

**CLARISSA VILELA FIGUEIREDO DA SILVA CAMPOS**

**AVALIAÇÃO DA BIOMASSA DO MICROCRUSTÁCEO *Daphnia similis*  
(CRUSTACEA, CLADOCERA) CULTIVADO COM A INOCULAÇÃO DA  
MICROALGA *Chlorella vulgaris* (BEYERINCK, 1890) EM ÁGUA DO CULTIVO DE  
TILÁPIA DO NILO EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

**RECIFE,**

**2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E**  
**AQUICULTURA**

**AVALIAÇÃO DA BIOMASSA DO MICROCRUSTÁCEO *Daphnia similis***  
**(CRUSTACEA, CLADOCERA) CULTIVADO COM A INOCULAÇÃO DA**  
**MICROALGA *Chlorella vulgaris* (BEYERINCK, 1890) EM ÁGUA DO CULTIVO DE**  
**TILÁPIA DO NILO EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

**Clarissa Vilela Figueiredo da Silva Campos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre.

**Prof.(a) Dr.(a) Alfredo Olivera Gálvez**  
Orientador

**Prof.(a) Dr.(a) Suzianny Maria Bezerra**  
**Cabral da Silva**  
Coorientador

**Recife,**  
**07/2017**

Ficha catalográfica

Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central - UFRPE

Clarissa Vilela Figueiredo da Silva Campos  
Avaliação da biomassa do microcrustáceo *Daphnia similis*  
(Crustacea, Cladocera) cultivado com a inoculação da  
microalga *Chlorella vulgaris* (Beyerinck, 1890) em água  
do cultivo de tilápia do Nilo em sistema de bioflocos.  
Nº folhas: 68 fls.

Orientador: Alfredo Olivera Gálvez  
Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e  
Aquicultura). Departamento de Pesca e Aquicultura.  
Inclui bibliografia

CDD N°:

1. zooplâncton

2. bioflocos

I. Alfredo Olivera Gálvez

II. Avaliação da biomassa do microcrustáceo *Daphnia similis*  
(Crustacea, Cladocera) cultivado com a inoculação da microalga *Chlorella*  
*vulgaris* (Beyerinck, 1890) em água do cultivo de tilápia do Nilo em sistema de  
bioflocos.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E**  
**AQUICULTURA**

**AVALIAÇÃO DA BIOMASSA DO MICROCRUSTÁCEO *Daphnia similis***  
**(CRUSTACEA, CLADOCERA) CULTIVADO COM A INOCULAÇÃO DA**  
**MICROALGA *Chlorella vulgaris* (BEYERINCK, 1890) EM ÁGUA DO CULTIVO DE**  
**TILÁPIA DO NILO EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

**Clarissa Vilela Figueiredo da Silva Campos**

Dissertação julgada adequada para obtenção do título de mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e aprovada em 21/07/2017 pela seguinte Banca Examinadora.



---

**Prof(a). Dr(a). ALFREDO OLIVERA GÁLVEZ - Orientador**

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco - Sede]

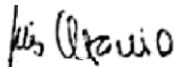


---

**Prof(a). Dr(a). JULIANA FERREIRA DOS SANTOS - Titular**

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco – Campus Serra Talhada]



---

**Prof(a). Dr(a). LUÍS OTÁVIO DA SILVA BRITO - Titular**

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco - Sede]

---

**Prof(a). Dr(a). ROBERTA BORDA SOARES - Suplente**

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco - Sede]

---

**Prof(a). Dr(a). EUDES DE SOUZA CORREIA - Suplente**

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco - Sede]

## **Dedicatória**

*Dedico este trabalho a minha família.*

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por ter me ajudado e me dado forças para continuar e finalizar mais uma etapa na minha vida profissional.

À FACEPE pela bolsa concedida.

Também não menos importante, à minha família, esposo e pais pela compreensão e por ter estado ao meu lado sempre, em especial ao meu pai que sempre me ajudou com os problemas logísticos dos meus experimentos.

À família LAPAVI e LAMARSU principalmente aos estagiários que sempre estiveram a postos para a resolução de problemas e oferta de ajuda.

Aos meus orientadores (Alfredo Olivera Gálvez e Suzianny Maria Bezerra Cabral da Silva) pela ajuda e conselhos oferecidos para obter sempre bons resultados.

Ao engenheiro de pesca Djaci pela concessão de tilápias da base de pesca.

Ao prof. Luís Otávio Brito pelas orientações sempre bem passadas e que esteve sempre disposto a ajudar.

A Marcele Trajano Araújo pela ajuda e compreensão sempre que necessitei de favores logísticos.

Ao professor Eudes Correia pela ajuda, mostrando-se sempre solícito no fornecimento de ração.

A todos aqui mencionados e aqueles que por ventura esqueci, ficam aqui os meus agradecimentos.

## Resumo

Amplamente aplicados na aquicultura como alimento vivo para larvas e juvenis de peixes e crustáceos devido ao elevado valor nutricional, os microcrustáceos do gênero *Daphnia* são comumente encontrados em ambientes com alto teor de matéria orgânica, microalgas, bactérias e fungos, condições estas similares as encontradas no sistema de bioflocos. Neste sentido, o reuso da água do biofoco para a produção de *Daphnia* torna-se uma opção de sistema aquícola ambientalmente amigável. Esta pesquisa objetivou avaliar o cultivo de *Daphnia similis* utilizando água proveniente do cultivo de tilápia do Nilo em sistema de bioflocos. O experimento foi conduzido no Laboratório de Produção de Alimento Vivo – LAPAVI – UFRPE, durante 30 dias, apresentando três tratamentos: DACC - cultivo de *D. similis* em água clara com inoculação da microalga *Chlorella vulgaris*.; DB- cultivo de *D. similis* em água de bioflocos de cultivo de tilápia do Nilo sem inoculação de *C. vulgaris* e DBC- cultivo de *D. similis* em água de bioflocos de cultivo de tilápia do Nilo com inoculação da microalga *C. vulgaris* foram dispostos inteiramente ao acaso com cinco réplicas cada em tanques de 20L (42 x 17 x 29 cm) com 12 L de volume e com densidade de estocagem de 9 org.L<sup>-1</sup>. A água do cultivo da tilápia do Nilo em sistema de bioflocos com relação carboidrato:nitrogênio de 12:1, 45 dias de cultivo, densidade de 40 ind.m<sup>-3</sup> e peso médio de 30,57 ± 10,04 g, foi coletada e distribuída nas unidades experimentais. Foram avaliadas as variáveis de qualidade de água e de crescimento do microcrustáceo. As variáveis pH, temperatura e sólidos dissolvidos totais (SDT) demonstraram, através da correlação de Spearman, correlação positiva significativa (p<0,05) com as flutuações nas densidades de *D. similis*, sendo a temperatura a que obteve a correlação mais elevada (r = 0,59). Diferenças estatísticas (p<0,05) foram encontradas para as variáveis taxa de crescimento específico (TCE), tempo de duplicação (TD), densidade média máxima atingida (DMX) e rendimento (R) entre os tratamentos, no qual o DBC atingiu um R de 1065,8 ± 313,3 org.L<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> e uma DMX 800% superior ao DACC. Assim, o uso da água de cultivo de tilápia do Nilo em sistema de bioflocos no cultivo de *Daphnia similis* apresentou uma alternativa promissora para a produção de alimento vivo na aquicultura.

**Palavras-chave:** BFT; *Oreochromis niloticus*, alimento vivo; cladóceros; *Chlorella vulgaris*

## Abstract

Applied widely in the aquaculture as live food to both fish and crustacean on larvae and juvenis stages because the high nutritional values, the microcrustacean from *Daphnia* genus are mainstream found out in environments with high content of organic matter, microalgae, bacteria and fungi, and that conditions are similar with that found in biofloc system. In this regard, the biofloc water reuse to *Daphnia* production becomes an option to environmentally friendly aquaculture system. This research aimed assesses the *Daphnia similis* culture using wastewater from tilapia farming in biofloc system. The experiment was carried out at Laboratório de Produção de Alimento Vivo – LAPAVI –UFRPE, during 30 days, with three treatments DCCW – *D. similis* culture in clear water with the addition of *C. vulgaris*; DCBW – *D. similis* culture in biofloc water from Nile tilapia farming without *C. vulgaris* adding; and DCBWC - *D. similis* culture in biofloc water from Nile tilapia farming with *C. vulgaris* adding were conducted entirely at random with five replicates each using 20L tanks (42 x 17 x 29 cm), with 12 L of useful volume and stocking density of 9 org.L<sup>-1</sup>. The culture water from Nile tilapia farming in biofloc system had a carbohydrate:nitrogen ratio of 12:1, 45 day of culture, stoking density of 40 fish.m<sup>-3</sup> and mean weight of 30.57 ± 10.04 g, was collected and shared on the experimental units. It were evaluated both water quality and growth variables from the microcrustacean. The water quality variables pH, temperature and total dissolved solids (TDS) showed significant positive correlation (P<0.05) with the densities changes of *D. similis* by Spearman correlation, in that the temperature obtained the highest correlation (r = 0.59). Statistic differences (P<0.05) were found to specific growth rate (SGR), duplication time (DT), maximum mean density (MXD) and yield (Y) among the treatments, in that DBC achieved a Y of 1,065.8 ± 313.3 org.L<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup> and a DMX 800% higher than DACC treatment. Thus, the use of water from Nile tilapia farming in biofloc system in *Daphnia similis* culture showed a promising alternative to live food production in the aquaculture.

**Keywords:** BFT, ; *Oreochromis niloticus*, live food, cladoceran, *Chlorella vulgaris*.



## Lista de figuras

Figura 1. Quantidades de nitrogênio amoniacal total (NAT) (A), nitrito (B), nitrato (C), ortofosfato (D) e sólidos suspensos totais (SST) (E) no cultivo de *D. similis*. Quantidades presentes nos tratamentos nas fases inicial (dia 0 ■), intermediária (dia 15 ■) e final (dia 30 ■) de cultivo. Letras diferentes em cada tratamento indicam diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ) através do teste de comparação de médias de Tukey entre as fases do cultivo. .... 54

Figura 2 Curvas de crescimento de *D. similis* representada nos diferentes tratamentos (DACC, DB e DBC) ao longo dos 30 dias de cultivo. .... 56

## Lista de tabelas

Tabela 1 Média $\pm$ desvio padrão (DP) (mínimo – máximo) atingidos pelas variáveis de qualidade de água observados no cultivo de <i>D. similis</i> utilizando água proveniente do cultivo da tilápia do Nilo em sistema de bioflocos.....	53
Tabela 2. Correlação de Spearman entre as variáveis de qualidade de água e densidade de organismos atingida no cultivo de <i>D. similis</i> em água do cultivo de tilápia do Nilo em sistema de bioflocos. Valores de r (p-valor).....	55
Tabela 3 Média $\pm$ desvio padrão (DP) das variáveis de crescimento de cada tratamento encontradas no cultivo de <i>D. similis</i> em água de cultivo de tilápia do Nilo em sistema de bioflocos. ....	57

## Sumário

Dedicatória.....	v
Agradecimentos .....	vi
Abstract.....	viii
Lista de figuras .....	ix
Lista de tabelas .....	x
1- Introdução.....	12
2 - Revisão de literatura.....	15
2.1 Sistema de bioflocos .....	15
2.2 Diferentes formas do reuso do biofloco.....	17
2.3 Daphnia.....	18
3- Referências bibliográficas .....	23
4- Artigo científico .....	31
5- Normas da Revista Aquaculture Research .....	58

## 1- Introdução

A aquicultura em sistemas de bioflocos tem apresentado resultados de produção positivos tanto no cultivo de camarões (*Litopenaeus vannamei*, *Penaeus monodon*, *Farfantepenaeus brasiliensis*, *Macrobrachium rosenbergii*) (EMERECIANO et al., 2012; ESPARZA-LEAL et al., 2016; KHATOON et al., 2016; XU et al., 2016; HUANG et al., 2017; MIAO et al., 2017) como no cultivo de peixes (*Oreochromis niloticus*, *Ictalurus punctatus*, *Clarias gariepinus*, *Labeo rohita*) (GREEN et al., 2014; AHMAD et al., 2016; DAY et al., 2016; EKASARI et al., 2016).

Seguindo esta mesma tendência, o cultivo de tilápia (*O. niloticus*) em sistema de bioflocos tem demonstrado bons resultados em termos de crescimento e sobrevivência destes organismos. PÉREZ-FUENTES et al. (2016) relataram que a tilápia do Nilo (*O. niloticus*) apresentou sobrevivência e biomassa final de aproximadamente 95% e 18 kg.m<sup>-3</sup> respectivamente em sistema de bioflocos adotando uma relação C:N de 10:1. Similarmente, ZHANG et al. (2016) atingiram densidades de 37,93 kg.m<sup>-3</sup> e sobrevivência de 82,78% em 120 dias de cultivo em sistema de bioflocos utilizando poli-β-hidroxibutírico como fonte de carbono.

Apesar dos excelentes resultados produtivos dos organismos cultivados, a problemática atual do efluente da aquicultura proveniente de sistemas de bioflocos é devido à carga de nutrientes com altas concentrações de fósforo e nitrato. Assim, torna imperativo a condução de pesquisas que visem a reutilização e/ou biorremediação destes efluentes. Neste sentido, alguns trabalhos relatam o uso do efluente de bioflocos na produção de biomassa algal, na complementação da dieta dos organismos cultivados e em sistemas de aquaponia (NETO et al., 2015; KHATOON et al., 2016; ABREU et al., 2016; MAGNOTTI et al., 2016 a, b; PINHO et al., 2017).

Dentro desta conjuntura, o reuso da água proveniente de cultivos em sistema de bioflocos para a produção de alimento vivo (zooplâncton) torna-se uma opção sustentável, tendo o microcrustáceo *Daphnia* como um forte candidato.

Espécies do gênero *Daphnia* são abundantes em ambientes detentores de alta concentração de matéria orgânica (detritos), onde há a proliferação de bactérias, leveduras e microalgas, pois utilizam estes componentes como alimento (TORRENTERA e TACON, 1989; BARRERA et al., 2003). Os efluentes aquícolas em sistema de cultivo bioflocos “Biofloc Technology (BFT)” destacam-se por possuir estas características e ter flocos constituídos principalmente por bactérias, microalgas, fezes, restos de organismos mortos, protozoários, cianobactérias, pequenos metazoários e formas larvais de invertebrados, entre outros (WASIELESKY et al., 2006; BALLESTER et al., 2010). Além disso, os bioflocos são ricos em nutrientes, como: vitaminas e proteínas, apresentando atratividade para o animal cultivado (SILVA et al. 2013), podendo assim ser fonte de alimento também para as *Daphnia*.

Conhecido como “pulga d’água”, esse cladóceros é muito utilizado como opção de alimento vivo na aquicultura, principalmente na piscicultura. Sua biomassa é ofertada às larvas de peixes e crustáceos, bem como indivíduos jovens e adultos, sendo extremamente atrativa devido a sua motilidade e composição nutricional (OCAMPO et al., 2010). Segundo BARRERA et al. (2003), *Daphnia* sp. possui, em matéria seca, um elevado valor protéico (50%) e valores de ácidos graxos da ordem de 20-27%.

Em termos de perfil de aminoácidos, este microcrustáceo apresenta: arginina (10,26%), cistina (1,17%), histidina (2,69%), metionina (3,45%), triptofano (3,62%) e tirosina (4,27%) (TORRENTERA e TACON, 1989) os quais são importantes para o desenvolvimento dos organismos aquáticos. Além disso, atua no aumento da resistência a agentes patogênicos. CHIU et al. (2015) identificou maior resistência em larvas do barramundi (*Lates calcarifer*) a

*Aeromonas hydrophila* quando alimentadas com farinha de *D. similis*, o que pode ser explicada pelas elevadas quantidades de quitosana que as *Daphnia* possuem, como é o caso da *D. longispina* a qual apresenta um avariação de 75-76% de quitosana (KAYA et al., 2014).

Dentre as microalgas ofertadas na dieta de cladóceros, a clorofícea *Chlorella vulgaris*, espécie de água doce, é a mais comum por ser abundante em ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) e constitui-se como uma ótima opção de alimento para *Daphnia* sp., pois aumenta sua resposta imune e proporciona melhoria no seu crescimento, consequentemente uma melhor eficiência produtiva (ALVA-MARTÍNEZ et al., 2004; OTERO et al., 2013).

Dentro deste contexto, este estudo objetivou avaliar o cultivo de *D. similis* utilizando efluente proveniente do cultivo de tilápia em sistema de bioflocos com a adição de *Chlorella vulgaris* na dieta.

