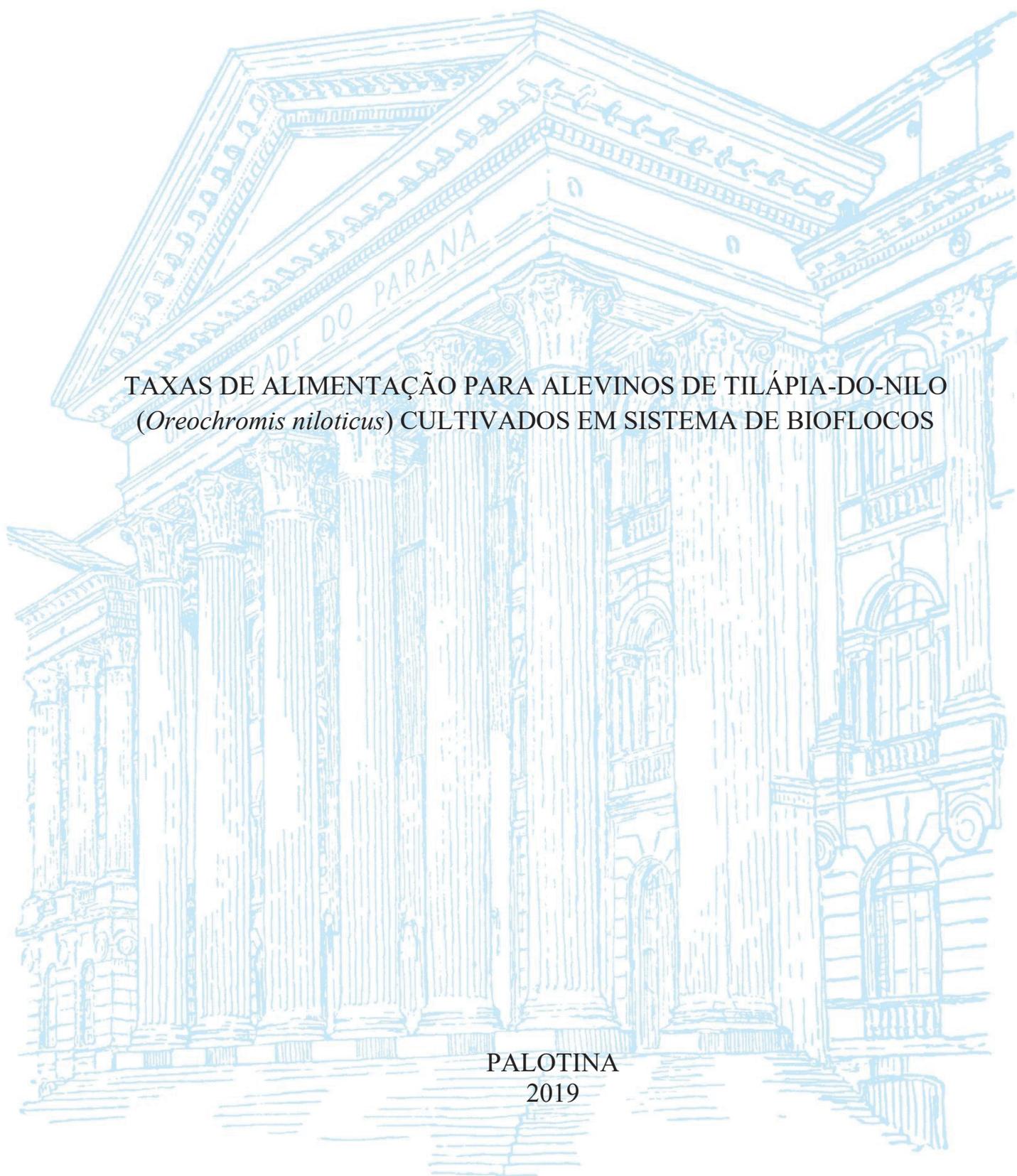


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCIANA KELLY OLIVEIRA SILVA

TAXAS DE ALIMENTAÇÃO PARA ALEVINOS DE TILÁPIA-DO-NILO  
(*Oreochromis niloticus*) CULTIVADOS EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

PALOTINA  
2019



LUCIANA KELLY OLIVEIRA SILVA

TAXAS DE ALIMENTAÇÃO PARA ALEVINOS DE TILÁPIA-DO-NILO  
(*Oreochromis niloticus*) CULTIVADOS EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável do Setor Palotina, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável.

