

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**Caracterização morfológica do intestino de alevinos de tilápia-do-Nilo
(*Oreochromis niloticus*) em tecnologia de bioflocos**

Heloise Nantes Romero Leal

**CAMPO GRANDE – MS
MATO GROSSO DO SUL
2024**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO INTESTINO DE ALEVINOS DE
TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) EM TECNOLOGIA DE
BIOFLOCOS**

**MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE INTESTINE OF NILE
TILAPIA FRYINGS (*Oreochromis niloticus*) IN BIOFLOCK TECHNOLOGY**

Heloise Nantes Romero Leal

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eurico dos Santos Fernandes

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de
Mato Grosso do Sul, como
requisito à obtenção do título
de Mestre em Ciência
Animal.

Área de concentração:
Produção Animal

CAMPO GRANDE – MS

MATO GROSSO DO SUL

2024



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



RESOLUÇÃO Nº 583-CPOS-CIA/FAMEZ/UFMS, DE 02 DE JULHO DE 2024.

O PRESIDENTE DO COLEGIADO DE CURSO DOS CURSOS DE MESTRADO E DOUTORADO EM CIÊNCIA ANIMAL da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, no uso de suas atribuições legais, resolve ad referendum:

Manifestar-se favoravelmente pela composição da banca de Exame de Defesa de Dissertação de autoria da mestranda Heloise Nantes Romero Leal com trabalho intitulado "CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO INTESTINO DE ALEVINOS DE TILÁPIA-DO-NILO EM SISTEMA DE BIOFLOCOS.", a ser realizada em 31-07-2024, as 14hs na Sala F da Pós-graduação.

Dr. Carlos Eurico dos Santos Fernandes - UFMS - Presidente

Dr. Jayme Aparecido Povh - UFMS

Dra. Susana Amaral Teixeira Manso - UFMS

Dr. Ruy Alberto Caetano Correa Filho - UFMS - Suplente

Dra. Cristiane Fátima Meldau de Campos Amaral - UEMS - Suplente

GELSON DOS SANTOS DIFANTE

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Gelson dos Santos Difante, Coordenador(a) de Curso de Pós-graduação**, em 02/07/2024, às 11:41, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4930565** e o código CRC **86C567E1**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS



RESUMO

LEAL, H. N. R. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO INTESTINO DE ALEVINOS DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) EM TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2024.

A tecnologia de bioflocos (BFT) é alternativa para suprir a demanda produtiva da aquicultura. Esse sistema tem sido utilizado no cultivo de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) com resultados benéficos de produção e de qualidade de água. Objetivou-se identificar a diferença da morfologia intestinal de tilápia-do-Nilo quando mantidos em BFT e troca parcial da água (TPA). Foram utilizados seis aquários com volume útil de 26 L, sendo três aquários para o sistema de produção em BFT e três aquários para o sistema com troca parcial da água. Cada aquário consistiu em uma unidade experimental, com n=13 peixes. Antes do início do experimento foram amostradas 20 pós-larvas de peixes para aferição da média de peso ($0,18 \pm 0,08$ g) e comprimento padrão ($1,65 \pm 0,21$ cm). Durante o período experimental (60 dias), a cada 10 dias, foram realizadas biometrias e a coleta intestinal (realizou-se de 20-60 dias) e, posteriormente, realizou-se o processo das técnicas histológicas intestinais; avaliados o diâmetro, largura e altura das vilosidades, espessura da camada da mucosa e muscular; área para mensuração dos enterócitos. O comprimento intestinal foi maior ($P < 0,05$) em BFT. Esse sistema de produção também proporcionou um aumento ($P < 0,05$) na superfície absorptiva, resultando em maior diâmetro e espessura da camada da mucosa; vilosidades de maior largura e maior densidade de enterócitos. Em geral, a BFT apresentou resultados satisfatórios até o período 40 dias, e a TPA a partir de 50 dias. Demonstrando que a BFT aumentou a morfologia do intestino em alevinos de tilápia-do-Nilo, podendo ser uma alternativa para melhorar o crescimento e rendimento alimentar nessas fases.

Palavra-chave: aquicultura; morfologia intestinal; tilápia-do-Nilo; sistemas aquícolas; sistemas sustentáveis.

ABSTRACT

LEAL, H. N. R. MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE INTESTINE OF NILE TILAPIA FRYINGS (*Oreochromis niloticus*) IN BIOFLOCK TECHNOLOGY. 2024. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2024.

Biofloc technology (BFT) is an alternative to meet the production demand of aquaculture. This system has been used in the cultivation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with beneficial results in production and water quality. The objective of this study was to identify the difference in the intestinal morphology of Nile tilapia when kept in BFT and partial water exchange (TPA). Six aquariums with a useful volume of 26 L were used, three aquariums for the BFT production system and three aquariums for the system with partial water exchange. Each aquarium consisted of an experimental unit, with $n = 13$ fish. Before the beginning of the experiment, 20 post-larvae of fish were sampled to measure the average weight (0.18 ± 0.08 g) and standard length (1.65 ± 0.21 cm). During the experimental period (60 days), every 10 days, biometrics and intestinal collection were performed (performed from 20 to 60 days) and, subsequently, the intestinal histological techniques were performed; the diameter, width and height of the villi, thickness of the mucosal and muscular layers were evaluated; area for measurement of enterocytes. The intestinal length was greater ($P < 0.05$) in BFT. This production system also provided an increase ($P < 0.05$) in the absorptive surface, resulting in greater diameter and thickness of the mucosal layer; wider villi and greater density of enterocytes. In general, BFT presented satisfactory results up to the 40-day period, and TPA from 50 days onwards. Demonstrating that BFT increased the morphology of the intestine in Nile tilapia fingerlings, and may be an alternative to improve growth and feed yield in these phases.

Keywords: aquaculture; intestinal morphology; Nile tilapia; aquaculture systems; sustainable systems.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Representação dos principais grupos de espécies cultivadas distribuídas no Brasil segundo VALENTI et al., (2021). 8
- Figura 2. Produção de peixes no Brasil por espécie no ano de 2022 (IBGE 2023) 9
- Figura 3. Imagem do intestino de alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). A, região anterior; B, região média e C, região posterior. Barra = 1 cm. 12
- Figura 4. Imagem de bioflocos expandida com destaque em rotíferos (FÓES et al., 2012). 14
- Figura 5. Secções histológicas do intestino de alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) produzidas em sistema de tecnologia em bioflocos (BFT). Imagem (a) – As retas indicam as medidas lineares do primeiro diâmetro (D1) e do segundo (D2); Imagem (b) – Corte transversal do intestino, as linhas indicam as medidas lineares da altura da vilosidade (AL. V) e largura da vilosidade (LV); espessura da camada muscular (EM 1) e espessura da camada da mucosa (EM 2). Imagem (c) – indica a área da vilosidade (AV), as setas indicam as células enterócitos presentes no intestino. Barra = 200 µm. 39
- Figura 6. Médias e respectivos desvios padrões para as variáveis de qualidade da água durante 60 dias na fase de alevinos de tilápia-do-Nilo em água clara (cinza) e tecnologia em bioflocos (BFT) (vermelho). (*) indicam diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos. 40
- Figura 7. Valores médios de medidas morfométricas e densidade celular em alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) tratadas com bioflocos (BFT) e água clara. Asteriscos (*) indicam diferenças significativa ($P < 0,05$) entre grupos no mesmo período. 41
- Figura 8. Valores médios e desvio padrão do quociente intestinal (comprimento intestinal, cm / comprimento corporal padrão, cm) de alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidas ao tratamento da tecnologia de bioflocos (barras em vermelho) e água clara (barras em cinza), no período de 60 dias. * $P < 0,05$ 42

SUMÁRIO

1.1	AQUICULTURA EM GERAL	7
1.2	TILÁPIA-DO-NILO.....	9
1.3	HÁBITO ALIMENTAR	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1.4	ANATOMIA E MORFOLOGIA INTESTINAL DOS PEIXES	10
1.5	TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS	12
1.6	INFLUÊNCIA DO BIOFLOCOS NA PRODUÇÃO DE PEIXES.....	16
	REFERÊNCIAS	20
1.	INTRODUÇÃO.....	33
1.	METODOLOGIA	34
1.1.	LOCAL E PROCEDIMENTO DE ÉTICA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	34
2.2.1	OBTENÇÃO E ACLIMATAÇÃO DOS ESPÉCIMES	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.2.2	PERÍODO EXPERIMENTAL	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.2.3	SISTEMA DE TECNOLOGIA EM BIOFLOCOS (BFT).....	35
2.2.4	ALIMENTAÇÃO.....	36
2.3	VARIÁVEIS AVALIADAS	36
2.3.1	QUALIDADE DA ÁGUA.....	36
2.3.2	DESEMPENHO PRODUTIVO	37
2.3.3	MORFOLOGIA INTESTINAL	37
2.3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	39
2.	RESULTADO	39
	QUALIDADE DA ÁGUA.....	39
	ANÁLISE BIOMÉTRICA	40
	ANÁLISE MORFOMÉTRICA	42
	DENSIDADE CELULAR.....	42
3.	DISCUSSÃO.....	43
	QUALIDADE DA ÁGUA.....	43
	COMPOSTOS NITROGENADOS.....	43
	ANÁLISE BIOMÉTRICA	44
	ANÁLISES MORFOMÉTRICAS E DA DENSIDADE CELULAR.....	46
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
5.	AGRADECIMENTOS	49
6.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	49

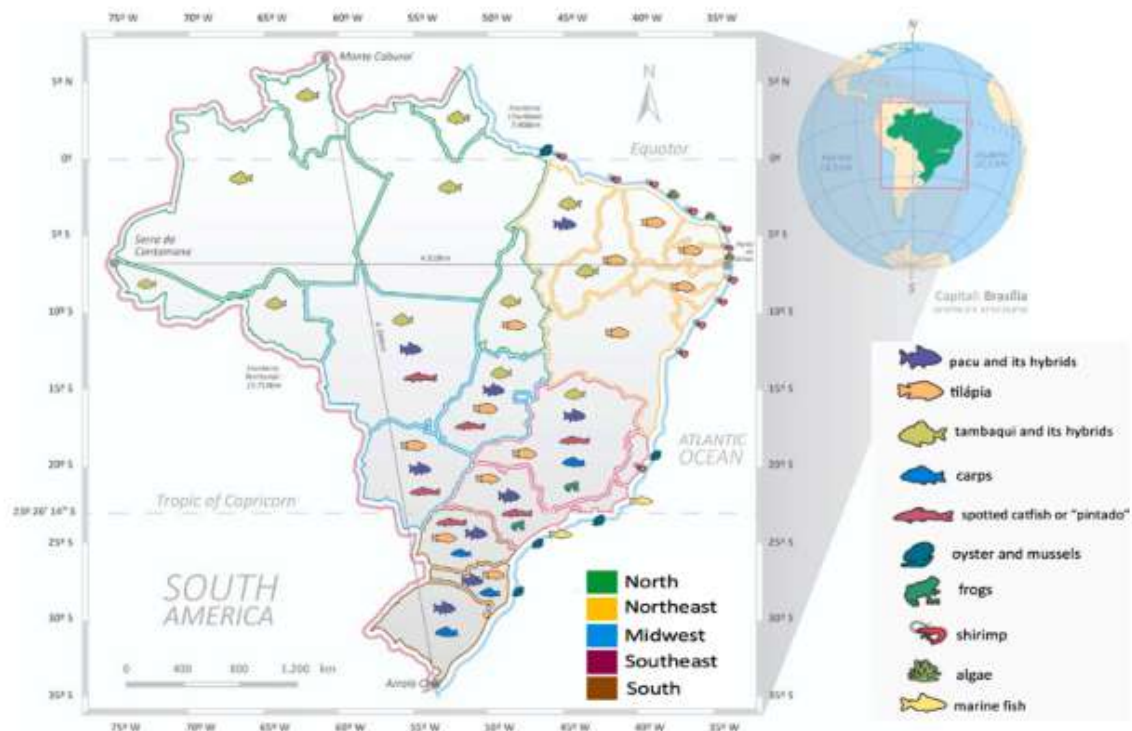
1 1.1 Aquicultura em Geral

2

3 A aquicultura tem sido uma importante fonte proteica para o consumo humano. O
4 aumento do consumo de organismos aquáticos é devido ao desenvolvimento da produção
5 aquícola, apresentando incremento de 6% na década de 60 para 50% em 2010, e 56% em
6 2020, em contrapartida, desde o final da década de 90 a pesca extrativista permanece
7 estagnada (FAO, 2024).

8 Entre os países potenciais na produção aquícola, o Brasil tem se destacado pela
9 disponibilidade hídrica, clima favorável, disponibilidade para produção de insumos
10 alimentícios e a presença de organismos aquáticos de interesse produtivo (PEIXEBR,
11 2024). Todavia, a aquicultura nacional possui o número menor de produção, quando
12 comparado com os maiores produtores mundiais, como a China, por ser um dos países
13 que lideram a produção de espécies de carpas e tilápia-do-Nilo (FAO, 2024).

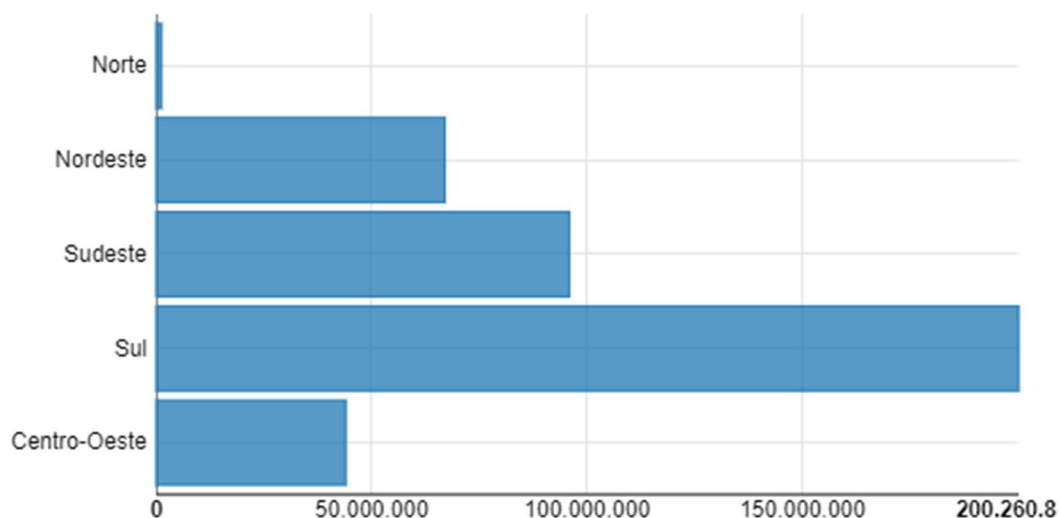
14 No Brasil, há mais de 60 espécies de organismos aquáticos comestíveis, enquanto
15 as espécies ornamentais são por volta de 250; entre eles são cultivados os invertebrados
16 e as plantas aquáticas (Valenti et al., 2021). No entanto, de acordo com Valenti et al.
17 (2021) do ponto de vista comercial, cinco grupos principais se destacam: peixes de água
18 doce (que incluem diversas espécies), camarão de água doce (*Macrobrachium*
19 *rosenbergii*), rã (*Lithobates catesbeianus*), camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) e
20 moluscos bivalves marinhos, como ostras e mexilhão (*Mytilus edulis*). Em todos os
21 estados brasileiros o grupo que mais se cultiva são os peixes de água doce, uma dessas
22 espécies destaca-se o cultivo de tilápia, conforme a Fig. 1, (Valenti et al., 2021 & Peixebr,
23 2024).



24

25 Figura 1. Representação dos principais grupos de espécies cultivadas distribuídas no
 26 Brasil segundo Valenti et al., (2021).

27 Na América do Sul, o país em que mais se produz peixes de águas interiores é o
 28 Brasil (FAO, 2024). Em 2023 o Brasil produziu 887.029 mil toneladas de peixes de
 29 cultivo (Peixebr, 2024). O anuário da Peixebr (2024), evidenciou que a produção de
 30 pescados no Brasil concentra-se nos Estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Santa
 31 Catarina, tendo a tilápia-do-Nilo como destaque. Na produção nacional de tilápia a região
 32 sul lidera com 200. 260 t, e a região do Centro-Oeste está em 4º participando com 43.
 33 983 t (Figura 2) (IBGE, 2023).



