, v. 1, n. 1, p. 15–34, 2000.

868 AMARAL, A. M. P.; NEVES, E. M. Análise economica da produção de pós-larvas do
869 camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii*. **Boletim Técnico do Instituto de**
870 **Economia Agrícola**, p. 19, 1990.

871 AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. **Manuel des analyses chimiques en milieu marin**.
872 Brest: CNEXO, 1983.

873 APHA, (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). **Standard methods for**
874 **the examination of water and wastewater**. Washington, DC: [s.n.].

875 AYROZA, L. M. DA S. et al. Custos e rentabilidade da produção de juvenis de tilápia-
876 do-nilo em tanques-rede utilizando-se diferentes densidades de estocagem. **Revista**
877 **Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 231–239, 2011.

878 BENDSCHEIDER, K.; ROBINSON, R. J. New spectrophotometric method for the
879 determination of nitrite in water. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 10, n. 10, p.
880 781–785, 1952.

881 BERNARDES, L. J. L. **Hidroponia alface: uma história de sucesso**. Charqueada:
882 Estação Experimental de Hidroponia “Alface & Cia”, 1997.

883 BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond Aquaculture Water Quality Management**.
884 Norwell: Kluwer Academic Publishers, 1998.

885 BRIGHAM, E. F.; EHRHARDT, M. C. Capítulo 13 - Fundamentos do Orçamento de
886 Capital: Avaliação dos Fluxos de Caixa. In: **Administração Financeira - Teórica e**
887 **Prática**. [s.l: s.n.]. p. 43.

888 BRUNINI, O. et al. Temperatura-base para alface cultivar “white boston”, em um
889 sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, v. 35, n. 1, p. 213–219, 1976.

890 CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. **Análise de Investimento: Matemática**
891 **Financeira, Engenharia Econômica, Tomada de Decisão, Estratégica Empresarial.**
892 10. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

893 CASTELLANI, D.; CAMARGO, A. F. M.; ABIMORAD, E. G. Aquaponia:
894 aproveitamento do efluente do berçário secundário do camarão-da-amazônia
895 (*Macrobrachium amazonicum*) para produção de alface (*Lactuca sativa*) e agrião
896 (*Rorippa nasturtium aquaticum*) hidropônicos. **Bioikos**, v. 23, n. 2, p. 67–75, 2009.

897 CASTILHO-BARROS, L. et al. Economic evaluation of the commercial production
898 between Brazilian samphire and whiteleg shrimp in an aquaponics system.
899 **Aquaculture International**, v. 26, n. 5, p. 1187–1206, 2018.

900 CORSO, M. N. **Uso de sistemas com recirculação em aquicultura.** [s.l.] Instituto de
901 Ciências Agrárias - UFRGS, 2010.

902 CORTEZ, G. E. P. **Cultivo de alface por hidroponia associado à criação de peixes.**
903 [s.l.] Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista,
904 1999.

905 DIVER, S. **Aquaponics: integration of hydroponics with aquaculture.** Disponível
906 em: <<http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/aquaponic.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2021.

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

910 EHRLICH, P. J.; MORAES, E. A. **Engenharia Econômica: Avaliação e Seleção de**
911 **Projetos de Investimento.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

912 EMBRAPA. **Catálogo Brasileiro de Hortaliças As espécies mais comercializadas**
913 **no País** (SEBRAE, Ed.). Brasília: [s.n.].