Área de concentração: Produção de Organismos Aquáticos

Orientador: Prof. Dr. Álvaro José de Almeida Bicudo

Coorientador: Leandro Portz

PALOTINA  
2019

Universidade Federal do Paraná. Sistemas de Bibliotecas.  
Biblioteca UFPR Palotina.

S586 Silva, Luciana Kelly Oliveira  
Taxas de alimentação para alevinos de tilápia-do-nylo  
(*Oreochromis niloticus*) cultivados em sistema de bioflocos  
/ Luciana Kelly Oliveira Silva. – Palotina, PR, 2019.

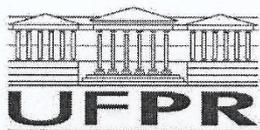
Dissertação (Mestrato) – Universidade Federal do Paraná,  
Setor Palotina, PR, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura  
e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. Álvaro José de Almeida Bicudo.

Coorientador: Leandro Portz.

1. Flocos microbianos. 2. Manejo alimenta. 3. Tilapicultura.  
I. Bicudo, Álvaro José de Almeida. II. Portz, Leandro.  
III. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.

CDU 639



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR PALOTINA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AQUICULTURA E  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - 40001016078P2

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AQUICULTURA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de LUCIANA KELLY OLIVEIRA SILVA intitulada: **Taxas de alimentação para alevinos de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) cultivados em sistema de bioflocos**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Palotina, 22 de Fevereiro de 2019.

ALVARO JOSE DE ALMEIDA BICUDO  
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

RICARDO YUJI SADO  
Avaliador Externo (UTFPR)

LILIAN DENA DOS SANTOS  
Avaliador Interno (UFPR)

## **DADOS CURRICULARES DA AUTORA**

Luciana Kelly Oliveira Silva, filha de Francisco de Assis Silva e Maria Lucia de Oliveira, é natural de Fortaleza – Ceará, onde nasceu aos 24 dias do mês de março de 1983.

Em março de 2006, ingressou no curso de bacharelado em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará – UFC, obtendo o título em março de 2013. Em junho do mesmo ano, atuou no Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA, como consultora especialista em Crédito para o Setor Pesqueiro e Aquícola da Organização dos Estados-ibero Americanos para Educação, Ciência e Cultura – OEI. Com o objetivo de pesquisar, desenvolver e consolidar informações para subsidiar as ações de fomento a pesca e aquicultura no Brasil, por meio da elaboração de diagnósticos, levantamentos e análises de informações, publicações e documentos técnicos com sugestões de ações futuras. Com isso, realizando o acompanhamento das ações do Plano Safra da Pesca e Aquicultura (2012/2013/2014).

Em março de 2017, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, submetendo à dissertação a banca examinadora em Fevereiro de 2019.

Currículo na Plataforma Lattes – CNPq: <http://lattes.cnpq.br/6754323037294898>

*A Deus, por ser essencial em minha vida,  
autor de meu destino, meu guia, socorro  
presente na hora de angústia. Ao meu pai  
Assis, a minha mãe Lucia e ao meu irmão  
Lucas os pilares da minha existência.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus e aos anjos que sempre estão comigo cuidando e orientando os meus caminhos. Gratidão por essa vida extraordinária!

A minha mãe **Lucia Oliveira** que Deus escolheu para ser minha sustentação emocional, minha fortaleza e meu porto seguro. Meu exemplo de coragem e força para lutar sempre por uma vida melhor. Obrigado por me fazer o ser humano que sou.

Ao meu pai **Assis Silva** por entender e incentivar a minha independência e liberdade. Gratidão!

Ao meu irmão **Lucas Eduardo** por ter a capacidade de acolher os meus momentos pelo Brasil e cuidar da nossa família, para que eu pudesse manter o foco nos meus objetivos.

Ao meu orientador Prof. Dr. **Álvaro José de Almeida Bicudo** pela oportunidade de trabalhar sob sua orientação, pela dedicação e atenção para comigo, pela paciência e tolerância para com as minhas dificuldades, pelos seus valiosíssimos ensinamentos os quais contribuíram para me levar a outro patamar de conhecimento e atuação profissional.

As “*bicudetes*” **Erica Briqueis, Letícia Pilz e Micheli Glesse** que sempre estiveram dispostas a ajudar. Nunca me esquecerei do empenho de vocês.

Aos técnicos da UFPR/Setor Palotina: **Ademir Heldt, Rafaela Mocochinsk (Rafinha), Pedro Angel, Marlise Mauerwerk e Andreia Isaac** pela atenção, esforços e presteza para comigo durante todo o período do mestrado.

