

**Luiz Rodrigo Mota Vicente**

**BERÇÁRIO DE TILÁPIAS-DO-NILO EM SISTEMA DE  
BIOFLOCOS: avaliação de diferentes densidades de estocagem**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Título de Mestre em Aquicultura

Orientador: Dr. Felipe do Nascimento Vieira  
Coorientador: Dr. Bruno Corrêa da Silva

Florianópolis  
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Vicente, Luiz Rodrigo Mota

Berçário de tilápias-do-nylo em sistema de bioflocos: avaliação de diferentes densidades de estocagem / Luiz Rodrigo Mota Vicente ; orientador, Felipe do Nascimento Vieira, coorientador, Bruno Corrêa da Silva, 2019.

61 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, , Programa de Pós-Graduação em , Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. . 2. Oreochromis niloticus. 3. hematologia. 4. sistema super-intensivo. I. Vieira, Felipe do Nascimento . II. Silva, Bruno Corrêa da . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em . IV. Título.

**Berçário de tilápias-do-nilo em sistema de bioflocos: avaliação de diferentes densidades de estocagem**

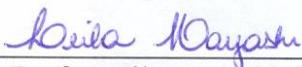
Por

LUIZ RODRIGO MOTA VICENTE

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

**MESTRE EM AQUICULTURA**

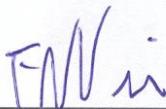
e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.



---

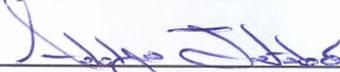
Profa. Leila Hayashi, Dra.  
Coordenadora do PPG em Aquicultura

Banca Examinadora:



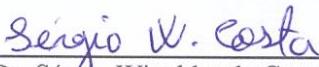
---

Dr. Felipe do Nascimento Vieira – *Orientador*



---

Dr. Adolfo Jatoba Medeiros Bezerra - IFC



---

Dr. Sérgio Winckler da Costa - EPAGRI



Este trabalho é dedicado a minha  
família.



## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por todas as oportunidades;

À minha família, que sempre me apoiou nos estudos e em todas as dificuldades encontradas me deram força para que eu pudesse derrotá-las;

À minha namorada, companheira e amiga Fernanda, que esteve junto nesta trajetória, apoiando, auxiliando e que me fortalece a cada dia que passa;

Ao meu orientador Felipe, pela amizade, orientação e todos os ensinamentos. Grande profissional que admiro cada vez mais;

Ao coorientador, amigo e colega de empresa Bruno, pelas valiosas contribuições no experimento e dissertação;

Aos docentes da UFSC, que contribuíam com seus ensinamentos e orientações, sem medir esforços;

A todos os funcionários do LCM, em especial a Claudinha, que sempre esteve disposta a ajudar quando fosse necessário;

Aos colegas e amigos que contribuíram, independente do esforço e tempo dispendidos, para a execução do experimento: Aninha, Isa, Alemão, Espanhol, Moisés, Esmeralda, Paulo Mineiro, Fernando, Marcos, Mariana, Priscila, Norha...além dos momentos de contrafer্নização e bate-papo no dia a dia, sempre enriquecem nossas vidas com a troca de experiência;

Aos colegas e amigos, Marco e Gaúcho, pela coleta de sangue e processamento das análises laboratoriais, além de todos os auxílios prestados quando foram solicitados – meu eterno agradecimento;

Gostaria de agradecer a todos os colegas e amigos que conquistei no LCM (Laboratório de Camarões Marinhos), que não mediram esforços em colaborar no experimento;

Ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura da UFSC, sempre buscando a qualificação máxima, obrigado pela oportunidade em poder fazer parte deste grupo de alunos, ainda que na humildade, busco contribuir para mantê-la no topo dos programas da área no país;

Ao Carlito, sempre solícito em colaborar no que fosse preciso, meus sinceros agradecimentos;

Enfim, agradeço a todas as pessoas, que não foram mencionadas, mas que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho.



“Os investimentos em conhecimento geram os melhores dividendos.”

Benjamin Franklin



## RESUMO

O estudo teve o objetivo de avaliar o desempenho zootécnico e os parâmetros hematológicos de tilápias-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) linhagem GIFT, utilizando diferentes densidades de estocagens em sistema de criação em bioflocos. O experimento foi conduzido em tanques circulares (400 L), com peixes invertidos sexualmente, pesando  $6,74 \pm 0,37$  g, em um período de 35 dias. Foi utilizado um delineamento individualmente casualizado com cinco tratamentos e três repetições cada. Os tratamentos foram o T1(200 peixes  $m^{-3}$ ); T2 (300 peixes  $m^{-3}$ ); T3 (400 peixes  $m^{-3}$ ); T4 (500 peixes  $m^{-3}$ ) e T5 (600 peixes  $m^{-3}$ ). Os peixes foram arraçoados quatro vezes ao dia, seguindo a tabela de alimentação específica para a espécie, com ajustes pelas biometrias semanais. Dentre os parâmetros de qualidade de água, o nitrogênio amoniacal total (TAN) e a amônia não-ionizada (N-NH<sub>3</sub>) foram, numericamente, mais elevados no T4 e T5. A alcalinidade foi significativamente maior nos tratamentos com maiores densidades (T4 e T5). Dos parâmetros hematológicos, a quantidade de trombócitos foi mais elevada no T5 em relação aos demais tratamentos. A concentração de hemoglobina foi significativamente menor no T5 em relação ao T3. O melhores índices produtivos foram encontrados no T4, apresentando biomassa final de  $9915,16 \pm 14,80$  g  $m^{-3}$ , taxa de conversão alimentar aparente de  $1,11 \pm 0,02$ , sobrevivência média de  $95,75 \pm 0,75$  % e ganho médio diário de  $0,43 \pm 0,07$  g. O berçário de tilápia-do-nylo apresentou maior crescimento individual até 300 peixes  $m^{-3}$  e aumento de produtividade até 500 peixes  $m^{-3}$ .

**Palavras chaves:** Aquicultura, *Oreochromis niloticus*, hematologia, sistema super-intensivo.



## ABSTRACT

The aim of this trial was to evaluate the growth performance and hematological parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strain GIFT, using different stock densities on nursery phase using biofloc system. The experiment was conducted in circular tanks (400 L) with sexually reversed fish, weighing  $6.74 \pm 0.37$  g, over a period of 35 days. Five treatments with three replication each one were used in a completely randomized design. The treatments were: T1 (200 fishes  $m^{-3}$ ); T2 (300 fishes  $m^{-3}$ ); T3 (400 fishes  $m^{-3}$ ); T4 (500 fishes  $m^{-3}$ ) and T5 (600 fishes  $m^{-3}$ ). The fishes were fed four times a day, following a feed table for the specie, with adjustments according to the fish biomass. Among the water quality parameters, total ammoniacal nitrogen (TAN) and non-ionized ammonia (N-NH<sub>3</sub>) were numerically higher in T4 and T5. Alkalinity was significantly higher in treatments with higher densities (T4 and T5). For the hematological parameters, the number of thrombocytes was higher in T5. The hemoglobin concentration was significantly lower in T5 than T3. The best productive indexes were found in T4, presenting final biomass of  $9915.16 \pm 14.80$  g  $m^{-3}$ , the apparent feed conversion rate of  $1.11 \pm 0.02$ , the mean survival of  $95.75 \pm 0.75\%$  and daily mean gain of  $0.43 \pm 0.07$  g. The Nile tilapia nursery showed higher individual growth at densities of up to 300 fishes  $m^{-3}$  and increased productivity up to 500 fishes  $m^{-3}$ .

**Keywords:** Aquaculture, *Oreochromis niloticus*, hematology, super-intensive system.



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Variáveis físico-químicas da água (valores médios  $\pm$  desvio padrão) do cultivo de tilápias-do-nilo *Oreochromis niloticus* em sistema de cultivo em bioflocos sob as diferentes densidades de estocagens..... 28
- Tabela 2: Parâmetros hematológicos (média  $\pm$  desvio padrão) de tilápias-do-nilo *Oreochromis niloticus* cultivadas em sistemas de bioflocos, nas diferentes densidades de estocagem..... 29
- Tabela 3: Índices zootécnicos de tilápias-do-nilo *Oreochromis niloticus* (valores médios  $\pm$  desvio padrão) em sistema de bioflocos sob as diferentes densidades de estocagens..... 30



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	11
1.1 Tilápia-do-nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	12
1.2 Sistema de bioflocos.....	14
1.3 Hematologia.....	15
1.4 Objetivos.....	18
1.4.1 Objetivo geral.....	18
1.4.2 Objetivos específicos.....	18
<b>2 ARTIGO</b> .....	19
RESUMO.....	19
ABSTRACT.....	20
2.1 INTRODUÇÃO.....	21
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
2.2.1 Material biológico.....	22
2.2.2 Delineamento experimental, unidades experimentais e manejo	23
2.2.3 Fertilização orgânica.....	23
2.2.4 Manejo alimentar.....	24
2.2.5 Biometria.....	24
2.2.6 Qualidade de água.....	24
2.2.7 Manejo do biofloco.....	25
2.2.8 Análises hematológicas.....	25
2.2.9 Desempenho zootécnico.....	26
2.2.10 Análise estatística.....	26
2.3 RESULTADOS.....	27
2.3.1 Qualidade de água.....	27
2.3.2 Parâmetros hematológicos.....	27
2.3.3 Índices zootécnicos.....	27
2.4 DISCUSSÃO.....	31
2.4.1 Qualidade de água.....	31
2.4.2 Parâmetros hematológicos.....	33
2.4.3 Índices zootécnicos.....	34
2.5 CONCLUSÃO.....	35
AGRADECIMENTOS.....	35
REFERÊNCIAS.....	36
REFERÊNCIAS INTRODUÇÃO GERAL.....	44



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, há mais de 800 milhões de pessoas que sofrem com desnutrição crônica no mundo e este número pode aumentar até 2050, quando a população mundial chegará a 9,6 bilhões (FAO, 2014). A população mundial está envelhecendo pelo aumento da expectativa de vida (JIN et al., 2015), e como consequência da idade elevada, surgem os casos de doenças cardiovasculares e de obesidade (TACON e METIAN, 2013). Sendo assim, a população cada vez mais busca produtos saudáveis e nutritivos, como os pescados em geral. Os pescados apresentam melhores valores nutricionais quando comparado às demais fontes de proteína animal (TACON e METIAN, 2013), sendo necessário apenas 150 g de peixe para suplementar 50-60 % da exigência proteica diária de um adulto (FAO, 2014). A produção e o consumo de pescado no Brasil vêm crescendo a cada ano. Para atender a demanda crescente de pescados pela população mundial, considerando a pesca artesanal e industrial estagnada, tendenciando ao declínio, surge a aquicultura para suprir esta necessidade. Neste contexto, a aquicultura tem papel fundamental na eliminação da fome, redução da pobreza, promoção da saúde e geração de emprego e renda (EMERENCIANO et al., 2017).

Dados do IBGE apontam que, em 2016, foram produzidas 507,12 mil toneladas de peixe no Brasil, incremento de 4,4 % em relação a 2015 (IBGE, 2016). Dentre as principais espécies, destacam-se as tilápias, sendo a mais produzida no país, alcançando 400.280 toneladas em 2018, representando 55,4 % do volume total, crescimento de 11,9 % em relação à 2017 (PEIXE BR, 2019). No estado de Santa Catarina, entre os anos de 2005 a 2015, a piscicultura cresceu em média 8,3 % ao ano, especialmente pelo aumento do número de produtores comerciais e da produtividade (SILVA et al., 2017). O estado é o quinto maior produtor de peixes, com 44.500 toneladas. Destes, a tilápia representa 71,21 % (32.930 t) (EPAGRI/CEDAP, 2016).

A aquicultura, apesar de apresentar dados positivos de produção, contribuindo para a redução do esforço de captura de pescados pela pesca artesanal e industrial, é alvo de críticas, devido a fatores como a ocupação de grandes áreas e geração de efluentes com elevada carga de nutrientes no ambiente (PEREZ et al., 2000). Entretanto, os desafios da aquicultura são o uso correto de recursos hídricos, cuidados com ambientes adjacentes e medidas que possam mitigar conflitos pelas terras (NAYLOR, 2000). Serão necessárias alternativas de produção que sejam mais eficientes e sustentáveis, (EMERENCIANO et al., 2013; NG

e ROMANO, 2013) reduzindo custos de produção e a pressão sobre os estoques naturais (KUHN et al., 2010; CRAB et al., 2012; NG e ROMANO, 2013).