## 2 - Revisão de literatura

### 2.1 Sistema de bioflocos

O sistema de bioflocos tem tido grande repercussão no cenário aquícola nacional e mundial. Em ambos os setores da carcinicultura e piscicultura esta nova metodologia de cultivo tem expressado bons resultados produtivos. O sistema de cultivo bioflocos “Biofloc Technology (BFT)” baseia-se em flocos constituídos principalmente por bactérias, microalgas, fezes, exoesqueletos, restos de organismos mortos, protozoários, cianobactérias, pequenos metazoários e formas larvais de invertebrados, entre outros (WASIELESKY et al., 2006; BALLESTER et al., 2010), os quais, são formados pela manipulação de diferentes relações carbono e nitrogênio no sistema, variando de 10 a 20:1, para camarões e peixes cultivados (AVNIMELECH, 2009; KRUMMENAUER et al., 2012; PÉREZ-FUENTES et al., 2016). Além disso, este sistema permite a mínima ou zero troca de água durante o cultivo, o que diminui os gastos com água além da alta produção em pequenas áreas (EMERENCIANO et al., 2017).

Com relação à carcinicultura em bioflocos, EMERENCIANO et al. (2012) compararam o cultivo em bioflocos, com e sem a adição de ração, com o cultivo tradicional em água clara, com adição de ração, na fase berçário e obtiveram como resultados maiores valores de peso final, biomassa final e ganho de peso mesmo no tratamento que utilizaram bioflocos, inferindo que o seu uso pode ser eficiente na substituição de ração e alcance de alta performance animal.

A hipótese do bioflocos servir de alimento para os organismos cultivados também foi testada por KATOON et al. (2016), os quais utilizaram a matéria seca do bioflocos como substituinte da ração comercial (25, 50, 75 e 100%) na criação de pós-larvas de *L.vannamei* e constatou que as pós-larvas alimentadas com 50% bioflocos e 50% ração atingiram maior taxa

de crescimento específico e sobrevivência do que aquelas alimentadas apenas com ração comercial.

Além disso, o biofloco também tem sua atuação não apenas nutricional, mas também na melhoria da resposta imune a agentes patógenos. MIAO et al. (2017) desafiaram com *Aeromonas hydrophila* o camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* cultivados em sistema BFT, mantidos em diferentes relações de carbono e nitrogênio (10 e 20:1), acrescido ou não de probióticos, e como resultados observaram maior resistência, aumento na área de absorção e na microbiota intestinal nos camarões cultivados em bioflocos mais probiótico comparado com os criados em água clara e probiótico. Esta ação de controle de patógenos também foi observado em cultivos integrados em sistema de bioflocos, como relatado por BRITO et al. (2016). Neste trabalho, *L.vannamei* cultivados em sistema de bioflocos juntamente com a macroalga *Gracilaria birdiae* atingiram maior crescimento, rendimento e proteína bruta, sendo observado também uma redução na concentração de *Vibrio*.

Em paralelo, na piscicultura, em particular na produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), o uso do bioflocos resultou em sobrevivência e biomassa final de aproximadamente 95% e  $18 \text{ kg.m}^{-3}$ , respectivamente em uma relação C:N de 10:1 (PÉREZ-FUENTES et al., 2016). DAY et al. (2016) também obtiveram resultados interessantes quando compararam o crescimento de três diferentes espécies de tilápia (*O. niloticus*, *O. mossambicus* e *O. andersonii*) em biofloco, tendo como a mais indicada para o cultivo em BFT a *O. niloticus* devido às melhores taxas de crescimento específico ( $0,693 \pm 0,018 \text{ g.dia}^{-1}$ ) e menor valor da taxa de conversão alimentar  $1,01 \pm 0,05$ .

AHMAD et al. (2016) observaram também melhor resposta imunológica em indivíduos de *Labeo rohita* cultivados em sistema de bioflocos tendo como fonte de carbono a tapioca durante 60 dias e posteriormente desafiados com *A. hydrophila*.



## 2.2 Diferentes formas do reuso do biofloco

A preocupação com o destino final do efluente de cultivos aquícolas em sistema de bioflocos já é algo atual devido a grande carga de nutrientes, principalmente nitrato e o fósforo. Assim, pesquisas recentes já relatam o uso do efluente de bioflocos na produção de biomassa algal, na complementação da dieta de organismos cultivados e em sistemas de aquaponia (NETO et al., 2015; KHATOON et al., 2016; ABREU et al., 2016; MAGNOTTI et al., 2016 a, b; PINHO et al., 2017).

MAGNOTTI et al. (2016, b) utilizaram o efluente do cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos para a produção de biomassa microalgal (*Chaetoceros muelleri*, *Nannochloropsis oculata* e *Tetraselmis chuii*) e posterior oferta dessa biomassa produzida para a alimentação de *Artemia franciscana*. Além da produção da biomassa, relataram também a redução do nitrato variando de 87 a 85% para as microalgas *T. chuii* e *N. oculata*, respectivamente. Similarmente, ABREU et al. (2016) utilizando o resíduo sólido de biofloco como substituinte do meio de cultura da microalga *Navicula* sp. obtiveram resultados similares ao cultivo apenas com o meio de cultura Conway utilizado tradicionalmente no cultivo dessa espécie.

NETO et al. (2015) avaliaram a digestibilidade da farinha de biofloco, proveniente de cultivos de peixe e camarão, como suplemento alimentar à ração de *Litopenaeus vannamei* e observaram que houve promoção do crescimento dos animais que foram alimentados com adição de farinha de biofloco proveniente de cultivo de camarão. Resultados semelhantes foram encontrados por KHATOON et al. (2016).

Outra importante forma de agregar renda, tratar e/ou reaproveitar os efluentes da aquicultura em sistema de bioflocos é através da aquaponia. Três variedades de alface *Lactuca sativa* foram cultivadas em aquaponia utilizando efluente de cultivo de tilápia em BFT e foi

constatado que a aquaponia utilizando efluente de bioflocos proporcionou melhor crescimento dos alfaces do que o sistema de aquaponia tradicional em água clara (PINHO et al., 2017). Assim, pesquisas que visem a aplicabilidade do uso do efluente da aquicultura em sistema de bioflocos são de grande valia não só para o produtor na agregação de renda mas também para o meio ambiente.

### 2.3 *Daphnia*

O zooplâncton realiza um importante papel de ligamento entre as cadeias tróficas de diversos nichos ecológicos. Nos viveiros de aquicultura sua importância é de extrema relevância como alimento natural modificando a comunidade até o organismo de maior nível trófico até a produtividade de camarão ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$ ) dos cultivos (ABU HENA e HISHAMUDDIN, 2014). Dentre os grupos zooplantônicos em corpos hídricos de água doce se destacam os cladóceros, principalmente os dafinídeos, devido sua posição como um dos principais consumidores primários (CARPENTER et al., 1987).

O gênero *Daphnia* é formado por microcrustáceos pertencentes à classe Cladocera, conhecidos popularmente como “pulgas d’água”. Esse nome não é apenas relacionado ao seu tamanho, mas também ao seu movimento saltitante na água (HOFF e SNELL, 2004). São abundantes em ambientes detentores de alta concentração de matéria orgânica (detritos), onde há a proliferação de bactérias, leveduras e microalgas, pois utilizam estes componentes como alimento (TORRENTERA e TACON, 1989; BARRERA et al. 2003).

O ciclo de vida de *Daphnia* pode ser assexuado (ciclo partenogenético) ou sexuado, dependendo das condições ambientais. Assim, sob condições favoráveis (oferta de alimento, temperatura, pH, fotoperíodo entre outras variáveis) a população de *Daphnia* assume reprodução assexuada por partenogênese, ou seja, populações todas fêmeas; porém sob

condições desfavoráveis, a população assume a reprodução sexuada com formação de indivíduos machos (EBERT, 2005).

Na aquicultura, os dafinídeos, como são conhecidos as espécies do gênero *Daphnia*, são importantes fontes de alimento vivo, porém, podem também ser aplicadas na realização de testes toxicológicos (crônicos e agudos) e tratamentos de efluentes.

Como alimento vivo, espécies do gênero *Daphnia* têm sido ofertadas principalmente para diferentes espécies de peixes na fase larval ou até mesmo na fase juvenil (FEREIDOUNI et al., 2013; CUEVAS-URIBE e MIMS, 2014; CHIU et al., 2015; LJUBOBRATOVIC et al., 2016).

Uma função importante da oferta do zooplâncton como alimento vivo é justamente a possibilidade de enriquecimento destes organismos e a transferência das propriedades lipídicas, vitamínicas e proteicas para os organismos cultivados por meio de via oral, ou seja, pela ingestão, uma vez que são organismos filtradores. FEREIDOUNI et al. (2013) enriqueceram *D. magna* com óleo de canola e as ofertaram às larvas de peixe *Rutilus frisii kutum*. Eles concluíram que as larvas que receberam as *D. magna* enriquecidas obtiveram melhor taxa de crescimento específico e sobrevivência em relação aquelas que receberam *D. magna* não enriquecidas. Semelhantemente, FALLAHI et al. (2011) alimentando larvas de *Rutilus frisii kutum* com *D. magna* enriquecida com diferentes dosagens de vitaminas do complexo B obtiveram melhor taxa de crescimento específico e ganho de peso corporal em relação as não enriquecidas.

Além da vantagem de enriquecimento, a oferta de *Daphnia* como alimento vivo também pode trazer benefícios quanto à resposta imunológica e resistência a doenças dos organismos cultivados. Isso foi observado por CHIU et al. (2015) ao ministrarem farinha de *D. similis* (5% e 10% da ração formulada) para barramundi (*Lates calcarifer*) (~0,2g) durante

42 dias, seguido de desafio com *Aeromonas hydrophila*. Neste trabalho, concluíram que os peixes alimentados a 5% de *D. similis* na dieta obtiveram maior porcentagem de sobrevivência e resposta imune à *Aeromonas hydrophila* do que aquelas não alimentadas com *D. similis*.

Para se produzir *Daphnia*, é preciso primeiramente saber que alguns fatores são influenciadores para a aquisição de uma maior ou menor biomassa, seja por diferentes opções de dietas de microalgas e leveduras para adquirir um melhor desempenho reprodutivo no cultivo, ou pela manipulação de variáveis ambientais como temperatura, pH, fotoperíodo e compostos nitrogenados e fosfatados (DEMOTT et al., 2001; OCAMPO et al., 2010; OTERO et al., 2013; MENG et al., 2014, SIKORA et al., 2014; PARAY e AL-SADOON 2016).

Observando o efeito da dieta no cultivo de *Daphnia*, as opções mais frequentes são as algas verdes, cianobactérias e leveduras. OTERO et al. (2013) cultivando os cladóceros *Diaphanosoma* sp. e *Alona* sp. em sistema tradicional conseguiram densidades máximas de  $550 \pm 500 \text{ org.L}^{-1}$  e  $383 \pm 200 \text{ org.L}^{-1}$ , respectivamente, combinando a dieta de microalga *Chlorella vulgaris* e a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Assim como OCAMPO et al. (2010) que obtiveram densidades máximas de  $820 \pm 9,57 \text{ org.L}^{-1}$  no cultivo de *D. magna* alimentada com levedura e farelos de soja e aveia com máximos taxa de crescimento específico (TCE), tempo de duplicação (TD) e rendimento (R) de  $0,258 \pm 0,001 \text{ .dia}^{-1}$ ,  $2,69 \pm 0,01 \text{ dia}$  e  $70 \text{ org.L}^{-1} \text{ .dia}^{-1}$ , respectivamente.

ALCÁNTARA-AZUARA et al. (2014) cultivando *D. pulex* sob diferentes dietas de microalgas verdes *Sphaerocystis* sp., *C. vulgaris* e *Haematococcus pluvialis* obtiveram, respectivamente, densidades de  $1309 \pm 24 \text{ org.L}^{-1}$ ,  $1395 \pm 24 \text{ org.L}^{-1}$  e  $1933 \pm 60 \text{ org.L}^{-1}$ . Já FU et al. (2017) obtiveram melhor taxa de crescimento em *D. magna* com o mix da

cianobactéria *Oscillatoria* sp. e a microalga verde *Scenedesmus obliquus* como dieta alimentar.

As *Daphnia* também atuam sobre comunidades bacterianas bem como de alguma forma são dependentes delas. Determinadas bactérias atuam simbioticamente no aumento da taxa reprodutiva de espécies de *Daphnia* como as pertencentes ao grupo *Proteobacteria* provavelmente também atuando na nutrição desses cladóceros (QI et al., 2009; PEERAKIETKHAJORN et al., 2015, 2016).

Além disso, as variáveis como temperatura, fotoperíodo e o fósforo presente na água regulam as flutuações de *Daphnia* bem como tem efeito sobre a eclosão de ovos de resistência nesses organismos. PAES et al. (2016) observaram que a ausência de luz mais a exposição a altas temperaturas (32°C) possuem negativa influência sobre a eclosão de ovos de resistência de *Daphnia* spp. Já MENG et al. (2014) relataram que as altas concentrações de fósforo aumenta as densidades populacionais e o comprimento do corpo e, diminui o tempo de maturação de *D. similoides*, porém concentrações menores que 1 mg.L<sup>-1</sup> induzem a formação de efípios (machos) no cultivo.

Quanto às metodologias de cultivo, os melhores resultados reportados estão relacionados à utilização de esterco de aves no cultivo. Altas concentrações de *D. carinata* (4660 ± 523 org.L<sup>-1</sup>) foram atingidas ao nono dia de cultivo decaindo nos demais dias, em um total de 21 dias de produção utilizando esterco de galinha (PARAY e AL-SADOON, 2016). Resultados ainda mais impressionantes foram observados no cultivo de *D. magna* usando diferentes fontes de esterco animal (galinha, bode e codorna) fermentadas por bactérias probióticas (*Lactobacillus casei* e *Saccharomyces cerevisiae*) onde as melhores densidades foram observadas com a utilização de esterco de galinha (2111788,9 org.L<sup>-1</sup>) (HERAWATI et al., 2017).

Em termos de ensaios de toxicidade, as espécies do gênero são amplamente utilizadas. Muitos dos ensaios são realizados para a indústria farmacêutica, para fins de determinação de toxicidade de determinadas drogas, bem como para a investigação ecológica do grau de ação de contaminantes orgânicos e inorgânicos sobre a comunidade aquática.

DING et al. (2017) utilizaram a *D. magna* para determinar os efeitos bioquímico e fisiológico do antidepressivo fluoxetina e constataram que os indivíduos de *D. magna* podem acumular essa droga bem como produzir perturbações bioquímicas e fisiológicas. Já CUNHA et al. (2016) também utilizando *Daphnia* observaram a reação de contraceptivos sobre esses indivíduos e relataram que ocorre a redução no número de neonatos por fêmea.

Já no ponto de vista ecológico, vários trabalhos relatam a ação de contaminantes sobre a comunidade do cladóceros *Daphnia* ampliando assim para a comunidade zooplânctônica (PUERARI et al., 2016; SANCHÍS et al., 2016; SANCHO et al., 2016; SENGUPTA et al., 2016). WOLF et al. (2017) detectaram que a radiação de ondas curtas e as concentrações de carbono dissolvido na água possuem grande efeito na expressão genômica da biota pelágica utilizando entre os testes, a *D. magna* como representante do zooplâncton. Já DÍAZ-GARDUÑO et al. (2017) observaram que entre os contaminantes industriais, hospitalares e domésticos, os relacionados a tonalidades, fragrâncias e antibióticos foram os mais persistentes e danosos contra as espécies de *Daphnia*.

Em relação ao efeito biorremediador de efluentes, poucos trabalhos são relacionados à produção de *Daphnia*. DEMOTT (1982) relata que a *Daphnia* é capaz de filtrar partículas que variam de 0,5 a 40 µm de tamanho. PAU et al. (2013) testaram o papel de *Daphnia* como biorremediador em tratamento terciário de efluentes e verificaram que a redução de 2,5 a 39% dos sólidos foi relacionado à população de *Daphnia* no sistema de tratamento quando as densidades chegaram a uma concentração que variou de 5 a 100 ind.L<sup>-1</sup>.

### 3- Referências bibliográficas

ABREU, J. L.; BRITO, L. O.; MORAES, L. B. S.; SILVA, D. L. B.; BARBOSA, S. M. S, GÁLVEZ, A. O. Utilização do resíduo sólido de cultivo de camarão em sistema de bioflocos para produção da microalga *Navicula* sp. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.42, n. 4, p. 780-790, 2016.

ABU HENA, M. K. e HISHAMUDDIN, O. Food selection preference of different ages and sizes of black tiger shrimp, *Penaeus monodon* Fabricius, in tropical aquaculture ponds in Malaysia. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 22, p. 6153-6159, 2012.