Aos colegas de mestrado **Lucinha Santos, Ronaldo Gregório, Natali Roman, Aline Giombeli, Rafinha, Jorge Cidemar e Jéssica** pelo carinho, pela ajuda nas atividades acadêmicas e por todos os momentos que tornaram essa caminhada prazerosa.

A **Kelviane Gomes** pela amizade e pelos momentos compartilhados desde os tempos da Universidade Federal do Ceará até aqui. Embora, pertencente a outro grupo de pesquisa sempre estive disposta a escutar, pensar e ajudar nos momentos mais tensos da minha trajetória. Gratidão por tudo!

A minha amiga/irmã **Regilane Fernandes**, por tudo o que vivemos até que o golpe contra a Democracia brasileira, em 2016, interrompesse nossa convivência diária. Você é parte dessa conquista. Sou grata por tudo!

Ao Prof. Dr. **Eduardo Ballester** pela acolhida, amizade e por viabilizar a estrutura para a realização desse trabalho.

Ao Dr. **Plínio Schmidt Furtado** por toda a atenção, profissionalismo e saber disponibilizados para que meu próprio conhecimento fosse ampliado.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável, pelos ensinamentos repassados ao longo desse período de estudo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo incentivo acadêmico, o qual contribuiu para que o presente trabalho fosse desenvolvido com sucesso.

*Ao final do dia, podemos aguentar muito  
mais do que pensamos que podemos.*

*Frida Khalo*

## RESUMO

O manejo alimentar inadequado resulta em prejuízo ao desempenho zootécnico, lucratividade e sustentabilidade ambiental dos empreendimentos aquícolas. Uma alternativa de produção interessante consiste no sistema de bioflocos (BFT), pois a biomassa microbiana disponibilizada como alimento natural pode contribuir com a alimentação dos peixes, além de colaborar na manutenção da qualidade de água. No entanto, a real contribuição dos flocos microbianos na redução de alimento exógeno na produção de peixes necessita ser determinada. O presente estudo objetivou determinar a taxa de alimentação que proporcione o melhor desempenho de juvenis de tilápia-do-nylo cultivadas em BFT. Foram avaliadas cinco taxas de alimentação (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10% da biomassa/dia - BM/d), em um sistema de recirculação com bioflocos (SRB) composto por 20 tanques de 50L. Adicionalmente foi avaliado um cultivo de tilápias alimentadas com 10% da BM/d em sistema de recirculação com água clara (SRA), constituído por um filtro biológico e quatro tanques de 50L. Em cada unidade experimental foram estocados 15 indivíduos (peso inicial de  $3,01 \pm 0,1$  g), equivalente a uma densidade de 300 peixes/m<sup>3</sup>. Ao final de 70 dias os peixes permaneceram em restrição total de alimento exógeno por 24 horas, foram pesados e posteriormente coletadas amostras para análises hematológicas, composição química corporal e determinação dos índices somáticos. O crescimento, a eficiência alimentar e os parâmetros de eficiência nutricional foram influenciados ( $P < 0,05$ ) pelas taxas de alimentação. Os índices somáticos, a composição corporal, e as variáveis hematológicas foram influenciados pelo incremento na oferta de alimento exógeno ( $P < 0,05$ ). A análise de regressão dos resultados de ganho de peso, coeficiente térmico de crescimento e eficiência alimentar demonstraram que a taxa de alimentação ideal para tilápias-do-nylo cultivadas em BFT está entre 6% e 8% da BM/d. Além disso, os peixes mantidos em BFT sem fornecimento de alimento exógenos (0% da BM/d) cresceram 327% em relação ao seu peso inicial, o que demonstra que os bioflocos proporcionar um crescimento limitado dos peixes ao final de 70 dias. Entretanto, pode ser usado de maneira estratégica na manutenção dos animais durante ausência de alimento exógeno. Portanto, juvenis de tilápia-do-nylo cultivados em BFT devem ser alimentados com no mínimo 6% da BM/d.