Fonte: IBGE - Pesquisa da Pecuária Municipal

34

Figura 2. Produção de tilápia no Brasil por região em 2022 (IBGE 2023)

35 1.2 Tilápia-do-Nilo

36

37 A tilápia-do-Nilo é um ciclídeo de água doce, um peixe exótico proveniente da
 38 bacia do rio Nilo no leste Africano (FAO, 2024). Seu cultivo originou-se por volta de
 39 quatro mil anos de cultivo antes das carpas serem introduzidas na China (Balarin e Hatton,
 40 1979). A tilápia-do-Nilo foi introduzida ao Brasil no ano de 1971, sendo a espécie de
 41 maior cultivo no país (Lovshin e Cyrino, 1998), por ser uma espécie resistente e com bom
 42 desempenho zootécnico (Carvalho, 2006). Existem diversas espécies de tilápia, as que
 43 mais se destacam economicamente na produção são a *Tilapia rendalli*, *Tilapia zilli*,
 44 *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus* e *Oreochromis*
 45 *urolepis hornorum* (Stickney, 1997).

46 Caracterizada pela facilidade da reprodução em cultivo, e na obtenção de alevinos,
 47 em virtude da manipulação hormonal do sexo para obtenção de machos (Ayroza et al.,
 48 2006), possui a capacidade de aceitar rações artificiais desde o estágio larval
 49 (Zimmermann e Fitzsimmons, 2004), rápido desenvolvimento (Azim e Little et al., 2008),
 50 bem como sua resistência às variações de temperatura (El-Ayed, 2006), ótima adaptação
 51 nos cultivos em tanque-rede, viveiros escavados, *raceways* e tanques elevados (Meurer
 52 et al., 2002) e a disponibilidade de espécies a serem produzidas (Ribeiro et al., 2016). Por

53 possuir ausência de espinha intramusculares em “Y”, sua carne faz-se visada
54 comercialmente (Sousa et al., 2017).

55 Outras características em que a tilápia possui, é o hábito alimentar herbívoro e boa
56 aceitação de ração comercial, apresenta rastros branquiais longos e finos, que permitem
57 a apreensão e filtração das partículas alimentares (Yancey e Menezes, 1983). Diferente
58 das espécies carnívoras que não possuem rastros branquiais, e, contudo, não apresentam
59 a capacidade de filtrar os microrganismos existentes na água (Fitzsimmons, 2000).
60 Apresentando hábito alimentar herbívoro, com boa aceitação de ração comercial (Yancey
61 e Menezes, 1983).

62

63 **1.3 Anatomia e Morfologia intestinal dos peixes**

64

65 Os peixes apresentam grande variedade de hábitos e comportamento alimentar,
66 com alteração estrutural no aparelho digestório, organizado em estruturas com cavidade
67 buco-faringiana, tubo digestivo formado em geral pelo esôfago, estômago e intestino, e
68 as glândulas anexas, fígado e pâncreas (Romer e Parsons, 1985). A morfologia do sistema
69 digestório dos peixes progrediu-se a fim de que a ingestão, digestão e assimilação dos
70 nutrientes se adequasse para cada hábito alimentar (Teshahun e Alebachew, 2023). O
71 hábito alimentar animal varia conforme a posição da boca, o alimento ingerido e o modo
72 em que o alimento é selecionado e capturado (Corrêa e Smith, 2019).

73 De modo geral, os estudos indicam que as alterações morfológicas se alteram
74 conforme as necessidades ambientais (Santos et al., 2011). O conhecimento da
75 morfologia intestinal faz-se importante devido a variabilidade do hábito alimentar dos
76 peixes (Hidalgo e Alliot, 1987). O aparelho digestivo da tilápia-do-Nilo é um tubo que
77 inicia na boca e finaliza no ânus, onde são processados os alimentos após a ingestão. Em
78 geral o intestino, é separado em regiões, são elas, intestino cefálico (bucofaringe),
79 intestino anterior (esôfago e estômago), intestino médio (intestino propriamente dito) e
80 intestino posterior (reto e ânus) (Rotta, 2003). O intestino é evidenciado pelas suas
81 funções principais ligadas à digestão e absorção dos nutrientes presentes nos alimentos
82 ingeridos (Becker, 2010) (Figura 3).

83 O intestino anterior atua na absorção da gordura, possui seu epitélio formado por
84 células prismáticas altas, ou células caliciformes (Bertin, 1958). Há uma quantidade
85 maior de células na mucosa do intestino proximal, pois possuem a função de proteger a

86 superfície dos enterócitos contra o conteúdo proveniente do estômago (Lundstedt et al.,
87 2004). Já o intestino médio, é responsável pela absorção de macromoléculas proteicas,
88 apresenta um número maior de células caliciformes em comparação com o intestino
89 anterior. Também possui uma alta concentração de vesículas pinocíticas em sua região
90 supra nuclear, contendo proteínas marcadoras de pinocitose no citoplasma dos enterócitos
91 (Rombout et al., 1985). A última parte do intestino é chamada de posterior, esta região
92 intestinal tem como função absorptiva da água e eletrólitos, apresentando um epitélio com
93 maior número de células caliciformes (Mello, 2013).

94 A morfologia gastrointestinal está relacionada aos hábitos alimentares, como a
95 composição da dieta, oferta do alimento, bem como o tamanho, tipo alimentar e a espécie
96 (Khojasteh et al., 2009 e Bellinate, 2023). O intestino está dentre os órgãos mais
97 importantes, devido à sua capacidade de processamento e absorção dos alimentos
98 ingeridos, em tilápia-do-Nilo o tamanho do intestino é de aproximadamente de 3 a 5
99 vezes o comprimento do corpo; portanto, a análise histológica do sistema digestivo, em
100 especial o intestino é de suma importância (Chowdhary et al., 2013; Yadav et al., 2014).
101 As características histológicas da cavidade intestinal dos peixes variam de acordo com os
102 fatores abióticos e bióticos (Khojasteh, 2012).

103 A estrutura histológica da parede intestinal da tilápia-do-Nilo é composta por
104 quatro camadas, são elas, a mucosa externa, mucosa interna, submucosa e muscular
105 (Gentem et al., 2009). A mucosa constitui-se em um mono camada de células epiteliais
106 cilíndricas; os enterócitos e a submucosa, são formados por camadas de tecido conjuntivo
107 de sustentação e por músculo liso, alocada longitudinalmente (Wilson e Castro, 2011;
108 Jiao et al., 2023). A mucosa possui uma grande diversidade de células dendríticas
109 (possuidoras dos antígenos), agregados de linfóides e os macrófagos que circulam entre
110 os enterócitos (Gentem et al., 2009). O epitélio da mucosa intestinal é constituído por
111 enterócitos, que formam uma monocamada de células colunares com alta quantidade de
112 microvilosidades, células caliciformes e células endócrinas (Rombout et al., 1985).

113 As células caliciformes estão localizadas entre os enterócitos, atuam na secreção
114 do muco e nas enzimas digestivas. O muco é composto por glicoproteínas hidrofílicas,
115 com a função de proteger e lubrificar o revestimento intestinal (Rombout et al., 1985).
116 Quando o muco é secretado, dificulta-se a aderência de microrganismos patógenos, e age
117 como bactericida por conter lisozima, melhorando a saúde animal (Noga, 1995). As
118 células caliciformes aumentam significativamente quando ocorre a entrada de infecções
119 bacterianas, parasitas, produtos químicos, dentre outros (Schwarz et al., 2011).

120 No comprimento intestinal existem as vilosidades intestinais, estas são
121 importantes para que ocorra o aumento da área de contato e favorecem a absorção dos
122 nutrientes, são compostas pelo epitélio e lâmina própria que aumentam significativamente
123 a área de superfície intestinal (Gentem et al., 2009; Cyrino et al., 2010). O estudo da
124 mucosa intestinal dos peixes é necessário, para o fornecimento de informações nos
125 estudos de nutrição, pois as vilosidades intestinais nos animais estão relacionadas com a
126 capacidade absorptiva dos nutrientes (Cechim, 2013). As células epiteliais são compostas
127 pelos enterócitos, células caliciformes e células endócrinas, está correlacionado. Seu
128 aumento corresponde ao aumento da altura e na densidade das vilosidades, que alteram o
129 desempenho e a saúde dos peixes (Mello et al., 2013).

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

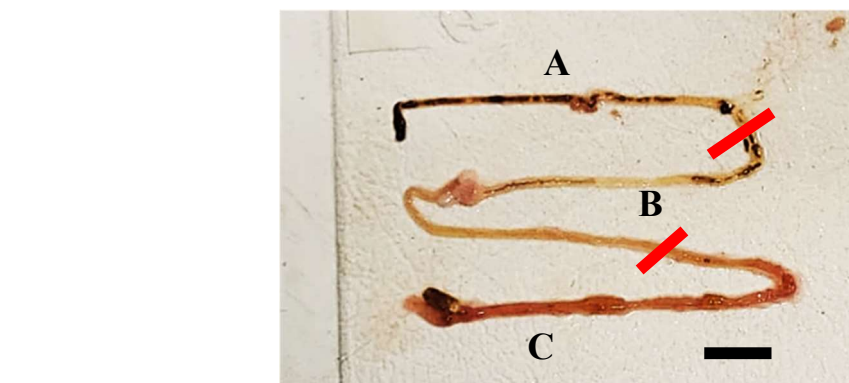
144

145

146

147

148



149 Figura 3. Imagem do intestino de alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). A,
144 região anterior; B, região média e C, região posterior. Barra = 1 cm.

147 1.4 Tecnologia De Bioflocos

148

149

150

151

152

153

Novas tecnologias foram essenciais nos últimos anos para o rápido crescimento produtivo (Yue e Shen, 2022). Bem como, sistemas de produção em que seja possível melhorar a capacidade absorptiva intestinal dos peixes através das comunidades microbianas, nesta se adequam a tecnologia de bioflocos.

154 A tecnologia de bioflocos ou “BFT” (sigla em inglês para *Biofloc Technology*) foi
155 desenvolvida por volta da década de 70, pelo Ifremer – COP: *Instituto Francês de*
156 *Investigação para a Exploração do Mar, Centro Oceanográfico do Pacífico*. Utilizada a
157 fim de melhorar a produção de organismos aquáticos, reduzir o consumo da água e,
158 consequentemente diminuir o descarte da água inadequada em efluentes (Emerenciano et
159 al., 2013).

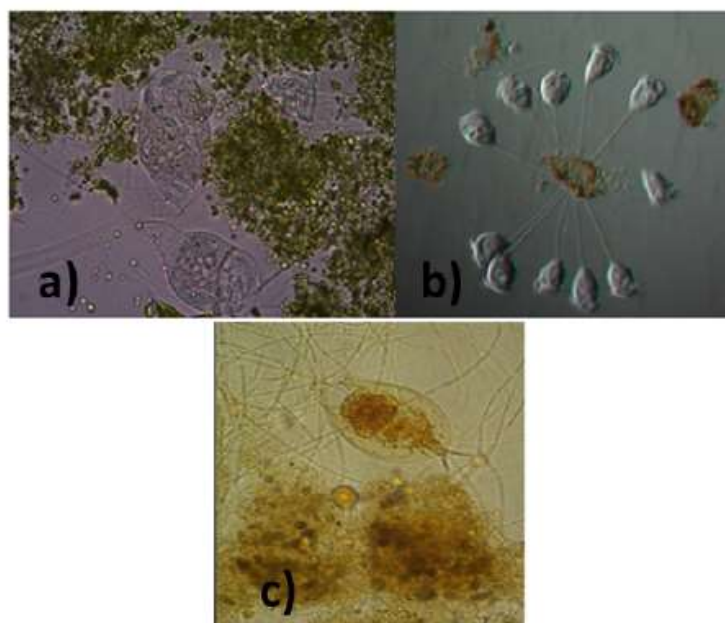
160 A BFT tem sido utilizada em sistemas de aquicultura, caracterizada pela troca
161 mínima ou nula da água, criando um ambiente favorável para o desenvolvimento de
162 determinadas comunidades microbianas *in situ*, que formam aglomerados ou flocos
163 microbianos ao manipular a relação entre carbono e nitrogênio no sistema; Os flocos
164 possuem a capacidade de consumir resíduos orgânicos presentes no meio, como
165 excrementos e resíduos alimentares dos animais cultivados no sistema; A abordagem
166 sustentável permite a elevada produção de peixes em áreas pequenas (Avnimelech, 2007;
167 Emerenciano et al., 2017; Mugwanya et al., 2021).

168 Os flocos microbianos presentes no sistema são formados por partículas suspensas
169 na água, compostas por microalgas e bactérias que se agregam a resíduos de ração, fezes
170 e microrganismos vivos e mortos. Por meio dos compostos inorgânicos as bactérias
171 heterotróficas e quimioautotróficas, utilizam a oxidação desses resíduos como fonte de
172 energia, produzindo o próprio alimento através de quimiossíntese, no consumo da amônia
173 como fonte de nitrogênio (N), resultando na diminuição dos níveis de nitrogênio
174 amoniacal total para níveis não tóxicos (Mugwanya et al., 2021). As bactérias *nitrobacter*
175 e *nitrossomonas* pertencem ao grupo de bactérias nitrificantes encontradas na BFT, estas
176 convertem o nitrogênio (NH₄) em nitrito (NO₂), e de nitrito à nitrato (NO₃), melhorando
177 a qualidade da água. O sistema de tecnologia em bioflocos possui bactérias que se
178 desenvolvem e multiplicam, formando a proteína microbiana, demandando altas
179 concentrações de oxigênio dissolvido e uma fonte extra de carbono no meio (Azim e
180 Little, 2008; Crab et al., 2012).

181 As bactérias heterotróficas são organismos fundamentais para a formação,
182 maturação e manutenção dos bioflocos, pois essas têm a capacidade de transformar os
183 resíduos de nitrogênio produzidos em biomassa bacteriana e na reciclagem de nutrientes
184 (De Schryver et al., 2008). Portanto mantêm-se uma boa qualidade da água, reduzindo a
185 necessidade de renovação frequente e atua com a disponibilidade alimentícia para as

186 espécies cultivadas por ser altamente proteico (Avnimelech, 2009; Emerenciano et al.,
187 2017; Oliveira et al., 2022). Determinadas bactérias heterotróficas possuem a influência
188 no desempenho produtivo animal, devido a capacidade de melhorar a assimilação dos
189 nutrientes presentes na alimentação através das enzimas digestivas (Ferreira et al., 2015
190 & Hai, 2015).

191 Os microrganismos presentes no bioflocos realizam a ciclagem do nitrogênio
192 inorgânico, que em altas concentrações são tóxicos para os animais cultivados. São
193 constituídos por um conjunto de bactérias, fungos, microalgas, zooplâncton, bem como
194 colóides, polímeros orgânicos, cátions e matéria orgânica (De Schryver et al., 2014). Os
195 flocos microbianos apresentam características de formato irregular, variedade no
196 tamanho, alta porosidade e permeabilidade aos fluidos (Chu e Lee, 2004; Crab et al.,
197 2012), conforme Figura 2.



198

Figura 4. Imagem de bioflocos expandida com destaque em: a) microalga e *Vorticella sp.*;
b) *Vorticella* aderido ao floco; c) rotífero do gênero *Lecane* e espécies de *Cyanobactérias*
(Bacerril – Cortés et al., 2017).

199 A ciclagem do nitrogênio orgânico realizada pelos microrganismos, proporciona
200 um baixo nível de renovação de água. De acordo com Martínez-Córdova et al. (2014),
201 em peixes de produção em sistema de BFT, o consumo de água é menor que 200 L de
202 água/kg peixe produzido, ao contrário de viveiros convencionais, utilizam cerca 200.000
203 L/kg. Deste modo, os restos de ração, matéria orgânica e N inorgânico, são reciclados por

204 microrganismos presentes no sistema, devido ao baixo nível de renovação da água. Os
205 flocos suspensos na água são consumidos pelos animais, todavia, servem como fontes
206 extra de nutrientes (De Schryver et al. 2008).

207 Por meio da aeração constante em toda coluna d'água, ocorre a formação de
208 agregados microbianos. Através da relação carbono-nitrogênio (12-20:1), os nutrientes
209 presentes na água naturalmente irão formar a comunidade microbiana heterotrófica. De
210 acordo com Emerenciano et al. (2017) os microrganismos possuem três principais
211 funções: i) manutenção da qualidade da água, mediante a absorção dos compostos
212 nitrogenados, produzindo proteína microbiana *in situ*; ii) nutrição, aumento da cultura na
213 redução da taxa de conversão alimentar, em consequência a diminuição dos custos com a
214 alimentação; iii) disputa contra patógenos.

215 A atividade das bactérias contidas nos flocos microbianos é estimulada pelo
216 aumento da relação C:N (carbono: nitrogênio) em níveis ideais, para o controle da
217 qualidade da água (Wei et al., 2020). A adição de fontes de carbono externas, como o
218 melão, permite um aumento no desenvolvimento bacteriano heterotrófico, pois são
219 formados por carbonos orgânicos. Assim, consomem e convertem o nitrogênio excretado
220 pelos peixes, resultando na formação da biomassa microbiana (Thompson et al., 2002;
221 Avnimelech, 2009; Hargreaves, 2013). É de suma importância a realização da
222 manutenção da relação C:N. Recomenda-se uma relação C/N com alta quantidade de
223 ração cerca de 10 – 20 para o sistema de BFT (Avnimelech, 1999; Hargreaves, 2006;
224 Asaduzaman et al., 2008; Ballester et al., 2010).