914 ENGLE, C. R. **Aquaculture Economics and Financing: Management and Analysis.**
915 Iowa: [s.n.]. v. 1

916 FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020.** . 2020.

917 FARIA, R. H. S. DE; VALENTI, W. C. Avaliação do Cultivo de *Macrobrachium*
918 *rosenbergii* (De Man, 1879)(Crustacea, Palaemonidae) em Berçários Operados no

- 919 Inverno. **Biotemas**, v. 8, n. 2, p. 50–62, 1995.
- 920 FERREIRA, R. G. **Engenharia Econômica e Avaliação de Projetos de Investimento:**
921 **Critério de Avaliação: Financiamentos e Benefícios Fiscais: Análise de**
922 **Sensibilidade e Risco**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- 923 GRABER, A.; JUNGE, R. Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater
924 by vegetable production. **Desalination**, v. 246, n. 1–3, p. 147–156, 30 set. 2009.
- 925 HENRIQUE, L. Toxicidade Aguda da Amônia no Processo Produtivo de Pós-Larvas de
926 *Penaeus paulensis* Pérez-Farfante , 1967. v. 64, n. 1981, 1992.
- 927 HU, Z. et al. **Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics**. [s.l.]
928 Elsevier Ltd, 2015. v. 188
- 929 HUNDLEY, G. C. et al. Integration of nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) production
930 *origanum majorana* l. and *ocimum basilicum* L. using aquaponics technology. **Acta**
931 **Scientiarum - Technology**, v. 40, p. 1–7, 2018.
- 932 HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: a Integração Entre Piscicultura e a
933 Hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária ...**, v. 3, n. 2, p. 52–61, 2013.
- 934 HUSSAIN, T. et al. Optimizing Koi Carp, *Cyprinus carpio* var. Koi (Linnaeus, 1758),
935 Stocking Density and Nutrient Recycling With Spinach in an Aquaponic System.
936 **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 45, n. 6, p. 652–661, 2014.
- 937 LENZ, G. L. **Produção de alface (*Lactuca sativa*) em sistema aquapônico com**
938 **tilápias (*Oreochromis niloticus*) em bioflocos e baixa salinidade**. [s.l.] Universidade
939 Federl de Santa Catarina, 2016.
- 940 LIMA, J. DE F. et al. Performance of an aquaponics system using constructed semi-dry
941 wetland with lettuce (*Lactuca sativa* L.) on treating wastewater of culture of amazon
942 river shrimp (*macrobrachium amazonicum*). **Environmental Science and Pollution**
943 **Research**, v. 26, n. 13, p. 13476–13488, 2019a.
- 944 LIMA, J. DE F. et al. Performance of an aquaponics system using constructed semi-dry
945 wetland with lettuce (*Lactuca sativa* L.) on treating wastewater of culture of amazon
946 river shrimp (*macrobrachium amazonicum*). **Environmental Science and Pollution**
947 **Research**, v. 26, n. 13, p. 13476–13488, 2019b.

- 948 LIN, Y.; CHEN, J. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus* *Ö* *annamei* Boone
949 juveniles at different salinity levels. p. 109–119, 2001.
- 950 MORETTI, C. L.; MATTOS, L. M. **Processamento mínimo de alface**
951 **crispa** Comunicado técnico. Brasília: [s.n.].
- 952 NEW, M. B. **Farming freshwater prawns**. Marlow, United Kingdom: [s.n.].
- 953 NEW, M. B. et al. **Freshwater Prawns**. [s.l.: s.n.].
- 954 PARKER, D.; ANOUT, A.; DICKENSON, G. **Experimental results integrated**
955 **fish/plant production system**. [s.l.] University of Arizona, 1990.
- 956 PINHO, S. et al. Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the
957 aquaponics production of different lettuce varieties. **Ecological Engineering**, v. 103, n.
958 April, p. 146–153, 2017.
- 959 PRETO, B. DE L. **Uso de aeradores e substratos no cultivo semi-intensivo do**
960 **camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum*: análise técnica, econômica e**
961 **emissão de gases de efeito estufa**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista - Centro de
962 Aquicultura, 2012.
- 963 RAKOCY, J. E. Aquaponics — Integrating Fish and Plant Culture. In: **Aquaculture**
964 **Production System**. 1. ed. Oxford: Wiley-BlackWell, 2012. p. 357–400.
- 965 RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating Aquaculture Tank
966 Production Systems: Aquaponics - Integrating Fish and Plant Culture. **SRAC -**
967 **Southern Regional Aquaculture Center**, v. 8, n. 3, p. 276–279, 2006.
- 968 RIODADES, P. M. C. M. **CULTIVO DO CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA,**
969 ***Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) (CRUSTACEA, DECAPODA,**
970 **PALAEMONIDAE) EM DIFERENTES DENSIDADES: FATORES**
971 **AMBIENTAIS, BIOLOGIA POPULACIONAL E SUSTENTABILIDADE**
972 **ECONÔMICA**. [s.l.: s.n.].
- 973 SCORVO-FILHO, J. D. O agronegócio da aqüicultura : perspectivas e tendências.
974 **Zootecnia e o Agronegócio**, p. 9, 2004.
- 975 SHANG, Y. C. **Aquaculture Economic Analysis: An Introduction**. Baton Rouge:
976 The World Aquaculture Society, 1990.