**Palavras chave:** Manejo alimentar; Tilapicultura; Recirculação; Flocos microbianos

## ABSTRACT

Unsuitable food management results in low zootechnical performance, as well as to the economic and environmental aspects of aquaculture enterprises. An interesting alternative is the cultivation in biofloc technology (BFT) systems of the microbial biomass, made available as a natural food through this system and that can contribute to the optimization of fish feed, besides collaborating to maintain water quality. However, the contribution of microbial flocs in reducing the supply of exogenous food needs to be explored. The aim of this research was to determine a feed rate that provided the best performance of Nile tilapia juveniles reared in BFT. Five feed rates (0, 2.5, 5.0, 7.5 and 10% body weight per day - BW/d) were evaluated in a biofloc recirculation system (SRB) comprised of 20 tanks of 50L. In addition, a tilapia culture fed with 10% BW/d was evaluated in a clear water recirculation system (RAS), consisting of a biological filter and four tanks (50L). In each experimental unit, 15 individuals (initial weight of  $3.01 \pm 0.1$ g) were stocked at a density of 300 fishes/m<sup>3</sup>. At the end of 70 days the fish in total restriction of exogenous food for 24 hours, were weighed and subsequently collected samples for hematological analysis, body chemical composition and determination of somatic indices. Growth, feed efficiency and nutritional parameters were influenced ( $P < 0.05$ ) by feed rates. Somatic indices, body composition, and hematological variables were influenced ( $P < 0.05$ ). Regression analysis of the results of weight gain, thermal growth coefficient and feed efficiency have shown that the ideal feed rate for Nile tilapia juveniles grown in BFT is between 6% and 8% of BW/d. In addition, fish kept in BFT without exogenous feed (0% BW/d) grew 327% over their initial weight, which shows that the bioflocs provide limited growth of the fish at the end of 70 days. However, it can be used strategically in the maintenance of animals during absence of exogenous food. Therefore, juveniles of Nile tilapia cultured in BFT should be fed with at least 6% of BM/d.

**Keywords:** Food management. Tilapia culture. Recirculation. Microbial floc.

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 – Estimativa da taxa de alimentação para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) considerando o ganho de peso médio (GPM) em sistema de recirculação de bioflocos (SRB), utilizando o modelo de Baker.....26
- Gráfico 2 – Estimativa da taxa de alimentação para juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) considerando o coeficiente térmico de crescimento (CTC) em sistema de recirculação de bioflocos (SRB), utilizando o modelo de Baker..... 27
- Gráfico 3 – Estimativa da taxa de alimentação para juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) considerando a eficiência alimentar (EA) em sistema de recirculação de bioflocos (SRB), utilizando o modelo de Baker.....27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química analisada (base na matéria seca) do bioflocos do sistema experimental SRB.....	19
Tabela 2 – Perfil de ácidos graxos (% de lipídios) do bioflocos na base da matéria seca do sistema experimental SRB.....	20
Tabela 3 – Composição química (base da matéria seca) da ração comercial para peixes onívoros.....	21
Tabela 4 – Parâmetros de desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) alimentados com diferentes taxas alimentares cultivados em sistema de bioflocos (SRB) e recirculação de água clara (SRA) durante 70 dias.....	28
Tabela 5 – Índices somáticos e densidade do volume da esteatose hepática de juvenis de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) alimentados com diferentes taxas alimentares cultivados em sistema recirculação de bioflocos (SRB) e recirculação de água clara (SRA) durante 70 dias.....	29
Tabela 6 – Composição química (na base da matéria natural) do corpo inteiro de juvenis de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) alimentados com diferentes taxas alimentares cultivados em sistema de bioflocos (SRB) e recirculação de água clara (SRA) durante 70 dias.....	29
Tabela 7 – Parâmetros de eficiência nutricional de juvenis de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) alimentados com diferentes taxas alimentares cultivados em sistema de bioflocos (SRB) e recirculação de água clara (SRA) durante 70 dias.....	30
Tabela 8 – Parâmetros eritrocitários, índices hematimétricos e bioquímica plasmática de juvenis de tilápia-do-nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) alimentados com diferentes taxas de alimentação cultivados em sistema de recirculação de bioflocos (SRB) e recirculação de água clara (SRA) durante 70 dias.....	31
Tabela 9 – Leucograma e trombograma de juveni5s de tilápia-do-nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) alimentados com diferentes taxas de alimentação cultivados em sistema de recirculação de bioflocos (SRB) e recirculação de água clara (SRA) durante 70 dias.....	32