AHMAD, I. H.; VERMA, A. K.; RANI, A. M. B.; RATHORE, G.; SAHARAN, N.; GORA, A. H. Growth, non-specific immunity and disease resistance of *Labeo rohita* against *Aeromonas hydrophila* in biofloc system using different carbon sources. **Aquaculture**, v. 457, p. 61-67, 2016.

ALCÁNTARA-AZUARA, A. K.; CONTRERAS-RODRÍGUEZ, A. I.; REYES-ARROYO, N.E.; CASTRO-MEJÍA, J.; CASTAÑEDA-TRINIDAD, H.; CASTRO MEJÍA, G.; OCAMPO-CERVANTES, J. A. Comparación de la densidad poblacional de *Daphnia pulex* Müller, 1785 en cultivos de laboratorio alimentadas con tres microalgas verdes unicelulares (*Sphaerocystis* sp., *Chlorella vulgaris* y *Haematococcus pluvialis*). **Revista Digital del Departamento**, v. 1, n. 5, p. 18-25, 2014.

ALVA-MARTÍNEZ A; SARMA S.S.S.; NANDINI S. Population growth *Daphnia pulex* (Cladocera) on mixed diet (*Microcystis aeruginosa* with *Chlorella* or *Scenedesmus*). **Crustaceana**, v.77, p.973-988, 2004.

AVNIMELECH Y. **Biofloc Technology – A Practical Guide Book**. The world Aquaculture Society, Baton Rouge, 2009.

BALLESTER, L.C.; ABREU, P.C; CAVALLI, R.O; EMERENCIANO, M; ABREU, L.; WASIELESKY, W. J. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, v.16, n. 2, p.163–172, 2010.

BARRERA, T. C.; ANDRADE, R. L.; CASTRO, G.; MEJÍA; MEJÍA, J. C.; SÁNCHEZ, A. M. Alimento vivo em la acuicultura. **ContactoS**, v 48, p. 27-33, 2003.

BRITO, L. O; CHAGAS, A. M.; SILVA, E. P.; SOARES, R. B.; SEVERI, W.; GÁLVEZ, A.O. Water quality, *Vibrio* density and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with red seaweed *Gracilaria birdiae* (Greville). **Aquaculture Research**, v.47, p. 940-950, 2016.

CARPENTER, S. R.; KITCHELL, J. F.; HODGSON, J.R.; COCHRAN, P.A.; ELSER, J.J., ELSER, M.M.; LODGE, D.M.; KRETCHMER, D.; HE, X.; VON ENDE, C.N. Regulation of lake primary productivity by food web structure. **Ecology**, v. 68, n. 6, p. 1863-1876, 1987.

CHIU, S. T.; SHIU, Y.L.; WU, T. M.; LIN, Y.S.; LIU, C. H. Improvement in non-specific immunity and disease resistance of barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch), by diets containing *Daphnia similis* meal. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 44, p. 172-179, 2015.

CUEVAS-URIBE, R. e MIMS, S. Investigation in reuse of decommissioned wastewater facility and reclaimed water for culturing paddlefish fingerlings. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.45, n. 3, p. 322-332, 2014.

CUNHA, L.C.; SILVA, S.M.C.; BILA, D.M.; OLIVEIRA, J.L.M.; SARCINELLI, P.N.; LARENTIS, A.L. Regulation of the synthetic estrogen 17 $\alpha$ -ethinylestradiol in water bodies in Europe, the United States, and Brazil. **Cad. Saúde Pública**, v. 32, n. 3, p. 1-12, 2016.

DAY, S. B.; SALIE, K.; STANDER, H. B. A growth comparison among three commercial tilapia species in a biofloc system. **Aquaculture International**, v. 24, p. 1309-1322, 2016.

DEMOTT, W. R. Feeding selectivities and relative ingestion rates of *Daphnia* and *Bosmina*. **Limnology and Oceanography**, v. 27, n. 3, p. 518-527, 1982.

DEMOTT, W. R.; GULATI, R.D.; VAN DONK, E.; Effects of dietary phosphorus deficiency on the abundance, phosphorus balance, and growth of *Daphnia cucullata* in three hypereutrophic Dutch lakes. **Limnology and Oceanography**., v. 46, n. 8, p. 1871-1880, 2001.

DÍAZ-GARDUÑO, B.; PINTADO-HERRERA, M.G.; BIEL-MAESO, M.; RUEDA-MÁRQUEZ, J. J.; LARA-MARTÍN, P.A.; PERELES, J. A.; MANZANO, M. A.; GARRIDO-



PÉREZ, C.; MARTÍN-DÍAZ, M. L. Environmental risk assessment of effluents as a whole emerging contaminant: Efficiency of alternative tertiary treatments for wastewater depuration. **Water Research**, v.119, p. 136-149, 2017.

DING, J.; ZOU, H.; LIU, Q.; ZHANG, S.; RAZANAJATOVO, R. M. Bioconcentration of the antidepressant fluoxetine and its effects on the physiological and biochemical status in *Daphnia magna*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.142, p. 102-109, 2017.

EBERT, D. **Ecology, epidemiology and evolution of parasitism in *Daphnia***. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information, 2005. 110 p.

EKASARI, J.; SUPRAYUDI, M. A.; WIYOTO, W.; HAZANAH, R. F.; LENGGARA, G. S.; SULISTIANI, R.; ALKAHFI, M.; ZAIRIN JR, M. Biofloc technology application in African catfish fingerling production: The effects on the reproductive performance of broodstock and the quality of eggs and larvae. **Aquaculture**, v. 464, p. 349-356, 2016.

EMERENCIANO, M. G. C.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MIRANDA-BAEZA, A. Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture, Water Quality, Prof. Hlanganani Tutu (Ed.), **InTech**, DOI: 10.5772/66416. p. 91-109, 2017.

EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E. L. C.; CAVALLI, R.; WASIELESKY, W. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). **Aquaculture Research**, v. 43, p.447-457, 2012.

ESPARZA – LEAL, H. M.; XAVIER, J. A. A.; WASIELESKY JR, W. Performance of *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in indoor nursery tanks under biofloc conditions at different salinities and zero-water exchange. **Aquaculture International**, v. 24, p. 1435-1447, 2016.

FALLAHI, M.; AZARI TAKAMI, G.; VOSSOUGH, G. H.; MASHINCHIAN, A.; MEHDIPOUR, N. Effects of *Daphnia magna* fed with B group vitamins-enriched *Chlorella* sp. and *Scenedesmus obliquus* on the growth rate of *Rutilus frisii kutum* fry. **International Journal Environmental Research**, v.5, n. 3, p. 763-768, 2011.

FEREIDOUNI, A.E.; FATHI, N.; KHALESİ, M.K. Enrichment of *Daphnia magna* with Canola Oil and its Effects on the Growth, Survival and Stress Resistance of the Caspian Kutum (*Rutilus frisii kutum*) Larvae. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 13, p. 119-126, 2013.

FU, H.; XU, J.; XIAO, E.; HE, F.; XU, P.; ZHOU, Q.; WU, Z. Application of dual stable isotopes in investigating the utilization of two wild dominant filamentous algae as food sources for *Daphnia magna*. **Journal of Freshwater Ecology**, v. 32, n.1, p. 339-351, 2017.

GREEN, B.W.; SCHRADER, K.K.; PERSCHBACHER, P.W. Effect of stocking biomass on solids, phytoplankton communities, common off-flavors, and production parameters in a channel catfish biofloc technology production system. **Aquaculture Research**, v.45, p.1442-1458, 2014.

HERAWATI, V. E.; NUGROHO, R.A.P.; HUTABARAT, J. Nutritional value content, biomass production and growth performance of *Daphnia magna* cultured with different animal wastes resulted from probiotic bacteria fermentation. **IOP Conference Ser Earth Environmental Science**, v. 55, p.1-10, 2017.

HOFF, F.H. E SNELL, T.W. **Plankton culture manual**. Horida Aqua Farms, Inc., 6th Ed.DC, Florida, USA, 2004. 181 p.

HUANG, J.; YANG, Q.; MA, Z.; ZHOU, F.; YANG, L.; DENG, J.; JIANG, S. Effects of adding sucrose on *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798) growth performance and water quality in a biofloc system. **Aquaculture Research**, v. 48, p. 2316-2327, 2017.

KAYA, M.; CAKMAK, Y.S.; BARAN, T.; ASAN-OZUSAGLAM, M.; MENTES, A.; TOZAK, K. O. New chitin, chitosan, and O-carboxymethyl chitosan sources from resting eggs of *Daphnia longispina* (Crustacea); with physicochemical characterization, and antimicrobial and antioxidant activities. **Biotechnol Bioproc Eng**, v.19, p.58-69, 2014

KHATOON, H.; BENERJEE, S.; YUAN, T.G.; HARIS, N.; IKHWANUDDIN, M.; AMBAK, M.A.; ENDUT, A. Biofloc as a potential natural feed for shrimp postlarvae. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 113, p. 304-309, 2016.

KRUMMENAUER, D.; SEIFERT JR., C. A.; POERSCH, L. H.; FOES, G. K.; LARA, G. R.; WASIELESKY JR., W. Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: análise de reutilização da água. **Atlântica**, v. 34, n. 2, p. 103-111, 2012.

LJUBOBRATOVIC, U.; KUCSKA, B.; SÁNDOR, Z.; PETRI, A.; RÓNYAI, A. Effects of stocking density, feeding technique and vitamin C supplementation on the habituation on dry feed of pikeperch (*Sander lucioperca*) pond reared juveniles. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**. v. 15, n. 4, p. 1337-1347, 2016.

MAGNOTTI, C.; LOPES, R.; DERNER, R.; VINATEA, L. Using residual water from a marine shrimp farming BFT system. part I: nutrient removal and marine microalgae biomass production. **Aquaculture Research**, v.47, p. 2435-2443, 2016.

MAGNOTTI, C.; LOPES, R.; DERNER, R.; VINATEA, L. Using residual water from a marine shrimp farming BFT system. Part II: *Artemia franciscana* biomass production fed microalgae grown in reused BFT water. **Aquaculture Research**, v. 47, p. 2716-2722, 2016.

MENG, M.; DENG, D.; ZHANG, X.; GE, Q.; ZHANG, K. The influence of phosphorus concentration on the population dynamics and resting egg formation of two cladocerans. **Journal of Freshwater Ecology**, v. 29, n. 3, p. 387-396, 2014.

MIAO, S.; ZHU, J.; ZHAO, C.; SUN, L.; ZHANG, X.; CHEN, G. Effects of C/N ratio control combined with probiotics on the immune response, disease resistance, intestinal microbiota and morphology of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). **Aquaculture**, v. 476, p. 125-133, 2017.

NETO, H. S.; SANTAELLA, S. T.; NUNES, A. J. P. Bioavailability of crude protein and lipid from biofloc meals produced in an activated sludge system for white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, n. 8, p. 269-275, 2015.

OCAMPO, L. E.; BOTERO, M. C.; RESTREPO, L. F. Evaluación del crecimiento de um cultivo de *Daphnia magna* alimentado com *Saccharomyces cerevisiae* y um enriquecimiento com avena soya. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**. v. 23, p. 75-78, 2010.

OTERO, A. P.; MUÑOZ, M.P.; MEDINA-ROBLES, V.; CRUZ-CASALLAS, P. Efecto del alimento sobre variables productivas de dos especies de Cladóceros bajo condiciones de laboratorio. **Revista MVZ Córdoba**, v.18, p. 3642-3647, 2013.

PAES, T.A.S.V.; RIETZLER, A.C.; PUJONI, D.G.F.; MAIA-BARBOSA, P.M. High temperatures and absence of light affect the hatching of resting eggs of *Daphnia* in the tropics. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, n.1, p. 179-186, 2016.

PARAY, B. A. e AL-SADOON, M.K. Utilization of organic manure for culture of cladocerans, *Daphnia carinata*, *Ceriodaphnia carinata* e copepod, *Thermocyclops decipiens* under laboratory conditions. **Indian Journal of Geo-Marine Sciences**, v. 45, n. 3, p. 399-404, 2016.

PAU, C.; SERRA, T.; COLOMER, J.; CASAMITJANA, X.; SALA, L.; KAMPF, R. Filtering capacity of *Daphnia magna* on sludge particles in treated wastewater. **Water Research**, v. 47, p. 181-186, 2013.

PEERAKIETKHAJORN, S.; TSUKUDA, K.; KATO, Y.; MATSUURA, T.; WATANABE, H. Symbiotic bacteria contribute to increasing the population size of a freshwater crustacean, *Daphnia magna*. **Environmental Microbiology Reports**, v. 7, n.2, p. 364-372, 2015.

PEERAKIETKHAJORN, S.; KATO, Y.; KASALICKY, V.; MATSUURA, T.; WATANABE, H. Betaproteobacteria *Limnohabitans* strains increase fecundity in the crustacean *Daphnia magna*: symbiotic relationship between major bacterioplankton and zooplankton in freshwater ecosystem. **Environmental Microbiology**, v. 18, n. 8, p. 2366 – 2374, 2016.

PÉREZ-FUENTES, J.A.; HERNÁNDEZ-VERGARA, M. P.; PÉREZ-ROSTRO, C. I.; FOGEL, I. C:N ratios affect nitrogen removal and production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised in a biofloc system under high density cultivation. **Aquaculture**, v. 452, p. 247-251, 2016.

PINHO, S. M.; MOLINARI, D.; MELLO, G.L.; FITZSIMMONS, K. M.; EMERENCIANO, M.G.C. Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the aquaponics production of different lettuce varieties. **Ecological Engineering**, v. 103, p. 146-153, 2017.

PUERARI, R.C.; COSTA, C.H.; VICENTINI, D. S.; FUZINATTO, C.F.; MELEGARI, S.P.; SCHMIDT, E. C.; BOUZON, Z. L.; MATIAS, W. G. Synthesis, characterization and toxicological evaluation of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles using *Daphnia magna* and *Aliivibrio fischeri*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 128, p. 36-43, 2016.

QI, W.; NONG, G.; PRESTON, J.F.; BEN-AMI, F.; EBERT, D. Comparative metagenomics of *Daphnia* symbionts. **BMC Genomics**, v. 10, p.1-21, 2009.

SANCHÍS, J.; OLMOS, M.; VINCENT, P.; FARRÉ, M.; BARCELÓ, D. New Insights on the Influence of Organic Co-Contaminants on the Aquatic Toxicology of Carbon Nanomaterials. **Environmental Science & Technology**, v.50, p. 961-969, 2016.

SANCHO, E.; VILLARROEL, M. J.; FERRANDO, M.D. Assessment of chronic effects of tebuconazole on survival, reproduction and growth of *Daphnia magna* after different exposure times. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 124, p. 10-17, 2016.

SENGUPTA, N.; GERARD, P.D.; BALDWIN, W.S. Perturbations in polar lipids, starvation survival and reproduction following exposure to unsaturated fatty acids or environmental toxicants in *Daphnia magna*. **Chemosphere**, v. 144, p. 2302-2311, 2016.

SIKORA, A. B.; DAWIDOWICZ, P.; ELERT, E. *Daphnia* fed algal food grown at elevated temperature have reduced fitness. **Journal of Limnology**, v. 73, n. 3, p. 421-427, 2014.

SILVA, A. F.; LARA, G. R.; BALLESTER, E. C.; KRUMENNAUER, D.; ABREU, P. C.; WASIELESKY JR, W. Efeito das altas densidades de estocagem no crescimento e sobrevivência de *Litopenaeus vannamei* na fase final de engorda, cultivados em sistema de bioflocos (BFT). **Ciência animal brasileira**, v.14, n.3, p. 279-287, 2013.

TORRENTERA, L. E TACON, A. **La producción de alimento vivo y su importância em acuicultura: Uma diagnosis**. FAO – Italia. 1989.

WASIELESKY, W.J.; EMERECIANO, M.; BALLESTER, E. L. C.; SOARES, R.; CAVALLI, R. O.; ABREU, P. C. Flocos microbianos: O cultivo com troca zero de água. **Panorama da Aquicultura**, v. 96. p. 14-31, 2006.

WOLF, R.; ANDERSEN, T.; HESSEN, D.O.; HYLLAND, K. The influence of dissolved organic carbon and ultraviolet radiation on the genomic integrity of *Daphnia magna*. **Functional Ecology**, v. 31, p. 848-855, 2017.

XU, W.J.; MORRIS, T.C.; SAMOCHA, T.M. Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. **Aquaculture**, v. 453, p. 169-175, 2016.