Para atender os quesitos supracitados, surgem as tecnologias de criações em sistemas fechados, dentre eles destaca-se o bioflocos, ou BFT (sigla em inglês para *Biofloc Technology System*). Contudo, ainda não há o estabelecimento da tecnologia de bioflocos concretizada nas diversas etapas de cultivo, especialmente quanto ao aspecto comercial, além da dificuldade no convencimento dos produtores à adotarem tal tecnologia, uma vez que o investimento é maior comparado ao tradicional. Entretanto, isto deve ser mudado nos próximos anos, através da adoção do sistema por alguns produtores mais conscientes, preocupados com o ambiente, exigência do consumidor através de certificações de origem e rastreabilidade, além da consequente redução do preço do pescado pelo aumento da produção e produtividades, aumentando ainda o estoque selvagem pela possibilidade na redução da pesca extrativa (CRAB et al., 2012). Dentre as diferentes espécies de peixes que podem ser cultivadas em sistema de bioflocos, destacam-se as tilápias, por serem omnívoras, aproveitando-se dos flocos microbianos em suspensão neste sistema.

Para o sucesso da produção de tilápias em sistemas de bioflocos, ainda que em curto período, a densidade de estocagem é de extrema importância, possibilitando otimizar o espaço de construção e os custos fixos investidos (HENGSAWAT et al., 1997), assim como os custos variáveis ao longo do ciclo de cultivo neste sistema.

A produção de tilápias em sistemas bifásicos, adotando a criação de juvenis em sistema BFT, poderá ser uma alternativa ao setor, contribuindo para a redução da sazonalidade na oferta de juvenis, maximizando os ganhos e tornando a atividade mais competitiva. No entanto, as informações disponíveis sobre a criação de tilápias em bioflocos nesta fase ainda são escassas, necessitando de estudos para a obtenção de informações sobre dados zootécnicos, sanitários e econômicos.

### **1.1 Tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)**

A tilápia-do-nilo é um peixe de água doce da família dos ciclídeos, nativa do continente africano, de clima tropical, adaptada às diferentes regiões do mundo. No Brasil é cultivada em todas as regiões, inclusive no sul, de clima subtropical, com grande oscilação de temperatura entre inverno e verão (IBGE, 2013).

Destaca-se pela facilidade na reprodução em cativeiro (AYROZA

et al., 2006), aceitação de rações artificiais desde o estágio larval (ZIMMERMANN e FITZSIMMONS, 2004), rápido crescimento (LITTLE et al., 2008), resistência às variações de temperatura e condições de ambiente (EL-SAYED, 2006), rusticidade (CASTAGNOLLI, 1992a), desempenho zootécnico, tolerância às variações de condições ambientais, hostis e estressantes, altas densidades de estocagem e resistência às doenças, podendo utilizar um amplo espectro de alimento (FIGUEIREDO JÚNIOR e VALENTE JÚNIOR, 2008; SKLAN et al., 2004; NG e ROMANO, 2013).

A tilápia-do-nylo tem ótima aceitação pelo mercado consumidor, seja pelas suas qualidades nutricionais (proteína de alto valor biológico e baixo teor de gordura) e organolépticas (MORO et al., 2013; DEGANI e REVACH, 1991), facilidades de preparo, assim como pela indústria de filetagem, pois não apresenta espinhas em Y em seu filé (VIEIRA et al., 2009).

É uma espécie que tem seu crescimento ótimo entre 26 e 28 °C, pH entre 6,0 e 8,5 e oxigênio dissolvido acima de 4,0 mg L<sup>-1</sup> (acima de 50 % de saturação) (CASTAGNOLLI, 1992b; BOYD, 1990). Temperaturas extremas (abaixo de 25 °C e acima de 30 °C) provocam perdas no desempenho, podendo em temperaturas de cultivo abaixo de 16 °C cessar o consumo de alimento (LIM e WEBSTER, 2006).

Os sistemas de criação no Brasil variam entre as regiões, sendo que no sul predomina o semi-intensivo, em viveiros escavados, período de cultivo entre 6 e 12 meses, em ciclos completos, cultivando-se alevinos (0,5g) até a despesca (>600g de peso vivo).

Na criação de tilápias em Santa Catarina, apesar do volume crescente de produção nos últimos anos, ainda predominam os sistemas monofásicos, longos e com custos de produção elevados. Sistemas diferenciados de produção, especialmente os bifásicos e trifásicos podem tornar-se atraentes, dinamizando a produção de peixes no estado.

O cultivo de alevinos em bioflocos permitirá atender a demanda por juvenis, especialmente para a engorda de tilápias-do-nylo na região sul do Brasil, com inverno rigoroso, minimizando assim a sazonalidade da produção, beneficiando os produtores que terão a oportunidade em adquirir animais juvenis, realizar ciclos rápidos de produção e atender a demanda da indústria de beneficiamento, que poderá escalonar o abate dos animais ao longo do ano.

A produção de juvenis (entre 20 e 50 g) em sistema de cultivo em BFT, mesmo podendo apresentar custos de produção mais elevados, poderá ocupar um nicho específico como a oferta de juvenis em períodos específicos do ano, aonde não há disponibilidade desta classe

de animais para serem comercializados, reduzindo o tempo de cultivo, especialmente na região de clima subtropical do país, tornando a atividade mais competitiva.

## 1.2 Sistema de bioflocos

Um dos fatores limitantes da produtividade em sistemas aquícolas é a concentração de compostos nitrogenados e dos níveis de oxigênio dissolvido. A remoção dos compostos nitrogenados pode ser realizada através de renovação da água do sistema ou filtros biológicos. Entretanto, há possibilidade em reciclar nutrientes e de maneira concomitativa produzir alimento natural, os bioflocos bacterianos.

A tecnologia de bioflocos é um sistema fechado de criação de organismos aquáticos, com troca de água mínima ou inexistente, tendo como princípio a retenção dos resíduos e sua conversão em flocos microbianos, que serve como alimento natural endógeno para os animais de produção (AZIM e LITTLE, 2008a).

Os bioflocos são conglomerados de microorganismos, constituídos principalmente por microalgas, zooplânctons, bactérias, detritos orgânicos e inorgânicos (CRAB et al., 2007, AVNIMELECH, 2012; AVNIMELECH, 2007), que controlam os compostos nitrogenados e servem de alimento suplementar para os animais de cultivo (BURFORD et al., 2004; SCHRYVER et al., 2008; ASADUZZAMAN et al., 2010).

Adicionalmente, a criação de organismos aquáticos em sistemas fechados, como o bioflocos, permite uma maior biossegurança, minimizando a entrada de agentes patogênicos (SAMOCHA et al., 2007), prevenindo o possível escape de animais e contaminação dos ambientes adjacentes (HARGREAVES, 2006).

A tecnologia de bioflocos tem como princípio reciclar nutrientes através de uma elevada relação carbono:nitrogênio (C:N), estimulando o crescimento de bactérias heterotróficas, que convertem amônia em biomassa microbiana (AVNIMELECH, 2015), sendo necessário aeração constante, mantendo os flocos em suspensão, permitindo assim uma maior produtividade em relação aos cultivos tradicionais.

Para a maioria das espécies de peixes de cultivo, apenas 20-30 % do nitrogênio contido na ração é absorvido (PIEDRAHITA, 2003; SCHNEIDER et al., 2005), sendo o restante dispensado (dejeito) na água (KROM et al., 1995), causando problemas ambientais (KLINGER e NAYLOR, 2012). Em cultivos de tilápias em BFT aumentou a recuperação de nitrogênio de 23% para 43% (AVNIMELECH, 2007).

No sistema de cultivo em bioflocos (BFT) os nutrientes podem ser continuamente reciclados e reutilizados no meio de cultura, com troca mínima ou zero d'água, permitindo alta produção de peixes e camarões em pequenas áreas, além da melhora na taxa de crescimento, diminuição da conversão alimentar, e, conseqüentemente redução dos custos da alimentação (AVNIMELECH, 2015).

A tecnologia de bioflocos permite a utilização de altas densidades de estocagem e elevadas produtividades (10 a 45 kg m<sup>-3</sup>) (AVNIMELECH, 2005; AVNIMELECH, 2012; CRAB et al. 2012, LUO et al. 2014). Neste sistema, há a ciclagem de nutrientes pelo consumo de nitrogênio inorgânico pelas bactérias e a redução do consumo de água (AVNIMELECH, 1999), como consequência, menores volumes de efluentes gerado (KRUMMENAUER et al., 2011).

A tilápia-do-nilo é uma espécie que pode ser cultivada em sistemas de bioflocos, pela estrutura anatômica dos seus rastros branquiais, possibilitando a deposição dos flocos, sendo posteriormente deglutidos, aproveitando-se deste material como fonte suplementar de alimento (CRAB et al., 2009), por apresentar a capacidade de filtração de partículas em suspensão (SANDERSON et al., 1996). O sistema de cultivo em bioflocos permite uma melhor qualidade da água na produção. Os efeitos benéficos para as tilápias incluem a melhoria na produção, redução na conversão alimentar, melhor nutrição e saúde (CHOO e CAIPANG, 2015).

A tilápia-do-nilo pode ser cultivada nas diferentes fases em sistema BFT, apresentando bons resultados, aumentando a produção de larvas de reprodutores (EKASARI et al., 2015a), aumento da sobrevivência e resistência à infecção bacteriana (EKASARI et al. 2015b), além da redução do custo de produção na engorda por apresentar menor conversão alimentar (AVNIMELECH, 2012).

Estudos mostraram que o BFT permite a redução de proteína na ração de tilápias (AZIM et al., 2008b), assim como dietas à base de plantas é favorecida neste sistema (RAY et al., 2010). A possibilidade na redução de proteína na dieta, com uso de fontes de origem vegetal, reduz a dependência de recursos marinhos já sobreexplorados, contribuindo conseqüentemente na diminuição de resíduos de nitrogênio e fósforo, tornam o sistema mais sustentável.

Em estudo realizado com juvenis de tilápias (112 e 205 g), com troca limitada de água e ração de 30 e 20 % de proteína bruta, houve melhor desenvolvimento no grupo com menor nível proteico, resultado do menor acúmulo de nitrogênio inorgânico e melhoria da qualidade de água, maior utilização da proteína da ração e reciclagem dos nutrientes

pelos organismos (AVNIMELECH et al., 1994).

Em sistemas intensivos, com altas densidades de estocagens, ocorre o acúmulo de compostos nitrogenados provenientes da excreção dos animais, bem como da decomposição da matéria orgânica (AZIM et al., 2003; AVNIMELECH, 2007), sendo prejudiciais para as espécies cultivadas. Sendo assim, faz-se necessário a remoção ou assimilação dos compostos nitrogenados pelos organismos presentes no ambiente de cultivo, propiciando melhores condições ambientais e, conseqüentemente, conforto aos animais.

O sistema de bioflocos pode ser manejado com bactérias nitrificantes, que oxidam a amônia até nitrato ou através de bactérias heterotróficas que assimilam a amônia e o ortofosfato, transformando-os em biomassa celular (AVNIMELECH, 1999), sendo necessária a matéria orgânica estar em suspensão, oxigênio dissolvido constante e relação da concentração carbono nitrogênio (C:N) adequada.

O volume de sólidos sedimentáveis para o cultivo de tilápias em sistemas de biofoco deve manter-se entre 5 e 50 mL L<sup>-1</sup> (AVNIMELECH, 2011). A relação C:N adequada (alta) e alcalinidade alta é fundamental para o desenvolvimento de bactérias heterotróficas. A relação N:P também é importante e influenciará a comunidade autotrófica. Recomenda-se concentração de amônia não ionizada (NH<sub>3</sub>) abaixo de 0,05 mg L<sup>-1</sup> (TIMMONS et al., 2002)

### 1.3 Hematologia

A hematologia é usada como um índice do estado de saúde de inúmeras espécies de peixes para detectar alterações fisiológicas após estresse em diferentes condições como a exposição a poluentes, doenças, metais, hipóxia, entre outros fatores (BLAXHALL, 1972; DUTHIE e TORT, 1985; RANZANI-PAIVA, 2000).