## SUMÁRIO

1. <b>Introdução</b> .....	13
2. <b>Objetivo</b> .....	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos específicos .....	16
3. <b>Material e métodos</b> .....	16
3.1 Desenvolvimento e manutenção dos bioflocos.....	16
3.2 Sistema de cultivo experimental .....	18
3.3 Manejo dos peixes .....	19
3.4 Desempenho produtivo .....	21
3.5 Análises químicas e eficiência nutricional.....	21
3.6 Coleta e processamento de amostras para análise hematológica .....	22
3.8 Análises estatísticas .....	23
4. <b>Resultados</b> .....	24
4.1 Desempenho produtivo .....	24
4.3 Índices somáticos .....	26
4.4 Composição química.....	27
4.5 Parâmetros de eficiência nutricional.....	28
4.6 Análises hematológicas.....	28
5. <b>Discussão</b> .....	30
6. <b>Conclusão</b> .....	35
<b>Referências</b> .....	35
<b>ANEXO</b> .....	42

## 1. Introdução

Em âmbito global a aquicultura é o seguimento agropecuário de produção de proteína animal mais cresceu recentemente. Em 2016 foram produzidas 80 milhões de toneladas de pescado, das quais a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) representou 8% da produção mundial (FAO, 2018). No Brasil, essa espécie é responsável por 58,4% da produção nacional de peixes (IBGE, 2018).

Mundialmente a produção de tilápia depende da disponibilidade de alevinos e juvenis de boa qualidade ao longo do ano. Além disso, é importante que estes tenham preços competitivos para manter a lucratividade das fazendas (GARCÍA-RIOS et al., 2019); especialmente em regiões sujeitas a estações mais frias. Além disso, próximo a barragens a piscicultura vem se desenvolvendo em tanques-rede de pequeno e grande volume; apresentando uma elevada demanda por juvenis de tilápia destinados a terminação.

No entanto, vale ressaltar que a intensificação dos sistemas de criação convencionais está associada ao comprometimento da qualidade da água. Em virtude da decomposição da matéria orgânica e excreções dos animais, são demandadas constantes trocas de água, e consequentemente libera-se no ambiente efluentes ricos em compostos nitrogenados, fósforo, entre outros (AVNIMELECH, 2007; DE SCHRYVER et al., 2008). Esses fatores demandam do setor aquícola a otimização das suas técnicas de produção, a fim de melhorar as condições econômicas e ambientais da atividade.

Nesse sentido, o uso da tecnologia de bioflocos (BFT) tem sido recomendada por vários autores como uma alternativa de produção, pois oferece uma abordagem para aumentar a produtividade aquícola de forma ambientalmente sustentável (DE SCHRYVER et al., 2008; CRAB et al., 2012; HARIDAS et al., 2017). O sistema BFT é reconhecido por proporcionar a renovação zero ou mínima de água devido sua capacidade de retenção dos resíduos que sofrem a ação intensiva das bactérias que realizam a biotransformação em flocos microbianos (AVNIMELECH, 2007; AZIM; LITTLE, 2008; BALLESTER et al., 2010).

O BFT é caracterizado pela adição de fontes externas de carbono orgânico como melão, farinha de trigo, glicose, sacarose, amido, glicerol entre outros (AZIM; LITTLE, 2008; WANG et al., 2015; WEI; LIAO; WANG, 2016; LI et al., 2018) para manutenção de uma elevada relação carbono: nitrogênio (C/N). Com isso, o nitrogênio inorgânico tóxico é imobilizado e direcionado para a síntese de novas células bacterianas (HARI et al., 2004) funcionando como um sumidouro de nitrogênio mais rápido que o processo de nitrificação (AVNIMELECH, 1999; HARGREAVES, 2006).

A biomassa microbiana produzida desempenha um papel-chave na nutrição dos organismos cultivados por ser uma fonte natural de proteínas, lipídios, sais minerais e ácidos graxos disponíveis *in situ* 24 horas (AVNIMELECH, 1999; AVNIMELECH, 2007; AZIM; LITTLE, 2008). Contudo, o perfil nutricional dos agregados microbianos é bastante diversificado, podendo sofrer influência, por exemplo, das diferentes fontes de carbono orgânico utilizadas e do tamanho do floco (EKASARI et al., 2014; WEI; LIAO; WANG, 2016). Entretanto, o alto valor proteico, o conteúdo lipídico e os ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) são os parâmetros mais importantes que determinam a viabilidade do bioflocos como alimento na aquicultura (DE SCHRYVER et al., 2008).

Uma boa estratégia para melhorar os índices de produção na aquicultura, consiste no aproveitamento do alimento natural presente nos sistemas de cultivo, como o BFT. AVNIMELECH et al. (1994) demonstraram que tilápias em BFT consumiram 20% menos de alimento exógeno em relação ao sistema convencional, porém não avaliaram a redução da ração de forma controlada. De acordo com LARA et al. (2017), 25% da alimentação exógena pode ser economizada no cultivo de *Litopenaeus vannamei*, em BFT. Segundo PEREZ-FUENTES et al. (2018), é possível reduzir alimentação da tilápia em até 20% da saciedade em BFT.