ZHANG, N.; LUO, G.; TAN, H.; LIU, W.; HOU, Z. Growth, digestive enzyme activity and welfare of tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in a biofloc-based system with poly- $\beta$ -hydroxybutyric as a carbon source. **Aquaculture**, v. 464, p. 710-717, 2016.

#### 4- Artigo científico

Artigo científico a ser encaminhado à Revista Aquaculture  
Research

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).





15 **RESUMO**

16 Esta pesquisa objetivou avaliar o crescimento de *Daphnia similis* utilizando água proveniente  
17 do cultivo de tilápia em sistema de bioflocos com relação carboidrato:nitrogênio de 12:1.  
18 Durante 30 dias, três tratamentos: cultivo da *D. similis* em água clara com adição de *Chlorella*  
19 *vulgaris* (DACC) e cultivo de *D. similis* utilizando a água do bioflocos com e sem adição de  
20 *C. vulgaris* (DBC e DB, respectivamente) foram dispostos inteiramente ao acaso com cinco  
21 réplicas cada em tanques de 20L e com densidade de estocagem de 9 org.L<sup>-1</sup>. Variáveis físico-  
22 químicas e de crescimento: taxa de crescimento específico (TCE), tempo de duplicação (TD),  
23 densidade média máxima (DMX), dia de máxima densidade (DMD) e rendimento (R) foram  
24 analisadas. Os valores de temperatura demonstraram correlação positiva significativa (p<0,05)  
25 com as flutuações nas densidades de *D. similis* nos tratamentos DACC e DB. Diferenças  
26 estatísticas (p<0,05) foram encontradas para as variáveis TCE, TD, DMX e R entre os  
27 tratamentos, no qual o DBC atingiu um R de 1065,8 ± 313,3 org.L<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> e uma DMX 800%  
28 superior ao DACC. Assim, o uso da água de cultivo de tilápia em sistema de bioflocos para o  
29 crescimento de *D. similis* apresentou uma alternativa promissora na produção de alimento  
30 vivo na aquicultura.

31

32 Palavras-chave: BFT, *Oreochromis niloticus*, alimento vivo, *Chlorella vulgaris*, cladócero.

33

34 ***Daphnia similis* Claus, 1876 (Crustacea, Cladocera) GROWTH BY WATER REUSE**  
35 **FROM NILE TILAPIA FARMING IN BIOFLOC SYSTEM**

36

37 **ABSTRACT**

38 This research aimed assesses the *Daphnia similis* growth using wastewater from tilapia  
39 farming in biofloc system with carbohydrate:nitrogen ratio of 12:1. During 30 days, three  
40 treatments: *D. similis* culture in clear water with the addition of *Chlorella vulgaris* (DACC)  
41 and *D. similis* culture using the biofloc water with and without *C. vulgaris* addition (DBC and  
42 DB, respectively) were conducted entirely at random with five replicates each using 20L tanks  
43 and stocking density of 9 org.L<sup>-1</sup>. Both physical-chemical and growth variables as specific  
44 growth rate (SGR), duplication time (DT), maximum mean density (MXD) and yield (Y)  
45 were analyzed. Temperature values showed significant positive correlation (P<0.05) with the  
46 densities changes of *D. similis* at DACC and DB. Statistic differences (P<0.05) were found to  
47 SGR, DT, MXD and Y among the treatments, in that DBC achieved a Y of 1,065.8 ± 313.3  
48 org.L<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup> and a MXD 800% higher than DACC treatment. Thus, the reuse of water from  
49 tilapia farming in biofloc system in *Daphnia similis* culture showed a promising alternative to  
50 live food production in the aquaculture.

51

52 **Keywords:** BFT, *Oreochromis niloticus* , live food, *Chlorella vulgaris*, cladoceran.

53

54

## 55 INTRODUÇÃO

56 A aquicultura em sistemas de bioflocos tem apresentado resultados de produção  
57 positivos tanto no cultivo de camarões (*Litopenaeus vannamei*, *Penaeus monodon*,  
58 *Farfantepenaeus brasiliensis*, *Macrobrachium rosenbergii*) (Emerenciano, Ballester, Cavalli  
59 & Wasielesky 2012; Esparza-Leal, Xavier & Wasielesky Jr 2016; Khatoon *et al.* 2016; Xu,  
60 Morris & Samocha 2016; Huang *et al.* 2017; Miao *et al.* 2017) como no cultivo de peixes  
61 (*Oreochromis niloticus*, *Ictalurus punctatus*, *Clarias gariepinus*, *Labeo rohita*) (Green,  
62 Schrader & Perschbacher 2014; Ahmad *et al.* 2016; Day, Salie & Stander 2016; Ekasari *et al.*  
63 2016).

64 Seguindo esta mesma tendência, o cultivo de tilápia (*O. niloticus*) em sistema de  
65 bioflocos tem demonstrado bons resultados em termos de crescimento e sobrevivência destes  
66 organismos. Segundo Pérez-Fuentes, Hernández-Vergara, Pérez-Rostro & Fogel (2016) pode-  
67 se atingir produtividade de 18 kg.m<sup>-3</sup> de tilápia com elevada sobrevivência (95%) em sistemas  
68 de bioflocos adotando uma relação C:N de 10:1. Esta produtividade pode ser ainda mais  
69 ampliada (37,93 kg.m<sup>-3</sup>) quando utiliza-se o poli-β-hidroxibutírico como fonte de carbono  
70 orgânico (Zhang, Luo, Tan, Liu & Hou 2016).

71 Apesar dos excelentes resultados produtivos dos organismos cultivados, a  
72 problemática atual do efluente da aquicultura proveniente em sistemas de bioflocos é devido à  
73 carga de nutrientes com altas concentrações de fósforo e nitrato. Assim, torna-se imperativo a  
74 condução de pesquisas que visem a reutilização e/ou biorremediação desses efluentes.  
75 Trabalhos já relatam o uso do efluente de bioflocos na produção de biomassa algal, na  
76 complementação da dieta dos organismos cultivados e em sistemas de aquaponia (Sabry Neto,  
77 Santaella & Nunes 2015; De Abreu *et al.* 2016; Khatoon *et al.* 2016; Magnotti, Lopes, Derner  
78 & Vinatea 2015 a, b; Pinho, Molinari, Mello, Fizesimmons & Emerenciano 2017).

79 Dentro desta conjuntura, o reuso da água proveniente de cultivos em sistema de  
80 bioflocos para a produção de alimento vivo (zooplâncton) torna-se uma opção sustentável,  
81 tendo o microcrustáceo *Daphnia* como um forte candidato. Conhecido como “pulga d’água”,  
82 esse cladóceros é muito utilizado como opção de alimento vivo na aquicultura, principalmente  
83 na piscicultura de água doce. Sua biomassa é ofertada às larvas de peixes e crustáceos, bem  
84 como indivíduos jovens e adultos, sendo extremamente atrativa devido a sua motilidade e  
85 composição nutricional (Ocampo, Botero & Restrepo 2010). Segundo Barrera, De Lara

86 Andrade, Mejía, Castro Mejía & Malpica Sánchez (2003), *Daphnia* sp., em matéria seca,  
87 possui um elevado valor proteico (50%) e valores de ácidos graxos da ordem de 20-27%.

88 Em termos de perfil de aminoácidos, este microcrustáceo apresenta: arginina  
89 (10,26%), cistina (1,17%), histidina (2,69%), metionina (3,45%), triptofano (3,62%) e tirosina  
90 (4,27%) (Torretera & Tacon 1989) os quais são importantes para o desenvolvimento dos  
91 organismos aquáticos. Além disso, atua no aumento da resistência a agentes patógenos. Chiu,  
92 Shiu, Wu, Lin & Liu (2015) identificou maior resistência em larvas de *Lates calcarifer* a  
93 *Aeromonas hydrophila* quando alimentadas com farinha de *Daphnia similis* (50 e 100 g.kg<sup>-1</sup>)  
94 o que pode ser explicada pelas elevadas quantidades de quitosana que elas possuem, como é o  
95 caso da *D. longispina* a qual apresenta uma variação de 75-76% de quitosana (Kaya *et al.*  
96 2014).

97 Espécies do gênero *Daphnia* são abundantes em ambientes detentores de alta  
98 concentração de matéria orgânica (detritos), onde há a proliferação de bactérias, leveduras e  
99 microalgas, pois utilizam estes componentes como alimento (Torretera & Tacon 1989;  
100 Barrera *et al.* 2003). O sistema de cultivo em bioflocos “Biofloc Technology (BFT)” destaca-se  
101 por possuir estas características e ter flocos constituídos principalmente por bactérias,  
102 microalgas, fezes, restos de organismos mortos, protozoários, cianobactérias filamentosas,  
103 pequenos metazoários, dinoflagelados e formas larvais de invertebrados (Wasielesky *et al.*  
104 2006; Ballester *et al.* 2010). Além disso, os bioflocos são ricos em nutrientes, como:  
105 vitaminas e proteínas, apresentando atratividade para o animal cultivado (Silva *et al.* 2013),  
106 podendo assim ser fonte de alimento também para as *Daphnia*.

107 Dentre as microalgas ofertadas na dieta de cladóceros, a clorofícea *Chlorella vulgaris*  
108 espécie de água doce, é a mais comum por ser abundante em ácidos graxos poliinsaturados  
109 (PUFAs) e constitui-se como uma ótima opção de alimento para *Daphnia* sp., pois  
110 proporciona melhoria no seu crescimento, conseqüentemente uma melhor eficiência produtiva  
111 (Alva-Martínez, Sarma & Nandini 2004; Otero, Muñoz, Medina-Robles & Cruz-Casallas  
112 2013). Dentro deste contexto, este estudo objetivou avaliar o cultivo de *Daphnia similis*  
113 utilizando efluente proveniente do cultivo de tilápia em sistema de bioflocos com a adição de  
114 *Chlorella vulgaris* na dieta.

115

## 116 **METODOLOGIA**

117 *Delineamento experimental*

118 O experimento foi realizado no Laboratório de Produção de Alimento Vivo – LAPAVI,  
119 Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Pernambuco, Brasil. Três tratamentos  
120 foram dispostos de forma inteiramente casualizada, com cinco repetições cada, perfazendo um  
121 total de 15 unidades experimentais. Os tratamentos foram: DACC - cultivo de *Daphnia similis*  
122 em água clara com inoculação da microalga *Chlorella vulgaris*.; DB- cultivo de *D. similis* em  
123 água de bioflocos de cultivo de tilápia sem inoculação de *C. vulgaris* e DBC- cultivo de *D.*  
124 *similis* em água de bioflocos de cultivo de tilápia com inoculação da microalga *C. vulgaris*. A  
125 relação carboidrato:nitrogênio não foi mantida ao longo do cultivo da *D. similis*.

126

#### 127 *Condições experimentais*

128 Durante 30 dias o microcrustáceo *D. similis* foi cultivado em caixas plásticas  
129 transparentes retangulares de aproximadamente 20 L (42 x 17 x 29 cm) com 12 L de volume  
130 útil sob aeração constante, com duas pedras porosas em cada caixa. As unidades  
131 experimentais DBC e DB tiveram sua salinidade ajustada para 2 g.L<sup>-1</sup>, enquanto que a DACC  
132 (cultivo tradicional) não tiveram ajuste de salinidade, sendo cultivadas em água doce e  
133 realizada trocas de água semanais de 50% do volume. A salinidade de 2 g.L<sup>-1</sup> foi estabelecida a  
134 partir de trabalhos prévios realizados no laboratório e que ainda não foram publicados.  
135 Organismos adultos (~1 mm de tamanho) foram estocados a uma densidade de 9 org.L<sup>-1</sup>  
136 (Buratini & Aragão 2012), perfazendo 108 ind.caixa<sup>-1</sup>, os quais foram provenientes do cultivo  
137 estoque do Laboratório de Produção de Alimento Vivo (LAPAVI), e foram submetidos a um  
138 fotoperíodo natural 12C: 12E, com intensidade luminosa de aproximadamente 1600 lux  
139 (lâmpadas led de 10 W).

140 Os organismos foram contados a cada três dias a partir do método volumétrico, com  
141 auxílio de um foco de luz, retirando-se amostras homogêneas de 2 L de cada unidade  
142 experimental, onde densidades menores que 250 indivíduos foram contados um a um e  
143 maiores que 250 indivíduos foram contados com auxílio de pipeta de 10 mL (Manso 2007). A  
144 cada dois dias a microalga *C. vulgaris* foi ofertada em todas as unidades experimentais  
145 (DACC e DBC) a uma densidade de 1x10<sup>5</sup> cél.mL<sup>-1</sup>.*Daphnia*<sup>-1</sup>, adaptado de Buratini &  
146 Aragão (2012).

147

#### 148 *Utilização do biofloco*

149 A água proveniente do cultivo da tilápia (*O. niloticus*) em sistema de biofloco , após  
150 45 dias de cultivo, C:N 12:1, densidade de 40 ind.m<sup>-3</sup>, peso médio de 30,57 ± 10,04 g,  
151 apresentou as seguintes características: temperatura 25,66 °C, pH 7,55, sólidos sedimentáveis  
152 8 mL.L<sup>-1</sup>, alcalinidade 115 mg CaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup>, salinidade 2 g.L<sup>-1</sup>, oxigênio dissolvido 6,45 mg.L<sup>-1</sup>,  
153 nitrito 1,13 mg.L<sup>-1</sup>, nitrato 0,181 mg.L<sup>-1</sup>, nitrogênio amoniacal 0,197 mg.L<sup>-1</sup>, ortofosfato 2,10  
154 mg.L<sup>-1</sup> e sólidos suspensos totais 27,7 mg.L<sup>-1</sup>. Esta água foi utilizada na sua forma bruta, sem  
155 nenhum tratamento prévio. Nos tratamentos DB e DBC o volume de biofloco utilizado foi de  
156 2,5 L. caixa<sup>-1</sup>, sendo o restante do volume complementado com água doce clara tratada  
157 previamente com cloro (2 mL.L<sup>-1</sup>) e aerada. Desta forma, 25 litros de água proveniente do  
158 cultivo da tilápia em sistema de bioflocos foram distribuídos nas unidades experimentais,  
159 ajustando-se a alcalinidade para aproximadamente 50 mg CaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup>, faixa ideal para espécie  
160 (ABNT, 2016).

161

#### 162 *Cultivo estoque do microcrustáceo*

163 A cepa de *D. similis* foi cedida gentilmente pelo Laboratório de Limnologia  
164 (LALIMNO/UFRPE). O cultivo estoque de *D. similis* foi realizado no LAPAVI em tubos (30  
165 mL) e béqueres de um e dois litros, em sistema semi-contínuo, sendo repicadas duas vezes por  
166 semana e alimentadas com a microalga *C. vulgaris* a cada dois dias *ad libitum*, com  
167 intensidade luminosa de aproximadamente 2.000 lux e fotoperíodo 12C:12E. Todos os  
168 béqueres foram submetidos à aeração. A água de cultivo foi declorada e aerada, apresentando  
169 pH de 7,2 - 7,8, temperatura de 25 - 27 °C, alcalinidade variando de 35 - 50 mg de CaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup>  
170 e salinidade de 0,1 - 1,0 g. L<sup>-1</sup> sendo adicionada água bruta de cultivo de tilápia em bioflocos  
171 na proporção de 3% do volume a ser cultivado mais vitaminas do complexo B  
172 cianocobalamina e biotina a 0,2 mg.L<sup>-1</sup>.

173

#### 174 *Cultivo da microalga*

175 A microalga *C. vulgaris* foi cultivada em meio de cultura Provasoli (1 mL.L<sup>-1</sup>)  
176 (Provasoli, 1968) com adição de vitaminas cianocobalamina, tiamina e biotina (0,2 mL.L<sup>-1</sup>)  
177 em volumes de 500 mL e posteriormente repicados para volumes maiores (2 L) em sistema  
178 semi-contínuo, fotoperíodo integral e intensidade luminosa de aproximadamente 2.000 lux.

179

#### 180 *Qualidade de água*

181 O oxigênio dissolvido, a salinidade, o pH, os sólidos dissolvidos totais (SDT) e a  
182 temperatura foram monitorados (modelo YSI 100, Yellow Springs, OH, EUA) uma vez por  
183 dia (às 10:00 horas) e alcalinidade ( $\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$ ) uma vez por semana (APHA, 2005). O  
184 nitrogênio amoniacal total (NAT), nitrito ( $\text{NO}_2$ ), nitrato ( $\text{NO}_3$ ), sólidos suspensos totais (SST)  
185 e ortofosfato ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) foram monitorados a cada quinze dias (0, 15° e 30° dia), ou seja, nas  
186 fases inicial, intermediária e final do cultivo seguindo os métodos descritos por Koroleff  
187 (1976); Golterman, Clymo & Ohnstad (1978); Mackereth, Heron & Talling (1978), and  
188 APHA (2005) respectivamente.