225 Em função da adição de carbono no sistema (seja, melão, dextrose, farelo, dentre
226 outros), combinado com seu consumo pelas bactérias, ocorre um rápido desenvolvimento
227 no meio pois as bactérias heterotróficas geram biomassa em quantidade elevada,
228 aumentando a quantidade de sólidos, com alto consumo de O₂ e produção de CO₂,
229 favorecendo a acidez do meio (Fóes et al., 2012 & Emerenciano et al., 2017). De acordo
230 com Azim & Little (2008), sistemas de BFT que utilizam somente de bactérias
231 heterotróficas, apresentam alterações na capacidade absorptiva de N, gerando picos no
232 aumento de amônia.

233 No cultivo de tilápia em BFT, além das bactérias heterotróficas e autotróficas, os
234 organismos planctônicos (fito e zooplâncton), são encontrados também os protozoários e
235 rotíferos, que auxiliam a ciclagem dos nutrientes (Martínez-Córdova et al., 2014). A

236 composição e quantidade das bactérias são influenciadas pelas condições ambientais
237 presentes nos flocos (Kim et al., 2019). Os fatores que influenciam essas condições são
238 as espécies em cultivo, tipo da água, nutrientes, proporção carbono-nitrogênio e o total
239 de sólidos suspensos (Crab et al., 2012 & Schweitzer et al., 2013). Assim, os nutrientes
240 da relação C:N atuam em um importante papel no desenvolvimento das bactérias
241 suspensas e presas em substratos (Yu et al., 2023).

242 **1.5 Influência do bioflocos na produção de peixes**

243

244 O bem-estar dos organismos aquático está relacionado com a qualidade do meio
245 (Hura et al., 2018). Em sistemas de aquicultura a utilização do bioflocos apresentam
246 resultados promissores em peixes de água doce, pois há um aumento significativo no
247 desempenho zootécnico (Azim e Little, 2008; Xu e Pan, 2012; Luo et al., 2014). A
248 tecnologia de bioflocos melhora o desempenho produtivo da tilápia em bioflocos quando
249 comparado com sistemas de recirculação de água (RAS), resultando na diminuição da
250 conversão alimentar aparente e a eficácia proteica dos peixes; assim, a produção com
251 bioflocos demonstra que a conversão alimentar aparente é menor, com um maior peso em
252 peixes cultivados em sistema de bioflocos devido ao meio que possuem um equilíbrio de
253 nutrientes e à presença de bactérias probióticas auxiliadoras da digestão dos alimentos
254 dos peixes (Hisano, 2021).

255 Um outro estudo comparando a BFT e sistemas de recirculação com larvicultura
256 de tilápia, avaliou-se o desempenho e a robustez, identificou-se uma elevada taxa de
257 sobrevivência em larvas cultivadas em bioflocos, bem como a uniformidade no
258 desempenho do crescimento (Ogello et al., 2021). A BFT é considerada mais viável se
259 comparado a outros sistemas tradicionais de aquicultura, uma vez que ocorre a melhoria
260 no desempenho de crescimento (crescimento, taxa de crescimento específico e taxa de
261 sobrevivência) dos organismos cultivados (Ogello et al., 2021).

262 Day et al., (2016) avaliaram três espécies de tilápia (*O. mossambicus*, *O.*
263 *andersonii* e *O. niloticus*) tratadas com bioflocos, e quando comparada as demais espécies
264 a tilápia do Nilo se sobressaiu na conversão alimentar e ganho de peso superior, de 0,693
265 g/dia, comparado à 0,405 e 0,185 g/dia de *O. mossambicus* e *O. andersonii*,
266 respectivamente. Portanto, o ganho de peso é maior em peixes tratados com bioflocos, o
267 que coincide com o consumo *in situ* dos flocos (Mirzakhania et al., 2019).

268 O bioflocos é uma abordagem deliberada no sistema de aquicultura, os
269 microrganismos atuam no crescimento dos peixes, convertendo os resíduos em alimento
270 proteico (Mansour & Esteban, 2017). Portanto o consumo de BFT *in situ* melhora o
271 desempenho zootécnico dos peixes, coincidindo com a mudança das características
272 morfológicas do intestino como, o aumento do comprimento e diâmetro das vilosidades
273 pós-larvas de tilápia-do-Nilo sob o sistema de BFT (Mirzakhania et al., 2019) e Gao et
274 al. (2014) com juvenis de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*).

275 O comprimento do tubo digestório é importante nos aspectos digestivos e a
276 absorção alimentícia. A anatomia do sistema digestivo dos peixes está diretamente
277 relacionada com o tipo do alimento, ambiente em que vivem, a saúde nutricional e o
278 estágio de crescimento, assim, é necessário entender a ação dos flocos microbianos no
279 modo absorptivo intestinal (Khojasteh, 2012).

280 O uso de bioflocos promove efeito positivo na morfologia intestinal dos peixes,
281 pois promove um aumento na espessura da camada da mucosa do intestino, sugerindo
282 uma maior capacidade de absorção de nutrientes (Gao et al., 2014; Liu et al., 2020). É de
283 suma importância entender sobre a mucosa intestinal dos peixes, possibilitando atender
284 as exigências nutricionais adequando o desempenho e saúde do peixe. A mucosa
285 intestinal de peixes teleosteos possui variadas projeções denominadas de vilos, sem
286 criptas em sua base e contém células indiferenciadas, capazes de agir constantemente nas
287 mitoses para formação de células epiteliais do vilo (Jobling, 1995).

288 Nos sistemas de bioflocos os microrganismos existentes têm um papel importante
289 na ação de estimular o intestino (Crab et al., 2012). Por possuir o hábito alimentar flexível,
290 a tilápia alimenta-se dos sólidos suspensos e das bactérias presentes na coluna d'água,
291 como também das bactérias presentes no substrato, melhorando sua capacidade digestiva
292 e imunitária (Zaki et al., 2020). Outra atribuição da comunidade microbiana do BFT é
293 promover o bem-estar animal e atuar no intestino, pois a capacidade de digestão depende,
294 até certo ponto, do intestino e do ambiente de produção (Romero et al. 2014; Giatsis et
295 al., 2015; Ringo et al., 2016; Deng et al., 2019).

296 Os flocos microbianos apresentam compostos bioativos, que por consequência
297 aumenta a quantidade de enzimas digestiva intestinal. A enzima endógena apresenta a
298 capacidade de quebra lipídica e de carboidratos no intestino do peixe, assim, melhoram a
299 capacidade digestiva, melhorando o consumo alimentar, e por consequência ocorre a

300 melhora no desempenho animal (Xu e Pan, 2012; Xu et al., 2012). Os microrganismos
301 que possuem a função probiótica, aumentam a diversidade da microbiota intestinal dos
302 peixes, produzindo enzimas como, amilase, celulase, quitinase, lipase, fitase e ou protease
303 (Ray et al., 2011).

304 A atividade intestinal tem sido um assunto de interesse, a fim de compreender sua
305 fisiologia. A capacidade absorptiva dos nutrientes é dada pelo epitélio intestinal, tendo
306 como auxílio dos microrganismos intestinais que mantêm uma relação simbiótica com o
307 hospedeiro e atuam nas funções nutricionais, endócrinas, fisiológicas e de
308 biotransformação (Nayak, 2010; Egerton et al., 2018; Wang et al., 2018; Yang et al.,
309 2021). Por ser um complexo de algas e bactérias, os flocos microbianos podem atuar
310 como antibióticos, antifúngicos, probióticos e prebióticos (Sinha et al., 2008).

311 Diversos estudos sugeriram que a oferta da suplementação alimentar do bioflocos
312 como probióticos e prebióticos alteram a morfologia intestinal melhorando a capacidade
313 digestiva intestinal, indicando uma maior absorção dos nutrientes e no desenvolvimento
314 animal (Laice et al., 2021; Haraz et al., 2023) e afetando assim o metabolismo e o gasto
315 energético (Xia et al., 2020). Um estudo revelou que tilápia criadas em sistemas de
316 suspensão recirculantes tinham maior ligação com os organismos presentes na água,
317 quando comparado com a alimentação por ração (Giatsis et al., 2015), visto que as tilápia
318 se alimentam dos flocos microbianos. Outro estudo com *O. niloticus* tratado com
319 bioflocos, aumentou significativamente o desempenho de crescimento de peixes (Hersi
320 et al., 2023) como a melhoria no crescimento e imunidade (Haridas et al., 2017) e
321 mudanças na morfometria da tilápia-do-Nilo (Huynh et al., 2017 & Ozel et al., 2018).
322 Todavia peixes onívoros apresentam a capacidade de alterar a estrutura e as propriedades
323 absorptivas do seu sistema digestório em resposta a mudanças na dieta (Cardona et al.,
324 2016).

325 De acordo com Emerenciano et al., (2017), os probióticos presentes no BFT são
326 importantes para a preservação da comunidade heterotrófica e a competição com as
327 bactérias autotróficas nos estágios iniciais; reciclar a matéria orgânica e controlar sólidos
328 e níveis de NAT. A tecnologia de bioflocos contém uma diversidade de probióticos e
329 ingredientes bioativos como carotenoides, polissacarídeos e poli- β -hidroxibutirato,
330 podem atuar no crescimento, digestibilidade, função imunológica, estrutura morfológica
331 e efeito antioxidante nos organismos aquáticos (Ren et al., 2019).

332 Na aquicultura o sistema de bioflocos é uma abordagem inovadora e sustentável.
333 A tecnologia de bioflocos ou BFT é projetada para otimizar o ambiente de cultivo dos
334 peixes e melhorar a qualidade da água (Yu et al., 2020; Yu et al., 2020), é destacada entre
335 as novas tecnologias estudadas no cultivo de peixes como a tilápia, como um sistema
336 moderno e sustentável, tecnologia de baixo impacto ambiental e também por ser benéfico
337 ao crescimento e intestino do peixe (Brol et al., 2017; Emerenciano et al., 2017; Durigon
338 et al., 2019; Durigon et al., 2020; Yu et al., 2020).

339 **REFERÊNCIAS**

- 340 AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge
341 bioflocos technology ponds. *Aquaculture*, v. 264, p. 140-147, 2007.
- 342 AVNIMELECH, Y.; KOCHBA, M. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia
343 in biofloc tanks, using ¹⁵N tracing. *Aquaculture*, v. 287, p. 163-168, 2009.
- 344 AYROZA, L. M. S.; ROMAGOSA, E.; VERANI, J. R. et al. Efeito da densidade de
345 estocagem e do nível protéico da ração sobre o peso médio, produção e sobrevivência de
346 tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus* criadas em tanques-rede. In: AQUACIÊNCIA,
347 2006, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: Aquaciência, [2006]. CD-ROM.
- 348 AZIM, M.; LITTLE, D. C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality,
349 biofloc composition and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).
350 *Aquaculture*, v. 283, p. 29-35, 2008.
- 351 BALARIN, J. D.; HATTON, J. P. Tilápia: A Guide to their Biology and Culture in Africa.
352 Stirling: University of Stirling, 1979. 174 p.
- 353 BECKER, A. G.; GONÇALVES, J. F.; GARCIA, L. O. et al. Morphometric parameters
354 comparisons of the digestive tract of four teleost with different feeding habits. *Ciência*
355 *Rural*, v. 40, p. 862-866, 2010.
- 356 BERTIN, L. Appareil digestif. *Traité de zoologie*. V. 13. Paris: Masson, 1958. p. 1249-
357 1301.
- 358 BROL, J.; PINHO, S. M.; SGNAULIN, T.; PEREIRA, K. da R.; THOMAS, M. C.; DE
359 MELLO, G. L.; MIRANDA-BAEZA, A.; EMERENCIANO, M. G. C. Tecnologia de
360 bioflocos (BFT) no desempenho zootécnico de tilápias: efeito da linhagem e densidades
361 de estocagem. *Arco. Zootec.*, v. 66, p. 229-235, 2017. Disponível em:
362 <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/2326>. Acesso em: 05 fevereiro
363 2024.
- 364 CARDONA, E.; GUEGUEN, Y.; MAGRÉ, K.; LORGEUX, B.; PIQUEMAL, D.;
365 PIERRAT, F. et al. Bacterial community characterization of water and intestine of the
366 shrimp *Litopenaeus stylirostris* in a biofloc system. *BMC Microbiology*, v. 16, n. 1, p.
367 157, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12866-016-0770-z>.

368 CARVALHO, E. D. Avaliação dos impactos da piscicultura em tanques-rede nas represas
369 dos grandes tributários do alto Paraná (Tietê e Paranapanema): o pescado, a ictiofauna
370 agregada e as condições limnológicas. Relatório Científico - FAPESP, v. 22, n. 4, p. 1-46,
371 2006.

372 CECHIM, F. E. Características morfológicas do epitélio intestinal e desempenho de
373 Tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*, suplementada com mananoligossacarídeo
374 (MOS), 2013.

375 CHOWDHARY, S.; SRIVASTAVA, P. P.; JENA, J.; YADAV, A. K.; DAYAL, R.;
376 MISHRA, S.; SRIVASTAVA, S. M. Histological studies of the intestine in threatened
377 Asian catfish (*Clarias batrachus*) fingerlings fed with animal or plant origin protein
378 blended with glucosamine. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, v. 1, n.
379 2, p. 50-55, 2013.

380 CHU, C. P.; LEE, D. J. Multiscale structures of biological flocs. *Chemical Engineering*
381 *Science*, v. 59, p. 1875-1883, 2004.

382 CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Biofloc technology in
383 aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, v. 356-357, p. 351-
384 356, 2012.

385 CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A.
386 Piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura.
387 *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 39, p. 68-87, 2010.

388 DAWOOD, M. A. O. Nutritional immunity of fish intestines: important insights for
389 sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 1–22, 2020.

390 DAY, S. B. et al. A growth comparison among three commercial tilapia species in a biofloc
391 system. *Aquaculture International*, v. 24, n. 5, p. 1309-1322, 2016.

392 DE SCHRUYVER, P.; VADSTEIN, O. Ecological theory as a foundation to control
393 pathogenic invasion in aquaculture. *Multidisciplinary Journal of Microbial Ecology*, v. 8,
394 n. 12, p. 2360–2368, 2014. <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.84>.

395 DENG, Y.; XU, X.; YIN, X.; LU, H.; CHEN, G.; YU, J.; RUAN, Y. Efeito da densidade
396 de estoque na comunidade microbiana em água de bioflocos e microbiota intestinal de
397 camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*). *Applied Microbiology and*

398 Biotechnology, v. 103, n. 10, p. 4241–4252, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00253-019->
399 09773-4.

400 DURIGON, E. G.; ALMEIDA, A. P. G.; JERÔNIMO, G. T.; BALDISSEROTTO, B.;
401 EMERENCIANO, M. G. C. Enzimas digestivas e parasitologia de juvenis de tilápia do
402 Nilo criados em água salobra de bioflocos e alimentados com diferentes níveis de proteína
403 digestível e energia digestível. *Aquaculture*, v. 506, p. 35–41, 2019.
404 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.03.022>.

405 DURIGON, E. G.; LAZZARI, R.; UCZAY, J.; LOPES, D. L. A.; JERÔNIMO, G. T.;
406 SGNAULIN, T.; EMERENCIANO, M. G. C. Tecnologia de bioflocos (BFT): ajuste dos
407 níveis de proteína digestível e energia digestível em dietas de juvenis de tilápia do Nilo
408 criados em água salobra. *Aquacultura, Peixe*, v. 5, p. 42–51, 2020.
409 <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2019.07.001>.

410 EGERTON, S.; CULLOTY, S.; WHOOLEY, J.; STANTON, C.; ROSS, R. P. The gut
411 microbiota of marine fish. *Frontiers in Microbiology*, v. 9, p. 873, 2018.
412 <https://doi.org/10.3389/FMICB.2018.00873>.

413 EL-SAYED, E. M. *Tilapia culture*. Cambridge: CABI Publishing, 2006. 275 p.

414 EMERENCIANO, C. M.; BALLESTER, E. L. C.; CAVALLI, R. O.; WASIELESKY, W.
415 Aplicação da tecnologia de bioflocos como fonte de alimento em um sistema de viveiro
416 com troca limitada de água para camarão rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille,
417 1817). *Pesquisa em Aquicultura*, v. 43, n. 1, p. 447-457, 2012.

418 EMERENCIANO, M.; CUZON, G.; PAREDES, A.; GAXIOLA, G. Avaliação da
419 tecnologia de bioflocos na cultura do camarão rosa *Farfantepenaeus duorarum*:
420 desempenho de crescimento, qualidade da água, perfil de microrganismos e análise
421 centesimal de bioflocos. *Aquaculture International*, v. 21, p. 1381–1394, 2013.
422 <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10499-013-9640-y.pdf>.