O leucograma pode fornecer subsídios importantes para o diagnóstico e prognóstico das condições mórbidas em populações de peixes e contribuir para a fisiologia comparativa, relação filogenética, condições alimentares e outros parâmetros (TAVARES-DIAS e MATAQUEIRO, 2004). A leucopenia, linfopenia, monocitopenia e neutrofilia podem estar relacionadas ao estresse crônico (WEDEMEYER et al., 1990; VALENZUELA et al., 2003; MARTINS et al., 2004; DE PEDRO et al., 2005).

Os neutrófilos presentes no sangue, tecido linfoide e cavidade peritoneal podem fagocitar partículas estranhas e produzir ânions superóxidos, que são compostos bactericidas (PLYZYZCZ et al., 1989,

SECOMBES, 1996). Os neutrófilos são as primeiras células granulocíticas a aparecerem no local da lesão, seguidos pelos macrófagos, que são originados dos monócitos. No local das lesões, estas células iniciam o processo de fagocitose, a fim de destruir agentes invasores (HANINGTON et al., 2009, ROWLEY, 1996).

Os monócitos são células com função fagocitária e de eliminação de bactérias, sendo precursores de macrófagos (FELDMAN et al., 2000). Os monócitos, macrófagos e células granulocíticas são fagócitos que são mobilizados para o local da inflamação por sinais moleculares (STUART e EZEKOWITZ, 2005).

Os trombócitos são responsáveis pela coagulação sanguínea e acredita-se estar relacionado com o sistema de defesa (MATUSHIMA e MARIANO, 1996). Os eusinófilos estão presentes em infestações parasitárias, e envolvidos no processo de inflamação. Os basófilos são escassos ou ausentes em peixes saudáveis (ROBERTS, 1981; CARVALHO et al., 2006).

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo geral**

Avaliar a criação de juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de bioflocos sob diferentes densidades de estocagem

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- a. Avaliar os parâmetros de qualidade de água ao longo do período experimental.
- b. Caracterizar hematologicamente as tilápias-do-nilo em sistema de bioflocos em diferentes densidades;
- c. Avaliar o desempenho zotécnico de tilápias-do-nilo cultivadas em sistema de bioflocos;

## **1.5 Estrutura do trabalho**

O artigo intitulado “Berçário de tilápias-do-nilo em sistema de bioflocos: avaliação de diferentes densidades de estocagem” foi formatado para submissão para a revista *Aquaculture*, qualis A2.



## DESENVOLVIMENTO – ARTIGO CIENTÍFICO

### 2 Artigo – “BERÇÁRIO DE TILÁPIAS-DO-NILO EM SISTEMA DE BIOFLOCOS: avaliação de diferentes densidades de estocagem”

#### Resumo

O estudo teve o objetivo de avaliar o desempenho zootécnico e os parâmetros hematológicos de tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) linhagem GIFT, utilizando diferentes densidades de estocagens em sistema de criação em bioflocos. O experimento foi conduzido em tanques circulares (400 L), com peixes invertidos sexualmente, pesando  $6,74 \pm 0,37$  g, em um período de 35 dias. Foi utilizado um delineamento individualmente casualizado com cinco tratamentos e três repetições cada. Os tratamentos foram o T1(200 peixes  $m^{-3}$ ); T2 (300 peixes  $m^{-3}$ ); T3 (400 peixes  $m^{-3}$ ); T4 (500 peixes  $m^{-3}$ ) e T5 (600 peixes  $m^{-3}$ ). Os peixes foram arraçoados quatro vezes ao dia, seguindo a tabela de alimentação específica para a espécie, com ajustes pelas biometrias semanais. Dentre os parâmetros de qualidade de água, o nitrogênio amoniacal total (TAN) e a amônia não-ionizada ( $N-NH_3$ ) foram, numericamente, mais elevados no T4 e T5. A alcalinidade foi significativamente maior nos tratamentos com maiores densidades (T4 e T5). Dos parâmetros hematológicos, a quantidade de trombócitos foi mais elevada no T5 em relação aos demais tratamentos. A concentração de hemoglobina foi significativamente menor no T5 em relação ao T3. O melhores índices produtivos foram encontrados no T4, apresentando biomassa final de  $9915,16 \pm 14,80$  g  $m^{-3}$ , taxa de conversão alimentar aparente de  $1,11 \pm 0,02$ , sobrevivência média de  $95,75 \pm 0,75$  % e ganho médio diário de  $0,43 \pm 0,07$  g. O berçário de tilápia-do-nilo apresentou maior crescimento individual até 300 peixes  $m^{-3}$  e aumento de produtividade até 500 peixes  $m^{-3}$ .

**Palavras chaves:** Aquicultura, *Oreochromis niloticus*, hematologia, sistema super-intensivo.

## ABSTRACT

The aim of this trial was to evaluate the growth performance and hematological parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strain GIFT, using different stock densities on nursery phase using biofloc system. The experiment was conducted in circular tanks (400 L) with sexually reversed fish, weighing  $6.74 \pm 0.37$  g, over a period of 35 days. Five treatments with three replication each one were used in a completely randomized design. The treatments were: T1 (200 fishes  $m^{-3}$ ); T2 (300 fishes  $m^{-3}$ ); T3 (400 fishes  $m^{-3}$ ); T4 (500 fishes  $m^{-3}$ ) and T5 (600 fishes  $m^{-3}$ ). The fishes were fed four times a day, following a feed table for the specie, with adjustments according to the fish biomass. Among the water quality parameters, total ammoniacal nitrogen (TAN) and non-ionized ammonia (N-NH<sub>3</sub>) were numerically higher in T4 and T5. Alkalinity was significantly higher in treatments with higher densities (T4 and T5). For the hematological parameters, the number of thrombocytes was higher in T5. The hemoglobin concentration was significantly lower in T5 than T3. The best productive indexes were found in T4, presenting final biomass of  $9915.16 \pm 14.80$  g  $m^{-3}$ , the apparent feed conversion rate of  $1.11 \pm 0.02$ , the mean survival of  $95.75 \pm 0.75\%$  and daily mean gain of  $0.43 \pm 0.07$  g. The Nile tilapia nursery showed higher individual growth at densities of up to 300 fishes  $m^{-3}$  and increased productivity up to 500 fishes  $m^{-3}$ .

**Keywords:** Aquaculture, *Oreochromis niloticus*, hematology, super-intensive system.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é um dos setores da produção de proteína animal que mais cresce no mundo, a uma taxa anual de 8,3% desde 1970 (FAO-FISHSTAT, 2015), contribuindo para a redução da pobreza, da fome e da desnutrição da população mundial, gerando crescimento econômico e garantindo os recursos naturais (FAO, 2017). Em 2014, a produção da aquicultura mundial totalizou 73,8 milhões de toneladas, sendo destes, 49,8 milhões de toneladas de peixes (67,4%) (FAO, 2016). As tilápias são o grupo de peixes mais produzido no mundo (FAO, 2017), sendo a tilápia-do-nilo (*O. niloticus*) contribuindo com 3,93 milhões de toneladas (FAO, 2015). No Brasil, a tilápia-do-nilo (*O. niloticus*) é a espécie aquícola mais cultivada, com 400.280 toneladas em 2018, crescimento de 11,9 em relação ao ano anterior (PEIXE BR, 2019). Entretanto, o crescimento esbarra na disponibilidade limitada de recursos naturais (Verdegem, 2013), sendo necessário o desenvolvimento de sistemas que permitam aumentar a produção e produtividades com menor uso de água, espaço e energia (Asche et al., 2008; FAO, 2017), com retornos econômicos satisfatórios.

Neste sentido, os sistemas aquícolas intensivos tem o desafio de oferecer um ambiente favorável para a produção de peixes e camarões em alta densidade, com pouca ou nenhuma troca de água (Ray et al., 2010), sendo os cultivos em bioflocos cada vez mais comum para atender tal necessidade (Avnimelech, 2006; Browdy et al., 2001; Crab et al., 2007; De Schryver et al., 2008).

O tecnologia de produção em bioflocos (*Biofloc Technology System – BFT*) é um sistema fechado de cultivo de organismos aquáticos, tendo como princípio a reciclagem de nutrientes e sua conversão em flocos microbianos, que serve de alimento natural endógeno para os animais de produção (Azim e Little, 2008).

O sistema tem como princípio a reciclagem de nutrientes, através da alta relação carbono:nitrogênio (C:N), estimulando o crescimento de bactérias heterotróficas, que transformam amônia em bioflocos microbianos (Avnimelech, 2015; Burford et al., 2003; Hari et al., 2004).

O cultivo em bioflocos ocupa menores áreas de terra e volume de água (Moss et al., 2012). Entretanto, o aumento da densidade de estocagem e renovação mínima ou zero de água acarreta no acúmulo de resíduos de ração, excretas e compostos inorgânicos tóxicos (Burford et al., 2003; Van Wyk, 2006), comprometendo a qualidade da água (Avnimelech, 2007) e, conseqüentemente a saúde dos peixes. Sendo

assim, o lodo acumulado deve ser drenado (Ekasari et al., 2012; Emerenciano et al., 2013).

As tilápias por se alimentarem por filtração da água, permite a absorção de bioflocos em suspensão, estando adaptadas aos sistemas adensados (Avnimelech, 2011). As tilápias são capazes de utilizar eficientemente as bactérias heterotróficas, sendo assim adequadas para serem cultivadas em BFT (Choo et al., 2015).

Tradicionalmente, os cultivos de tilápias no sul do Brasil são concentrados em períodos de calor, em ciclos completos de produção, longos, com povoamento de alevinos de 0,5 g e despescas com peixes acima de 600 g. Este modelo de produção torna a atividade pouco competitiva, com povoamentos e fornecimento de peixes para a comercialização pré-definidos (sazonalizado). Os sistemas bifásicos de produção, com cultivo de alevinos em bioflocos, disponibilizando consequentemente juvenis para as unidades de produção, reduzirá tempo de cultivo e minimizará a sazonalidade da produção, podendo tornar a atividade mais competitiva.

O cultivo de peixes em sistemas fechados, especialmente os cultivo em bioflocos começa a ser difundido no país, entretando, o investimento inicial ainda é alto (Vilani et al., 2016) e são incipientes os resultados práticos quanto aos aspectos econômicos, zootécnicos e caracterização hematológica do cultivo de alevinos de tilápias do-nilo em sistemas de berçários. Neste sentido, há necessidade em conhecer melhor os resultados zootécnicos do cultivo de alevinos de tilápias em BFT.

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho zootécnico e caracterização hematológica de juvenis de tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* em sistema de bioflocos nas diferentes densidades de estocagem.

## **2.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.2.1 Material biológico**

Para o estudo, foram adquiridos 6.000 alevinos de tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) linhagem GIFT, monosexos, invertidos sexualmente, da unidade de Piscicultura do Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca (Cedap), pertencente a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). Foram transportados em caixas de transporte com aeração e oxigênio dissolvido constantes até o Laboratório de Camarões Marinhos (LCM)/Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), permanecendo

por 24h em caixa no local com aeração constante até serem distribuídas nas unidades experimentais.

O experimento foi aprovado pelo comitê de ética no uso de animais (CEUA), (Protocolo 7721291117).

### **2.2.2 Delineamento experimental, unidades experimentais e manejo**

O experimento teve duração de 35 dias, sendo conduzido em um delineamento inteiramente casualizado em cinco tratamentos e três repetições, totalizando 15 unidades experimentais. O peso médio inicial foi de  $6,74 \pm 0,37$  g.

As unidades experimentais foram tanques de polipropileno circulares de 500 L (400 L de volume útil), alocados independentemente em sala fechada (*indoor*), com fotoperíodo de 12/12 h (dia/noite) mantidos através de iluminação artificial.