189

#### 190 *Variáveis de crescimento analisadas*

191 Durante os experimentos foram verificadas as seguintes variáveis de crescimento: taxa  
192 de crescimento específico (TCE); tempo de duplicação (TD); rendimento (R), densidade  
193 média máxima (DMX), dia de máxima densidade (DMD) conforme Otero *et al.* (2013). TCE,  
194 TD e R foram calculados até o dia de máxima densidade celular.

195

#### 196 *Análise estatística*

197 Através do programa R (R Core Team 2015; Gross & Ligges 2015; Wickham 2016)  
198 realizou-se o teste de normalidade de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) ( $p < 0,05$ ),  
199 homogeneidade de Bartlett ( $p < 0,05$ ), ANOVA, Kruskal-Wallis e posthoc de Dunn ( $p < 0,05$ )  
200 para as variáveis de qualidade de água e de crescimento. Havendo a presença de outliers nas  
201 variáveis analisadas, optou-se que eles fossem removidos para atingir uma maior precisão.  
202 Atingindo a normalidade, aplicou-se o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) a fim de analisar diferenças  
203 entre os tratamentos. Além disso, os dados de crescimento foram correlacionados com os  
204 dados de qualidade de água seguindo o método de Spearman, sendo previamente  
205 logaritimizadas ( $\log(x+1)$ ).

206

## 207 **RESULTADOS**

### 208 *Variáveis de qualidade de água*

209 Os valores médios relativos à temperatura, alcalinidade, nitrito ( $\text{NO}_2$ ), nitrogênio  
210 amoniacal total (NAT) e sólidos suspensos totais (SST) não obtiveram diferenças  
211 significativas entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). Já os valores médios de pH, oxigênio dissolvido  
212 (OD), salinidade, sólidos dissolvidos totais (SDT), ortofosfato ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3$ )

213 apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ). Os valores relativos às  
214 variáveis de qualidade de água estão resumidos na Tabela 1.

215 Em contrapartida, analisando os tratamentos nas fases inicial (dia 0), intermediária (15°  
216 dia) e final do cultivo (30° dia) observaram-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para as  
217 variáveis  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ , NAT,  $\text{PO}_4^{-3}$  e SST (Figura 1). As concentrações de nitrato e fósforo se  
218 mantiveram elevadas nos tratamentos DB e DBC desde o início até o final do cultivo.

219 Quanto a análise de correlação de Spearman, as variáveis pH, temperatura e sólidos  
220 totais dissolvidos (TDS) obtiveram correlação positiva com a variação da densidade  
221 populacional de *D.similis*, com valores de  $r$  iguais a 0,38 ( $p=0,003$ ), 0,59 ( $p < 0,001$ ) e 0,31  
222 ( $p=0,015$ ), respectivamente (Tabela 2).

223

224 Inserir Tabela 1

225 Inserir Figura 1

226 Inserir Tabela 2

227

228 *Variáveis de crescimento do cultivo de D. similis*

229 Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ) quanto as  
230 variáveis de crescimento densidade ( $\text{org.L}^{-1}$ ), taxa de crescimento específico (TCE), tempo de  
231 duplicação (TD) e rendimento (R). O tratamento DBC destacou-se dos demais em relação a  
232 todas as variáveis de crescimento analisadas, obtendo densidade máxima média de  $1.066,80 \pm$   
233  $313,30 \text{ org.L}^{-1}$ , TCE de  $3,23 \pm 2,0 \text{ dia}^{-1}$ , TD de  $0,123 \pm 0,07 \text{ dia}$  e R de  $1.065,8 \pm 313,3$   
234  $\text{org.dia}^{-1}$  (Tabela 3). Quanto ao dia de máxima densidade, os tratamentos DACC e DBC foram  
235 semelhantes, tendo o dia 9 de cultivo como o dia de máxima densidade. Já o DB obteve o dia  
236 6 como o dia de máxima densidade (Figura 2).

237 Após o dia de máxima densidade todos os tratamentos obtiveram redução na  
238 densidade populacional de *D. similis*, tendo, porém, um incremento nos últimos seis dias de  
239 cultivo nos tratamentos DB e DBC (Figura 2). Em paralelo, nos últimos dez dias foi detectado  
240 a presença de uma espécie de cianobactéria *Pseudanabaena* sp. nos tratamentos DB e DBC.

241

242 Inserir Figura 2.

243 Inserir Tabela 3.

244



## 245 DISCUSSÃO

246 A utilização da água proveniente do cultivo de tilápia *O. niloticus* em sistema de  
247 bioflocos como inóculo para o cultivo de *D. similis* foi considerada o principal fator para as  
248 diferenças encontradas entre os tratamentos no que tange a qualidade de água. Variáveis como  
249 o pH e OD tendem a diminuir em água de bioflocos (DB e DBC), em comparação a água clara  
250 (DACC), devido a demanda elevada por oxigênio através da oxidação da matéria orgânica,  
251 principalmente pela ação das bactérias e dos flocos presentes no sistema (Avnimelech 2009).  
252 Porém, isso não afetou o crescimento do cladóceros, estando os valores dentro da faixa ideal de  
253 cultivo da espécie (Hoff & Snell 2004). Ainda segundo estes mesmos autores, a *Daphnia*  
254 consegue sobreviver em ambientes pobres em oxigênio devido sua capacidade de produção de  
255 hemoglobina, a qual aumenta a habilidade de sequestro do oxigênio dissolvido na água.

256 Em paralelo, a água de bioflocos apresenta como características elevadas concentrações  
257 de sólidos suspensos, nitrato e ortofosfato que se acumulam ao longo do cultivo (Ahmad *et al.*  
258 2017; Emerenciano *et al.* 2017). Assim, a utilização da água do cultivo da tilápia em sistema  
259 de bioflocos proporcionou tais diferenças entre os tratamentos (Tabela 1).

260 A salinidade adotada de 2 g.L<sup>-1</sup> apresenta uma importante função de balanço iônico no  
261 sistema, baseado em trabalhos anteriores ainda não publicados os quais avaliaram a influência  
262 da salinidade no crescimento de *D. similis* em água proveniente de cultivo de tilápia em  
263 sistema de bioflocos. Além dessa importante função, a salinidade usada resultou no  
264 impedimento da formação de muco nas paredes dos tanques, responsável pela aderência dos  
265 neonatos de *D. similis*. Este fato foi observado em estudos anteriores em água doce e no  
266 tratamento DACC mesmo com a troca de água realizada semanalmente.

267 Ainda com relação à água proveniente do bioflocos do cultivo de tilápia em sistema de  
268 bioflocos, Hoff & Snell (2004) relatam que diferentes concentrações de ortofosfato estimulam  
269 a reprodução de *Daphnia*, onde variações de 1 a 7 mg.L<sup>-1</sup> foram documentadas como  
270 estimulantes na reprodução de *D. pulex* e *D. magna*. Neste sentido, os tratamentos DB (1,17 ±  
271 0,077 mg PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>.L<sup>-1</sup>) e DBC (1,188 ± 0,092 mg PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>.L<sup>-1</sup>) possuíam condições ideais para o  
272 estímulo reprodutivo, porém sobressaindo-se o DBC já que possuía a microalga *C. vulgaris*  
273 como alimento e fonte de ácidos graxos.

274 Outro fator a ser considerado na água é a concentração de nitrato dentro do sistema.  
275 Segundo Emerenciano *et al.* (2017) as concentrações de nitrato em sistema de bioflocos  
276 variam de 0,5-20 mg.L<sup>-1</sup>, estando o presente trabalho dentro deste intervalo. Elevadas

277 concentrações de nitrato, superiores a  $250 \text{ mg.L}^{-1}$ , causam redução na densidade de *D. magna*  
278 com aumento na taxa de mortalidade, enquanto que de concentrações menores que  $40 \text{ mg.L}^{-1}$   
279 as quais estimulam o crescimento (Maceda-Veiga *et al.* 2015).

280 Com relação às concentrações dos nutrientes, principalmente o nitrato e ortofosfato, em  
281 todos os tratamentos não foi observado nenhuma tendência significativa na diminuição  
282 desses níveis quando se compara as fases inicial e final do cultivo de *D. similis*,  
283 principalmente no DBC. Este fato pode está associado à entrada da microalga no sistema  
284 juntamente com meio de cultura, ofertada em sua forma líquida. No entanto, foi verificado  
285 que o tratamento DBC foi o único que não apresentou incremento de nitrogênio amoniacal na  
286 água durante as fases inicial, intermediária e final do cultivo, estando aparentemente estável  
287 (Figura 1). Possivelmente esse fato pode ser justificado pela presença da microalga no  
288 sistema, a qual auxiliou no processo de ciclagem desses compostos nitrogenados.

289 Analisando as correlações encontradas, ficou claro a influência das variáveis pH, SDT e  
290 temperatura sobre o crescimento de *D. similis*, todas apresentando correlações positivas com a  
291 variável densidade ( $\text{org.L}^{-1}$ ). De acordo com Gama-Flores *et al.* (2015) há um aumento na  
292 taxa reprodutiva do cladóceros *Moina macrocopa* quando exposta a temperaturas de  $25^{\circ}\text{C}$ , com  
293 redução de sua densidade a  $30^{\circ}\text{C}$ .

294 Em termos de densidade, o tratamento com a utilização do bioflocos acrescido com a  
295 microalga *C. vulgaris* (DBC) foi considerado o que apresentou os melhores resultados,  
296 atingindo diferenças estatísticas, de densidades de *D. similis* (Tabela 3, Figura 2), sendo uma  
297 alternativa mais vantajosa para o cultivo deste cladóceros. Otero *et al.* (2013) cultivando os  
298 cladóceros *Diaphanosoma* sp. e *Alona* sp. em sistema tradicional conseguiram densidades  
299 máximas de  $550 \pm 500 \text{ org.L}^{-1}$  e  $383 \pm 200 \text{ org.L}^{-1}$ , respectivamente, combinando a dieta de  
300 microalga *C. vulgaris* e a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Da mesma forma, Ocampo *et*  
301 *al.* (2010) que obteve densidades máximas de  $820 \pm 9,57 \text{ org.L}^{-1}$  no cultivo de *D. magna*  
302 alimentada com levedura e farelos de soja e aveia. Além dos resultados de densidade,  
303 melhores TCE, TD e R foram obtidas neste estudo, superando outros trabalhos realizados com  
304 *Daphnia* ou cladóceros como em Ocampo *et al.* (2010) nos quais obtiveram máximos TCE,  
305 TD e R de  $0,258 \pm 0,001 \text{ .dia}^{-1}$ ,  $2,69 \pm 0,01 \text{ dia}$  e  $70 \text{ org.L}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 3).

306 Por outro lado, pesquisas que testaram meios de cultivo de *Daphnia* utilizando  
307 diferentes fontes de esterco animal atingiram resultados bem expressivos. Altas concentrações  
308 de *D. carinata* ( $4660 \pm 523 \text{ org.L}^{-1}$ ) foram atingidas ao nono dia de cultivo, semelhante a este

309 estudo, decaindo nos demais dias, em um total de 21 dias de produção utilizando esterco de  
310 galinha (Paray & Al-Sadoon 2016). Semelhantemente, Herawati, Nugroho, Pinandoyo &  
311 Hutabarat (2017).no cultivo de *D. magna* com diferentes fontes de esterco animal (galinha,  
312 bode e codorna) fermentadas por bactérias probióticas (*Lactobacillus casei* e *S. cerevisiae*)  
313 atingiram densidades máximas também com a utilização de esterco de galinha (2.111.788,9  
314 org.L<sup>-1</sup>).

315 No que diz respeito ao tratamento em que se teve apenas o biofloco como alimento  
316 (DB), apesar de não ter se diferenciado do controle, o crescimento da *D. similis* foi inferior ao  
317 DBC (Tabela 3). Isso pode está relacionado não só pela ausência da microalga, mas também  
318 ao tamanho ideal do biofloco que seja possível a filtração e ingestão por estes cladóceros, já  
319 que estes organismos são capazes de filtrar partículas que variam de 1 a 50 µm de diâmetro  
320 (Ebert 2005). Azim e Little (2008) encontraram variação no tamanho do biofloco de 50 a 200  
321 µm durante 84 dias de cultivo de *O. niloticus*. Segundo Ekasari *et al.* (2014) o conteúdo  
322 nutricional varia de acordo com o tamanho do biofloco, onde aqueles >100 µm apresentam  
323 valores mais elevados de proteínas (27,8%) e de lipídeos (7,5%), enquanto aqueles <48 µm  
324 possuem maiores concentrações de aminoácidos.

325 Com relação à escolha da microalga, a clorofícea *C. vulgaris* é frequentemente  
326 ofertada a cladóceros como dieta devido sua composição nutricional, principalmente ácidos  
327 graxos poliinsaturados (PUFAs), constituindo-se, portanto, uma ótima opção de alimento para  
328 *Daphnia* sp. Alcántara-Azuara *et al.* (2014) cultivando *D. pulex* sob diferentes dietas de  
329 microalgas verdes (Chlorophyta) *Sphaerocystis* sp., *C. vulgaris* e *Haematococcus pluvialis*  
330 obtiveram resultados similares a este estudo quando alimentadas com *C. vulgaris* (1395 ± 24  
331 org.L<sup>-1</sup>), porém atingiram valores superiores quando alimentadas com *Haematococcus*  
332 *pluvialis* (1933 ± 60 org.L<sup>-1</sup>).

333 Analisando os dias de cultivo, o dia de máxima densidade ao 9º dia apresenta uma  
334 vantagem para a produção de *D. similis* utilizando água oriunda de cultivo de tilápia em  
335 sistema de bioflocos, pois o retorno torna-se mais rápido para o produtor, já que o tempo de  
336 retirada da produção é curto. Em outros trabalhos de cultivo de *Daphnia* em água clara, os  
337 dias de máxima densidade variaram de 24º ao 28º dia de cultivo (Alcántara-Azuara *et al.*  
338 2014; Otero *et al.*, 2013). A forte característica da presença de bactérias no biofloco pode ter  
339 contribuído para o rápido crescimento, já que determinadas bactérias atuam simbioticamente  
340 no aumento da taxa reprodutiva de espécies de *Daphnia*, como é o caso das pertencentes ao

341 grupo *Proteobacteria* (Qi, Nong, Preston, Bem-Ami & Ebert 2009; Peerakietkhajorn,  
342 Tsukuda, Kato, Matsuura & Watanabe 2015).

343 No entanto, o decréscimo da densidade após o 9º (DACC e DBC) e 6º dias (DB) pode  
344 está relacionada ao estresse relativo ao aumento populacional no sistema. O aumento na  
345 densidade de *Daphnia* tem influências sobre a taxa de fecundidade e sobrevivência dos  
346 organismos, sendo mais sensível para os organismos adultos em relação aos jovens, limitando  
347 o crescimento por atingir possivelmente a capacidade de suporte do sistema (Gliwicz,  
348 Maszczyk & Uszko 2012; Adoteye, Banks, Flores & LeBlanc 2015) . Porém, nos últimos dez  
349 dias de cultivo os tratamentos DB e DBC obtiveram um incremento populacional,  
350 possivelmente devido à presença da cianobactéria *Pseudanabaena* sp. nesses tanques.

351 Cianobactérias são comumente relatadas em trabalhos relativos à microbiota em  
352 sistemas de bioflocos, sendo suas concentrações variadas de acordo com o tipo do biofloco  
353 (Lezema-Cervantes & Paniagua-Michel 2010; Green *et al.* 2014; Wei, Liao & Wang 2016;  
354 Emerenciano *et al.* 2017). Provavelmente ela foi oriunda do inóculo da água de bioflocos  
355 introduzido no início do cultivo, estabelecendo-se aproximadamente 20 dias após. Segundo  
356 Olvera-Ramírez, Centeno-Ramos & Martínez-Jerónimo (2010) *D. magna* quando expostas a  
357 células livres de cianobactéria *P. tenuis* não sofreram qualquer inibição, mudança  
358 comportamental ou efeito tóxico. Já Fu *et al.* (2017) obtiveram melhor taxa de crescimento  
359 em *D. magna* com o mix da cianobactéria *Oscillatoria* sp. e a microalga verde *Scenedesmus*  
360 *obliquus* como dieta alimentar. Isso leva ao questionamento de que possivelmente uma dieta  
361 baseada em alga verde juntamente com uma cianobactéria (do próprio biofloco) poderia  
362 potencializar ainda mais o cultivo de *D. similis*.