Em sistemas intensivos, a aquisição de rações nutricionalmente completas representa de 40 a 60% dos custos de produção (BOONANUNTANASARN et al., 2018). Em geral, essa despesa é aumentada quando as rações são utilizadas de forma inadequada. O crescimento dos peixes é influenciado pelo tipo de alimento, tamanho da ração, frequência alimentar, taxa de alimentação, consumo e capacidade de absorção dos nutrientes (XIE et al. 2011). Nesse sentido, o regime alimentar ao qual os animais estão submetidos tem uma importante consequência no crescimento e na eficiência alimentar, em especial nos estágios iniciais de vida; além disso, a viabilidade da produção comercial de uma espécie é determinada por esses fatores (HUNG et al., 1989; AHMED et al., 2010).

Um parâmetro a ser definido no manejo alimentar é a taxa de alimentação, que consiste na quantidade de alimento a ser fornecido aos peixes. Sua determinação auxilia na otimização do desempenho produtivo, na melhoria da eficiência alimentar, previne a deterioração da qualidade da água, e auxilia na viabilidade econômica da criação (NG et al., 2000; AHMED et al., 2010). A composição química corporal dos peixes é afetada em resposta as taxas de alimentação, aumentando o conteúdo de proteína, lipídeos e energia com o incremento na oferta de alimento (NG et al., 2000; MIHELAKAKIS et al., 2002; BALOI et al., 2016; LEE et al., 2016; BU et al., 2017).

A alimentação excessiva causa sobrecarga do estômago e do intestino, o que diminui a eficiência da digestão e absorção dos nutrientes em peixes (JOBILING, 1986). Por outro lado, o suprimento inadequado de alimento tem como consequências a redução do crescimento e a depressão do sistema imunológico dos animais, tornando-os susceptíveis a doenças e a mortalidade (BU et al., 2017). Dessa forma, é necessária conhecer a taxa de alimentação que possibilite a redução de custos com alimento, ao mesmo tempo em que propicia o aumento da produtividade.

Estudos sobre taxas de alimentação foram realizados com diferentes espécies aquáticas, considerando fatores como sistemas de produção, densidade, temperatura, frequência alimentar e composição das dietas (MIZANUR et al., 2014; HUANG et al., 2015; BALOI et al., 2016; LARA et al., 2017; PEREZ-FUENTES et al. 2018). NG et al. (2000) determinaram 2,5% da biomassa/dia (BM/d) como a melhor taxa de alimentação para juvenis do bagre asiático (*Mystus nemurus*) mantidos a temperatura de 29°C. OKORIE et al. (2013) determinaram que a taxa ótima de alimentação para juvenis ( $\pm 5$  g) do falso-alabote-japonês (*Paralichthys olivaceus*) estava entre 4,25 e 5,17% BM/d e de juvenis com 20 g entre 3,0 e 3,47% BM/d quando cultivados sob temperatura ótima. Para juvenis da carpa asiática (*Catla catla*) recomenda-se uma taxa de alimentação entre 3,8 e 4,2% da BM/d como uma relação proteína: energia de 26,7–27.7 mg proteína/MJ<sup>-1</sup> para um máximo crescimento e melhor eficiência alimentar (ABIDI; KHAN, 2014). A tilápia-do-nilo apresentou melhora no crescimento e redução do risco de lesões hepáticas quando alimentadas com 6% da BM/d (HUANG et al., 2015). Já a utilização da proteína do alimento pelo bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) pode ser melhorada com a redução de 30% da taxa de alimentação em relação à saciedade (XU et al., 2017).

No entanto, no sistema BFT informações sobre os níveis de alimentação ainda são necessárias para o melhor aproveitamento dos flocos microbianos.

## **2. Objetivo**

### **2.1 Objetivo Geral**

Determinar a taxa de alimentação que proporcione melhor desempenho produtivo de juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivados em sistema de recirculação com bioflocos.

## 2.2 Objetivos específicos

- Avaliar os efeitos das diferentes taxas de alimentação no desempenho zootécnico dos juvenis de tilápia-do-nilo cultivados em sistema de bioflocos durante 70 dias;
- Verificar a contribuição dos flocos microbianos como alimento para os juvenis;
- Avaliar a eficiência nutricional e a composição química corporal dos juvenis; e
- Avaliar os efeitos das taxas de alimentação sobre a hematologia dos peixes.