423 EMERENCIANO, M.; MARTÍNEZ-CORDOVA, L.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.;
424 MIRANDA-BAEZA, A. Biofloc technology (BFT): a tool for water quality management
425 in aquaculture. In: *Water Quality*. InTech, 2017. <https://doi.org/10.5772/66416>.

426 EMERENCIANO, M. G. C.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; MARTÍNEZ-PORCHAS,
427 M.; MIRANDA-BAEZA, A. Tecnologia de bioflocos (BFT): uma ferramenta para gestão
428 da qualidade da água na aquicultura. In: TUTU, Hlanganani (Ed.). *Qualidade da Água*.

429 InTech, 2017. [https://www.intechopen.com/books/water-quality/biofloc-technology-bft-](https://www.intechopen.com/books/water-quality/biofloc-technology-bft-a-tool-for-water-quality-management-in-aquaculture)
430 [a-tool-for-water-quality-management-in-aquaculture](https://www.intechopen.com/books/water-quality/biofloc-technology-bft-a-tool-for-water-quality-management-in-aquaculture).

431 FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Blue Transformation in action.
432 Rome, 264 p. 2024.

433 FERREIRA, G. S.; BOLÍVAR, N. C.; PEREIRA, S. A.; GUERTLER, C.; VIEIRA, F. do
434 N.; MOURIÑO, J. L. P.; SEIFFERT, W. Q. Biofloc microbiano como fonte de bactérias
435 probióticas para o cultivo de *Litopenaeus vannamei*. *Aquicultura*, v. 448, p. 273–279,
436 2015. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.06.006>.

437 FIGUEIREDO, J. C. A.; VALENTE, J. S. A. Cultivo de tilápias no Brasil: origens, cenário
438 atual. *Sober*, p. 1-9, 2008.

439 FITZSIMMONS, K. Tilapia: the most important aquaculture species of the 21st century.
440 In: FITZSIMMONS, K.; CARVALHO FILHO, J. (Eds.). *Proceedings from the Fifth*
441 *International Symposium on Tilapia Aquaculture*. *Panorama da Aquicultura Magazine*.
442 Rio de Janeiro, pp. 3-8, 2000.

443 GIATSI, C.; SIPKEMA, D.; SMIDT, H.; HEILIG, H.; BENVENUTI, G.; VERRETH,
444 J.; VERDEGEM, M. O impacto do ambiente de criação no desenvolvimento da
445 microbiota intestinal em larvas de tilápia. *Representante Científico*, v. 5, n. 1, 2015.
446 <https://doi.org/10.1038/srep18206>.

447 HAI, Nevada. O uso de probióticos na aquicultura. *Diário de Aplicado Microbiologia*, v.
448 119, p. 917–935, 2015. <https://doi.org/10.1111/jam.12886>.

449 HARIDAS, H.; VERMA, A.K.; RATHORE, G.; PRAKASH, C.; SAWANT, P.B.;
450 BABITHA RANI, A.M. Enhanced growth and immuno-physiological response of
451 Genetically Improved Farmed Tilapia in indoor biofloc units at different stocking
452 densities. *Aquaculture Research*, v. 48, p. 4346–4355, 2017.

453 HARAZ, Y.G.; SHOURBELA, R.M.; EL-HAWARRY, W.N.; MANSOUR, A.M.;
454 ELBLEHI, S.S. Performance of juvenile *Oreochromis niloticus* raised in conventional
455 and biofloc technology systems as influenced by probiotic water supplementation.
456 *Aquaculture*, v. 566, 739180, 2023.

457 HERSI, M.A.; GENC, E.; PIPILLOS, A.; KESKIN, E. Effects of dietary synbiotics and
458 biofloc meal on the growth, tissue histomorphology, whole-body composition and

459 intestinal microbiota profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured at different
460 salinities. *Aquaculture*, v. 570, 739391, 2023.

461 HISANO, H.; et al. Effect of feeding frequency on water quality, growth, and
462 hematological parameters of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* reared using biofloc
463 technology. *Journal of Applied Aquaculture*, v. 33, n. 2, p. 96-110, 2021.

464 HIDALGO, F., ALLIOT, E. La digestión en los peces. In: ESPINOSA DE LOS
465 MONTEROS, J., LABARTA, U. (Eds.). *Nutrición en acuicultura I*. Madrid: Plan de
466 Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura. p.85-107. 1987.

467 HUYNH, T.; SHIU, Y.; NGUYEN, T.; TRUONG, Q.; CHEN, J.; LIU, C. Current
468 applications, selection, and possible mechanisms of actions of synbiotics in improving
469 the growth and health status in aquaculture: a review. *Fish and Shellfish Immunology*, v.
470 64, p. 367–382, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.03.035>.

471 IBGE, 2018. Pesquisa Pecuária Municipal: Produção da aquicultura. Disponível a partir
472 de: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=3940&z=t&o=21>, Data de
473 acesso: 17 de maio de 2024.

474 JIAO, M.Y.; YUE, W.Z.; SUO, A.N.; ZHANG, L.; LI, H.Y.; XU, P.; et al. Construction
475 and influencing factors of an early warning system for marine ranching ecological
476 security: experience from China's coastal areas. *Journal of Environmental Management*,
477 v. 335, Artigo 117515, 2023.

478 KHOJASTEH, S.M.B. Histological, Histochemical and Ultrastructural Study of the
479 Intestine of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *World Applied Sciences Journal*, v.
480 6, n. 11, p. 1525-1531, 2009.

481 KHOJASTEH, S.M.B. The morphology of the post-gastric alimentary canal in teleost
482 fishes: a brief review. *International Journal of Aquatic Science*, v. 3, n. 2, 2012.

483 KIM, J.H.; KANG, Y.J.; KIM, K.I.; KIM, S.K.; KIM, J.H. Toxic effects of nitrogenous
484 compounds (ammonia, nitrite and nitrate) on acute toxicity and antioxidant responses of
485 juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Environmental Toxicology and*
486 *Pharmacology*, v. 67, p. 73–78, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.02.001>.

487 LIU, Hao; DONG, Xiaohui; TAN, Beiping; DU, Tao; ZHANG, Shuang; YANG, Yuanzhi;
488 CHI, Shuyan; YANG, Qihui; LIU, Hongyu. Effects of fish meal replacement by low-
489 gossypol cottonseed meal on growth performance, digestive enzyme activity, intestine

490 histology and inflammatory gene expression of silver sillago (*Sillago sihama* Forsskål)
491 (1775). *Aquaculture Nutrition*, v. 00, p. 1–12, 2020. <https://doi.org/10.1111/anu.13123>.

492 LOVSHIN, L.L. Tilápia farming: a growing world wild aquaculture industry. In:
493 SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO E PEIXES, 1, Piracicaba. *Anais...*
494 Piracicaba: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, p. 137, 1997.

495 LOVSHIN, L.L., CYRINO, J.E.P. Status of commercial fresh water fish culture in Brazil.
496 In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 2, 1998,
497 Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: CBNA, 1998. p.1-20

498 LUO, G.; et al. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of
499 genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating
500 aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture*, v. 422-423, p. 1–7, 2014.

501 LUNDSTEDT, L.M.; MELO, J.F.B.; MORAES, G. Digestive enzymes and metabolic
502 profile of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei: Siluriformes) in response to diet
503 composition. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Amsterdam, v. 137, n. 3, p. 331-
504 339, 2004.

505 MANSOUR, A.T.; ESTEBAN, M.Á. Effects of carbon sources and plant protein levels
506 in a biofloc system on growth performance, and the immune and antioxidant status of
507 Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Shellfish Immunol.*, v. 64, p. 202–209, 2017.

508 MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L.R.; EMERENCIANO, M.; MIRANDA-BAEZA, A.;
509 MARTÍNEZ-PORCHAS, M. Microbial-based systems for aquaculture of fish and
510 shrimp. *Reviews in Aquaculture*, n. 7, p. 131–148, 2014.

511 MELLO, H.; MORAES, J.R.E.; NIZA, I.G.; MORAES, F.R.; OZÓRIO, R.O.A.;
512 SHIMADA, M.T.; ENGRACIA FILHO, J.R.; CLAUDIANO, G.S. Efeitos benéficos de
513 probióticos no intestino de juvenis de Tilápia-do-Nilo. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v.
514 33, n. 6, p. 724–730, 2013.

515 MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. et al. Lipídeos na alimentação de
516 alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). *Revista Brasileira de*
517 *Zootecnia*, v. 31, n. 2, p. 566-573, 2002.

518 MIRZAKHANI, M.K.; ABEDIAN KENARI, A.; MOTAMEDZADEGAN, A. Prediction
519 of apparent protein digestibility by in vitro pH-stat degree of protein hydrolysis with

520 species-specific enzymes for Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*, Brandt 1869).
521 *Aquaculture*, v. 496, p. 73-78, 2018.

522 MUGWANYA, M.; DAWOOD, M.; KIMERA, F.; SEWILAM, H. Biofloc systems for
523 Sustainable Production of economically important aquatic species: a review.
524 *Sustainability*, v. 13, n. 13, p. 7255, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13137255>.

525 NAYAK, S.K. Role of gastrointestinal microbiota in fish. *Aquaculture Research*, v. 41, p.
526 1553–1573, 2010. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2109.2010.02546.X>.

527 Ogello, Kyule, Domitila N., Munguti, Jonathan M., Erick O., Outa, Nicholas O., Obiero,
528 Kevin O. The prospects of biofloc technology (BFT) for sustainable aquaculture
529 development. *Scientific African*, v. 14, p. e01053, 2021.

530 Oliveira, L.K.; Wasielesky, W.; Tesser, M.B. Fish culture in biofloc technology (BFT):
531 Insights on stocking density carbon sources, C/N ratio, fish nutrition and health.
532 *Aquaculture and Fisheries*. Elsevier B.V., 2022. Disponível em:
533 <<https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.08.010>>.

534 OZEL, O.; ÇAKMAK, E.; COŞKUN, I.; ÇANKIRILIGIL, E. Evaluation of growth
535 performance and intestine villi morphology of black sea trout (*Salmo labrax* Pallas, 1814)
536 fed with different protein levels containing diets. *Ege J. Fish. Aquat. Sci.*, v. 35, p. 125-
537 130, 2018. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2018.35.2.04>.

538 PEIXE BR – Associação Brasileira de Piscicultura, 2023. Peixe BR Anuário da Piscicultura
539 Brasileira 2024.

540 RAY, A.J.; DILLON, K.S.; LOTZ, J. Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus*
541 *vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc
542 management. *Aquac. Eng.*, v. 45, n. 3, p. 127–136, 2011.
543 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2011.09.001>

544 REN, L.; LI, W.; QIN, Q.; DAI, H.; HAN, F.; XIAO, J.; GAO, X.; CUI, J.; WU, C.; YAN,
545 X.; WANG, G.; LIU, G.; LIU, J.; LI, J.; ZHONG, Z. The subgenomes show asymmetric
546 expression of alleles in hybrid lineages of *Megalobrama amblycephala* × *Culter alburnos*.
547 *Genome Research*, v. 29, p. 1–11, 2019.

548 RIBEIRO, R.P.; VARGAS, L.; OLIVEIRA, C.A.L. Dez anos da tilápia GIFT no Brasil.
549 Aquac Brasil, v. 1, p. 22–26, 2016. Disponível em:
550 <<http://www.aquaculturebrasil.com/2016/08/01/dez-anos-da-tilapia-gift-no-brasil/>>.

551 RINGO, E. et al. Efeito dos componentes da dieta na microbiota intestinal de animais
552 aquáticos. A história sem fim? Nutrição em aquicultura. Novembro, 2016.

553 ROTTA M.A. Utilização do ácido ascórbico (vitamina C) pelos peixes. Corumbá.
554 Embrapa Pantanal, p.54, 2003.

555 ROMBOUT, J.H.W.M.; BOT, H.M.; TAVERNE-THIELE, J.J. Immunological
556 importance of the second gut segment of carp: characterization of mucosal leucocytes. J.
557 Fish Biol., v. 35, p. 167-178, 1989.

558 ROMER, A.S.; PARSONS, T.S. Anatomia comparada dos vertebrados. São Paulo:
559 Editora Atheneu, 1985.

560 ROMERO, J.; RINGØ, E.; MERRIFIELD, D.J. A microbiota intestinal da nutrição da
561 aquicultura de peixes: saúde intestinal, probióticos e prebióticos. Editado por Daniel
562 Merrifield e Einar Ringø. 2014.

563 SANTOS, A. B. I.; CAMILO, F. L.; ALBIERI R. J.; ARAUJO F. G. Morphological
564 patterns of five fish species (four characiforms, one perciform) in relation to feeding
565 habits in a tropical reservoir in south-eastern Brazil. Journal of Applied Ichthyology, p.
566 1-5. 2011.

567 SCHVEITZER, R. et al. Efeito de diferentes níveis de bioflocos na atividade microbiana,
568 qualidade da água e desempenho de *Litopenaeus vannamei* em sistema de tanques
569 operado sem troca de água. Engenharia Aquacultural, v. 56, p. 59–70, 2013.
570 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2013.04.006>.

571 SCHWARZ, K. K. et al. Mananoligossacarídeo em dietas para larvas de tilápia. Revista
572 Brasileira de Zootecnia, v. 40, n. 12, p. 2634-2640, 2011.

573 SINHA, A.; BARUAH, K.; BOSSIER, P. The potential use of biofloc as an anti-infective
574 strategy in aquaculture - an overview. Aquacult. Health Int., v. 13, p. 8–10, 2008.

575 SOUSA, F.A., RODRIGUES, R.A., ARRUDA, F.A., SANTOS, W.L.M. & SANTOS,
576 T.M. Caracterização higiênico-sanitária e tecnológica dos pescadores e da tilápia do Nilo
577 (*Oreochromis niloticus*) comercializada no mercado municipal de Salinas-MG.

578 Revista Brasileira de Ciência Veterinária, 24 (4), 197-200. 2017.

579 STICKNEY, R. R. Tilapia nutrition, Feeds and Feeding. In: Tilapia Culture in the
580 Americas, Eds. B. A. Costa-Pierce and J. E. Rakocy. vol.1 World Aquaculture Society,
581 Baton Rouge, Louisiana, 1997.

582 TESFAHUN, A.; ALEBACHEW, S. Food and feeding habits of the Nile tilapia
583 *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) from Ribb reservoir, Lake Tana sub-basin,
584 Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, v. 9, n. 1, 2023.
585 <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2212457>.

586 VALENTI, W. C.; BARROS, H. P.; MORAES, V. P.; BUENO, G. W.; CAVALLI, R. O.
587 Aquaculture in Brazil: past, present and future. *Aquaculture Reports*, v. 19, n. January, p.
588 100611, 2021.

589 Wang, A. R., Ran, C., Ringø, E., & Zhou, Z. G. Progress in fish gastrointestinal
590 microbiota research. *Reviews in Aquaculture*, 10, 626–640. 2018.
591 <https://doi.org/10.1111/RAQ.1219>.

592 Wilson, J. M., & Castro, L. F. C. Morphology diversity of the gastrointestinal tract in
593 fishes. In M. Crossel, A. P. Farrell, & C. J. Braner (Eds.), *Fish physiology: The*
594 *multifunctional gut of fish* (pp. 2–56). London: Elsevier. 2011.

595 Xia, Y., Yu, E. M., Lu, M., & Xie, J. Efeitos da suplementação probiótica no intestino
596 microbiota, bem como perfis de metabólitos na tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*.
597 *Aquicultura*, 527, 735428. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735428>.

598 Xu, W., Pan, L., Sun, X., & Huang, J. Effects of bioflocs on water quality, and survival,
599 growth and digestive enzyme activities of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in zero-water
600 exchange culture tanks. *Aquaculture Research*, 44(7), 1093–1102. 2012.
601 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03115.x>

602 Xu, W. J., & Pan, L. Q. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme
603 activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange
604 tanks manipulating C/N ratio in feed. *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 356, 147–
605 152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.05.022>. 2012.

606 Yadav, A.K., Srivastava, P.P., Chowdhary, S., Lakra, W.S., Shrivastava, P., & Dayal, R.
607 Histological alterations in the intestine of threatened Asian catfish, *Clarias batrachus* fed

608 with different types of fats through semi-purified diets. *Advances in Applied Science*
609 *Research*, 5(2), 35-41. 2014.

610 YANCEY, D. R.; MENEZES, J. R. R. *Manual de criação de peixes*. Campinas: Instituto
611 Campineiro de Ensino Agrícola, 117 p. 1983.

612 Yang, T.T., Liu, Y., Tan, S., Wang, W.X., & Wang, X. The role of intestinal microbiota of
613 the marine fish (*Acanthopagrus latus*) in mercury biotransformation. *Environmental*
614 *Pollution*, 277, 116768. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116768>.