363 Assim, a utilização da água proveniente de cultivo de tilápia em sistema de bioflocos  
364 propicia uma alternativa ao uso desse resíduo, proporcionando um destino produtivo para o  
365 setor aquícola no que diz respeito à produção de alimento vivo de forma sustentável. Assim, o  
366 que antes seria rejeitado, passa a ter uma função para a produção de biomassa que poderá ser  
367 utilizada na alimentação posterior de larvas de peixes, crustáceos, entre outros. Isto é de  
368 extrema relevância quando se questiona o destino final da água do cultivo em sistema de  
369 bioflocos. Trabalhos já relatam o uso da água de bioflocos na produção de biomassa algal, na  
370 complementação da dieta de organismos cultivados e em sistemas de aquaponia (Sabry Neto  
371 *et al.* 2015; Khatoon *et al.* 2016; De Abreu *et al.* 2016; Magnotti *et al.* 2015 a, b ; Pinho *et al.*  
372 2017). Assim, pesquisas que visem à aplicabilidade do uso do efluente da aquicultura em

373 sistema de bioflocos são de grande valia não só para o produtor na agregação de renda, mas  
374 também para o meio ambiente.

375 Deste modo, o uso da água de cultivo de tilápia em sistema de bioflocos como inóculo  
376 combinado com a oferta da microalga *C. vulgaris* apresenta uma alternativa promissora para a  
377 produção de *D. similis* como alimento vivo para aquicultura, tendo um crescimento 800%  
378 superior do que em água clara. No entanto, futuras pesquisas relacionadas ao efeito de novas  
379 dietas microalgais na produção de *D. similis* em água de cultivo tilápia em sistema de  
380 bioflocos, bem como o conteúdo de ácidos graxos e o efeito da inserção da biomassa  
381 produzida de *D. similis* na dieta de larvas de peixe e crustáceos devem ser consideradas para  
382 melhores esclarecimentos quanto à viabilidade desta atividade para o setor aquícola.

383

#### 384 **AGRADECIMENTOS**

385 Os autores agradecem aos órgãos de fomento à pesquisa: Conselho Nacional de  
386 Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de  
387 Pessoal de Nível Superior (Capes) e Fundação de Amparo à Ciência no Estado de  
388 Pernambuco (FACEPE) pelas bolsas cedidas aos autores deste trabalho.

389

#### 390 **REFERÊNCIAS**

391 ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (2016) *Aquatic ecotoxicology – Acute*  
392 *toxicity – Test with Daphnia spp. (Cladocera, Crustacea)* (ABNT NBR 12713:2016)  
393 Retrieved from <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=355914>

394 De Abreu, J., Brito, L.O., De Moraes, L. B. S., Silva, D. L. B., Barbosa, S. M. D., Gálvez, A.  
395 O. (2016). Utilization of solid residue from shrimp culture biofloc system for  
396 microalgae *Navicula* sp production. *Boletim do Instituto de Pesca*, 42(4), 780-790. doi:  
397 10.20950/1678-2305.2016v42n4p780

398 Adoteye, K., Banks, H. T., Cross, K., Eytcheson, S., Flores, K. B., LeBlanc, G. A., Stokely, S.  
399 (2015). Statistical validation of structured population models for *Daphnia magna*.  
400 *Mathematical Biosciences*, 266, 73–84. doi:10.1016/j.mbs.2015.06.003

401 Ahmad.H, I., Verma, A. K., Babitha Rani, A. M., Rathore, G., Saharan, N., & Gora, A. H.  
402 (2016). Growth, non-specific immunity and disease resistance of *Labeo rohita* against

- 403 *Aeromonas hydrophila* in biofloc systems using different carbon sources. *Aquaculture*,  
404 457, 61–67. doi:10.1016/j.aquaculture.2016.02.011
- 405 Alcántara-Azuara, A. K., Contreras-Rodríguez, A. I., Reyes-Arroyo, N.E.; Castro-Mejía, J.,  
406 Castañeda-Trinidad, H., Castro Mejía, G., Ocampo-Cervantes, J. A. (2014)  
407 Comparación de la densidad poblacional de *Daphnia pulex* Müller, 1785 en cultivos de  
408 laboratorio alimentadas con tres microalgas verdes unicelulares (*Sphaerocystis* sp.,  
409 *Chlorella vulgaris* y *Haematococcus pluvialis*). *Revista Digital del Departamento*, 1(5),  
410 18-25.
- 411 Alva-Martínez, A., Sarma, & Nandini. (2004). Population Growth of *Daphnia pulex*  
412 (Cladocera) on a Mixed Diet (*Microcystis aeruginosa* with *Chlorella* or *Scenedesmus*).  
413 *Crustaceana*, 77(8), 973–988. doi:10.1163/1568540042781720
- 414 APHA (American Public Health Association) (2005) *Standard Methods for the Examination*  
415 *of Water and Wastewater* Washington DC: American Public Health Association, USA.
- 416 Avnimelech Y. (2009) *Biofloc Technology – A Practical Guide Book*. The world Aquaculture  
417 Society, Baton Rouge, Louisiana, United States.
- 418 Azim, M. E., & Little, D. C. (2008). The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water  
419 quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis*  
420 *niloticus*). *Aquaculture*, 283(1-4), 29–35. doi:10.1016/j.aquaculture.2008.06.036
- 421 Ballester, E. L. C., Abreu, P. C., Cavalli, R. O., Emerenciano, M., De Abreu, L., &  
422 Wasielesky Jr, W. (2010). Effect of practical diets with different protein levels on the  
423 performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange  
424 suspended microbial flocs intensive system. *Aquaculture Nutrition*, 16(2), 163–172. doi:  
425 10.1111/j.1365-2095.2009.00648.x
- 426 Barrera, T. C., De Lara Andrade, R., Mejía; C. G., Castro Mejía, J., Malpica Sánchez, A.  
427 (2003). Alimento vivo en la acuicultura. *ContactoS*, 48, 27-33.
- 428 Buratini, S. V. & Aragão, M. A. (2012). Food supplement in *Daphnia similis* and  
429 *Ceriodaphnia dubia* cultures: effects of yeast and feed digestion. *Journal of the*  
430 *Brazilian Society of Ecotoxicology*, 7(1), 21-26. doi: 10.5132/jbse.2012.01.004

- 431 Chiu, S.-T., Shiu, Y.-L., Wu, T.-M., Lin, Y.-S., & Liu, C.-H. (2015). Improvement in non-  
432 specific immunity and disease resistance of barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch), by  
433 diets containing *Daphnia similis* meal. *Fish & Shellfish Immunology*, 44(1), 172–179.  
434 doi:10.1016/j.fsi.2015.02.002
- 435 Day, S. B., Salie, K., & Stander, H. B. (2016). A growth comparison among three commercial  
436 tilapia species in a biofloc system. *Aquaculture International*, 24(5), 1309–1322.  
437 doi:10.1007/s10499-016-9986-z
- 438 Ebert, D. *Ecology, epidemiology and evolution of parasitism in Daphnia*. (2005) Bethesda  
439 (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology  
440 Information. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK2036/>
- 441 Ekasari, J., Angela, D., Waluyo, S. H., Bachtiar, T., Surawidjaja, E. H., Bossier, P., & De  
442 Schryver, P. (2014). The size of biofloc determines the nutritional composition and the  
443 nitrogen recovery by aquaculture animals. *Aquaculture*, 426-427, 105–111.  
444 doi:10.1016/j.aquaculture.2014.01.023
- 445 Ekasari, J., Suprayudi, M. A., Wiyoto, W., Hazanah, R. F., Lenggara, G. S., Sulistiani, R.,  
446 Zairin, M. (2016). Biofloc technology application in African catfish fingerling  
447 production: The effects on the reproductive performance of broodstock and the quality  
448 of eggs and larvae. *Aquaculture*, 464, 349–356. doi:10.1016/j.aquaculture.2016.07.013
- 449 Emerenciano, M., Ballester, E. L. C., Cavalli, R. O., & Wasielesky, W. (2011). Biofloc  
450 technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for  
451 pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*,  
452 43(3), 447–457. doi:10.1111/j.1365-2109.2011.02848.x
- 453 Emerenciano, M. G. C., Martínez-Córdova, L. R., Martínez-Porchas, M., & Miranda-Baeza,  
454 A. (2017). Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in  
455 Aquaculture. *Water Quality*. doi:10.5772/66416
- 456 Esparza-Leal, H. M., Amaral Xavier, J. A., & Wasielesky, W. (2016). Performance of  
457 *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in indoor nursery tanks under biofloc  
458 conditions at different salinities and zero-water exchange. *Aquaculture International*,  
459 24(5), 1435–1447. doi:10.1007/s10499-016-0001-5

- 460 Fu, H., Xu, J., Xiao, E., He, F., Xu, P., Zhou, Q., & Wu, Z. (2017). Application of dual stable  
461 isotopes in investigating the utilization of two wild dominant filamentous algae as food  
462 sources for *Daphnia magna*. *Journal of Freshwater Ecology*, 32(1), 339–351.  
463 doi:10.1080/02705060.2017.1298537
- 464 Gama-Flores, J. L., Huidobro-Salas, M. E., Sarma, S. S. S., Nandini, S., Zepeda-Mejia, R., &  
465 Gulati, R. D. (2015). Temperature and age affect the life history characteristics and fatty  
466 acid profiles of *Moina macrocopa* (Cladocera). *Journal of Thermal Biology*, 53, 135–  
467 142. doi:10.1016/j.jtherbio.2015.10.005
- 468 Gliwicz, Z. M., Maszczyk, P., & Uszko, W. (2012). Enhanced growth at low population  
469 density in *Daphnia*: the absence of crowding effects or relief from visual predation?  
470 *Freshwater Biology*, 57(6), 1166–1179. doi:10.1111/j.1365-2427.2012.02783.x
- 471 Golterman, H. L., Clymo, R. S. & Ohnstad, M. A. M. (1978). *Methods for physical and*  
472 *chemical analysis of fresh waters*. Oxford : Blackwell Scientific.
- 473 Green, B. W., Schrader, K. K., & Perschbacher, P. W. (2012). Effect of stocking biomass on  
474 solids, phytoplankton communities, common off-flavors, and production parameters in a  
475 channel catfish biofloc technology production system. *Aquaculture Research*, 45(9),  
476 1442–1458. doi:10.1111/are.12096
- 477 Gross, J. & Ligges, U. (2015). *Nortest: Tests for Normality*. R package version 1.0-4. [online]  
478 Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=nortest>
- 479 Herawati, V. E., Nugroho, R. A., Pinandoyo, & Hutabarat, J. (2017). Nutritional value  
480 content, biomass production and growth performance of *Daphnia magna* cultured with  
481 different animal wastes resulted from probiotic bacteria fermentation. *IOP Conference*  
482 *Series: Earth and Environmental Science*, 55, 012004. doi:10.1088/1755-  
483 1315/55/1/012004
- 484 Hoff, F.H. & Snell, T.W. (2004). *Plankton culture manual*. Florida Aqua Farms, Inc., 6th Ed.,  
485 Florida, USA.
- 486 Huang, J., Yang, Q., Ma, Z., Zhou, F., Yang, L., Deng, J., & Jiang, S. (2016). Effects of  
487 adding sucrose on *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798) growth performance and water



- 488 quality in a biofloc system. *Aquaculture Research*, 48(5), 2316–2327.  
489 doi:10.1111/are.13067
- 490 Kaya, M., Cakmak, Y. S., Baran, T., Asan-Ozusaglam, M., Menten, A., & Tozak, K. O.  
491 (2014). New chitin, chitosan, and O-carboxymethyl chitosan sources from resting eggs  
492 of *Daphnia longispina* (Crustacea); with physicochemical characterization, and  
493 antimicrobial and antioxidant activities. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*,  
494 19(1), 58–69. doi:10.1007/s12257-013-0488-9
- 495 Khatoon, H., Banerjee, S., Guan Yuan, G. T., Haris, N., Ikhwanuddin, M., Ambak, M. A., &  
496 Endut, A. (2016). Biofloc as a potential natural feed for shrimp postlarvae. *International*  
497 *Biodeterioration & Biodegradation*, 113, 304–309. doi:10.1016/j.ibiod.2016.04.006
- 498 Koroleff, F. (1976) Determination of nutrients. In: Grasshoff, K. (Eds.), *Methods of Seawater*  
499 *Analysis* (pp. 117–187).
- 500 Lezama-Cervantes, C., & Paniagua-Michel, J. (2010). Effects of constructed microbial mats  
501 on water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* post-larvae. *Aquacultural*  
502 *Engineering*, 42(2), 75–81. doi:10.1016/j.aquaeng.2009.12.002
- 503 Maceda-Veiga, A., Webster, G., Canals, O., Salvadó, H., Weightman, A. J., & Cable, J.  
504 (2015). Chronic effects of temperature and nitrate pollution on *Daphnia magna*: Is this  
505 cladoceran suitable for widespread use as a tertiary treatment? *Water Research*, 83,  
506 141–152. doi:10.1016/j.watres.2015.06.036
- 507 Mackereth, F. J. H., Heron, J. & Talling, J. F. (1978) *Water Analysis: Some Revised Methods*  
508 *for Limnologists*. London: Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.
- 509 Magnotti, C., Lopes, R., Derner, R., & Vinatea, L. (2015a). Using residual water from a  
510 marine shrimp farming BFT system. part I: nutrient removal and marine microalgae  
511 biomass production. *Aquaculture Research*, 47(8), 2435–2443. doi:10.1111/are.12691
- 512 Magnotti, C., Lopes, R., Derner, R., & Vinatea, L. (2015b). Using residual water from a  
513 marine shrimp farming BFT system. Part II: *Artemia franciscana* biomass production  
514 fed microalgae grown in reused BFT water. *Aquaculture Research*, 47(9), 2716–2722.  
515 doi:10.1111/are.12720

- 516 Manso, P. R. J. (2007) *Produção em cativeiro de larvas de camarão marinho Litopenaeus*  
517 *vannamei: influência do campo magnético sobre a metamorfose e sobrevivência larval.*  
518 (Master's thesis. Programa de pós-graduação em engenharia de produção, UFSC, Santa  
519 Catarina, Brazil). Retrieved from:  
520 <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/90206>
- 521 Miao, S., Zhu, J., Zhao, C., Sun, L., Zhang, X., & Chen, G. (2017). Effects of C/N ratio  
522 control combined with probiotics on the immune response, disease resistance, intestinal  
523 microbiota and morphology of giant freshwater prawn ( *Macrobrachium rosenbergii* ).  
524 *Aquaculture*, 476, 125–133. doi:10.1016/j.aquaculture.2017.04.027
- 525 Sabry Neto, H., Santaella, S. T., & Nunes, A. J. P. (2015). Bioavailability of crude protein and  
526 lipid from biofloc meals produced in an activated sludge system for white shrimp,  
527 *Litopenaeus vannamei*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 44(8), 269–275.  
528 doi:10.1590/s1806-92902015000800001
- 529 Ocampo, L. E., Botero, M. C. & Restrepo, L. F. (2010) Evaluación del crecimiento de um  
530 cultivo de *Daphnia magna* alimentado com *Saccharomyces cerevisiae* y um  
531 enriquecimento com avena soya. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23, 75-78.  
532 Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=295023458009>
- 533 Olvera-Ramírez, R., Centeno-Ramos, C. & Martínez-Jerónimo, F. (2010) Toxic effects of  
534 *Pseudanabaena tenuis* (Cyanobacteria) on the cladocerans *Daphnia magna* and  
535 *Ceriodaphnia dubia*. *Hidrobiológica*, 20(3), 203-212. Retrieved from  
536 <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v20n3/v20n3a2.pdf>
- 537 Otero, A. P., Muñoz, M. P., Medina-Robles, V. & Cruz-Casallas, P. (2013) Efecto del  
538 alimento sobre variables productivas de dos espécies de Cladóceros bajo condiciones de  
539 laboratório. *Revista MVZ Córdoba*, 18, 3642-3647. Retrieved from  
540 <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v18s1/v18supla07.pdf>
- 541 Paray, B. A. & Al-Sadoon, M. K. (2016) Utilization of organic manure for culture of  
542 cladocerans, *Daphnia carinata*, *Ceriodaphnia carnuta* e copepod, *Thermocyclops*  
543 *decipiens* under laboratory conditions. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 45(3),  
544 399-404. Retrieved from