O experimento foi conduzido utilizando-se as densidades entre 200 e 600 animais  $m^{-3}$ , nos seguintes tratamentos: T1: 200 peixes  $m^{-3}$ ; T2: 300 peixes  $m^{-3}$ ; T3: 400 peixes  $m^{-3}$ ; T4: 500 peixes  $m^{-3}$  e T5: 600 peixes  $m^{-3}$ .

Os animais permaneceram três dias nas unidades experimentais antes do início efetivo do experimento, em água previamente fertilizada.

Um sistema de mangueira microporosa dispostas em formato circular, dispostas próximas ao fundo de cada unidade experimental, acopladas ao sistema de aeração tipo blower (compressor radial Ibram 7CV) foi utilizado para manter o biofoco em suspensão e o oxigênio dissolvido acima de  $5,0$  mg  $L^{-1}$ . Cada unidade experimental recebeu aquecedor de 500 Watts de potência, individualmente, regulados por termostato, mantendo-se a temperatura da água em  $28$  °C, ao longo do período experimental. A salinidade das caixas foi ajustada previamente em  $2,0$  g  $L^{-1}$ , objetivando prevenir possível intoxicação e stress por Nitrito (Wuertz et al., 2013).

Durante todo o período experimental não houve troca d'água, apenas reposição da perda pela evaporação e decantação.

### **2.2.3 Fertilização orgânica**

A água dos tanques foi preparada três dias antes do povoamento, utilizando-se ração comercial de tilápias (45 % de proteína bruta) e melão de cana-de-açúcar em pó, mantendo uma relação carbono-nitrogênio, C:N (20:1) (Avnimelech, 2007).

O controle de amônia ao longo do experimento foi realizado através da adição de açúcar-de-cana refinado como fonte de carbono orgânico, empregando-se uma relação C:N 20:1 (Avnimelech, 1999),

tendo como base o nitrogênio amoniacal total (NAT), sempre mantendo  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$  de amônia residual.

No início do experimento, a temperatura média foi  $27,39 \pm 0,76$  °C; oxigênio dissolvido:  $7,76 \pm 0,09 \text{ mg L}^{-1}$ ; alcalinidade:  $328,62 \pm 62,82 \text{ mg L}^{-1}$ ; Sólidos Suspensos Totais (SST):  $496,33 \pm 119 \text{ mg L}^{-1}$ ; sólidos sedimentáveis:  $45,38 \pm 27,65 \text{ mL L}^{-1}$ ; pH:  $7,99 \pm 0,09$ ; nitrito ( $\text{N-NO}_2$ ):  $0,01 \pm 0,008 \text{ mg L}^{-1}$ ; nitrato ( $\text{N-NO}_3$ ):  $4,50 \pm 5,11 \text{ mg L}^{-1}$  e nitrogênio amoniacal total (TAN):  $4,63 \pm 0,97 \text{ mg L}^{-1}$  e salinidade:  $1,62 \pm 0,34 \text{ g L}^{-1}$ .

### **2.2.4 Manejo alimentar**

Os peixes foram alimentados de acordo com tabela alimentar (Silva e Marchiori, 2018).

A taxa de alimentação diária foi determinada inicialmente pelo peso médio dos animais povoados e biomassa média de cada tratamento, sendo ajustados semanalmente através das biometrias, qualidade de água e pela concentração de amônia total (TAN), de acordo com o consumo de cada unidade experimental. Os animais foram alimentados quatro vezes ao dia (08:00, 11:00, 14:00 e 17:00 h) com ração comercial extrusada, de 1,3 mm, contendo 45% de proteína bruta nos primeiros 10 dias e com 3 a 4 mm e 35 % de proteína bruta entre o 11° dia até o final do experimento. A oferta diária de ração foi em função da biomassa, variando entre 3 e 6% ao dia.

### **2.2.5 Biometria**

Os animais foram pesados individualmente no início do experimento (balança digital com precisão 0,01 g), e posteriormente foram realizadas biometrias semanais de aproximadamente 10 % da população de cada unidade experimental, com a finalidade de avaliar o crescimento dos peixes, ajustar o fornecimento de ração e avaliação macroscópica, verificando possíveis problemas sanitários.

### **2.2.6 Qualidade da água**

Ao longo do experimento não houve troca d'água das unidades experimentais, apenas reposição da perda pela evaporação e decantações do lodo.

A temperatura e o oxigênio dissolvido foram mensurados duas vezes ao dia (07 e 18 h), em cada unidade experimental, com uso de oxímetro digital portátil (YSI Pro20). Os resultados foram expressos pela média diária de cada tratamento. O pH (pH-metro Tecnal®) e salinidade (salinômetro digital Eco-Sense YSI EC3) foram mensurados

duas vezes por semana. Três vezes por semana, antes da primeira alimentação, foram coletados água e realizada a análise do nitrogênio amoniacal total (TAN), nitrito (N-NO<sub>2</sub>), nitrato (N-NO<sub>3</sub>) e alcalinidade (CaCO<sub>3</sub>). Sempre que o TAN ultrapassava 10 mg L<sup>-1</sup>, o fornecimento de ração era suspenso por dois períodos alimentares subsequentes.

### **2.2.7 Manejo do bioflocos**

Em dias alternados, foram realizadas as análises de sólidos sedimentáveis (SS), utilizando-se um litro de água do experimento, transferindo para o cone Imhoff e realizando a leitura do volume de material sedimentado após 30 minutos, de acordo com a metodologia de Eaton et al. (1995), adaptada por Avnimelech (2015).

O volume de sólidos sedimentáveis para o cultivo de tilápias em sistemas de bioflocos deve manter-se entre 25 e 50 mL L<sup>-1</sup> (Hargreaves, 2013). Foi adotado o volume de 50 mL L<sup>-1</sup>, sendo realizada a decantação do excesso quando este volume fosse atingido, através de um sedimentador cônico com capacidade para 50 L de volume, conectados aos tanques de cultivo.

Os Sólidos Suspensos Totais (SST) foram analisados uma vez por semana (APHA, 2005), utilizando-se filtros de fibra de vidro com porosidade de 0,6 µm (GF6 Macherey-Nagel).

Para o crescimento e manutenção da comunidade microbiana, realizava-se a adição de açúcar, na busca de uma relação carbono-nitrogênio (C:N) de 20:1 (Avnimelech, 2015), diariamente.

### **2.2.8 Análises hematológicas**

As análises hematológicas foram realizadas no final do experimento, utilizando-se três animais por repetição, nove por tratamento, totalizando 45 animais.

No momento da despesca, os animais utilizados para a coleta de sangue foram anestesiados por imersão, utilizando-se eugenol (50 mg L<sup>-1</sup>), pesados e medidos, individualmente. Em seguida procedeu-se a coleta de sangue através da punção vaso-caudal com seringas estéreis previamente heparinizadas para contagem de eritrócitos total e diferencial da série branca. Em seguida, os animais foram eutanasiados por concussão da coluna espinal.

As amostras foram acondicionadas e enviadas ao Laboratório AQUOS/UFSC – Sanidade de Organismos Aquáticos, onde foram processadas, realizando-se as diversas análises.

Foi utilizado sangue para a confecção e extensões sanguíneas, em duplicata, e coradas com MayGrunwald/Giemsa/Wright - MGGW (Ranzani-Paiva et al., 2013) para a contagem total e diferencial de

leucócitos (WBC) e trombócitos pelo método indireto (Ishikawa et al., 2008).

Uma alíquota foi utilizada para a determinação do hematócrito médio (Ranzani-Paiva et al., 2013) e o restante para quantificação do número total de eritrócitos (RBC) em câmara de Neubauer, após diluição 1:200 em solução Dacie.

A concentração de hemoglobina foi analisada pelo método da cianometahemoglobina (Collier, 1944).

Equações hematimétricas foram utilizadas para determinação do volume corpuscular médio (VCM) e da concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) (Wintrobe, 1934).

## **2.2.9 Desempenho zootécnico**

O desempenho zootécnico das tilápias-do-nilo foi avaliado através das biometrias semanais, pesando-se aproximadamente 10 % da população de cada unidade experimental. No final do experimento os animais de todas as unidades experimentais foram pesados e quantificados para determinar o desempenho zootécnico, por meio das variáveis e seguintes fórmulas: taxa de sobrevivência (%), ganho médio diário (GMD) (g) ( $\% \text{ day}^{-1}$ ), peso médio final (g), fator de conversão alimentar aparente (FCA) (ração consumida/ganho de peso dos peixes), produtividade média ( $\text{kg m}^{-3}$ ) e TCE: taxa de crescimento específico ( $[(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{tempo de cultivo}] \times 100$ ).

### **2.2.10 Análise estatística**

Para avaliar a normalidade e homocedasticidade foi utilizado teste de Shapiro-Wilk e de Levene (Zar, 2010), respectivamente. Posteriormente, foi utilizada análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey (Zar, 2010) para comparação das médias, ao nível de significância de 5%, através do software Statistica® 6.0.

## **2.3 RESULTADOS**

### **2.3.1 Qualidade de água**

O oxigênio dissolvido na água foi significativamente menor ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos T4 e T5 em relação a água do tratamento T1.

A amônia total (TAN) e a amônia não ionizada na água foram significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos T4 e T5 em relação a água do tratamento T1. A alcalinidade foi significativamente superior ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos T4 e T5 em relação aos demais tratamentos.

Já a salinidade ajustada não apresentou diferença estatística entre os tratamentos ( $p>0,05$ ), ficando entre 1,5 a 2,0 g L<sup>-1</sup> ao longo do experimento.

Não houve diferença estatística ( $p>0,05$ ) do pH, N-Nitrito, N-Nitrato e SST, entre os tratamentos.

### **2.3.2 Parâmetros hematológicos**

A concentração de hemoglobina foi estatisticamente menor ( $p<0,05$ ) nos peixes do T5 em relação os peixes do T3.

O número de trombócitos foi estatisticamente maior ( $p<0,05$ ) no T5.

O hematócrito médio, eritrócitos, VCM, VHCM, leucócitos, neutrófilos, linfócitos e monócitos não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ( $p>0,05$ ).

### **2.3.3 Índices zootécnicos**

O peso médio final foi estatisticamente superior ( $p<0,05$ ) no tratamento 1 (28,87 g) em relação aos tratamentos 3, 4, e 5 (21,65 g; 20,68 g e 17,87 g), respectivamente. A sobrevivência média foi menor ( $p<0,05$ ) nos T5 e T3, respectivamente, em relação aos demais tratamentos.

O fator de conversão alimentar foi maior no T5, quando comparado ao T1 e T2.

A taxa de crescimento específico (TCE) foi estatisticamente superior ( $p<0,05$ ) nos tratamentos 1 e 2, comparado ao tratamento 5.

A produtividade foi mais elevada ( $p<0,05$ ) no tratamento 4 em relação ao tratamento 1 e 2.

O ganho de peso médio diário no período experimental foi estatisticamente superior ( $p<0,05$ ) nos peixes do tratamento 1 em relação dos tratamentos T3, T4 e T5.