615 YUE, K.; SHEN, Y. An overview of disruptive technologies for aquaculture. *Aquaculture*
616 *and Fisheries*, 7(2), 111–120. 2022.

617 Yu, Y.-B.; Choi, J.-H.; Lee, J.-H.; Jo, A.-H.; Lee, K.M.; Kim, J.-H. Biofloc Technology in
618 Fish Aquaculture: A Review. *Antioxidants*, 12, 398. 2023.
619 <https://doi.org/10.3390/antiox12020398>.

620 Yu, Z., Quan, Y., Huang, Z., Wang, H., & Wu, L. Monitoramento do estresse oxidativo,
621 resposta imune, moléculas sinalizadoras Nrf2/NF- κ B de *Rhynchocypris lagowski*
622 vivendo no sistema BFTe expostas à amônia aquosa. *Ecotoxicologia e Meio Ambiente*
623 *Seguro*, 205, 111161. 2020.

624 Yu, Z., Zheng, YG, Du, HL, Li, HJ, & Wu, LF. Os bioflocos protegem a resposta
625 inflamatória induzida pelo cobre e o estresse oxidativo em *Rhynchocypris lagowski*
626 *Dybowski* através da inibição das vias de sinalização NF- κ B e Nrf2. *Imunologia de Peixes*
627 *e Mariscos*, 98, 466-476. 2020.

628 Yu, Z., Wu, XQ, Zheng, LJ, Dai, ZY, & Wu, LF. Efeito da exposição aguda à amônia e
629 alterações do BFT em *Rhynchocypris lagowski*: enzima digestiva, resposta inflamatória,
630 estresse oxidativo e parâmetros imunológicos. *Meio Ambiente. Toxicologia*
631 *Farmacológica*, 78, 103380. 2020.

632 ZAKI, M. et al. The impact of stocking density and dietary carbon sources on the growth,
633 oxidative status and stress markers of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared under
634 biofloc conditions. *Aquacult. Rep.*, v. 16, p. 2352–5134, 2020.
635 <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100282>.

636 ZIMMERMANN, S.; FITZSIMMONS, K. Tilapicultura intensiva. In: CYRINO, J.E.P. et
637 al. (Orgs.) Tópicos Especiais em Piscicultura de água Doce Tropical Intensiva. São Paulo:
638 Aquabio, p.239-266, 2004.

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO INTESTINO DE ALEVINOS DE
TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) EM TECNOLOGIA DE
BIOFLOCOS**

Campo Grande - MS

2024

690 **CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO INTESTINO DE ALEVINOS DE**
691 **TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) EM TECNOLOGIA DE**
692 **BIOFLOCOS**

693 **Resumo:** A tecnologia de bioflocos (BFT) é alternativa para suprir a demanda produtiva
694 da aquicultura. Esse sistema tem sido utilizado no cultivo de tilápia-do-Nilo
695 (*Oreochromis niloticus*) com resultados benéficos de produção e de qualidade de água.
696 Objetivou-se identificar a diferença da morfologia intestinal de tilápia-do-Nilo quando
697 mantidos em BFT e troca parcial da água (TPA). Foram utilizados seis aquários com
698 volume útil de 26 L, sendo três aquários para o sistema de produção em BFT e três
699 aquários para o sistema com troca parcial da água. Cada aquário consistiu em uma
700 unidade experimental, com n=13 peixes. Antes do início do experimento foram
701 amostradas 20 pós-larvas de peixes para aferição da média de peso ($0,18 \pm 0,08$ g) e
702 comprimento padrão ($1,65 \pm 0,21$ cm). Durante o período experimental (60 dias), a cada
703 10 dias, foram realizadas biometrias e a coleta intestinal (realizou-se de 20-60 dias) e,
704 posteriormente, realizou-se o processo das técnicas histológicas intestinais; avaliados o
705 diâmetro, largura e altura das vilosidades, espessura da camada da mucosa e muscular;
706 área para mensuração dos enterócitos. O comprimento intestinal foi maior ($P < 0,05$) em
707 BFT. Esse sistema de produção também proporcionou um aumento ($P < 0,05$) na superfície
708 absorviva, resultando em maior diâmetro e espessura da camada da mucosa; vilosidades
709 de maior largura e maior densidade de enterócitos. Em geral, a BFT apresentou resultados
710 satisfatórios até o período 40 dias, e a TPA a partir de 50 dias. Demonstrando que a BFT
711 aumentou a morfologia do intestino em alevinos de tilápia-do-Nilo, podendo ser uma
712 alternativa para melhorar o crescimento e rendimento alimentar nessas fases.

713 **Palavra-chave:** aquicultura; morfologia intestinal; tilápia-do-Nilo; sistemas aquícolas;
714 sistemas sustentáveis.

715

716 **MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE INTESTINE OF NILE**
717 **TILAPIA FRYINGS (*Oreochromis niloticus*) IN BIOFLOCK TECHNOLOGY**

718 **Abstract:** Biofloc technology (BFT) is an alternative to meet the production demand of
719 aquaculture. This system has been used in the cultivation of Nile tilapia (*Oreochromis*
720 *niloticus*) with beneficial results in production and water quality. The objective of this
721 study was to identify the difference in the intestinal morphology of Nile tilapia when kept
722 in BFT and partial water exchange (TPA). Six aquariums with a useful volume of 26 L

723 were used, three aquariums for the BFT production system and three aquariums for the
724 system with partial water exchange. Each aquarium consisted of an experimental unit,
725 with $n = 13$ fish. Before the beginning of the experiment, 20 post-larvae of fish were
726 sampled to measure the average weight (0.18 ± 0.08 g) and standard length (1.65 ± 0.21
727 cm). During the experimental period (60 days), every 10 days, biometrics and intestinal
728 collection were performed (performed from 20 to 60 days) and, subsequently, the
729 intestinal histological techniques were performed; the diameter, width and height of the
730 villi, thickness of the mucosal and muscular layers were evaluated; area for measurement
731 of enterocytes. The intestinal length was greater ($P < 0.05$) in BFT. This production system
732 also provided an increase ($P < 0.05$) in the absorptive surface, resulting in greater diameter
733 and thickness of the mucosal layer; wider villi and greater density of enterocytes. In
734 general, BFT presented satisfactory results up to the 40-day period, and TPA from 50 days
735 onwards. Demonstrating that BFT increased the morphology of the intestine in Nile
736 tilapia fingerlings, and may be an alternative to improve growth and feed yield in these
737 phases.

738 **Keywords:** aquaculture; intestinal morphology; Nile tilapia; aquaculture systems;
739 sustainable systems.

740 1. INTRODUÇÃO

741

742 O avanço da tecnologia nas áreas de melhoramento genético, manejo, sanidade e
743 nutrição contribui diretamente para melhorias na eficiência produtiva na aquicultura,
744 resultando, entre os fatores, no incremento da produção e comercialização de proteína de
745 origem animal. O desenvolvimento do setor disponibiliza uma maior oferta de fonte
746 proteica, assim, o consumo do pescado é intensificado por ser uma opção de alimento
747 saudável e, também, por ser recomendado pela Organização das Nações Unidas para
748 alimentação e Agricultura (FAO, 2024). Diante disso são necessários meios de produção
749 para suprir a demanda, uma alternativa é o sistema de bioflocos.

750 O sistema de tecnologia de bioflocos (BFT) apresenta êxito na produção de
751 diversos organismos aquáticos, em pisciculturas as vantagens são como a redução do uso
752 da água, diminuição com custos em insumo (devida a BFT ser altamente proteica e
753 podendo servir como um complemento na alimentação) e atuar na ação probiótica e
754 imunoestimulante; entretanto na fase final, os custos podem se elevar em comparação à
755 sistemas tradicionais da aquicultura (Emerenciano, 2017).

756 A BFT tem sido utilizado como sistema de produção de peixes e crustáceos. Entre
757 as variadas espécies de organismos aquáticos de potencial para o cultivo, a tilápia destaca-
758 se, devido ao seu hábito alimentar herbívoro em que, possibilita a alimentação dos flocos
759 microbianos suspensos no sistema (Valenti et al., 2021). A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis*
760 *niloticus*) é a espécie mais comercializada no Brasil, por apresentar facilidade na
761 produção e no manejo, sua carne é aceita pelo mercado devido à ausência de espinhas na
762 carne (IBGE, 2023; Peixebr, 2024).

763 Sendo um sistema de criação fechado a BFT, apresenta baixa ou inexistente troca
764 de água, havendo o acúmulo de resíduos e a mudança para flocos microbianos (Azim e
765 Little, 2008). Os flocos microbianos proporcionam uma melhora intestinal quando
766 ingeridos pelos peixes, agindo na digestão e absorção dos nutrientes (Gullian-Klanian et
767 al., 2023). Outra vantagem do bioflocos, é o efeito probiótico realizado por
768 microrganismos existentes no sistema permitem o aumento produtivo de alevinos devido
769 a melhora na densidade, sobrevivência e desempenho produtivo, conseqüentemente
770 atuam na melhora do desenvolvimento morfológico intestinal, a fim de prevenir perdas
771 produtivas na saúde e na sobrevivência (Crab et al., 2012; Wang et al., 2015).

772 O intestino é um órgão importante pela sua capacidade fisiológica, apresentando
773 variadas funções como, digestão e absorção dos alimentos. Através da mucosa intestinal
774 é possível entender o estado da saúde animal, a fim de atender as exigências nutricionais,
775 melhorando a saúde, bem-estar e a melhora no desempenho. Por esta razão, há um
776 aumento de estudos sobre a morfologia do sistema digestório dos peixes, pois os estudos
777 proporcionam um desenvolvimento na piscicultura competitiva (Dawood, 2020; Liu et
778 al., 2020). Porém faltam dados científicos quanto a utilização da BFT na produção de
779 tilápia-do-Nilo em fases iniciais, e se há alteração morfológicas intestinal. O estudo foi
780 realizado como objetivo de avaliar a morfometria intestinal de alevinos de tilápia-do-Nilo
781 produzidas em tecnologia de bioflocos.

782 2. METODOLOGIA

783 2.1 Local e Procedimento de Ética

784 O experimento foi conduzido na estação de piscicultura da Faculdade de Medicina
785 Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS),
786 localizada na cidade de Campo Grande – MS. Todos os procedimentos experimentais
787 foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade

788 Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS (Proposta nº 1.213/2022 vinculada ao Processo
789 nº 23104.003843/2022-19).

790 **2.2 Delineamento Experimental**

791 Os alevinos utilizados neste experimento foram oriundos de tilápia-do-Nilo
792 (*Oreochromis niloticus*), em um tanque de cerca de 450 m² na Estação de Piscicultura da
793 Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso
794 do Sul. A amostragem foi realizada através da coleta de nuvens de pós-larvas, que
795 consiste em capturar os espécimes que nadam na superfície com o auxílio de um puçá.
796 Após a captura, os espécimes de machos e fêmeas de tilápia-do-Nilo foram selecionados
797 aleatoriamente para a execução do experimento.

798 Espécimes machos e fêmeas de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), (n = 98,
799 0,18 ± 0,08 g e 1,65 ± 0,21 cm) foram aclimatados por sete dias, em dois aquários
800 contendo volume útil de 26L, contendo oxigenação artificial constante, com Troca Parcial
801 da Água (TPA) de 60%. Após a aclimação os espécimes foram distribuídos
802 aleatoriamente nos aquários (n = 13/aquário).

803 Para o experimento foi adotado um delineamento inteiramente casualizado (DIC),
804 com dois tratamentos e três repetições. O experimento foi constituído por 2 sistemas
805 fechados; i) troca parcial de água (TPA); e ii) tecnologia de bioflocos. Os espécimes foram
806 mantidos em três aquários de água clara e três de bioflocos.

807 Os espécimes foram alocados em uma sala fechada com cerca de 15 m², sem a
808 incidência de luz solar, com aquários de formato retangular com volume útil de 26 L,
809 cobertos por uma tela preta de poliéster, contendo aeração artificial constante por meio
810 de compressor (Sunsun® – Aco – 002 40W) e TPA de 60% da água a cada 24h para as
811 unidades sem produtividade natural, para o cultivo de bioflocos não foi realizada a troca
812 de água durante o experimento, entrando água apenas para reposição de perdas por
813 evaporação. Adotou-se um fotoperíodo de 12h (claro: escuro) com iluminação artificial
814 (Sales et al., 2016).

815

816 **2.3 Sistema de Tecnologia em bioflocos (BFT)**

817 Antes do início do experimento em um aquário com volume útil de 26 L, foi
818 inoculado 15% do volume total da água de um BFT (biomassa microbiana) já formado
819 anteriormente na estação de piscicultura. A água da BFT utilizada na inoculação

820 apresentou as seguintes características da água: 0,0 mg/L⁻¹ amônia, 0,0 mg/L⁻¹ de nitrito
821 (NO₂⁻), 10,0 mg/L⁻¹ de nitrato (NO₃⁻), 130 mg/L⁻¹ de alcalinidade de carbonatos (CaCO₃)
822 e 35,0 mL/L⁻¹ de flocos.

823 O manejo da água de BFT foi realizado visando, o crescimento e a manutenção da
824 comunidade microbiana. Adicionando melão como fonte de carbono e ração como fonte
825 de nitrogênio, para manutenção da relação carbono-nitrogênio (C:N) em 12:1
826 (EMERENCIANO et al., 2017). A quantidade de sólidos sedimentáveis (volume de flocos
827 suspensos) foi mensurada a cada dois dias, utilizando um cone de Imhoff com 1000 mL
828 de flocos, sedimentados por 30 min. (Eaton et al. (1995; Avnimelech, 2007). Adotou-se
829 30 mL/L como nível ideal de sólidos sedimentáveis, de acordo com a recomendação de
830 Emerenciano et al. (2017). A manutenção da alcalinidade (CaCO₃) foi de 100-150 mg /L,
831 corrigido por adição de bicarbonato (HCO₃⁻) (EBELING et al.,2006).

832

833 **2.4 Alimentação**

834 Durante o período de aclimatação e no período experimental, os espécimes foram
835 alimentados com ração comercial extrusada triturada quatro vezes ao dia, duas no período
836 da manhã (7h/10h) e duas no período da tarde (13h/16h), até a saciedade aparente
837 (POPMA & LOVSHIN, 1996), contendo, no mínimo, 36% de proteína bruta, 8% estrato
838 etéreo, 4% de matéria fibrosa e 13% matéria mineral (Aqua Line® - Supra Tilápia).

839 **2.5 Variáveis avaliadas**

840 **2.5.1 Qualidade da água**

841 O monitoramento da qualidade de água foi analisado semanalmente no período
842 matutino as seguintes variáveis: Oxigênio Dissolvido (OD) (mg L⁻¹) e temperatura (C°)
843 com auxílio do medidor multiparâmetro Hanna® HI98196, pHmetro Hanna® HI98103;
844 salinidade Hanna® HI98319; Amônia (NH₃ - mg L⁻¹) API®; nitrito (NO₂⁻ – mg L⁻¹) e
845 nitrato (NO₃⁻ – mg L⁻¹), com kit teste de qualidade da água – Labcon Test Alcon;
846 Alcalinidade (mg CaCO₃ L⁻¹), através de titulação com solução de ácido sulfúrico 14% e
847 indicador vermelho de metila (Morita e Assunção, 2014).

848 A água era renovada diariamente (60% do volume total) de cada aquário controle
849 após a primeira alimentação do dia. Os resíduos eram sifonados e descartados.

850

851 **2.5.2 Desempenho produtivo**

852 Após o período de aclimação, 20 espécimes selecionados ao acaso para obtenção
853 das médias, foram eutanasiados em solução de eugenol (50 mg/L, KILDEA et al., 2004)
854 para mensuração do comprimento padrão (cm) e peso (g).

855 Os espécimes restantes (n = 78) foram distribuídos (n=13/aquários) a fim de
856 realizar o experimento. Durante o período experimental foram retirados seis (2/aquário)
857 espécimes em jejum de 24h, aos 10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias, adicionados em um recipiente
858 com solução de eugenol (50 mg/L, KILDEA et al., 2004) e submetidos a análise das
859 medidas corporais. Posteriormente amostras do intestino foram colhidas para análise de
860 diferentes medidas morfométricas.

861 Os espécimes foram pesados por balança digital com precisão de 0,01g. O
862 comprimento foi determinado com paquímetro analógico de precisão 0,05 mm, medidos
863 da boca até a extremidade do pedúnculo caudal (HOLDEN & RAITT, 1974). O
864 comprimento intestinal foi medido por meio de uma régua de precisão 0,1 cm.