- 977 SILVA, S. D.; MENDES, G. N.; VALENÇA, A. R. CULTIVO DE PÓS-LARVAS DE
978 *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) COM OS ALEVINOS DE *Pterophyllum*
979 *scalare* (Heckel, 1840) e *Carassius auratus* (Günther, 1870) EM LABORATÓRIO.
980 **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 3, p. 453–461, 2008.
- 981 TIMMONS, M. B. et al. **Recirculating aquaculture systems**. 2^o ed. New York:
982 Cayuga Aqua Ventures, 2002.
- 983 TOKUYAMA, T. et al. Nitrosomonas communis strain YNSRA, an ammonia-oxidizing
984 bacterium, isolated from the reed rhizoplane in an aquaponics plant. **Journal of**
985 **Bioscience and Bioengineering**, v. 98, n. 4, p. 309–312, 2004.
- 986 TONET, A. et al. Análise microbiológica da água e da alface (*lactuca sativa*) cultivada
987 em sistema aquapônico, hidropônico e em solo. n. August, p. 83–88, 2011.
- 988 UNESCO. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. In: **Manual**
989 **and Guides 12**. Paris, France: Intergovernmental Oceanographic Commission, 1983.
- 990 VALENTI, W. C. A aquicultura brasileira é sustentável? **Palestra apresentada**
991 **durante o IV seminário Internacional de Aquicultura, Maricultura e Pesca,**
992 **Aquafair 2008, Florianópolis, 13-15 de maio de 2008**, v. 11, n. Pillay 1992, p. 1–11,
993 2008.
- 994 VALENTI, W. C. et al. Economic analysis of amazon river prawn farming to the
995 markets for live bait and juveniles in pantanal, brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.
996 37, n. 2, p. 165–176, 2011.
- 997 VAN WYK, P.; SCARPA, J. Water Quality Requirements and Management. In:
998 **Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems**. [s.l: s.n.]. p. 141–
999 161.
- 1000 WICKINS, J. F. The tolerance of warm-water prawns to recirculated water.
1001 **Aquaculture**, v. 9, n. C, p. 19–37, 1976.
- 1002 ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. Thrid Edit ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996.
- 1003 ZIMMERMANN, S.; NEW, M. B. Grow-out Systems - Polyculture and Integrated
1004 Culture. In: **Freshwater Prawn Culture: The Farming of *Macrobrachium***
1005 **Rosenbergii**. [s.l: s.n.]. p. 187–202.

- 1006 ZIMMERMANN, S.; SAMPAIO, C. M. S. SISTEMAS DE BERÇÁRIO:
1007 CARACTERIZAÇÃO E MANEJO. In: VALENTI, W. C. (Ed.). . **Carcinicultura de**
1008 **água doce: tecnologia para a produção de camarões.** São Paulo: [s.n.].
- 1009 ZITO, R. K. et al. Fontes de nutrientes, relações nitrato:amônio e molibdênio em
1010 alfaces (*Lactuca sativa* L.) produzida em meio hidropônico. **Revista Ceres**, p. 419–430,
1011 1994.
- 1012