Tabela 1: Variáveis físico-químicas da água (valores médios  $\pm$  desvio padrão) do cultivo de tilápias-do-nylo *Oreochromis niloticus* em sistema de cultivo em bioflocos sob as diferentes densidades de estocagens

Parâmetro	Tratamento					p. ANOVA
	T1	T2	T3	T4	T5	
O.D. (mg L <sup>-1</sup> )	7,20 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	6,85 $\pm$ 0,12 <sup>ab</sup>	6,82 $\pm$ 0,17 <sup>ab</sup>	6,56 $\pm$ 0,03 <sup>b</sup>	6,49 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>	0,000800
Temperatura (°C)	27,58 $\pm$ 0,08	28,93 $\pm$ 1,46	27,78 $\pm$ 0,22	27,96 $\pm$ 0,06	28,09 $\pm$ 0,01	0,360400
TAN (mg L <sup>-1</sup> )	5,15 $\pm$ 0,13 <sup>b</sup>	7,81 $\pm$ 1,03 <sup>ab</sup>	6,97 $\pm$ 1,34 <sup>ab</sup>	9,41 $\pm$ 0,27 <sup>a</sup>	10,74 $\pm$ 0,46 <sup>a</sup>	0,000958
N-NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,58 $\pm$ 0,03 <sup>b</sup>	0,83 $\pm$ 0,16 <sup>ab</sup>	0,64 $\pm$ 0,23 <sup>b</sup>	0,98 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	1,08 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>	0,033928
Nitrito (N-NO <sub>2</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	0,04 $\pm$ 0,01	0,16 $\pm$ 0,13	0,07 $\pm$ 0,04	0,10 $\pm$ 0,06	0,08 $\pm$ 0,02	0,458153
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	0,00 $\pm$ 0,00	0,99 $\pm$ 1,40	4,04 $\pm$ 4,47	0,62 $\pm$ 0,62	4,83 $\pm$ 0,73	0,152640
Alcalinidade (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	212,22 $\pm$ 18,50 <sup>b</sup>	255,33 $\pm$ 12,42 <sup>b</sup>	232,81 $\pm$ 64,06 <sup>b</sup>	332,44 $\pm$ 1,11 <sup>a</sup>	331,67 $\pm$ 5,00 <sup>a</sup>	<0,00001
pH	8,11 $\pm$ 0,01	8,08 $\pm$ 0,03	7,92 $\pm$ 0,28	8,06 $\pm$ 0,03	8,03 $\pm$ 0,01	0,060197
SST (mg L <sup>-1</sup> )	1066,33 $\pm$ 94,28	1076,67 $\pm$ 221,09	1611,67 $\pm$ 185,70	1301,20 $\pm$ 21,20	1163,90 $\pm$ 181,90	0,358236
Salinidade (g L <sup>-1</sup> )	1,96 $\pm$ 0,55	1,64 $\pm$ 0,12	1,91 $\pm$ 0,41	1,64 $\pm$ 0,02	1,59 $\pm$ 0,00	0,071332

T1: 200 peixes m<sup>-3</sup>; T2: 300 peixes m<sup>-3</sup>; T3: 400 peixes m<sup>-3</sup>; T4: 500 peixes m<sup>-3</sup>; T5: 600 peixes m<sup>-3</sup>

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 2: Parâmetros hematológicos (média  $\pm$  desvio padrão) de tilápias-do-nilo *Oreochromis niloticus* cultivadas em sistemas de bioflocos, nas diferentes densidades de estocagem. VCM=volume corpuscular médio; CHCM=concentração de hemoglobina corpuscular média

	Tratamento					p.ANOVA
	T1	T2	T3	T4	T5	
Hematócrito (%)	30.78 $\pm$ 4.80	27.11 $\pm$ 3.11	28.11 $\pm$ 6.94	26.00 $\pm$ 7.68	29.17 $\pm$ 3.48	0.552528
Eritrócitos ( $\times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$ )	2.51 $\pm$ 0.50	1.95 $\pm$ 0.17	2.22 $\pm$ 0.30	2.31 $\pm$ 0.39	2.27 $\pm$ 0.32	0.057588
Hemoglobina (g $\text{dL}^{-1}$ )	12.81 $\pm$ 2.25 <sup>ab</sup>	10.95 $\pm$ 1.24 <sup>ab</sup>	13.85 $\pm$ 2.95 <sup>a</sup>	11.37 $\pm$ 2.91 <sup>ab</sup>	9.69 $\pm$ 2.60 <sup>b</sup>	0.032110
VCM (fL)	126.52 $\pm$ 28.88	139.60 $\pm$ 17.02	127.84 $\pm$ 30.41	110.62 $\pm$ 22.22	129.74 $\pm$ 16.94	0.360955
VHCM (g $\text{dL}^{-1}$ )	42.07 $\pm$ 7.36	40.92 $\pm$ 6.74	54.62 $\pm$ 25.84	47.89 $\pm$ 17.64	33.15 $\pm$ 7.88	0.152795
Trombócitos ( $\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$ )	16.90 $\pm$ 6.26 <sup>b</sup>	16.05 $\pm$ 11.79 <sup>b</sup>	15.64 $\pm$ 9.40 <sup>b</sup>	7.28 $\pm$ 4.84 <sup>b</sup>	39.11 $\pm$ 16.40 <sup>a</sup>	0.000295
Leucócitos ( $\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$ )	71.49 $\pm$ 26.74	53.40 $\pm$ 24.43	50.95 $\pm$ 18.15	35.24 $\pm$ 98.70	52.09 $\pm$ 27.42	0.098813
Neutrófilos ( $\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$ )	4.56 $\pm$ 39.19	2.64 $\pm$ 18.22	3.61 $\pm$ 2.12	4.89 $\pm$ 2.09	5.88 $\pm$ 5.64	0.465089
Linfócitos ( $\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$ )	118.49 $\pm$ 22.09	91.78 $\pm$ 7.44	102.51 $\pm$ 16.70	105.98 $\pm$ 18.03	103.49 $\pm$ 19.58	0.070272
Monócitos ( $\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$ )	2.68 $\pm$ 12.91	3.09 $\pm$ 2.01	4.83 $\pm$ 4.81	4.64 $\pm$ 3.78	4.38 $\pm$ 3.54	0.640411

T1: 200 peixes  $\text{m}^{-3}$ ; T2: 300 peixes  $\text{m}^{-3}$ ; T3: 400 peixes  $\text{m}^{-3}$ ; T4: 500 peixes  $\text{m}^{-3}$ ; T5: 600 peixes  $\text{m}^{-3}$

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Tabela 3: Índices zootécnicos de tilápias-do-nilo *Oreochromis niloticus* (valores médios  $\pm$  desvio padrão) em sistema de bioflocos sob as diferentes densidades de estocagens.

	Tratamento					p-ANOVA
	T1	T2	T3	T4	T5	
Peso médio final (g)	28,87 $\pm$ 0,67 <sup>a</sup>	25,58 $\pm$ 1,86 <sup>ab</sup>	21,65 $\pm$ 3,91 <sup>bc</sup>	20,68 $\pm$ 0,22 <sup>bc</sup>	17,87 $\pm$ 0,16 <sup>c</sup>	0.000361
Sobrevivência (%)	95,83 $\pm$ 0,59 <sup>b</sup>	94,45 $\pm$ 2,08 <sup>b</sup>	90,41 $\pm$ 6,66 <sup>ab</sup>	95,75 $\pm$ 0,75 <sup>b</sup>	78,13 $\pm$ 6,05 <sup>a</sup>	0.005467
Fator de conversão alimentar	1,02 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>	1,04 $\pm$ 0,10 <sup>b</sup>	1,21 $\pm$ 0,26 <sup>ab</sup>	1,11 $\pm$ 0,02 <sup>ab</sup>	1,51 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>	0.014591
Taxa de crescimento específico	3,902 $\pm$ 0,076 <sup>a</sup>	3,758 $\pm$ 0,134 <sup>a</sup>	3,395 $\pm$ 0,459 <sup>ab</sup>	3,231 $\pm$ 0,011 <sup>ab</sup>	2,946 $\pm$ 0,039 <sup>b</sup>	0.008009
Produtividade (g m <sup>-3</sup> )	5534,48 $\pm$ 156,18 <sup>c</sup>	7255,66 $\pm$ 693,89 <sup>bc</sup>	7853,90 $\pm$ 1744,72 <sup>ab</sup>	9915,16 $\pm$ 14,80 <sup>a</sup>	8383,33 $\pm$ 990,98 <sup>ab</sup>	0.001256
Ganho de peso (g)	17,22 $\pm$ 0,27 <sup>a</sup>	15,25 $\pm$ 0,61 <sup>ab</sup>	12,75 $\pm$ 2,39 <sup>bc</sup>	9,93 $\pm$ 0,22 <sup>c</sup>	9,83 $\pm$ 0,56 <sup>c</sup>	0.000206
Ganho Médio Diário (g dia <sup>-1</sup> peixe <sup>-1</sup> )	0,61 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	0,53 $\pm$ 0,05 <sup>ab</sup>	0,43 $\pm$ 0,12 <sup>b</sup>	0,43 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>	0,37 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup>	0.008007

T1: 200 peixes m<sup>-3</sup>; T2: 300 peixes m<sup>-3</sup>; T3: 400 peixes m<sup>-3</sup>; T4: 500 peixes m<sup>-3</sup>; T5: 600 peixes m<sup>-3</sup>  
Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0.05).

## 2.4 DISCUSSÃO

### 2.4.1 Qualidade de água

O Oxigênio dissolvido menor nos tratamentos com maiores densidades (T4 e T5) deve-se ao maior consumo de oxigênio devido a maior biomassa de peixe, além do maior aporte de ração e açúcar.

O oxigênio dissolvido acima de  $6,0 \text{ mg L}^{-1}$  e a temperatura entre  $27$  e  $29 \text{ }^\circ\text{C}$ , permaneceram na faixa ideal para o crescimento de tilápias-donilo (*Oreochromis niloticus*) (Santos et al., 2013). O oxigênio dissolvido elevado ( $5\text{-}8 \text{ mg L}^{-1}$ ) é fundamental para manter a respiração das espécies de cultivo, assim como dos microrganismos que compõem o floco suspenso (Hargreaves, 2013). Mesmo que tilápias tolerem níveis menores de oxigênio ( $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) (Popma e Lovshin, 1996), ou até utilizando-se do ar da superfície quando o oxigênio dissolvido da água estiver zero, é adequado manter níveis acima de  $2\text{-}3 \text{ mg L}^{-1}$  para limitar o estresse nos animais (Popma e Lovshin, 1996), sendo ideal acima de  $4 \text{ mg L}^{-1}$  para sistemas BFT (Avnimelech, 2012).

O pH não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ( $p>0,05$ ), apresentando apenas pequenas oscilações, estando dentro da faixa de conforto para as tilápias *O. niloticus* (Widanarni et al., 2012; Azim e Little, 2008; El-Sherif e El-Feky, 2009). As tilápias *O. niloticus* podem tolerar faixa de pH entre 4 e 11 (Balarin e Hatton, 1979), porém tem melhor desempenho em pH neutro ou levemente alcalino (Popma e Lovshin, 1996), e entre 7-9 a faixa ideal para sistemas BFT's, podendo oscilar ao longo do dia pelo processo de nitrificação (Avnimelech, 2012).

Antes do início do experimento, para prevenir possível stress causado pelo nitrito, foi adicionado sal na água, baseado em recomendações de Wuertz et al., 2013, e já utilizados em trabalhos de Luo et al., 2014 e Day, Salie e Stander (2016).

As concentrações de nitrogênio amoniacal total (TAN) foram mais elevadas nos tratamentos com maiores densidades de estocagens, especialmente no T4 e T5, consequência do maior aporte de ração nestes tratamentos ao longo do período experimental, resultando na maior concentração de metabólitos nitrogenados, chegando a causar mortalidades pontuais no tratamento com 600 peixes por  $\text{m}^3$ . A amônia não ionizada ( $\text{N-NH}_3$ ), apesar de significativamente maiores nos tratamentos com densidades mais elevadas, estavam acima dos valores preconizados para o cultivo de tilápias em todos os tratamentos, o que sugere ter influenciado negativamente nos índices produtivos. Para não causar prejuízos aos peixes, o nível de amônia não ionizada ( $\text{N-NH}_3$ ) deve estar abaixo de  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$  (Sá, 2012). Concentrações de  $7,40 \pm 0,01 \text{ mg}$

L<sup>-1</sup> de amônia total em pH 8,0 pode causar a mortalidade de 50% dos animais em 48 horas (Karasu e Köksal, 2005). Os maiores níveis de compostos nitrogenados ocasionaram um maior aporte também de fontes de carbono orgânico, e conseqüentemente ocasionou menores índices de oxigênio e maiores níveis de alcalinidade. No entanto, em todos os tratamentos a alcalinidade manteve-se acima de 100 mg L<sup>-1</sup>, não sendo assim, teoricamente, um fator limitante para o processo de nitrificação e sequestro de amônia pelas bactérias heterotróficas (Avnimelech, 2015). Em um estudo com tilápia, Thurston et al., 1986, observaram que não houve perda no desempenho zootécnico dos peixes expostos a 0,44 mg L<sup>-1</sup> de amônia não ionizada, porém observou-se efeito negativo no crescimento e sobrevivência quando expostos a 0,91 mg L<sup>-1</sup>. No presente estudo, em unidades experimentais que o TAN ultrapassava 10 mg L<sup>-1</sup>, coincidindo com o reduzido consumo de ração nestes momentos, especialmente nos tratamentos com as densidades de 500 e 600 tilápias por m<sup>3</sup>, pode ter influenciado negativamente a taxa de crescimento, corroborados por El-Shafai et al., 2004.