- 545 <http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/35039/1/IJMS%2045%283%29%20399->  
546 404.pdf
- 547 Peerakietkhajorn, S., Tsukada, K., Kato, Y., Matsuura, T., & Watanabe, H. (2015). Symbiotic  
548 bacteria contribute to increasing the population size of a freshwater crustacean, *Daphnia*  
549 *magna*. *Environmental Microbiology Reports*, 7(2), 364–372. doi:10.1111/1758-  
550 2229.12260
- 551 Pérez-Fuentes, J. A., Hernández-Vergara, M. P., Pérez-Rostro, C. I., & Fogel, I. (2016). C:N  
552 ratios affect nitrogen removal and production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*  
553 raised in a biofloc system under high density cultivation. *Aquaculture*, 452, 247–251.  
554 doi:10.1016/j.aquaculture.2015.11.010
- 555 Pinho, S. M., Molinari, D., de Mello, G. L., Fitzsimmons, K. M., & Coelho Emerenciano, M.  
556 G. (2017). Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the aquaponics  
557 production of different lettuce varieties. *Ecological Engineering*, 103, 146–153.  
558 doi:10.1016/j.ecoleng.2017.03.009
- 559 Provasoli, L. (1968) Media and prospects for the cultivation of marine algae. In: Watanabe, A.  
560 & Hattori, A., (Eds.), *Cultures and Collections of Algae* (pp.63-75).
- 561 Qi, W., Nong, G., Preston, J. F., Ben-Ami, F., & Ebert, D. (2009). Comparative  
562 metagenomics of *Daphnia* symbionts. *BMC Genomics*, 10(1), 172. doi:10.1186/1471-  
563 2164-10-172
- 564 R Core Team (2015). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation  
565 for Statistical Computing, Vienna, Austria. [online] Retrieved from [https://www.R-](https://www.R-project.org/)  
566 [project.org/](https://www.R-project.org/)
- 567 Silva, A. F., Lara, G. R., Ballester, E. C., Krumennauer, D., Abreu, P. C. & Wasielesky Jr, W.  
568 (2013) Effect of high stocking densities on growth and survival of *Litopenaeus vannamei*  
569 in final growout phase, reared in biofloc technology (BFT) system. *Ciência Animal*  
570 *Brasileira*, 14(3), 279-287. Retrieved from  
571 [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1809-68912013000300002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-68912013000300002)

- 572 Torrentera, L. & Tacon, A. (1989) *La producción de alimento vivo y su importância en*  
573 *acuicultura: Uma diagnosis*. FAO – Italia.
- 574 Wasielesky, W.J., Emerenciano, M., Ballester, E. L. C., Soares, R., Cavalli, R. O. & Abreu, P.  
575 C. (2006) Flocos microbianos: O cultivo com troca zero de água. *Panorama da*  
576 *Aquicultura*, 96, 14-31.
- 577 Wei, Y., Liao, S.-A., & Wang, A. (2016). The effect of different carbon sources on the  
578 nutritional composition, microbial community and structure of bioflocs. *Aquaculture*,  
579 465, 88–93. doi:10.1016/j.aquaculture.2016.08.040
- 580 Wickham, H. (2016) *Readxl: Read Excel Files*. R package version 0.1.1. [online] Retrieved  
581 from <https://CRAN.R-project.org/package=readxl>
- 582 Xu, W.-J., Morris, T. C., & Samocha, T. M. (2016). Effects of C/N ratio on biofloc  
583 development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a  
584 biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. *Aquaculture*, 453,  
585 169–175. doi:10.1016/j.aquaculture.2015.11.021
- 586 Zhang, N., Luo, G., Tan, H., Liu, W., & Hou, Z. (2016). Growth, digestive enzyme activity  
587 and welfare of tilapia ( *Oreochromis niloticus* ) reared in a biofloc-based system with  
588 poly- $\beta$ -hydroxybutyric as a carbon source. *Aquaculture*, 464, 710–717.  
589 doi:10.1016/j.aquaculture.2016.08.013

Tabela 1 Média  $\pm$  desvio padrão (DP) (mínimo – máximo) atingidos pelas variáveis de qualidade de água observados no cultivo de *D. similis* utilizando água proveniente do cultivo da tilápia do Nilo em sistema de bioflocos.

Variáveis	DACC (média $\pm$ DP; mínimo – máximo)	DB (média $\pm$ DP; mínimo – máximo)	DBC (média $\pm$ DP; mínimo – máximo)
pH †	8,06 $\pm$ 0,40 <sup>a</sup> (6,76 – 8,94)	7,57 $\pm$ 0,36 <sup>b</sup> (6,22 – 8,29)	7,55 $\pm$ 0,38 <sup>b</sup> (6,16 – 8,35)
Temperatura (°C) †	26,05 $\pm$ 0,68 (24,67 – 26,98)	26,02 $\pm$ 0,67 (24,64 – 26,97)	26,06 $\pm$ 0,68 (24,59 – 27,00)
Oxigênio Dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> ) †	5,35 $\pm$ 0,47 <sup>a</sup> (4,13 – 8,79)	5,44 $\pm$ 0,42 <sup>a</sup> (3,88 – 6,64)	5,27 $\pm$ 0,68 <sup>b</sup> (4,11 – 6,12)
Salinidade (g.L <sup>-1</sup> ) †	0,13 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup> (0,06 – 0,42)	2,10 $\pm$ 0,12 <sup>b</sup> (1,66 – 2,27)	1,99 $\pm$ 0,11 <sup>b</sup> (1,38 – 2,11)
SDT (mg.L <sup>-1</sup> ) †	0,0002 $\pm$ 1.10 <sup>-4</sup> <sup>a</sup> (0,0001 – 0,0003)	0,0026 $\pm$ 3.10 <sup>-4</sup> <sup>b</sup> (0,0009 – 0,0028)	0,0024 $\pm$ 3.10 <sup>-4</sup> <sup>b</sup> (0,0008 – 0,0026)
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup> ) †	32,75 $\pm$ 16,74 (10 – 60)	44 $\pm$ 32,43 (10 – 80)	42,75 $\pm$ 29,71 (10 – 85)
NAT (mg.L <sup>-1</sup> ) ‡	0,292 $\pm$ 0,245 <sup>a</sup> (0,035 – 0,762)	0,299 $\pm$ 0,260 <sup>a</sup> (0,071 – 0,878)	0,141 $\pm$ 0,046 <sup>a</sup> (0,073 – 0,237)
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> ) ‡	0,086 $\pm$ 0,066 <sup>a</sup> (0,025 – 0,267)	0,181 $\pm$ 0,116 <sup>a</sup> (0,034 – 0,368)	0,207 $\pm$ 0,152 <sup>a</sup> (0,020 – 0,488)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> ) ‡	0,478 $\pm$ 0,092 <sup>a</sup> (0,331 – 0,679)	1,10 $\pm$ 0,112 <sup>b</sup> (0,919 – 1,214)	1,084 $\pm$ 0,151 <sup>b</sup> (0,806 – 1,264)
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg.L <sup>-1</sup> ) ‡	0,025 $\pm$ 0,047 <sup>a</sup> (0,006 – 0,181)	1,170 $\pm$ 0,077 <sup>b</sup> (1,027 – 1,321)	1,188 $\pm$ 0,092 <sup>b</sup> (1,097 – 1,384)
SST (mg.L <sup>-1</sup> ) ‡	7,42 $\pm$ 6,31 (2,20 – 21,60)	26,07 $\pm$ 24,30 (3,20 – 72,00)	20,13 $\pm$ 10,96 (3,20 – 41,40)

† Teste Kruskal-Wallis seguido do teste de comparações de medianas de Dunn (P<0,05).

‡ Teste de Tukey (P<0,05). Letras diferentes entre as linhas indicam diferenças significativas (P<0,05) entre os tratamentos.

§ sólidos dissolvidos totais (SDT), nitrogênio amoniacal total (NAT), nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), ortofosfato (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) e sólidos suspensos totais (SST).

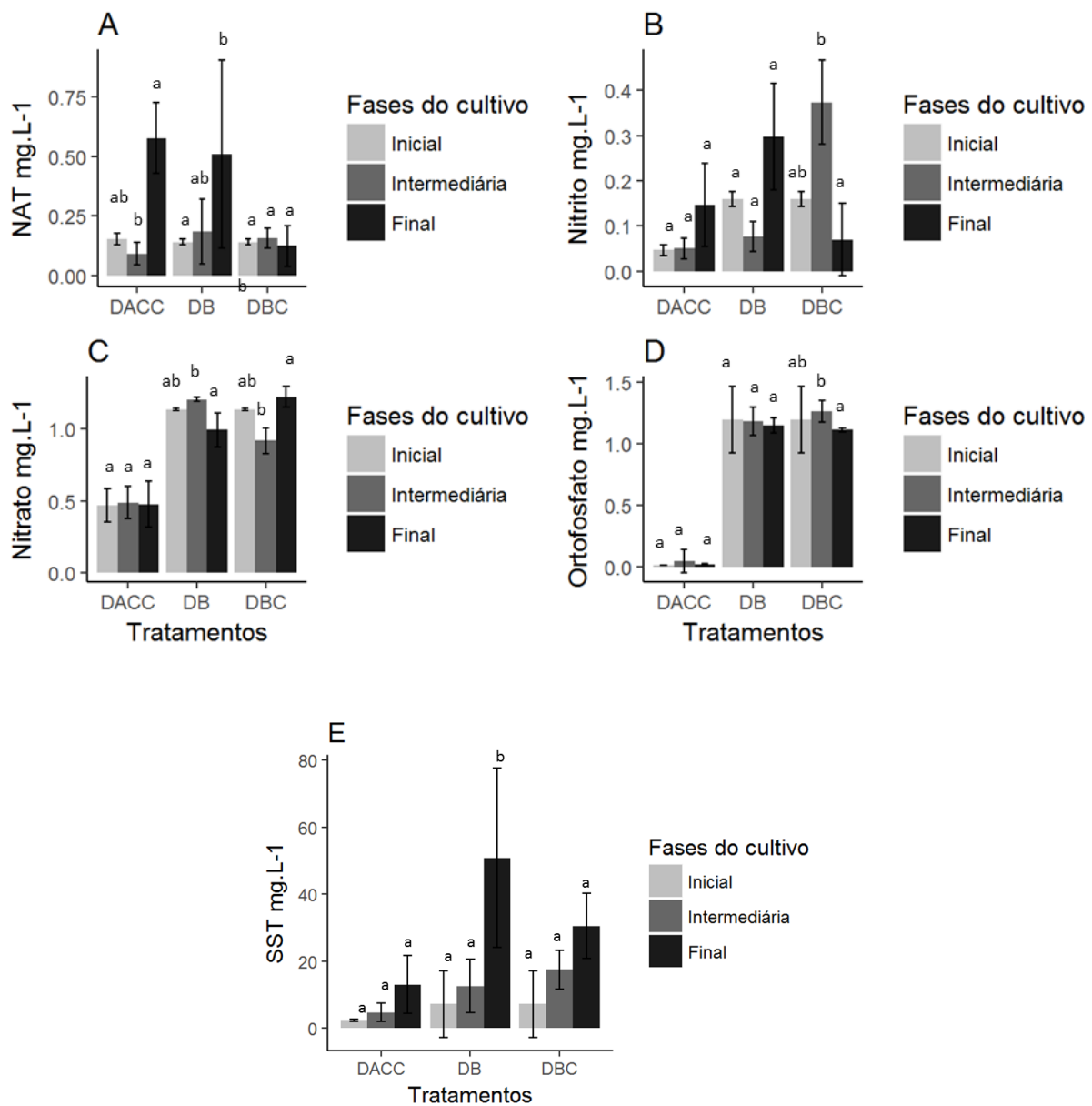


Figura 1. Quantidades de nitrogênio amoniacal total (NAT) (A), nitrito (B), nitrato (C), ortofosfato (D) e sólidos suspensos totais (SST) (E) no cultivo de *D. similis*. Quantidades presentes nos tratamentos nas fases inicial (dia 0 ■), intermediária (dia 15 ■) e final (dia 30 ■) de cultivo. Letras diferentes em cada tratamento indicam diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ) através do teste de comparação de médias de Tukey entre as fases do cultivo.

Tabela 2. Correlação de Spearman entre as variáveis de qualidade de água e densidade de organismos atingida no cultivo de *D. similis* em água do cultivo de tilápia do Nilo em sistema de bioflocos. Valores de r (p-valor).

	<b>Densidade (org.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>pH</b>	<b>Salinidade (g.L<sup>-1</sup>)</b>
<b>pH</b>	0,38 (0,003)	-	-
<b>Temperatura (°C)</b>	0,59 (<0,001)	0,56 (<0,001)	-
<b>SDT (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	0,31 (0,015)	-	0,97 (<0,001)
<b>OD (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	-	0,45 (<0,001)	-

† Sólidos dissolvidos totais (SDT); Oxigênio Dissolvido (OD).

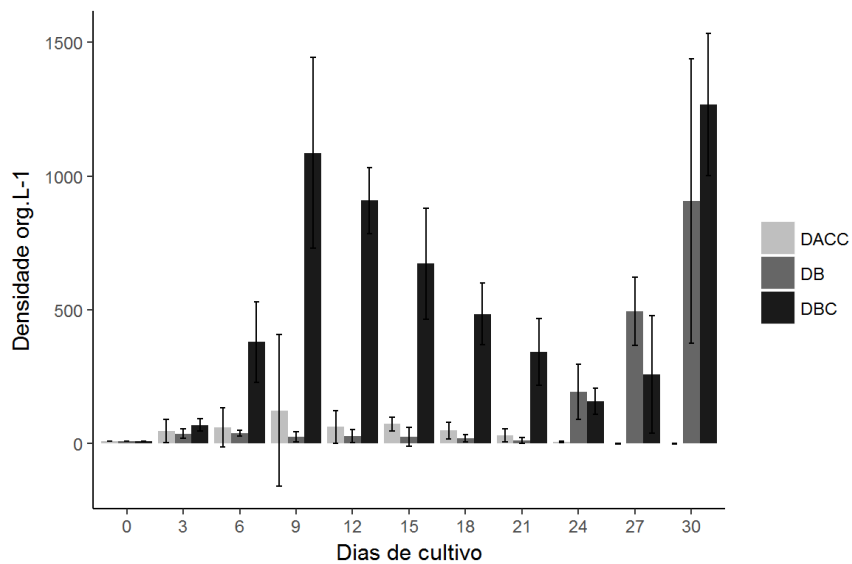


Figura 2 Curvas de crescimento de *D. similis* representada nos diferentes tratamentos (DACC, DB e DBC) ao longo dos 30 dias de cultivo.



Tabela 3 Média  $\pm$  desvio padrão (DP) das variáveis de crescimento de cada tratamento encontradas no cultivo de *D. similis* em água de cultivo de tilápia do Nilo em sistema de bioflocos.

Variáveis de Crescimento		DACC (Média $\pm$ DP)	DB (Média $\pm$ DP)	DBC (Média $\pm$ DP)
Densidade máxima (org.L <sup>-1</sup> )	média - DMX	123,9 $\pm$ 177,89 <sup>a</sup>	38,55 $\pm$ 6,51 <sup>a</sup>	1086,8 $\pm$ 287,81 <sup>b</sup>
Dia de densidade - DMD (dia)	máxima	9 <sup>o</sup>	6 <sup>o</sup>	9 <sup>o</sup>
Taxa de crescimento específico (%.dia <sup>-1</sup> )	- TCE	1,91 $\pm$ 1,41 <sup>a</sup>	1,69 $\pm$ 1,12 <sup>a</sup>	3,23 $\pm$ 2,0 <sup>b</sup>
Tempo de duplicação - TD (dia)	-	0,257 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>	0,250 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>	0,123 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup>
Rendimento (org.L <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	- R	99,32 $\pm$ 162,83 <sup>a</sup>	18,56 $\pm$ 10,2 <sup>a</sup>	1065,8 $\pm$ 313,3 <sup>b</sup>

†Letras diferentes entre as linhas indicam diferenças estatísticas no teste de Kruskal-Wallis seguido do teste de comparações de medianas de Dunn (P<0,05) entre os tratamentos.

## 5- Normas da Revista Aquaculture Research

### Author Guidelines

#### Sections

1. [Submission](#)
2. [Aims and Scope](#)
3. [Manuscript Categories and Requirements](#)
4. [Preparing Your Submission](#)
5. [Editorial Policies and Ethical Considerations](#)
6. [Author Licensing](#)
7. [Publication Process After Acceptance](#)
8. [Post Publication](#)
9. [Editorial Office Contact Details](#)

#### 1. SUBMISSION

Authors should kindly note that submission implies that the content has not been published or submitted for publication elsewhere except as a brief abstract in the proceedings of a scientific meeting or symposium.

**Once the submission materials have been prepared in accordance with the Author Guidelines, manuscripts should be submitted online at <http://mc.manuscriptcentral.com/are>.**

The submission system will prompt authors to use an ORCID iD (a unique author identifier) to help distinguish their work from that of other researchers. [Click here](#) to find out more.