865 **2.5.3 Morfologia intestinal**

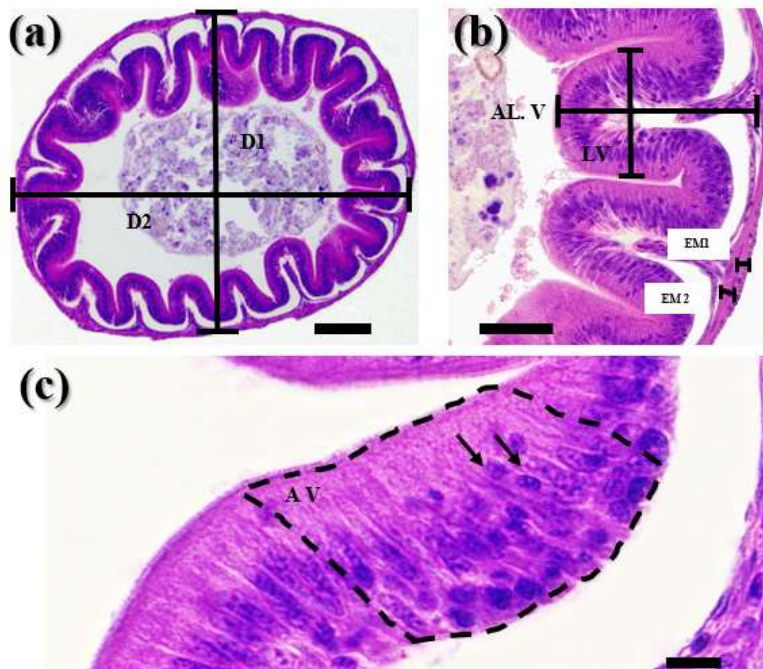
866

867 Na primeira e segunda biometria (tempo 0 e tempo 10, respectivamente) os
868 animais foram processados inteiros devido à dificuldade de dissecação, para que fosse
869 possível verificar as medidas histométricas desde o tempo 0. Somente a partir da terceira
870 coleta (tempo 20), em que foi possível a retirada do intestino. Nas análises biométricas
871 realizadas a partir do tempo 20, mediu-se o comprimento intestinal (cm) e o Quociente
872 intestinal (QI = comprimento do intestino (cm) / comprimento corporal padrão (cm)) foi
873 calculado para cada espécime.

874 Após, a medição, os peixes com os respectivos intestinos foram colocados em
875 recipientes contendo 50 mL de solução de Davidson (constituído de 330 mL de álcool
876 etílico a 95%; 220 mL de formalina 100% (37%-39% formaldeído); 115 mL de ácido
877 acético glacial; e 335 mL de água destilada) por 24 horas. Posteriormente, transferidos
878 para solução de álcool 70° para conservação, após as amostras foram desidratadas em uma
879 série crescente de soluções alcoólicas (70 – 100%), diafanizadas em xilol e impregnadas
880 em parafina. Após histotécnica de rotina os blocos de parafina foram obtidos cortes em
881 3 µm., através de um micrótomo manual.

882 Para a avaliação morfológicas do intestino, secções histológicas aleatórias (n =
883 3) por espécimes foram obtidas incluindo planos transversais, longitudinais e oblíquos
884 (esses não foram considerados para fins de análise). As lâminas foram coradas com
885 Hematoxilina e Eosina (H&E), capturando-se digitalmente seis imagens de vilosidades
886 de duas espécimes por aquário, com uma câmera OptiCam LOPT14003®, acoplado a um
887 microscópio de campo claro (Zeiss Primo Star), na magnitude de 40x, 100x e 400x.

888 No intestino, considerou-se a medida do diâmetro total (μm), espessura e largura
889 da vilosidade (μm), espessura da camada muscular (μm), e espessura da camada mucosa
890 (μm) foram mensuradas em média três conjuntos de vilosidade por corte, visualizadas
891 microscopicamente em magnitude de 40x e 100x. A área (μm) dos enterócitos foram
892 mensurados em imagens de 400x de magnitude. Para análise da densidade celular (cels.
893 / mm^2), foram selecionadas aleatoriamente cerca de três vilosidades para cada secção
894 histológica, mensurando-se a área (μm^2) total de cada vilosidade em imagens de 400x de
895 magnitude, a fim de contar as células enterocíticas. Os valores obtidos foram convertidos
896 em mm^2 . Para as análises histométricas o programa *ImageJ* foi utilizado (BELLINATE,
897 2023).



898

Figura 5. Secções histológicas do intestino de alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) produzidas em sistema de tecnologia em bioflocos (BFT). Imagem (a) – As retas indicam as medidas lineares do primeiro diâmetro (D1) e do segundo (D2); Imagem (b) – Corte transversal do intestino, as linhas indicam as medidas lineares da altura da vilosidade (AL. V) e largura da vilosidade (LV); espessura da camada muscular (EM 1) e espessura da camada da mucosa (EM 2). Imagem (c) – indica a área da vilosidade (AV), as setas indicam as células enterócitos presentes no intestino. Barra = 200 µm.

899

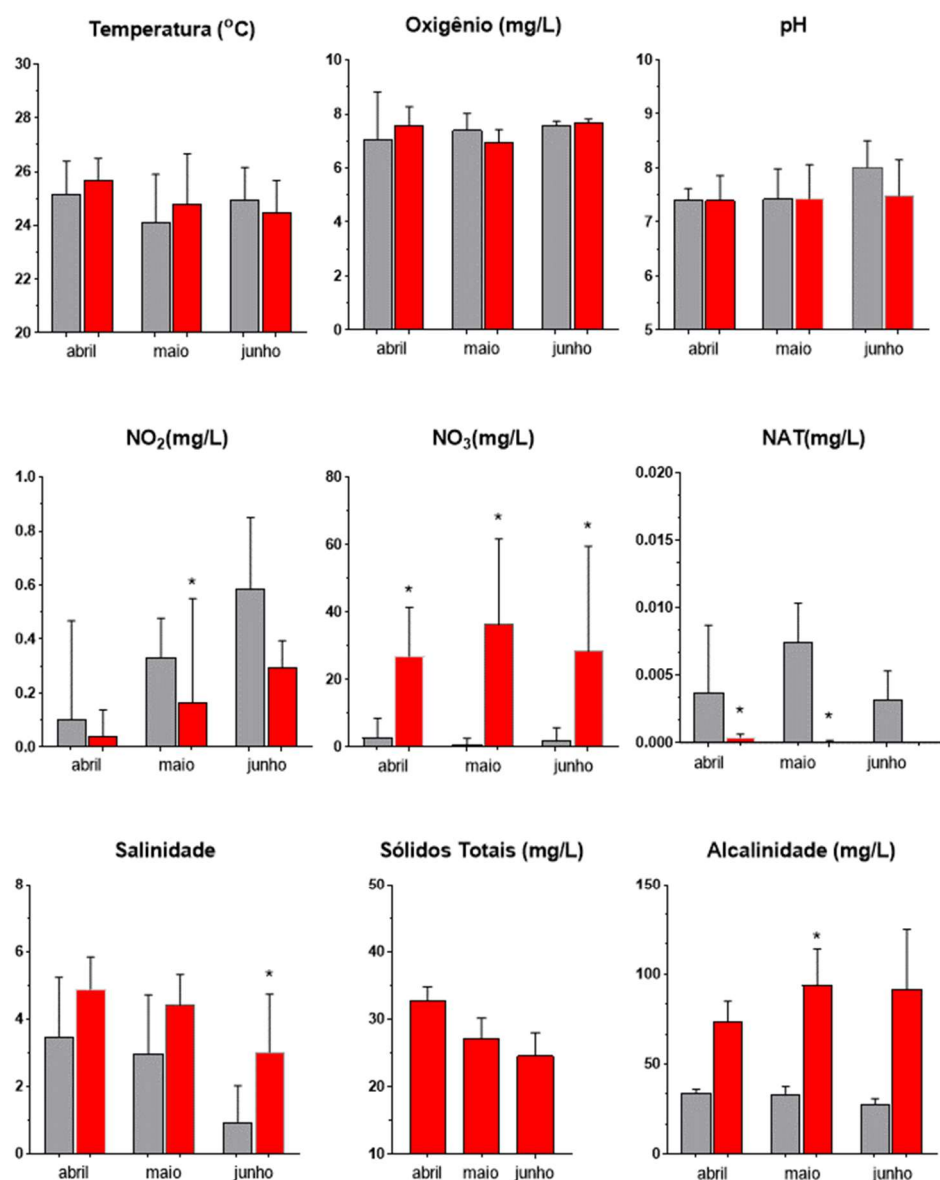
900 **2.5.4 Análise estatística**

901 As análises estatísticas da qualidade da água e biometria foram realizadas pela
902 análise de covariância (ANCOVA) seguida do teste Tukey, modelo linear misto com
903 efeito principal de tratamento em troca parcial da água (TPA) x sistema de tecnologia em
904 bioflocos (BFT) e peso do peixe como covariância. O software SPSS 23.0 (29.0.2.0
905 Armonk, NY: IBM Corp.) foi usado para as análises, e o nível de significância estatística
906 de 5%.

907 **3. RESULTADO**

908 **Qualidade da água**

909 A temperatura, oxigênio dissolvido e pH não diferiram entre os diferentes sistemas
910 de produção ao longo de todo o experimento. O nitrito e a alcalinidade, foram maiores (P
911 $< 0,05$) com 30 dias, que não se manteve em 60 dias. O nitrato e a salinidade foram
912 maiores ($p < 0,05$) em todo o período experimental em BFT; e o nitrogênio amoniacal total
913 foi o inverso, mas sem alterações no final do experimento. O volume de sólidos
914 sedimentáveis variou nos meses experimentais (Figura 6).



915

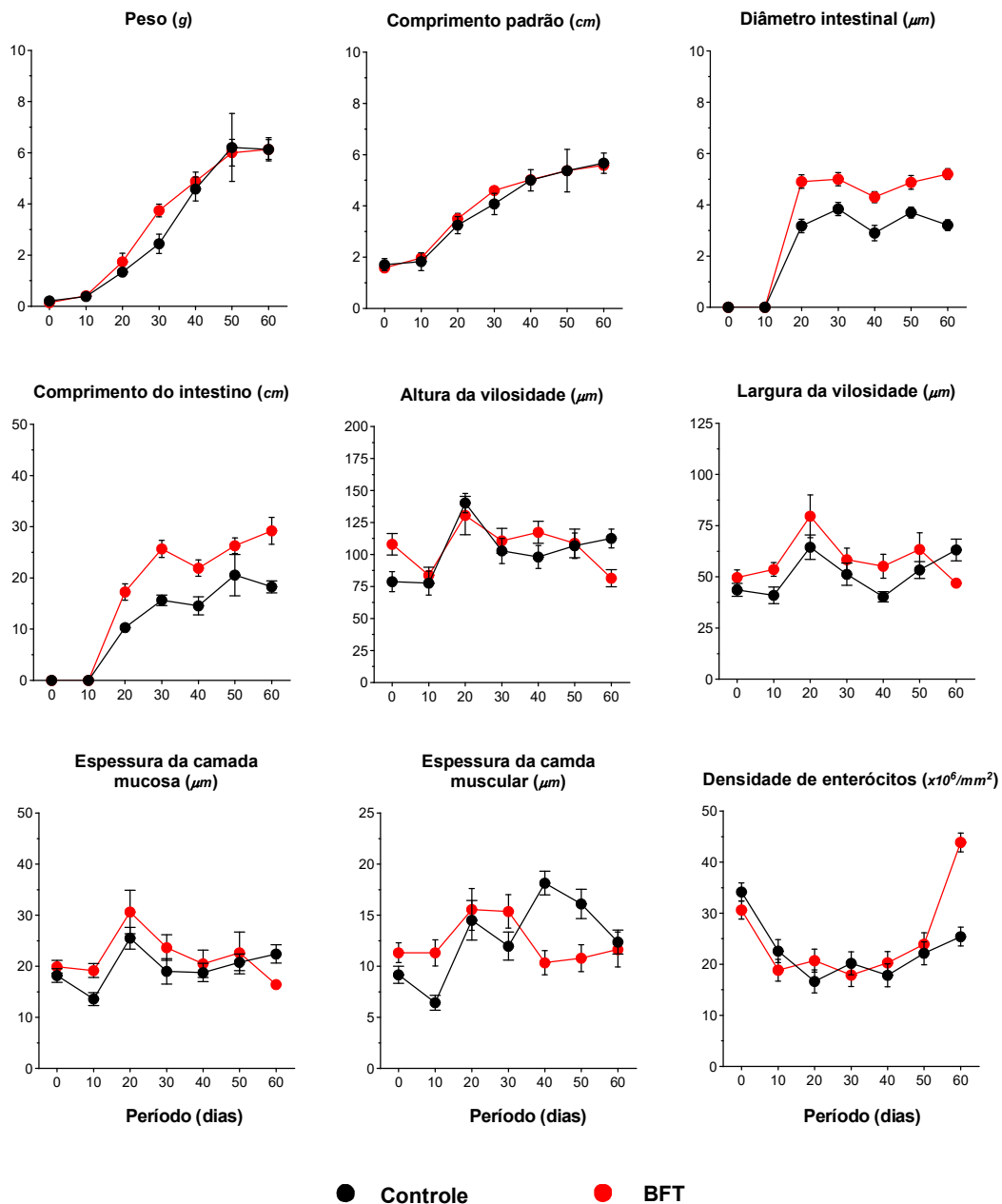
Figura 6. Médias e respectivos desvios padrões para as variáveis de qualidade da água durante 60 dias na fase de alevinos de tilápia-do-Nilo com troca parcial da água (cinza) e tecnologia em bioflocos (BFT) (vermelho). (*) indicam diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos. NO₂: Nitrito. NO₃: Nitrato. NAT: Nitrogênio Amoniacal Total

916 **Análise biométrica**

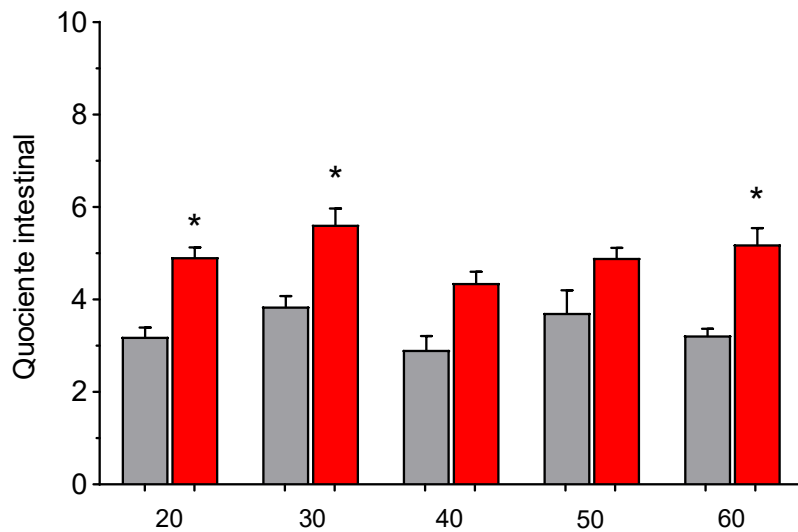
917 A figura 7 obtêm dos dados biométricos avaliados e a figura 8 apresenta o
 918 quociente intestinal.

919 Os peixes apresentaram maior ($P < 0,05$) peso e comprimento padrão no tempo 30,
 920 em tilápias-do-Nilo tratados com BFT. O diâmetro intestinal também se mostrou maior
 921 para BFT nas tilápias nos períodos de 20 a 60 dias.

922 O comprimento intestinal foi maior ($P < 0,05$) na maioria dos tempos em BFT do
 923 que em tilápias-do-Nilo mantidas em sistemas de TPA. O tratamento em BFT também foi
 924 superior em quociente intestinal (QI= quociente intestinal (comprimento intestinal /
 925 comprimento corporal padrão)) com diferença significativa nos períodos de 20, 30 e 60
 926 dias de tratamento de alevinos de tilápia-do-Nilo (Figura 8).



927
 928 Figura 7. Valores médios de medidas morfométricas e densidade celular em alevinos de
 929 tilápia (*Oreochromis niloticus*) tratadas com bioflocos (BFT) e troca parcial da água
 930 (TPA).



932

Figura 8. Valores médios e desvio padrão do quociente intestinal (comprimento intestinal, cm / comprimento corporal padrão, cm) de alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidas ao tratamento da tecnologia de bioflocos (barras em vermelho) e troca parcial da água (barras em cinza), no período de 60 dias. * $P < 0,05$

933

934 **Análise morfométrica**

935 Nos resultados da análise de variância foi possível identificar que o BFT foi
 936 favorável ao desenvolvimento dos alevinos de tilápia, proporcionando aumento na largura
 937 das vilosidades e na densidade de enterócitos (Figura 7).

938 A altura da vilosidade foi inferior no BFT, apresentando diferença ao final do
 939 período em sistema TPA. A largura das vilosidades aumentou ($P < 0,05$) com a utilização
 940 do BFT até aos 50 dias, observando uma redução aos 60 dias.