Os compostos nitrogenados são considerados o principal fator limitante para a sobrevivência dos organismos aquícolas cultivados (Barbieri, 2010; Xian et al., 2011; Santacruz-Reyes e Chien, 2012), depois do oxigênio dissolvido. Estes compostos presentes na água, principalmente o nitrogênio amoniacal total (TAN) (NH<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>) são oriundos da ração não consumida e do catabolismo das proteínas (El-Sayed, 2006; Crab et al., 2007). Sendo a amônia não ionizada (N-NH<sub>3</sub>) tóxica para os organismos de cultivo (El-Shafai et al., 2004). A amônia é oxidada à nitrito por bactérias nitrificantes, composto altamente tóxico, e em seguida à nitrato, composto menos tóxico aos animais (Avnimelech, 1999). Em BFT, um caminho alternativo é a remoção/reciclagem destes compostos pelo predomínio das bactérias heterotróficas.

Os compostos nitrogenados podem causar danos histológicos e hematológicos, afetando a função hepática e branquial como a hipóxia tecidual podendo reduzir o crescimento dos peixes (Wajsbrot et al., 1993). A digestibilidade da proteína da dieta e a fonte de energia deve ser afetada pela amônia não ionizada (Hargreaves e Kucuk, 2001). A bioquímica da proteína, carboidrato e energia derivada das gorduras são comprometidas pela presença de amônia, o que resulta na redução de até 68 % na taxa de produção de energia (Zieve, 1966), necessária para a desintoxicação da amônia, contribuindo para a redução da taxa de crescimento.

A concentração de N-nitrito e o N-nitrato permaneceram baixos ao longo do período experimental. Picos de nitrito são observados no início do processo de nitrificação e quando a aeração é insuficiente

(Avnimelech, 2012). Houve limitado processo de nitrificação, o que dificultou a redução da concentração de TAN, possivelmente pelo curto tempo do experimento. Resultados semelhantes foram encontrados em outros trabalhos (Liu, et al., 2014). Concentrações de nitrito acima de 5,0 mg L<sup>-1</sup> começam a causar mortalidades (Rakocy, 1989), sendo o ideal para uma ótima produção, níveis abaixo de 1,0 mg L<sup>-1</sup> (Stone e Thomforde, 2004).

Os sólidos suspensos totais (SST) foi superior a 1000 mg L<sup>-1</sup>, limite máximo preconizado (Avnimelech, 2006; Hargreaves, 2013), em todos os tratamentos ao longo do experimento, sendo limitante para o crescimento dos peixes (Azim e Little, 2008; Long et al., 2015).

#### **2.4.2 Parâmetros hematológicos**

A concentração de hemoglobina foi menor no T5 em relação ao T3, porém, em todos os tratamentos os valores encontrados estavam acima dos relatados para a espécie (Brum et al., 2017; Owatari et al., 2019). A principal função da hemoglobina é transportar oxigênio e ser um dos parâmetros de saúde dos peixes. A diminuição da concentração de hemoglobina pode ser causada devido a condições ambientais não controlados causadores de estresse (Daneshvar et al., 2012). Houve um notável decréscimo da taxa de hemoglobina e hematócrito em ambientes contaminados em comparação aos normais (Summarwar, 2012). Neste estudo, estes baixos valores podem estar relacionados às concentrações de amônia tóxica.

Os linfócitos, apesar de apresentarem-se numericamente em maior número no T1, encontram-se elevados em todos os tratamentos, segundo outros estudos (Brum et al., 2017; Guiraldelli et al., 2006; Owatari et al., 2019). Os linfócitos são as células de defesa em maior quantidade em condições fisiológicas normais (Ranzani-Paiva e Silva-Souza, 2004; Martins et al., 2004). Sugere-se que a linfocitose encontrada neste presente estudo possa estar relacionada com o potencial do biofilme em ser um imunomodulador.

Os trombócitos estavam mais elevados no T5, número bem superior aos encontrados em outros trabalhos (Brum et al., 2017; Guiraldelli et al., 2006; Owatari et al., 2019; Owatari et al., 2018). Os trombócitos desempenham um papel importante na coagulação do sangue e mecanismos gerais de processos inflamatórios (Kayode e Shamusideen, 2010; Tavares-Dias e Moraes, 2007). O número de trombócitos mais elevado sugere maior recrutamento de seus compartimentos de reserva, contribuindo com os mecanismos de defesa

orgânica (Tavares-Dias et al., 1999). O número elevado poder ser indicativo de ambiente eutrofizado (Guiraldelli et al., 2006).

O hematócrito médio estava dentro da faixa desejável para a espécie nas fases iniciais de cultivo, em água clara, com peso médio de  $1,84 \pm 0,52$  g (Brum et al., 2017) e em trabalhos com animais juvenis, entre 50 e 60 g (Owatari et al., 2019; Owatari et al., 2018). Mudanças no hematócrito (hemoconcentrado ou hemodiluído) podem estar relacionados ao estresse (Morgan et al., 1997). A diminuição do percentual de hematócrito, hemoglobina e eritrócitos pode ser causada por uma infecção, resultando na lise de hemácias (Tamamdusturi et al., 2016).

O VHCM estava dentro dos padrões já encontrados (Brum et al., 2017; Owatari et al., 2019; Owatari et al., 2018).

Os leucócitos no T1, mesmo não apresentando diferença estatística, encontraram-se acima dos valores de outros trabalhos com tilápias cultivadas em tanques escavados, em água clara (Brum et al., 2017; Guiraldelli et al., 2006; Osman et al., 2018). Muitos fatores estressantes podem causar o aumento das células leucocitárias (Biswas et al., 2004). Sugere-se que a menor densidade de estocagem contribuiu para o menor estresse ambiental, melhorando a capacidade de defesa imune no T1 em relação aos demais, refletindo possivelmente em melhores índices de produção como ganho de peso, fator de conversão alimentar e sobrevivência.

O número de neutrófilos estavam dentro dos valores encontrados em outros estudos (Brum et al., 2017; Guiraldelli et al., 2006). Já os monócitos encontraram-se próximos aos encontrados por Owatari et al. (2018).

### **2.4.3 Índices zootécnicos**

O peso médio final e a taxa de crescimento específico maiores no T1 comparado ao T5, possivelmente deve estar relacionado à menor densidade de estocagem naquele tratamento, o que proporcionou uma melhor qualidade ambiental, com menor concentração de compostos nitrogenados e demais resíduos metabólitos (Stickney, 2005), consequentemente menor estresse, possibilitando maior crescimento individual dos peixes.

A sobrevivência foi afetada pela densidade do cultivo. Relação inversa entre sobrevivência e densidades de estocagens foram evidenciadas em outros trabalhos, em BFT (Widanarni et al., 2012) e em recirculação (Suresh e Lin, 1992). A maior concentração de nitrogênio amoniacal total nos tratamentos com densidades mais elevadas,

especialmente no T5, contribuiu para o baixo desempenho neste tratamento, culminando com mortalidades pontuais.

O fator de conversão alimentar (FCA) mais elevado no tratamento 5 foi reflexo direto da baixa sobrevivência. No entanto, a concentração elevada de compostos nitrogenados também contribuiu para o aumento da conversão alimentar. Concentrações de amônia não ionizada acima de 0,144 mg L<sup>-1</sup> aumentaram o fator de conversão alimentar (El-Shafai et al., 2004).

A produtividade (biomassa final) foi numericamente mais elevada no T4, em função da densidade de estocagem e do percentual de sobrevivência média satisfatória neste tratamento, ainda que os índices de crescimento médio diário e o ganho de peso no período tenham sido menores.

O ganho de peso e o peso médio diário foram numericamente mais elevados no T1 devido à menor densidade de estocagem, corroborados por Gall e Bakar (1999).

Em geral, o desempenho produtivo foi afetado pela concentração de metabólitos nitrogenados no sistema, que é inversamente relacionada à densidade de estocagem (Avnimelech e Kochba, 2009; Ekasari et al., 2012).

Os dados obtidos no presente estudo afirmam que maior densidade de peixes resultam maior produção, porém menor sobrevivência e crescimento.

## **2.5 CONCLUSÃO**

O berçário de tilápia-do-nilo pode ser realizado em sistema de bioflocos, contudo, os parâmetros de qualidade de água foram afetados pela maior densidade de cultivo, principalmente entre 500 a 600 peixes por m<sup>3</sup>. Consequentemente, isto afetou os índices hematológicos e zootécnicos. O melhor crescimento foi obtido em densidades de até 300 peixes por m<sup>3</sup>, já a maior produtividade em densidades até 500 peixes por m<sup>3</sup>.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Departamento de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina, ao Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos e a Epagri – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.

## REFERÊNCIAS

APHA (American Public Health Association), American Water Works Association and Water Pollution Control Association, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed. American Public Health Association, Washington.

Asche, F., Roll, K. H., Tveterås, S. 2008. Future trends in aquaculture: productivity growth and increased production. In: Aquaculture in the Ecosystem. Springer, Dordrecht, p. 271-292.

Avnimelech Y. 2015. Biofloc Technology – A Practical Guide Book. 3rd ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States, 258 p.

Avnimelech Y. 2012. Nitrogen Isotope: Tool To Evaluate Protein Uptake In Biofloc Systems. Global Aquaculture Alliance. Mar-zo/Abril 2012. 74-75 p.

Avnimelech, Y. 2011. Tilapia production using biofloc technology - saving water, waste recycling improves economics. Global Aquaculture Advocate, p.66-68.

Avnimelech, Y., Kochba, M. 2009. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using  $^{15}\text{N}$  tracing. Aquaculture, 287, 163-168.

Avnimelech, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. Aquaculture, 264, p. 140-147.

Avnimelech, Y. 2006. Bio-filters: The need for a new comprehensive approach. Aquacultural Engineering, 34, 172-178.

Avnimelech, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. Aquaculture, 176, 227-235.

Azim, M. E., Little, D. C. 2008. The biofloc tecnology (BFT) in indoor tanks water quality, bio-floc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture, 283, p.29-35, 2008.

Balarin, J. D., Hatton, J. P. 1979. Tilapia: A guide to their biology and culture in Africa.

Barbieri, E. 2010. Acute toxicity of ammonia in white shrimp (*Litopenaeus schmitti*) (Burkenroad, 1936, Crustacea) at different salinity levels. *Aquaculture*, 306, n. 1-4, p. 329-333.

Biswas, A.K.; Maita, M.; Yoshzaki, G.; Takeuchi, T. 2004. Physiological responses in Nile tilapia exposed to different photoperiod regimes. *Journal of Fish Biology*, 65, p. 811-821, 2004.

Browdy, C. L., Bratvold, D., Stokes, A. D., McIntosh, R. P., 2001. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. The Rising Tide, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA USA, 20-34.

Brum, A., et al. 2017. Effect of dietary essential oils of clove basil and ginger on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) following challenge with *Streptococcus agalactiae*. *Aquaculture*, 468, p. 235-243.

Burford M.A., Thompson P.J., McIntosh R.P., Bauman R.H., Pearson D.C. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219, 393-411.

Choo, H. X., Caipang, C. M. A. 2015. Biofloc technology (BFT) and its application towards improved production in freshwater tilapia culture. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation-International Journal of the Bioflux Society (AACL Bioflux)*, 8, 3.

Collier, H. B. 1944. Standardization of blood haemoglobin determinations. *Canadian Medical Association Journal*, 50(6), 550.

Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, v. 270, p. 1-14.

Daneshvar, E., et al. 2012. Hematological parameters of Iranian cichlid *Iranocichla hormuzensis*: Coad, 1982 (Perciformes) in Mehran River. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 84, n. 4, p. 943-949.