[Click here](#) for more details on how to use ScholarOne Manuscripts.

For help with submissions, please contact: [AREeditorialoffice@wiley.com](mailto:AREeditorialoffice@wiley.com).

#### 2. AIMS AND SCOPE

International in perspective, *Aquaculture Research* is published 12 times a year and specifically addresses research and reference needs of all working and studying within the many varied areas of aquaculture. The Journal regularly publishes papers on applied or scientific research relevant to freshwater, brackish, and marine aquaculture. It covers all aquatic organisms, floristic and faunistic, related directly or indirectly to human consumption. The journal also includes review articles, short communications and technical papers. Young scientists are particularly encouraged to submit short communications based on their own research.

### 3. MANUSCRIPT CATEGORIES AND REQUIREMENTS

**Original Articles:** Generally original articles are based upon hypothesis-driven research describing a single study or several related studies constituting a single project. Descriptive studies are allowed providing that they include novel information and/or scholarly insight that contributes to advancement of the state of information on a given scientific topic.

**Review Articles:** Review articles are welcome and should contain not only an up-to-date review of scientific literature but also substantial scholarly interpretation of extant published literature. Compilations of scientific literature without interpretation leading to new insights or recommendations for new research directions will be returned to the author without review.

**Short Communications:** These should differ from full papers on the basis of scope or completeness, rather than quality of research. They may report significant new data arising from problems with narrow, well defined limits, or important findings that warrant rapid publication before broader studies are complete. Their text should neither exceed 1500 words (approximately six pages of typescript) nor be divided up into conventional sections. An abstract will be required on submission, but this is for informing potential reviewers and will not be part of the Short Communication. When submitting Short Communications, authors should make it clear that their work is to be treated as such.

### 4. PREPARING THE SUBMISSION

#### Cover Letters

Cover letters are not mandatory; however, they may be supplied at the author's discretion.

#### Parts of the Manuscript

Main	Text	File
The text file should be presented in the following order:		
i. A short informative title containing the major key words. The title should not contain abbreviations (see Wiley's best practice SEO tips);		
ii. A short running title of less than 40 characters;		
iii. The full names of the authors;		
iv. The author's institutional affiliations where the work was conducted, with a footnote for the author's present address if different from where the work was conducted;		
v. Abstract and keywords;		
vi. Main text;		

- Introduction
  - Materials and Methods
  - Results
  - Discussion
- vii. Acknowledgements;
- viii. References;
- ix. Tables (each table complete with title and footnotes);
- x. Figure legends;
- xi. Appendices (if relevant).

Figures and supporting information should be supplied as separate files.

### **Authorship**

Please refer to the journal's Authorship policy in the [Editorial Policies and Ethical Considerations](#) section for details on author listing eligibility.

### **Acknowledgements**

Contributions from anyone who does not meet the criteria for authorship should be listed, with permission from the contributor, in an Acknowledgments section. Financial and material support should also be mentioned. Thanks to anonymous reviewers are not appropriate.

### **Conflict of Interest Statement**

Authors will be asked to provide a conflict of interest statement during the submission process. For details on what to include in this section, see the 'Conflict of Interest' section in the [Editorial Policies and Ethical Considerations](#) section below. Submitting authors should ensure they liaise with all co-authors to confirm agreement with the final statement.

### **Abstract**

Please provide an abstract of no more than 200 words containing the major keywords.

### **Keywords**

Please provide between 4-6 keywords.

### **References**

References should be prepared according to the Publication Manual of the American Psychological Association (6th edition). This means in-text citations should follow the author-date method whereby the author's last name and the year of publication for the source should appear in the text, for example, (Jones, 1998). The use of et al is determined by the number of authors and whether it is the first time a reference has been cited in the paper:

- articles with one or two authors include all names in every in-text citation;
- articles with three, four, or five authors include all names in the first in-text citation but are abbreviated to the first author name plus et al. upon subsequent citations;

- articles with six or more authors are abbreviated to the first author name plus et al. for all in-text citations.

The complete reference list should appear alphabetically by name at the end of the paper. A sample of the most common entries in reference lists appears below. Please note that a DOI should be provided for all references where available. For more information about APA referencing style, please refer to the [APA FAQ](#). Please note that for journal articles, issue numbers are not included unless each issue in the volume begins with page one.

- **Journal** **article**  
Beers, S. R. , & De Bellis, M. D. (2002). Neuropsychological function in children with maltreatment-related posttraumatic stress disorder. *The American Journal of Psychiatry*, 159, 483–486. doi:10.1176/appi.ajp.159.3.483
- 
- **Book**  
Bradley-Johnson, S. (1994). Psychoeducational assessment of students who are visually impaired or blind: Infancy through high school (2nd ed.). Austin, TX: Pro-ed.
- 
- **Chapter** **in** **an** **Edited** **Book**  
Borstrøm, I., & Elbro, C. (1997). Prevention of dyslexia in kindergarten: Effects of phoneme awareness training with children of dyslexic parents. In C. Hulme & M. Snowling (Eds.), *Dyslexia: Biology, cognition and intervention* (pp. 235–253). London: Whurr.
- 
- **Internet** **Document**  
Norton, R. (2006, November 4). How to train a cat to operate a light switch [Video file]. Retrieved from <http://www.youtube.com/watch?v=Vja83KLQXZs>

### Tables

Tables should be self-contained and complement, not duplicate, information contained in the text. They should be supplied as editable files, not pasted as images. Legends should be concise but comprehensive – the table, legend, and footnotes must be understandable without reference to the text. All abbreviations must be defined in footnotes. Footnote symbols: †, ‡, §, ¶, should be used (in that order) and \*, \*\*, \*\*\* should be reserved for P-values. Statistical measures such as SD or SEM should be identified in the headings.

### Figure

### Legends

Legends should be concise but comprehensive – the figure and its legend must be understandable without reference to the text. Include definitions of any symbols used and define/explain all abbreviations and units of measurement.

### Figures

**It is important that figures are supplied in accepted file formats and meet basic resolution requirements.** [Click here](#) for the basic figure requirements for figures submitted with manuscripts for initial peer review, as well as the more detailed post-acceptance figure requirements.

**Figures submitted in colour** may be reproduced in colour online free of charge. Please note, however, that it is preferable that line figures (e.g. graphs and charts) are supplied in black and

white so that they are legible if printed by a reader in black and white. If an author would prefer to have figures printed in colour in hard copies of the journal, a fee will be charged by the Publisher.

### **Additional Files**

#### **Appendices**

Appendices will be published after the references. For submission they should be supplied as separate files but referred to in the text.

#### **Supporting Information**

Supporting information is information that is not essential to the article, but provides greater depth and background. It is hosted online and appears without editing or typesetting. It may include tables, figures, videos, datasets, etc. [Click here](#) for Wiley's FAQs on supporting information.

Note: if data, scripts, or other artefacts used to generate the analyses presented in the paper are available via a publicly available data repository, authors should include a reference to the location of the material within their paper.

### **General Style Points**

The following points provide general advice on formatting and style.

- **Spelling:** The journal uses British spelling; however, authors may submit using either option, as spelling of accepted papers is converted during the production process.
- **Abbreviations:** In general, terms should not be abbreviated unless they are used repeatedly and the abbreviation is helpful to the reader. Initially, use the word in full, followed by the abbreviation in parentheses. There after use the abbreviation only.
- **Units of measurement:** Measurements should be given in SI or SI-derived units. Visit the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) website at [www.bipm.fr](http://www.bipm.fr) for more information about SI units. The salinity of sea water should be given as gL<sup>-1</sup>. Use the form gmL<sup>-1</sup> not g/ml. Avoid the use of g per 100 g, for example in food composition, use g kg<sup>-1</sup>. If other units are used, these should be defined on first appearance in terms of SI units, e.g. mmHg.
- **Numbers:** numbers under 10 are spelt out, except for: measurements with a unit (8mmol/l); age (6 weeks old), or lists with other numbers (11 dogs, 9 cats, 4 gerbils).
- **Trade Names:** Chemical substances should be referred to by the generic name only. Trade names should not be used. Drugs should be referred to by their generic names. If proprietary drugs have been used in the study, refer to these by their generic name, mentioning the proprietary name and the name and location of the manufacturer in parentheses.

### **Resource Identification Initiative**

*Aquaculture Research* is supportive of authors wishing to add Research Resource Identifiers (RRIDs) for critical reagents and tools. More information can be found here: [Resource Identification Initiative](#)

### **Wiley Author Resources**

**Manuscript Preparation Tips:** Wiley has a range of resources for authors preparing manuscripts for submission available [here](#). In particular, authors may benefit from referring to Wiley's best practice tips on [Writing for Search Engine Optimization](#).

**Editing, Translation, and Formatting Support:** [Wiley Editing Services](#) can greatly improve the chances of a manuscript being accepted. Offering expert help in English language editing, translation, manuscript formatting, and figure preparation, Wiley Editing Services ensures that the manuscript is ready for submission.

## **5. EDITORIAL POLICIES AND ETHICAL CONSIDERATIONS**

### **Editorial Review and Acceptance**

The acceptance criteria for all papers are the quality and originality of the research and its significance to journal readership. Except where otherwise stated, manuscripts are single-blind peer reviewed. Papers will only be sent to review if the Editor-in-Chief determines that the paper meets the appropriate quality and relevance requirements.

Wiley's policy on confidentiality of the review process is [available here](#).

### **Data Storage and Documentation**

*Aquaculture Research* encourages data sharing wherever possible, unless this is prevented by ethical, privacy, or confidentiality matters. Authors publishing in the journal are therefore encouraged to make their data, scripts, and other artefacts used to generate the analyses presented in the paper available via a publicly available data repository; however, this is not mandatory. If the study includes original data, at least one author must confirm that he or she had full access to all the data in the study and takes responsibility for the integrity of the data and the accuracy of the data analysis.

### **Animal**

A statement indicating that the protocol and procedures employed were ethically reviewed and approved, as well as the name of the body giving approval, must be included in the Methods section of the manuscript. Authors are encouraged to adhere to animal research reporting standards, for example the [ARRIVE reporting guidelines](#) for reporting study design and statistical analysis; experimental procedures; experimental animals and housing and husbandry. Authors should also state whether experiments were performed in accordance with relevant institutional and national guidelines for the care and use of laboratory animals:

### **Studies**

- US authors should cite compliance with the US National Research Council's [Guide for the Care and Use of Laboratory Animals](#), the US Public Health Service's [Policy on Humane Care and Use of Laboratory Animals](#), and [Guide for the Care and Use of Laboratory Animals](#).
- UK authors should conform to UK legislation under the [Animals \(Scientific Procedures\) Act 1986 Amendment Regulations \(SI 2012/3039\)](#).
- European authors outside the UK should conform to [Directive 2010/63/EU](#).

### **Species Names**

Upon its first use in the title, abstract, and text, the common name of a species should be followed by the scientific name (genus, species, and authority with correct use of parentheses; date of species description is not required) in parentheses. For well-known species, however, scientific names may be omitted from article titles. If no common name exists in English, only the scientific name should be used. For further information see American Fisheries Society Special Publication No. 20, *A List of Common and Scientific Names of Fishes from the United States and Canada*.

### **Conflict of Interest**

The journal requires that all authors disclose any potential sources of conflict of interest. Any interest or relationship, financial or otherwise that might be perceived as influencing an author's objectivity is considered a potential source of conflict of interest. These must be disclosed when directly relevant or directly related to the work that the authors describe in their manuscript. Potential sources of conflict of interest include, but are not limited to: patent or stock ownership, membership of a company board of directors, membership of an advisory board or committee for a company, and consultancy for or receipt of speaker's fees from a company. The existence of a conflict of interest does not preclude publication. If the authors have no conflict of interest to declare, they must also state this at submission. It is the responsibility of the corresponding author to review this policy with all authors and collectively to disclose with the submission ALL pertinent commercial and other relationships.

### **Funding**

Authors should list all funding sources in the Acknowledgments section. Authors are responsible for the accuracy of their funder designation. If in doubt, please check the Open Funder Registry for the correct nomenclature: <https://www.crossref.org/services/funder-registry/>

### **Authorship**

The list of authors should accurately illustrate who contributed to the work and how. All those listed as authors should qualify for authorship according to the following criteria:



1. Have made substantial contributions to conception and design, or acquisition of data, or analysis and interpretation of data;
2. Been involved in drafting the manuscript or revising it critically for important intellectual content;
3. Given final approval of the version to be published. Each author should have participated sufficiently in the work to take public responsibility for appropriate portions of the content; and
4. Agreed to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Contributions from anyone who does not meet the criteria for authorship should be listed, with permission from the contributor, in an Acknowledgments section (for example, to recognize contributions from people who provided technical help, collation of data, writing assistance, acquisition of funding, or a department chairperson who provided general support). Prior to submitting the article all authors should agree on the order in which their names will be listed in the manuscript.

**Additional Authorship Options:** Joint first or senior authorship: In the case of joint first authorship, a footnote should be added to the author listing, e.g. ‘X and Y should be considered joint first author’ or ‘X and Y should be considered joint senior author.’

## ORCID

As part of the journal’s commitment to supporting authors at every step of the publishing process, the journal requires the submitting author (only) to provide an ORCID iD when submitting a manuscript. This takes around 2 minutes to complete. [Find more information here.](#)

## Publication Ethics

This journal is a member of the [Committee on Publication Ethics \(COPE\)](#). Note this journal uses iThenticate’s CrossCheck software to detect instances of overlapping and similar text in submitted manuscripts. Read the Top 10 Publishing Ethics Tips for Authors [here](#). Wiley’s Publication Ethics Guidelines can be found at [authorservices.wiley.com/ethics-guidelines/index.html](http://authorservices.wiley.com/ethics-guidelines/index.html).

## 6. AUTHOR LICENSING

If a paper is accepted for publication, the author identified as the formal corresponding author will receive an email prompting them to log in to Author Services, where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be required to complete a copyright license agreement on behalf of all authors of the paper.

Authors may choose to publish under the terms of the journal's standard copyright agreement, or **OnlineOpen** under the terms of a Creative Commons License.

General information regarding licensing and copyright is available [here](#). To review the Creative Commons License options offered under OnlineOpen, please [click here](#). (Note that certain funders mandate a particular type of CC license be used; to check this please [click here](#).)

**Self-Archiving Definitions and Policies:** Note that the journal's standard copyright agreement allows for self-archiving of different versions of the article under specific conditions. Please [click here](#) for more detailed information about self-archiving definitions and policies.

**Open Access fees:** Authors who choose to publish using OnlineOpen will be charged a fee. A list of Article Publication Charges for Wiley journals is available [here](#).

**Funder Open Access:** Please [click here](#) for more information on Wiley's compliance with specific Funder Open Access Policies.

## 7. PUBLICATION PROCESS AFTER ACCEPTANCE

### Accepted Article Received in Production

When an accepted article is received by Wiley's production team, the corresponding author will receive an email asking them to login or register with [Wiley Author Services](#). The author will be asked to sign a publication license at this point.

### Proofs

Once the paper is typeset, the author will receive an email notification with the URL to download a PDF typeset page proof, as well as associated forms and full instructions on how to correct and return the file.

Please note that the author is responsible for all statements made in their work, including changes made during the editorial process – authors should check proofs carefully. Note that proofs should be returned within 48 hours from receipt of first proof.

### Publication Charges

**Colour figures.** Colour figures may be published online free of charge; however, the journal charges for publishing figures in colour in print. If the author supplies colour figures, they will be sent a Colour Work Agreement once the accepted paper moves to the production process. If the Colour Work Agreement is not returned by the specified date, figures will be converted to black and white for print publication.

### Early View

The journal offers rapid publication via Wiley's Early View service. **Early View** (Online Version of Record) articles are published on Wiley Online Library before inclusion in an issue. Note there may be a delay after corrections are received before the article appears online, as Editors also need to review proofs. Once the article is published on Early View, no further changes to the article are possible. The Early View article is fully citable and carries an online publication date and DOI for citations.

## **8. POST PUBLICATION**

### **Access and Sharing**

When the article is published online:

- The author receives an email alert (if requested).
- The link to the published article can be shared through social media.
- The author will have free access to the paper (after accepting the Terms & Conditions of use, they can view the article).
- The corresponding author and co-authors can nominate up to ten colleagues to receive a publication alert and free online access to the article.

### **Promoting the Article**

To find out how to best promote an article, click [here](#).

### **Measuring the Impact of an Article**

Wiley also helps authors measure the impact of their research through specialist partnerships with [Kudos](#) and [Altmetric](#).

## **9. EDITORIAL OFFICE CONTACT DETAILS**

*AREditorialoffice@wiley.com*

*Author Guidelines updated July 2017*