941 Aos 10 dias de tratamento a espessura da mucosa em tilápia tratadas com BFT,
 942 apresentou diferença, bem como a redução ($P < 0,05$) da espessura da mucosa no tempo
 943 60. A espessura da muscular apresentou diferença em peixes tratados com água clara aos
 944 40 e 50 dias ($P < 0,05$). Aos 40, 50 e 60 dias de tratamento houve redução na espessura da
 945 muscular em tilápias tratadas com BFT.

946 **Densidade celular**

947 A densidade celular em tilápias expostas ao BFT demonstrou um leve aumento a partir
 948 dos 40 dias, sendo significativo aos 60 dias e em maior quantidade ($P < 0,05$), em relação
 949 a água clara (Figura 7).

950

951 **4. DISCUSSÃO**

952 **Qualidade da água**

953

954 As variáveis da qualidade da água mantiveram-se em níveis adequados entre os
955 sistemas de troca parcial de água (TPA) e tecnologia em bioflocos (BFT), para a tilápia-
956 do-Nilo (El-Sayed, 2006).

957 A temperatura, oxigênio dissolvido (OD) pH e salinidade da água em ambos os
958 tratamentos obtiveram os valores recomendados para a produção de peixes recomendado
959 por Boyd (1998) para cultivo em água clara e por Emerenciano et al. (2017) em BFT. Os
960 resultados do presente estudo foram análogos ao encontrados por Azim e Little (2008);
961 Ahmad et al. (2016); Brol et al. (2018); Deng et al. (2018) e Durigon et al. (2019) (Figura
962 6).

963 O pH, alcalinidade e sólidos sedimentáveis não apresentaram valores que
964 pudessem comprometer o crescimento da tilápia em BFT e foram semelhantes ao
965 encontrado por Silva (2017) e Emerenciano et al. (2017) (Figura 6).

966 **Compostos nitrogenados**

967

968 Os compostos nitrogenados estiveram dentro dos parâmetros desejáveis para o
969 cultivo de alevinos de tilápia-do-Nilo.

970 As concentrações de nitrogênio amoniacal total (NAT) do estudo estiveram abaixo
971 do valor recomendado por Emerenciano et al. (2017) para BFT ($<1,0 \text{ mg/L}^{-1}$). Portanto
972 o sistema não apresentou problemas para NAT, deste fato as concentrações em ambos os
973 tratamentos se consideram adequadas, para TPA de acordo com Boyd (1998) e BFT por
974 Emerenciano et al. (2017).

975 A oscilação de nitrato apresentada durante o período experimental com BFT é
976 devido à ação das bactérias quimioautotróficas, concentrações mais elevadas de nitrato
977 indicam um processo de nitrificação mais avançado (Avnimelech, 1999). Os valores de
978 nitrato no estudo estiveram acima do recomendado por Emerenciano et al. (2017) de $0,5$
979 $- 20 \text{ mg/L}^{-1}$. Contudo os níveis de nitrato não atingiram ao nível de uma possível
980 alterações fisiológicas da tilápia, não afetando a manutenção das bactérias
981 quimioautotróficas e/ou diminuição dos níveis de OD. O valor recomendado para nitrito

982 para o sistema de BFT segundo Emerenciano et al. (2017) é abaixo de 1 mg/L^{-1} , sendo
983 este abaixo dos valores identificados no presente estudo, não apresentando níveis tóxicos
984 para a tilápia.

985 A BFT em equilíbrio possui função de suplementação nas dietas de organismos
986 aquáticos, resultando em melhores índices zootécnicos, proporcionam a redução da
987 quantidade de ração ofertada, também melhoram a qualidade da água e o sistema
988 digestivo dos peixes.

989 **Análise biométrica**

990 O uso de sistemas de tecnologia em bioflocos (BFT) no cultivo de peixes tem sido
991 encontrada em estudos, pois proporcionam resultados eficazes em seu desenvolvimento,
992 de fato que a BFT é constituída de uma diversidade de microrganismos que podem servir
993 como um complemento nutricional e na melhoria dos parâmetros físico-químicos da água
994 (Crab et al., 2012). As análises biométricas da tilápia-do-Nilo em sistema de BFT ou água
995 clara indicam que ambos os sistemas podem ser adotados sem prejudicar o
996 desenvolvimento.

997 O peso de tilápia-do-Nilo do estudo, foi maior em BFT em relação a água clara no
998 tempo 30, o maior peso atribui-se à maior disponibilidade de nutrientes e melhor
999 qualidade da água proporcionada pelos bioflocos. De acordo com Bossier e Ekasary,
1000 (2017) a BFT em comparação com a água clara, promove a melhoria no desempenho
1001 zootécnico de peixes. Esse resultado está de acordo com a pesquisa realizada por
1002 Emerenciano et al. (2017) com tilápia em sistemas de BFT, que identificou aumento no
1003 ganho de peso. Outro trabalho de Day et al., (2016) avaliaram três espécies de tilápia (*O.*
1004 *mossambicus*, *O. andersonii* e *O. niloticus*) tratadas com bioflocos, e quando comparada
1005 as demais espécies a tilápia do Nilo se sobressaiu no ganho de peso superior, de 0,693
1006 g/dia, em comparação à 0,405 e 0,185 g/dia de *O. mossambicus*, *O. andersonii*,
1007 respectivamente e um melhor desempenho.

1008 O comprimento padrão de tilápia-do-Nilo do atual estudo não evidenciou
1009 diferenças para ambos os tratamentos no período experimental. Tal circunstância sugere
1010 que em fases iniciais a tilápia possua maior peso em relação ao comprimento, pois tendem
1011 a acumular maior massa corporal em relação ao comprimento, à medida que as tilápias se
1012 desenvolvem, o corpo se alonga proporcionalmente ao ganho de peso, propondo um
1013 resultado posterior ao comprimento (Fusatto et al., 2023). Os resultados são contraditórios

1014 ao encontrado por Wambach (2013), que encontraram melhor desempenho de alevinos de
1015 tilápia-do-Nilo quando produzidos em BFT e Laice et al. (2021) para alevinos de tilápia
1016 produzidos em BFT com simbiótico. Embora os estudos tenham identificados
1017 comprimento superior em alevinos com BFT, é de extrema importância considerar as
1018 condições ambientais contribuem para os resultados contraditórios observados, diante do
1019 exposto, são necessárias mais pesquisas sobre as variáveis ambientais e genéticas que
1020 podem influenciar no crescimento da tilápia, podendo ser incluso a avaliação longitudinal
1021 do corpo a fim de monitorar o crescimento em diferentes estágios da vida.

1022 O comprimento intestinal obteve maior extensão, bem como maior diâmetro em
1023 alevinos de tilápias-do-Nilo produzidas em BFT, indicando que o bioflocos promove uma
1024 maior área absorptiva intestinal. Portanto, o ganho de peso; comprimento e diâmetro
1025 intestinal são maiores em peixes tratados com bioflocos, o que pode coincidir com o
1026 consumo *in situ* dos flocos, devido a diversidade de organismos aquáticos disponível no
1027 sistema (Mirzakhania et al., 2019).

1028 De acordo com Ward Campbell (2005) espécies herbívoras como a tilápia,
1029 possuem o quociente intestinal acima de 3. Os valores de quociente intestinal
1030 identificados estão dentro do esperado, porém com um melhor resultado para BFT. Este
1031 parâmetro pode variar segundo a dieta do peixe, aumentando em momentos de maior
1032 atividade alimentar, ou em relação ao valor nutricional dos alimentos consumidos (Drake
1033 et al., 1984; Zavala-Camin, 1996). Os flocos microbianos são altamente proteicos,
1034 chegando a porcentagem proteica bruta de 31,9 % em média (Wasielesky et al., 2006;
1035 Azim e Little, 2008; Emerenciano et al., 2011; Emerenciano et al., 2013), chegando a
1036 50% (Azim e Little, 2008), atuando como complemento na alimentação de peixes por seu
1037 alto valor nutricional (Avnimelech, 2009). Conforme os dados acima, é possível um maior
1038 quociente intestinal devido a qualidade nutricional da BFT.

1039 O cultivo de peixes em BFT pode gerar alterações morfológicas intestinais, assim,
1040 Islam et al. (2021) e Laice et al., (2021) corroboram com o estudo pois, identificaram
1041 mudanças morfológicas em alevinos de tilápia-do-Nilo quando tratadas com probióticos
1042 inseridos em bioflocos no período de 40-60 dias, e possivelmente devido ao aumento da
1043 carga microbiana e a uma maior necessidade por processos digestivos.

1044 Em geral a produção de tilápia-do-Nilo na alevinagem foi adequada, em vista ao
1045 sistema produtivo de troca parcial da água (TPA), em que os resultados biométricos são

1046 menos expressivos (Vilani et al., 2016; Samocha et al., 2017; Brol et al., 2017). Wanbach
1047 (2015) confirma tais afirmações, uma vez que os pesquisadores identificaram um
1048 desempenho superior de alevinos de tilápia produzidas em sistemas de bioflocos.

1049

1050 **Análises morfométricas e da densidade celular**

1051 O intestino está envolto em funções fisiológicas importantes, sendo o principal
1052 órgão responsável pela digestão dos alimentos e absorção dos nutrientes (Carvalho et al.,
1053 2011). A mucosa intestinal relaciona-se aos processos fisiológicos de digestão e absorção,
1054 regiões com maior número de pregas intestinais estão envolvidas aos processos
1055 absorptivos, pelo aumento da área efetiva na absorção dos nutrientes (Takashima & Hibiya,
1056 1995).

1057 A altura da vilosidade foi inferior no BFT, no entanto era esperado um aumento
1058 na altura das vilosidades intestinais de alevinos de tilápia-do-Nilo. Em contrapartida a
1059 largura das vilosidades aumentara com a utilização da BFT até os 50 dias, observando
1060 uma redução aos 60 dias. O resultado sugere que vilosidades intestinais de alevinos de
1061 tilápia-do-Nilo em BFT obtenham menor altura e maior largura, ao fato de facilitar a
1062 passagem do fluxo d'água, garantindo que as partículas de BFT sejam capturadas, e a
1063 melhor absorção dos nutrientes seja realizada sem obstrução. Pois no presente estudo foi
1064 identificado uma concentração máxima de 70 ml/L^{-1} de sólidos em suspensão no meio,
1065 valor acima do recomendado por Emerenciano et al. (2017) onde recomenda-se valores
1066 de sólidos sedimentáveis em $20 - 50 \text{ ml/L}^{-1}$. Avnimelech, Y. (2012) analisou que a BFT
1067 pode influenciar a estrutura do sistema digestivo de peixes, por ser uma dieta rica em
1068 proteínas microbianas. Estes resultados se contrapõem ao observado por Mirzakhania et
1069 al., 2019 que identificou vilosidades intestinais mais desenvolvidas em pós-larvas de
1070 tilápia-do-Nilo sob o sistema de BFT e Gao et al. (2014) com juvenis de carpa capim
1071 (*Ctenopharyngodon idella*).

1072 Besen et al. (2023) avaliou a fase larval de kinguio (*Carassius auratus*) em
1073 sistemas de BFT e água clara no período de 15 dias, obtendo como resultado menores
1074 alturas das vilosidades intestinais e menor desempenho. Porém o presente estudo indica
1075 que as vilosidades não necessariamente precisam ter maior altura para absorção, pois
1076 vilosidades de maior largura são capazes de absorver e aproveitar os nutrientes. Isso está
1077 de acordo com o estudo de Xu et al. (2012), que identificou a influência do BFT na
1078 morfologia do trato digestivo em pós-larvas de *L. Vannamei*., a interação entre os

1079 microrganismos do BFT e a microbiota intestinal dos peixes, pode resultar na melhora
1080 digestiva, diminuindo a necessidade de vilosidades mais altas.

1081 A espessura da mucosa em tilápia tratadas com BFT foi maior ($P < 0,05$) no tempo
1082 10 em BFT, porém aos 60 dias a diferença significativa, sendo maior em água clara. Isso
1083 pode indicar que nas fases iniciais quando os peixes são expostos a uma dieta rica em
1084 proteína como a BFT (Gao et al., 2014), pode ocorrer um espessamento da mucosa
1085 intestinal inicialmente, por haver uma resposta inicial do organismo a fim de promover o
1086 aumento na área de superfície; conforme ocorre a adaptação ao local cultivado e à
1087 ingestão da BFT, a eficácia na absorção nutritiva aumenta, isso acarreta a diminuição da
1088 necessidade de manter a mucosa espessa (Takashima e Hibiya, 1995). Enquanto em água
1089 clara aumentou ao final do experimento, mostrando a necessidade de maior área
1090 absorptiva. Os dados iniciais corroboram com Li et al. (2022) que comparou os sistemas
1091 tradicionais da aquicultura, os peixes cultivados em BFT apresentaram aumento na
1092 espessura da camada da mucosa intestinal.

1093 A utilização do BFT apresentou a redução na espessura muscular, implicando no
1094 estreitamento da camada muscular, isso pode ser resultado de uma maior eficácia
1095 digestiva e na movimentação do alimento ao longo do trato digestório, por haver uma
1096 alimentação nutritiva da BFT, há uma menor necessidade de uma camada muscular mais
1097 espessa para realizar os movimentos peristálticos digestivos (Diaz et al., 2006; Crab et
1098 al., 2009). Aliado ao comprimento intestinal maior que implicando no estreitamento da
1099 camada muscular, esse resultado é semelhante ao identificado por Laice et al. (2021) que
1100 em um estudo foi observado a diminuição da camada muscular na fase final do
1101 experimento de tilápias em BFT, em uma comparação de com ou sem uso de simbióticos.
1102 Tendo em vista que a espessura da muscular está associada com a dieta e no consumo dos
1103 microrganismos presentes nos flocos (Gao et al. 2014 & Diaz et al., 2020). A diminuição
1104 da espessura da camada muscular e o aumento da espessura da mucosa, possivelmente
1105 está associado ao desenvolvimento natural do peixe após 40 dias de cultivo (Zahran et al.,
1106 2014; Mello et al., 2013).

1107 A densidade celular nos peixes expostos ao BFT demonstrou um leve aumento a
1108 partir dos 40 dias. Sendo significativo aos 60 dias, o aumento tardio da quantidade de
1109 enterócitos indica resposta tardia no BFT, podendo ocorrer a uma adaptação para
1110 promover o aumento da capacidade de absorver nutrientes. Galagarza et al. (2018)

1111 identificou maior concentração de enterócitos na fase inicial produtiva de tilápias em
1112 BFT. Um estudo de Xu et al. (2012) observou que camarão (*L. Vannamei*) criados em
1113 BFT obtiveram melhoria estrutural dos enterócitos com microvilosidades mais longas,
1114 indicando maior área de superfície absorptiva. Azim & Little (2008) e Cardona et al. (2016)
1115 corroboram com este estudo, indicando que peixes criados com BFT apresentaram um
1116 aumento na capacidade de absorver nutrientes pelos enterócitos e com maiores níveis de
1117 genes associados a resposta imunitária, sugerindo melhor resposta contra patógenos.
1118 Ainda assim, em menor densidade de enterócitos, a área de superfície total do intestino
1119 permite uma absorção eficiente.

1120 A largura da vilosidade relacionou-se com a espessura da mucosa. Demonstrando
1121 que ambas as variáveis sugerem o aumento na densidade de enterócitos funcionais em
1122 relação ao grupo controle, pois quanto maior o desenvolvimento das vilosidades maior
1123 será a quantidade de enterócitos (Adeoye et al., 2016; Mello et al., 2013). Esses achados
1124 estão de acordo com Mirzakhania et al. (2019) ao avaliarem maior largura das vilosidades
1125 em *O. Niloticus* tratados com BFT e água clara em um período de 56 dias, sugerindo a
1126 uma melhor área superficial de absorção e aproveitamento dos nutrientes. Da mesma
1127 forma, Ferreira et al. (2011) identificaram aumento no crescimento e comprimento
1128 intestinal, e na estrutura da mucosa intestinal, em peixes com BFT, aumentando a área de
1129 absorção intestinal, e auxiliando na preservação do trato digestivo.

1130 A BFT possui bactérias benéficas, podendo ter ação imune benéfica à saúde dos
1131 peixes (Ahmad et., 2017), contribuindo para o desenvolvimento animal, como um
1132 aumento na extensão intestinal e maior densidade de enterócitos dos peixes que possuem
1133 função digestiva e imunitária, porém sem grandes modificações na histomorfometria
1134 intestinal (Long et al., 2015; Najdegerami et al., 2015).

1135

1136 **5. CONCLUSÃO**

1137

1138 O sistema possui a capacidade de melhorar o comprimento intestinal da tilápia-do-
1139 Nilo na fase de alevinagem. Contudo, pesquisas mais profundas devem ser realizadas para
1140 avaliação do peso, e histomorfometria intestinal com o objetivo de expandir o
1141 entendimento sobre o sistema de tecnologia em bioflocos.