Day, Scott B.; Salie, Khalid; Stander, Henk B., 2016. A growth comparison among three commercial tilapia species in a biofloc system. *Aquaculture international*, v. 24, n. 5, p. 1309-1322.

De Schryver, P. et al. 2008. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277, n. 3-4, p. 125-137.

Eaton, A. D.; Cleserci, L. S., Greenberg, A. E. 1995. Standard methods for the examination of water and waste water. 10<sup>th</sup> ed. Amer. Pub. Health Assoc. Washington, D.C.

Ekasari, J., et al. 2012. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. *Hayati journal of Biosciences*, 19, 2, p. 73-80.

El-Sayed, A. F. M. Tilapia culture. CABI, 2006.

El-Shafai, S. A. et al. 2004. Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 232, n. 1-4, p. 117-127.

El-Sherif, M.S., El-Feky, A. M. I. 2009. Performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. I. Effect of pH. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11, 297-300.

Emerenciano, M., Gaxiola, G., Cuzon, G. 2013. Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. In: Biomass now-cultivation and utilization. InTech.

Ekasari, J. et al. 2012. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. *Hayati journal of Biosciences*, v. 19, n. 2, p. 73-80.

FAO, 2017. Fisheries and Aquaculture Statistics 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 104 p.

FAO, 2016. El estado mundial de la pesca y la acuicultura: 2016. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, 2016, 224 p.

FAO, 2015. Fishery Statistical Collections: Global Aquaculture Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en> (acessado em: 16/12/2018).

FAO-FISHSTAT. Fisheries Data Statistical Reporting Software. 2015

Gall, G. A. E., Bakar, Y. 1999. Stocking density and tank size in the design of breed improvement programs for body size of tilapia. *Aquaculture*, 173, n. 1-4, p. 197-205.

Ghiraldelli, L., et al. 2006. Ectoparasites influence on the haematological parameters of Nile tilapia and carp cultured in the State of Santa Catarina, South Brazil. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 1, n. 3, p. 270-276.

Hargreaves, J. A. 2013. Biofloc Production Systems for Aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center Publication, 4503, p. 1-12.

Hargreaves, J. A., Kucuk, S. 2001. Effects of diel un-ionised ammonia fluctuation on juvenile hybrid striped bass, channel catfish and blue tilapia. *Aquaculture* 195, 163-181.

Hari, B., Kurup. B.M., Varghese, J.T., Schrama, J.W., Verdegenm, M.C.J., 2004. Effect of carbohydrate addition in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture* 241, 179-194.

Ishikawa, N. M., Ranzani-Paiva, M. J. T., Lombardi, J. V. 2008. Metodologia para quantificação de leucócitos totais em peixe, *Oreochromis niloticus*. *Archives of Veterinary Science*, 13, 54-63.

Kayode, S. J., Shamusideen, S. A. 2010. Haematological studies of *Oreochromis niloticus* exposed to diesel and drilling fluid in Lagos, Nigeria. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 2, n. 5, p. 130-133.

Karasu, B. A. C., Köksal, G. 2005. The acute toxicity of ammonia on tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae and fingerlings. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 29: 339-344.

Liu, L., Hu, Z., Dai, X., Avnimelech, Y. 2014. Effects of addition of maize starch on the yield, water quality and formation of bioflocs in an integrated shrimp culture system. *Aquaculture*, 418-419, 79-86.

Long, L., Yang, J., Li, Y., Guan, C., Wu, F. 2015. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 448, 135-14.

Luo, Guozhi et al. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture*, v. 422, p. 1-7, 2014.

Martins, M. L.; Pilarsky, F.; Onaka, E. M.; Nomura, D. T.; Fenerick, J. J.; Ribeiro, K.; Myiazaki, D. M. Y.; Castro, M. P.; Malheiros, E. B. 2004. Haematology and acute inflammatory response of *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes: Cichlidae) submitted to a single and consecutive stress of capture. *Boletim do Instituto de Pesca*, 30, n. 1, p. 71-80.

Morgan, J. D. et al. 1997. Physiological and respiratory responses of the Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*) to salinity acclimation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 117, n. 3, p. 391-398.

Moss, S. M., Moss, D. R., Arce, S. M., Lightner, D. V., Lotz, J. M. 2012. The role of selective breeding and biosecurity in prevention of disease in penaeid shrimp aquaculture. *J. Invertebr. Pathol.* 110: 247-250.

Osman, A. G. M., et al. 2018. Blood Biomarkers in Nile tilapia *Oreochromis niloticus niloticus* and African Catfish *Clarias gariepinus* to Evaluate Water Quality of the River Nile. *Journal of Fisheries Sciences*, 12, n. 1, p. 1-15.

Owatari, M. S., et al. 2019. Different via to apply the Gamaxine® commercial biopromoter to Nile tilapia evaluating the immune system responses to *Streptococcus agalactiae* Ib. *Aquaculture*, 503, p. 254-266.

Owatari, M. S., et al. 2018. Sylmarin as hepatic protector and immunomodulator in Nile tilapia during *Streptococcus agalactiae* infection. *Fish & shellfish immunology*, 82, p. 565-572.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. Anuário 2019. Disponível em: <  
<https://www.peixebr.com.br/Anuario2019/AnuarioPeixeBR2019.pdf?>>  
Acesso em 18. fev. 2019.

Popma, T. J. et al. 1996. Worldwide prospects for commercial production of tilapia. Alabama: International Center for Aquaculture and Aquatic Environments.

Ranzani-Paiva, M. J. T., Pádua, S. B., Tavares-Dias, M., Egami, M. I. 2013. Métodos para análise hematológica em peixes. Eduem, Maringá 140 p.

Ranzani-Paiva, M. J. T.; Silva-Souza, A. T. 2004. Haematology of Brazilian Fish. In Ranzani-Paiva, M. J. T.; Takemoto, R. M.; Lizama, M. A. P. (Eds.). *Sanidade de Organismos Aquáticos*. Ed Varela, São Paulo, p. 89-120.

Rakocy, J. E. 1989. Tank culture of tilapia. Southern Regional Aquaculture Center; Publication, 282: 1-4.

Ray, A. J., Seaborn, G., Leffler, J. W., Wilde, S. B., Lawson, A., Browdy, C. L. 2010. Characterization of microbial communities in minimal exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture*. 310, 130-138.

Sá, M. V. C. 2012. *Limnocultura: Limnologia para aquicultura*. Fortaleza: Edições UFC, wue, 218 p.

Santacruz-Reyes, R. A., Chien, Y. 2012. The potential of *Yucca schidigera* extract to reduce the ammonia pollution from shrimp farming. *Bioresource technology*, 113, p. 311-314.

Santos, V. B., Mareco, E. A., Silva, M. D. P. 2013. Growth curves of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains cultivated at different temperatures. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 35, 235-242.

Silva, B. C., Marchiori, N. C. 2018. Importância do manejo alimentar na criação de tilápia. Florianópolis: Epagri. 16p. Disponível em <<https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/solucoes/publicacoes/folder-tecnico/>> Acesso em: 01 ago. 2018.

Stickney, R. R. 2005. Aquaculture: an introductory text. Cambridge (Mass.): CABI publishing.

Stone, N. M., Thomforde, H. K. 2004. Understanding your fish pond water analysis report. Cooperative Extension Program, University of Arkansas at Pine Bluff, US Department of Agriculture and county governments cooperating.

Summarwar, S. 2012. Studies on plankton diversity in Bisalpur reservoir. International Journal of Life Sciences Botany and Pharmaceutical Research, 1, n. 4.

Suresh, A. V.; Lin, C. K. 2012. Effect of stocking density on water quality and production of red tilapia in a recirculated water system. Aquacultural Engineering, 11, n. 1, p. 1-22.

Tamamdsturi, R., et al. 2016. Administration of microencapsulated probiotic *Bacillus* sp. NP5 and prebiotic mannan oligosaccharide for prevention of *Aeromonas hydrophila* infection on *Pangasianodon hypophthalmus*. Journal of Fisheries and Aquatic Science, 11, n. 1, p. 67.

Tavares-Dias, M; Moraes, F. R de. 2007. Leukocyte and thrombocyte reference values for channel catfish (*Ictalurus punctatus* Raf), with an assessment of morphologic, cytochemical, and ultrastructural features. Veterinary Clinical Pathology, 36, n. 1, p. 49-54.

Tavares-Dias, M.; Martins, M. L.; Kronka, S. N. 1999. Evaluation of the haematological parameters in *Piaractus mesopotamicus* Holmberg (Osteichthyes, Characidae) with *Argulus* sp. (Crustacea, Branchiura) infestation and treatment with organophosphate. Revista Brasileira de Zoologia, 6,553-555.

Thurston, R.V., Russo, R. C., Meyn, E. L., Zajdel, R. K., Smith, C. E. 1986. Chronic toxicity of ammonia tofathead minnows.

Transactions of the American Fisheries Society, 115, 196-207.

Van Wyk, P. 2006. Production of *Litopenaeus vannamei* in recirculating aquaculture systems: Management and design considerations. In: Proceedings of the 6th International conference Recirculating Aquaculture, Virginia Tech University, Blacksburg, p. 38-47.

Verdegem, M. C. J. (2013). Nutrient discharge from aquaculture operations in function of system design and production environment. Reviews in Aquaculture, v. 5, n. 3, p. 158-171.

Vilani, F. G., Schweitzer, R., Arantes, R. F., Vieira, F. N., Santo, C. M. E., Seiffert, W. Q. 2016. Strategies for water preparation in a biofloc system: Effects of carbon source and fertilization dose on water quality and shrimp performance. Aquacultural Engineering, 74, 70-75.

Xian, J., et al. 2011. Cytotoxicity of nitrite on haemocytes of the tiger shrimp, *Penaeus monodon*, using flow cytometric analysis. Aquaculture, 317, n. 1-4, p. 240-244.

Wajsbrodt, N., Gasith, A., Diamant, A., Popper, D. M. 1993. Chronic toxicity of ammonia to juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* and related histopathological effects. Journal of Fish Biology, 42, 321-328.

Widanarni., Ekasari, J.; Maryam, S. 2012. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. Hayati Journal of Biosciences. v.19, n.2, p.73-80.

Wintrobe, M.M. 1934. Variations in the size and hemoglobin content of erythrocytes in the blood of various vertebrates. Folia Haematologica, Frankfurt, 51, p. 32-49.

Wuertz, S., Schulze, S.G.E., Eberhardt, U., Schulz, C., Schroeder, J.P. 2013. Acute and chronic nitrite toxicity in juvenile pike-perch (*Sander lucioperca*) and its compensation by chloride. Comparative Biochemistry Physiology, 157, 352-360.

Zar, J.H., 2010. Biostatistical Analysis, fifth ed. Prentice Hall, New Jersey.

Zieve, L. Pathogenesis of hepatic coma. *Arch. Int. Med.* 118, 211-223, 1966.

## REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ASADUZZAMAN, M. Effects of carbohydrate source for maintaining a high C:N ratio and fish driven re-suspension on pond ecology and production in periphyton-based freshwater prawn culture systems. *Aquaculture*, v. 301, p. 37-46, 2010.

AVNIMELECH, Y. Biofloc technology - a practical guide book. 3 ed. The World Aquaculture Society. Baton Rouge. Louisiana, EU. 258 p, 2015.

AVNIMELECH, Y. Biofloc Tecnology – A Practical Guide Book. 1 ed. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 283p., 2012.

AVNIMELECH, Y. Tilapia production using biofloc technology - saving water, waste recycling improves economics. *Global Aquaculture Advocate*, p.66-68, 2011.

AVNIMELECH Y. Carbono:nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*. v.176, p.227-235,1999.

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, v.264, p.140-147, 2007.

AVNIMELECH, Y. Tilapia harvest microbial flocs in active suspension research pond. *Global Aquaculture Advocate*, p.57-58 October 2005.

AVNIMELECH, Y.; KOCHVA, M.; DIAB, S. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, v. 46, n. 3, p. 119-131, 1994.