## 3. Material e métodos

Todos os procedimentos realizados no presente estudo foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Paraná – UFPR/Setor Palotina (Protocolo nº 26/2017).

### 3.1 Desenvolvimento e manutenção dos bioflocos

Na formação do bioflocos foram utilizadas duas caixas circulares de polietileno (310 L) conectadas entre si, nas quais foram adicionados 80L de água proveniente de viveiro de produção comercial de tilápias. O volume restante foi completado com água declorada proveniente da rede pública de abastecimento. Estas caixas foram povoadas com 60 juvenis de tilápia-do-nilo (peso inicial de  $30,4 \pm 6,3$  g), alimentados até a saciedade aparente com ração comercial (35% de proteína bruta, FishMix Evolution, Algomix<sup>®</sup>, Ouro Verde do Oeste, PR, Brasil) duas vezes ao dia. Também foi adicionado a água melaço de cana de açúcar em pó com 45% de carbono (Inve<sup>®</sup>, Nothaburi, Tailândia) para manter a relação carbono/nitrogênio na proporção de 15:1 (Avnimelech, 1999). Semanalmente, durante todo o período experimental, eram adicionados 1,5g de probiótico Sanolife PRO-W (Inve<sup>®</sup>, Nothaburi, Tailândia) para modular a presença de bactérias patógenas no meio de cultivo.

Ao longo do experimento, correções no pH e na alcalinidade foram realizadas, quando necessário, utilizando bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) como sugerido por FURTADO; POERSCH; WASIELESKY (2011) e MARTINS et al. (2017). Após 45 dias de cultivo, a concentração de sólidos suspensos totais (SST) ultrapassou  $500 \text{ mg.L}^{-1}$  (AVNIMELECH, 2009; EMERENCIANO et al., 2017). Neste momento os peixes foram retirados (peso final de  $85,7 \pm 29,6$  g) das caixas de 310 L onde eram mantidos.

Uma amostra concentrada do bioflocos foi coletada, congelada e liofilizada (Liotop<sup>®</sup>, modelo L108, São Carlos, SP, Brasil) para determinação da umidade pelo método gravimétrico em estufa de ventilação forçada à 105°C. O conteúdo de cinzas foi determinado também por gravimetria após combustão em forno mufla à 550°C (n° 942.05). O extrato etéreo foi obtido pelo método de Soxhlet (n° 920.39), a proteína bruta pelo método de Kjeldahl (N 6,25) (n° 936.15) e a fibra bruta pelo método gravimétrico não enzimático (n° 993.21). A energia bruta (kcal.kg<sup>-1</sup>) foi determinada em bomba calorimétrica (IKA<sup>®</sup>, Staufen, Alemanha). O perfil de ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa – CG (n° 996.06) de acordo com AOAC (2007) e o de aminoácidos por cromatografia líquida de alta performance (HPLC) como descrito por WHITE et al. (1986) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 – Composição química analisada (base da matéria seca) e perfil de aminoácidos (g/100g de proteína) do bioflocos, e comparação com as exigências nutricionais da tilápia-do-nylo

Composição química	Flocos microbianos	Exigência nutricional tilápia ( <i>O. niloticus</i> ) <sup>1</sup>
Proteína bruta (%)	33,66	29,00
Energia bruta (kcal.kg <sup>-1</sup> )	4.051	3.400
Extrato etéreo (%)	0,51	*
Fibra bruta (%)	6,98	*
Cinzas (%)	27,31	*
Matéria seca (%)	93,18	*
<i>Aminoácidos essenciais</i>		
Arginina	1,46	1,2
Fenilalanina	1,09	1,1
Histidina	0,48	1,0
Isoleucina	1,01	1,0
Leucina	1,64	1,9
Lisina	1,28	1,6
Metionina	0,32	0,7
Treonina	1,39	1,1
Triptofano	Nd	0,3
Valina	1,69	1,5
<i>Aminoácidos não essenciais</i>		
Ácido aspártico	1,55	*
Ácido glutâmico	2,42	*
Alanina	1,74	*
Cistina	0,69	*
Glicina	2,47	*
Prolina	2,39	*
Serina	1,77	*
Taurina	0,03	*
Tirosina	0,96	*

<sup>1</sup> NRC (2011); Nd – não detectado.