1142

1143 **6. AGRADECIMENTOS**
1144

1145 O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação De Aperfeiçoamento De
1146 Pessoal De Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

1147

1148 **7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**
1149

1150 ADEOYE, A. A. *et al.* Supplementation of formulated diets for tilapia (*Oreochromis*
1151 *niloticus*) with selected exogenous enzymes: Overall performance and effects on
1152 intestinal histology and microbiota. **Animal Feed Science and Technology**, Reino
1153 Unido, p.133-143, 2016.

1154 AHMAD, I.H.; VERMA A.K.; RANI, B. A.M.; RATHORE, G.; SAHARAN, N.; GORA,
1155 A. H. Growth, non-specific immunity and disease resistance of *Labeo rohita* against
1156 *Aeromonas hydrophila* in biofloc systems using different carbon sources. *Aquaculture*,
1157 Amsterdam, v. 457, n. 20, p. 61-67.2016.

1158 AVNIMELECH, Y. **Biofloc technology – A practical Guide Book**. 2nd ed. Baton Rouge:
1159 The World Aquaculture Society, 2012. 272 p.

1160 Avnimelech, Y. **Biofloc technology - A practical guide book**, 1st ed. World Aquaculture
1161 Society, Louisiana, United States. 182p.2009.

1162

1163 AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge
1164 bioflocos technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, p. 140–147, 2007.

1165 AZIM, M. E.; LITTLE, D. C.; BRON, J. E. Microbial protein production in activated
1166 suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture.
1167 **Bioresource Technology**, v. 99, p. 3590–3599, 2008.

1168 BELLINATE, B. K.; FARIAS, K. N. N.; SILVA, A. L. do N.; SIQUEIRA, M. S.; POVH,
1169 J. A.; FRANCO-BELUSSI, L.; FERNANDES, C. E. Intestinal morphometry and cell
1170 density features in tropical farmed fish: A methodological approach. **Anatomia**
1171 **Histologia Embryologia**, v. 52, n. 3, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/ahe.12901>.

1172 BESEN, K.P., DA CUNHA, L., DE OLIVEIRA, N.S. Biofloc technology (BFT) system
1173 improves survival and intestinal health of *Carassius auratus* larvae subjected to different

- 1174 food management. **Aquacult Int** 31, 1979–1994 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10499->
1175 023-01068-w
- 1176 BROL, J.; PINHO, S. M.; SGNAULIN, T.; PEREIRA, K. da R.; THOMAS, M. C.; DE
1177 MELLO, G. L.; MIRANDA-BAEZA, A.; EMERENCIANO, M. G. C. Tecnologia de
1178 bioflocos (BFT) no desempenho zootécnico de tilápias: efeito da linhagem e densidades
1179 de estocagem. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, n. 254, p. 229-235, 2017.
- 1180 BORGES, F. F.; JIACOMETI, V. CERTIFICAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DA
1181 AQUICULTURA: uma análise de mercado com consumidores. **Ciência &**
1182 **Tecnologia**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. e1516, 2023. DOI: 10.52138/citec.v15i1.268
- 1183 BOSSIER, P.; EKASARI, J. Biofloc technology application in aquaculture to support
1184 sustainable development goals. **Microbiology Biotechnol.** n. 10, p. 1012–1016. 2017.
- 1185 BOYD, C.E., TUCKER, C.S. **Pond aquaculture water quality management**. Springer
1186 science business media, LLC. 711p. 1998.
- 1187 CARDONA, E.; GUEGUEN, Y.; MAGRÉ, K.; LORGEUX, B.; PIQUEMAL, D.;
1188 PIERRAT, F. et al. Bacterial community characterization of water and intestine of the
1189 shrimp *Litopenaeus stylirostris* in a biofloc system. **BMC Microbiology**, v. 16, n. 1, p.
1190 157, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12866-016-0770-0>.
- 1191 CASTELLANI, D., ABIMORAD, E.G., SCORVO-FILHO, J.D., FRASCÁ-SCORVO,
1192 C.M.D., MASOCATTO, C.O. **Dinâmica do oxigênio dissolvido em piscicultura de**
1193 **tanques rede de grande volume no reservatório de água vermelha**, in: FUNDEPAG,
1194 I. de P. e (Org.), XIII Reunião Científica do Instituto de Pesca. Parque da Água Branca -
1195 SP, 48-50.2019.
- 1196 CAVALCANTE, D.H., SILVA, S.R., PINHEIRO, P.D., AKAO, M.M.F., SÁ, M.V.C.
1197 Aumento isolado ou combinado da alcalinidade e dureza da água de cultivo de juvenis de
1198 tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. **Acta Scientiarum: Technology**, 34, 177-183.
1199 2012. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v34i2.12003>
- 1200 CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Biofloc technology in
1201 aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, v. 356-357, p. 351-
1202 356, 2012.
- 1203 DAWOOD, M. A. O. Nutritional immunity of fish intestines: important insights for
1204 sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 1–22, 2020.

1205 DAY, S. B. et al. A growth comparison among three commercial tilapia species in a biofloc
1206 system. *Aquaculture International*, v. 24, n. 5, p. 1309-1322, 2016.

1207 DENG, Y.; XU, X.; YIN, X.; LU, H.; CHEN, G.; YU, J.; RUAN, Y. Efeito da densidade
1208 de estoque na comunidade microbiana em água de bioflocos e microbiota intestinal de
1209 camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*). *Applied Microbiology and*
1210 *Biotechnology*, v. 103, n. 10, p. 4241–4252, 2019. [https://doi.org/10.1007/s00253-019-](https://doi.org/10.1007/s00253-019-09773-4)
1211 [09773-4](https://doi.org/10.1007/s00253-019-09773-4).

1212 DÍAZ, H. A. A.; RAMÍREZ, A. P. M.; EMERENCIANO, M. G. C.; CARRASCO, S. C.
1213 P. Organoleptic and nutritional characteristics of fillets of pirapitinga fed different protein
1214 sources in a biofloc system. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***, v. 55, 2020.

1215 DRAKE, P.; ARIAS, A.M.; GALLEGO, L. Biología de los Mugilideos (*Osteichthyes*,
1216 *Mugillidae*) em los enterros de las salinas de San Fernando (Cádiz). III. Hábitos
1217 alimentares e relacion com la morfometria del aparato digestivo. *Investigación Pesquera*,
1218 48(2): 337-367, 1984.

1219 EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E. (Eds.). *Standard Methods for*
1220 *the Examination of Water and Waste Water*. 10th ed. Washington D.C.: American Public
1221 Health Association, 1995.

1222 EBELING, J.; TIMMONS, M.; BISOGNI, J. Engineering analysis of the stoichiometry
1223 of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in
1224 aquaculture systems. ***Aquaculture***, v. 257, n. 1-4, p. 346-358, 2006. DOI:
1225 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>.

1226 El-Sayed, A.F.M. **Tilapia culture**. CABI Book Info. 207p. 2006.
1227 <https://doi.org/10.1079/9780851990149.0000>
1228

1229 EMERENCIANO, M.; MARTÍNEZ-CORDOVA, L.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.;
1230 MIRANDA-BAEZA, A. Biofloc technology (BFT): a tool for water quality management
1231 in aquaculture. In: *Water Quality*. InTech, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5772/66416>.

1232 Emerenciano, M. G. C. Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the
1233 aquaponics production of different lettuce varieties. *Ecological Engineering*. 103, 146–
1234 153.2017.
1235

1236 EMERENCIANO, M.; CUZON, G.; PAREDES, A. AND GAXIOLA, G. Evaluation of
1237 biofloc technology in pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* culture: growth
1238 performance, water quality, microorganisms profile and proximate analysis of biofloc.
1239 **Aquaculture Int.** 21, 1381-1394. 2013.
1240
1241 EMERENCIANO, M., GAXIOLA, G., & CUZO, G. Biofloc Technology (BFT): A
1242 Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. Em Biomass Now -
1243 Cultivation and Utilization. InTech. 2013. <https://doi.org/10.5772/53902>
1244
1245 EMERENCIANO, C. M.; BALLESTER, E. L. C.; CAVALLI, R. O.; WASIELESKY, W.
1246 Aplicação da tecnologia de bioflocos como fonte de alimento em um sistema de viveiro
1247 com troca limitada de água para camarão rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille,
1248 1817). Pesquisa em Aquicultura, v. 43, n. 1, p. 447-457, 2012.
1249 FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation.
1250 Rome, 2022.
1251 FERREIRA, N.; BONETTI, C.; SEIFFERT, W. Hydrological and water quality indices
1252 as management tools in marine shrimp culture. **Aquaculture**, v. 318, p. 425-433, 2011.
1253 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.05.045>.
1254 FUSATTO, A. P., DURIGON, E. G., ARNHOLD, E. A., MARASCA, S., & LAZZARI,
1255 R. Efeitos de diferentes densidades de estocagem e frequências alimentares no
1256 desempenho de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Desarrollo Local**
1257 **Sostenible**, 16(47), 2597–2609. 2023. <https://doi.org/10.55905/rdelosv16.n47-006>
1258 GALAGARZA, O. A.; SMITH, S. A.; DRAHOS, D. J.; EIFERT, J. D.; WILLIAMS, R.
1259 C.; KUHN, D. D. Modulation of innate immunity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)
1260 by dietary supplementation of *Bacillus subtilis* endospores. Fish and Shellfish
1261 Immunology, v. 83, p. 171-179, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.08.062>.
1262 GAO, L.; WANG, C.; LIU, W.; SUN, D.; LI, L.; TAN, H. Growth, digestive activity,
1263 welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia
1264 (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor
1265 biofloc system. Aquaculture, v. 422, p. 1-7, 2014.

- 1266 GULLIAN-KLANIAN, M. G.; QUINTANILLA-MENA, M.; HAU, C. P. Influence of
1267 the biofloc bacterial community on the digestive activity of Nile tilapia (*Oreochromis*
1268 *niloticus*). *Aquaculture*, v. 562, 738774, 2023.
1269 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738774>.
- 1270 HOLDEN, M. J.; RAITT, D. F. S. *Manual of Fisheries Science Part 2 - Methods of*
1271 *Resource Investigation and their Application*. Rome: Food and Agriculture Organization
1272 of the United Nations (FAO), 1974. 255 p.
- 1273 IBGE, 2018. Pesquisa Pecuária Municipal: Produção da aquicultura. Disponível a partir
1274 de: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=3940&z=t&o=21>, Data de
1275 acesso: 17 de maio de 2024.
- 1276 ISLAM, MAJHARUL; ROHANI, FAZLE; SHAHJAHAN. Probiotic yeast enhances
1277 growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) through morphological
1278 modifications of intestine. *Aquaculture Reports*, v. 21 100800, 2021.
1279 <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100800>
- 1280 JAUNCEY, K. Tilapias: biology and exploitation. *Nutritional requirements*, 327–
1281 375.2000.
- 1282 KILDEA, M. A.; GEOFF, A. L.; KEARNEY, R. E. Accumulation and clearance of the
1283 anaesthetics clove oil and AQUI-S™ from the edible tissue of silver perch (*Bidyanus*
1284 *bidyanus*). *Aquaculture*, v. 232, n. 1-4, p. 265-277, 2004. DOI:
1285 [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00483-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00483-6).
- 1286 KUHN, D. D.; SMITH, S. A.; BOARDMAN, G. D.; ANGIER, M. W.; MARSH, L.;
1287 FLICK, G. J. Chronic toxicity of nitrate to pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*:
1288 impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. *Aquaculture*, v. 309, n. 1-4,
1289 p. 109-114, 2010.
- 1290 KUBITZA, F. A água na aquicultura. Parte I: Oxigênio dissolvido e sua importância para
1291 o desempenho e saúde dos peixes e camarões. **Panorama da aquicultura**. Ed. 162(27),
1292 116. 2017.
- 1293
- 1294 LAICE, L. M. et al. Use of symbiotics in biofloc (BFT)-based Nile tilapia culture:
1295 Production performance, intestinal morphometry and hematological parameters.
1296 *Aquaculture*, v. 530, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735715>.

1297 LIU, Hao; DONG, Xiaohui; TAN, Beiping; DU, Tao; ZHANG, Shuang; YANG, Yuanzhi;
1298 CHI, Shuyan; YANG, Qihui; LIU, Hongyu. Effects of fish meal replacement by low-
1299 gossypol cottonseed meal on growth performance, digestive enzyme activity, intestine
1300 histology and inflammatory gene expression of silver sillago (*Sillago sihama* Forsskål)
1301 (1775). *Aquaculture Nutrition*, v. 00, p. 1–12, 2020. <https://doi.org/10.1111/anu.13123>.

1302 MIRZAKHANI, M. K.; ABEDIAN KENARI, A.; MOTAMEDZADEGAN, A.
1303 Prediction of apparent protein digestibility by in vitro pH-stat degree of protein hydrolysis
1304 with species-specific enzymes for Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*, Brandt 1869).
1305 *Aquaculture*, v. 496, p. 73-78, 2018.

1306 MELLO, H. *et al.* Efeitos benéficos de probióticos no intestino de juvenis de Tilápia-do-
1307 Nilo. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Jaboticabal, p.724-730, 2013.

1308 MOSS, S. M., FORSTER, I. P., TACON, A. G. J. Sparing effect of pond water on
1309 vitamins in shrimp diets. *Aquaculture*, 258, 388-395.2006.

1310 PEIXE BR – Associação Brasileira de Piscicultura, 2023. Peixe BR Anuário da Piscicultura
1311 Brasileira 2024.

1312 SALES, A. D. et al. Fotoperíodo e frequência alimentar na larvicultura do peixe beta.
1313 Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 68, n. 4, p. 1062-1068, 2016.
1314 Acesso em: 16 mar. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-8746>.

1315 SAMOCHA, T. M. et al. Design and Operation of Super Intensive, Biofloc Dominated.
1316 2017.

1317 SILVA, U.L. FALCON, D.R.; PESSÔA, M.N.C.; Correia, E.S. Carbon sources and C:N
1318 ratios on water quality for Nile tilapia farming in biofloc system. *Revista*
1319 *Caatinga*, 30-4, 1017-1027. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n423rc>

1320 TAKASHIMA, F.; HIBIYA, T. An Atlas of Fish Histology: Normal and Pathological
1321 Features. 2. ed. Tokyo: Lubrecht & Cramer Ltd, Kodansha Ltda, Stuttgart, 1995.

1322 TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F. R. Haematological and biochemical reference
1323 intervals for farmed channel catfish. *The Journal of Fish Biology*, v. 71, p. 383-388,
1324 2007. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2007.01494x.

- 1325 VALENTI, W. C.; BARROS, H. P.; MORAES, V. P.; BUENO, G. W.; CAVALLI, R. O.
1326 Aquaculture in Brazil: past, present and future. *Aquaculture Reports*, v. 19, n. January, p.
1327 100611, 2021.
- 1328 Wang, G., Yué, X., Xie, J., Yu, I. F. C., Li, Z., Luo, W., Qiu, L., & Zheng, Z. Effect of C/N
1329 ratio on water quality in zero-water exchange tanks and the biofloc supplementation in
1330 feed on the growth performance of crucian carp, *Carassius auratus*. *Aquaculture*, 443, 98–
1331 104. 2015
- 1332 WARD CAMPBELL, B.M.S. et al. Morphological characteristics in relation to diet in
1333 five coexisting Thai fish species. *Journal of Fish Biology*, v.67, n.5, p.1266-1279, 2005.
- 1334 WASIELESKY, W., KRUMMENAUER, D., LARA, G., FÓES, G., POERSCH, L.
1335 Cultivo de camarões em Sistema de bioflocos: realidades e perspectivas. Associação
1336 Brasileira Criadores de Camarões, In Livro de Resumos **AquaCiência**, Bento Gonçalves,
1337 15, 30-36. 2013.
- 1338
- 1339 WASIELESKY, W. Jr.; ATWOOD, H.; STOKES, A.; BROWDY, C. L. Effect of natural
1340 production in a zero-exchange suspended microbial floc based super-intensive culture
1341 system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 258, n. 1-4,
1342 p. 396-403.2006.
- 1343
- 1344 XU, W. J., PAN, L. Q., ZHAO, D. H., HUANG, J. 2012. Preliminary investigation into
1345 the contribution of bioflocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with
1346 different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. *Aquaculture*, 353,
1347 147–153. 2012.
- 1348
- 1349 Yu, Y.-B.; Choi, J.-H.; Lee, J.-H.; Jo, A.-H.; Lee, K.M.; Kim, J.-H. Biofloc Technology in
1350 Fish Aquaculture: A Review. *Antioxidants*, 12, 398. 2023.
1351 <https://doi.org/10.3390/antiox12020398>.
- 1352 ZAR, J.H. *Biostatistical Analysis*. 5 Ed. New Jersey: Prentice-Hall, 944 p. 2010.
- 1353 ZAVALA-CAMIN, L.A. *Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes*.
1354 Maringá: EDUEM, 129p, 1996.
- 1355