AYROZA, L.M.S.; ROMAGOSA, E.; VERANI, J.R. et al. Efeito da densidade de estocagem e do nível protéico da ração sobre o peso médio, produção e sobrevivência de tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus* criadas em tanques-rede. In: AQUACIÊNCIA, 2006, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: Aquaciência, [2006] (CD-ROM).

AZIM, M.; LITTLE, D., C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition and growth and welfare of

Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture, v. 283, p. 29-35, 2008a.

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

AZIM, M.E.; VERDEGEM, M.C.J.; MANTINGH, I. et al. Ingestion and utilization of periphyton grown on artificial substrates by Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture Research, v.34, p.85-92, 2003.

BLAXHALL, P. C. 1972. The haematological assessment of the health of freshwater fish: a review of selected literature. Journal of fish biology, v. 4, n. 4, p. 593-604.

BOYD, C. E. Water quality in ponds for aquaculture. 1990.

BURFORD, M. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. Aquaculture, v. 232, p.525-537, 2004.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V.; VELOSO, C. M. Silagem de resíduo de peixes em dietas para alevinos de tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus*. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 126-130, 2006.

CASTAGNOLLI, N. Criação de peixes de água doce. São Paulo: Funep, p.81-82, 1992a.

CASTAGNOLLI, N. Piscicultura de água doce. Jaboticabal: FUNEP, 189 p., 1992b.

CHOO, H. X.; CAIPANG, C. M A. Biofloc technology (BFT) and its application towards improved production in freshwater tilapia culture. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation-International Journal of the Bioflux Society (AAFL Bioflux), v. 8, n. 3, 2015.

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

CRAB, R., et al. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquaculture*, v. 40, p. 105-112, 2009.

CRAB, R.; AVNIMELECH, Y.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, v. 270, p. 1-14, 2007.

DEGANI, G.; A. REVACH. Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilapia, *Oreochromis aureus* x *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture Research*, v.22, p.397-403, 1991.

DE PEDRO, N.; GUIJARRO, A. I.; LÓPEZ-PATIÑO, M. A.; MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, R.; DELGADO, M. J. Daily and seasonal variations in haematological and blood biochemical parameters in the tench, *Tinca tinca* Linnaeus, 1758. *Aquaculture Research*, v.36, n. 12, p. 1185-1196, 2005.

DUTHIE, G., TORT, L. 1985. Effects of dorsal aortic cannulation on the respiration and haematology of mediterranean living *Scyliorhinus canicula* L. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 81, n. 4, p. 879-883.

EKASARI, J.; ZAIRIN, JR. M.; PUTRI, D. U.; SARI, N. P.; SURAWIDJAJA, E. H.; P BOSSIER. Biofloc-based reproductive performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. broodstock. *Aquac. Res.*, 46: 509-512, 2015a.

EKASARI, J.; RIVANDI, D. R.; FIRDAUSI, A. P.; SURAWIDJAJA, E. H.; ZAIRIN JR. M.; BOSSIER, P.; DE SCHRYVER, P. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. *Aquaculture*, 441, 72-77, 2015b.

EL-SAYED, A. M. Tilapia culture. CABI Publishing, Oxfordshire, U.K. p. 277, 2006.

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. In *Water Quality*. InTech, 2017.

EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZON, G. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. In: MATOVIC, M. D. (Ed.). *Biomass Now: Cultivation and Utilization*. Manhattan: InTech, p. 301-328, 2013.

EPAGRI/CEDAP - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA SA; CENTRO DE DESENVOLVIMENTO EM AQUICULTURA E PESCA. Dados de produção da piscicultura de água doce. Florianópolis, 2016. Disponível em <[http://www.epagri.sc.gov.br/?page\\_id=676](http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=676)> Acesso em 06 jan. 2019.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2014. Opportunities and Challenges*. p. 223, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 21. Jan. 2019.

FELDMAN, B. F.; ZINKL, J. G.; JAIN, N. C. *Schalm's veterinary hematology*. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1344 p., 2000.

FIGUEIREDO JÚNIOR, C.A.; VALENTE JÚNIOR, A.S. Cultivo de tilápias no Brasil: Origens e cenário atual. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. SOBER, 2008.

HANINGTON, P. C. et al. Development of macrophages of cyprinid fish. *Developmental & Comparative Immunology*, v. 33, n. 4, p. 411-429, 2009.

HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, v.34, p.344-363, 2006.

HENGSAWAT, K.; WARD, F.J.; JARURATJAMORN, P. The effect of stocking density on yield, growth and mortality of African catfish

(*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) cultured in cages. Aquaculture, v.152, p.67-76. 1997.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da pecuária municipal, Rio de Janeiro, v.44, p. 1-55, 2016.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da pecuária municipal 2013. Rio de Janeiro, p.103, 2013.

JIN, K.; SIMPKINS, J. W.; JI, X.; LEIS, M.; STAMBLER, I. The Critical Need to Promote Research of Aging and Aging-related Diseases to Improve Health and Longevity of the Elderly Population. Aging and Disease, v. 6, p. 1-5, 2015.

KLINGER, D.; NAYLOR, R. Searching for Solutions in Aquaculture: Charting a Sustainable Course. Annual Review of Environment and Resources. 37:1, 247-276, 2012.

KRUMMENAUER, D. et al. Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in southern Brazil at different stocking densities. Journal of the World Aquaculture Society, v. 42, n. 5, p. 726-733, 2011.

KROM, M.D., ELLNER, S., VAN RIJN, J., NEORI, A. Nitrogen and phosphorus cycling and transformations in a prototype 'non-polluting' integrated mariculture system, Eilat, Israel. Marine Ecology Progress Series, 118, 25-36, 1995.

KUHN, D. D.; LAWRENCE, A. L.; BOARDMAN, G. D.; PATNAIK, S.; MARSH, L.; FLICK JR., G. J. Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture, v. 30, p. 28-33, 2010.

LIM, C.; WEBSTER, C. D. Tilapia: biology, culture, and nutrition. New York, Food Products Press, 704 p., 2006.

LITTLE, D. C.; MURRAY, F. J.; AZIM, E.; LESCHEN, W.; BOYD, K.; WATTERSON, A.; AND YOUNG, J. A. Options for producing a

warm water-fish in the UK: limits to “Green Growth”? Trends in Food Science & Technology, v. 19, p. 255-264, 2008.

LUO, G.; GAO, Q.; WANG, C.; LIU, W.; SUN, D.; LI, L.; TAN, H. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. Aquaculture, v. 422-423, p. 1-7, 2014.

MARTINS M. L.; PILARSKY, F.; ONAKA, E. M.; NOMURA, D. T.; FENERICK JR, J.; RIBEIRO, K.; MYIAZAKI, D. M. Y.; CASTRO, M. P. De.; MALHEIROS, E. B. Haematology and acute inflammatory response of *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes: Cichlidae) submitted to a single and consecutive stress of capture. Boletim Instituto de Pesca, 30:71-80, 2004.

MATUSHIMA, E. R.; MARIANO, M. Kinetics of the inflammatory reaction induced by carrageenin in the swimbladder of *Oreochromis niloticus* (Nile tilapia). Braz. J. Vet. Res. Ani. Sci., v.33, p.5-10, 1996.

MORO, G. V.; REZENDE, F. P.; ALVES, A. L.; HASHIMOTO, D. T.; VARELA, E. S.; TORATI, L. S. Espécies de peixes para piscicultura. In: Rodrigues, A. P. O.; Lima, A. F.; Alves, A. L.; Rosa, D. K.; Torati, L. S.; Santos, V. R. V. (Eds). Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. Brasília, DF: Embrapa, p. 29-70, 2013.

NAYLOR, R. L., et al. Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature, v. 405, p. 1017-1024, 2000.

NG, W.; ROMANO, N. A review of the nutrition and feeding management of farmed tilapia throughout the culture cycle. Reviews in Aquaculture, v. 5, p. 220-254, 2013.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. Anuário 2019. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/Anuario2019/AnuarioPeixeBR2019.pdf?>>> Acesso em 18. fev. 2019.

PEREZ, J. E.; NIRCHIO, M.; GOMEZ, J. A. Aquaculture: part of the problem, not a solution. Nature, v. 408, n. 6812, p. 514, 2000.

PIEDRAHITA, R.H. Reducing the potential environmental impact of Tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture*, 226, 35-44, 2003.

PLYZYCZ, B.; FLORY, C. M.; GALVAN I AND BAYNE, C. J. Leucocytes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) pronephros: cell types producing superoxide anion. *Dev Comp Immunol* 13: 217-224, 1989.

RANZANI-PAIVA, M. J. T. et al. Haematological analysis of 'chara' *Pseudoplatystoma fasciatum* in captivity. *Aqua*, p. 2-6, 2000.

RAY, ANDREW J. et al. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal - exchange, superintensive culture systems. *Aquaculture*, v. 299, n. 1-4, p. 89-98, 2010.

ROBERTS, R. J. *Patologia de los peces*, Madri, Ediciones Mundi prensa. 467p., 1981.

ROWLEY, A. F. The evolution of inflammatory mediators. *Mediators of inflammation*, v. 5, n. 1, p. 3-13, 1996.

SAMOCHA, T. M. et al. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, v. 36, 2, p.184-191, 2007.

SANDERSON, S. L.; STEBAR, M. C.; ACKERMANN, K. L.; JONES, S. H., BATJAKAS, I. E.; KAUFMAN, L. Mucus entrapment of particles by a suspension-feeding tilapia (Pisces: Cichlidae). *Journal Experimental Biology*, v. 199, p. 1743-1756, 1996.

SCHNEIDER, O., SERETI, V., EDING, E. H., VERRETH, J. A. J. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*. 32, 379-401, 2005.

SCHRYVER, P. D. et al. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*, v.277, p.125-137, 2008.

SECOMBES, C. J. The nonspecific immune system: cellular defenses. In: IWAMA G and NAKANISHI T (Eds), The fish immune system. London: Academic Press, p. 95-103, 1996.

SILVA, B. C.; GIUSTINA, E. G. D.; MARCHIORI, N. C.; MASSAGO, H.; SILVA, F. M. Desempenho produtivo da piscicultura catarinense em 2015. Florianópolis, SC: Epagri, 2017. 17p. Disponível em: [http://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_epagri/DOC/DOC-268-Desempenho-produtivo-da-piscicultura-catarinense-2015.pdf](http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_epagri/DOC/DOC-268-Desempenho-produtivo-da-piscicultura-catarinense-2015.pdf). Acesso em: 15. out. 2018.

SKLAN, D.; PRAG, T.; LUPATSCH, I. Structure and function of the small intestine of the tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Teleostei, Cichlidae). Aquaculture Research, v.35, p.350-357, 2004.

STUART, L. M.; EZEKOWITZ, R. A. B. Phagocytosis: elegant complexity. Immunity, v. 22, n. 5, p. 539-550, 2005.

TACON, A. G. J.; METIAN, M. Fish Matters: Importance of Aquatic Foods in Human Nutrition and Global Food Supply. Reviews in Fisheries Science, v. 21, p. 22-38, 2013.

TAVARES-DIAS, M; MATAQUEIRO, M. I. Características hematológicas, bioquímicas e biométricas de *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes: Characidae) oriundos de cultivo intensivo. Acta Scientiarum, Biological Sciences, v. 26, n. 2, p. 157-62, 2004.

TIMMONS, M. B. et al. Recirculating Aquaculture Systems, Cayuga Aqua Ventures Llc second. 2002.

VALENZUELA, A.; OYARZUN, C.; SILVA, V. Celulas sanguineas de *Schroederichthys chilensis* (guichenot 1848) (elasmobranchii, scyliorhinidae): la serie Blanca. Gayana, v. 67, n. 1, p. 130-136, 2003.

VIEIRA, E.; SILVA, F.; SARMENTO, N. L. A. F. et al. Características morfométricas, rendimento de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias-do-nilo em diferentes faixas de peso. Revis-ta Brasileira de Zootecnia, v. 38, n. 8, p. 1407-1412, 2009.

WEDEMEYER, G. A.; BARTON, B. A.; McLEAVY, D. J. Stress and acclimation. In: SCHRECK, C. B.; MOYLE, P. B. (Ed.). *Methods for Fish Biology*. Bethesda: American Fisheries Society, p. 451- 490, 1990.

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