Tabela 2 – Perfil de ácidos graxos (g/100 g de lipídios) do bioflocos expresso na base da matéria seca.

Ácidos graxos	%
8:0	0,12
10:0	0,33
12:0	0,35
14:0	2,75
14:1	4,59
15:0	1,06
15:1	1,25
16:0	27,20
17:0	2,73
18:0	18,55
20:0	2,45
20:2	0,35
16:1n-7	3,98
18:1n-9	16,98
20:1n-9	0,20
18:2n-6c	8,39
18:2n-6t	0,20
20:3n-6	0,29
20:4n-6	6,55
18:3n-3	0,69
20:5n-3	0,51
22:6n-3	0,37
$\Sigma$ saturados	55,49
$\Sigma$ insaturados	44,51
$\Sigma$ monoinsaturados	27,25
$\Sigma$ polinsaturados	17,25
$\Sigma$ gorduras <i>trans</i>	0,39
$\Sigma$ n-3	1,57
$\Sigma$ n-6	15,49
$\Sigma$ n-9	17,45

### 3.2 Sistema de cultivo experimental

Para a realização do experimento foram instalados no mesmo ambiente *in door* dois sistemas de cultivo dotados de aeração mecânica constante, controle de temperatura e submetidos ao mesmo regime de fotoperíodo (12h luz: 12h escuro). O primeiro consistiu em um sistema de recirculação com bioflocos (SRB) do tipo *macrocosmo-microcosmo*. Neste sistema, o bioflocos desenvolvido, como anteriormente descrito, nas duas caixas circulares de polietileno (310L) – *macrocosmo* – era bombeado para 20 caixas retangulares de polietileno (50L de volume útil) – *microcosmos* – e retornava por gravidade ao *macrocosmo*. O segundo

sistema de cultivo foi um sistema de água clara (SRA), composto por quatro caixas de polietileno (50L de volume útil) conectadas a um filtro biológico de 100L de volume útil.

Optou-se por recircular o bioflocos no SRB para garantir o mesmo perfil qualitativo do bioflocos em todas as unidades experimentais. Esta estratégia também nos permitiu manter um fornecimento constante de bioflocos para os peixes mantidos no tratamento sem aporte de alimento exógeno (0% da biomassa/dia – BM/d). Ao iniciar o experimento, o volume de bioflocos proveniente do macrocosmo neste sistema foi insuficiente para preencher totalmente todas os 24 tanques de 50L. Assim, neste momento o volume de água das unidades de cultivo foi completado com água declorada proveniente da rede pública de abastecimento. Após, durante todo o experimento, no SRB e no SRA era repostado apenas o volume de água perdido por evaporação.

Durante o período experimental a temperatura ( $28,3 \pm 0,02$  °C em SRB;  $27,9 \pm 0,02$  °C em SRA), o oxigênio dissolvido ( $7,7 \pm 0,02$  mg.L<sup>-1</sup> em SRB;  $6,53 \pm 0,13$  mg.L<sup>-1</sup> em SRA) e o pH ( $7,3 \pm 0,01$  em SRB;  $7,0 \pm 0,40$  em SRA) foram monitorados diariamente às 9h00min e 17h00min com o auxílio de sonda multiparâmetros (Akso<sup>®</sup>, modelo Ak88, São Leopoldo, RS, Brasil).

Semanalmente foram analisadas as concentrações de amônia total ( $0,04 \pm 0,06$  mg.L<sup>-1</sup> em SRB;  $0,09 \pm 0,1$  mg.L<sup>-1</sup> em SRA) pelo método n° 4500B, nitrito ( $0,16 \pm 0,15$  mg.L<sup>-1</sup> em SRB;  $0,22 \pm 0,20$  mg.L<sup>-1</sup> em SRA) pelo método n° 4500B, nitrato ( $5,82 \pm 4,69$  mg.L<sup>-1</sup> em SRB;  $8,15 \pm 4,93$  mg.L<sup>-1</sup> em SRA) pelo método n° 4110B, alcalinidade ( $51,37 \pm 17,0$  mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> em SRB;  $26,0 \pm 0,90$  mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> em SRA) pelo método n° 2320B e sólidos suspensos totais ( $377 \pm 146,33$  mg.L<sup>-1</sup> apenas em SRB) pelo método n° 2540D de acordo com APHA (2012).

### 3.3 Manejo dos peixes

Juvenis de tilápia-do-nilo da linhagem GIFT (peso médio  $2,7 \pm 0,7$  g), provenientes de criadouro comercial (Piscicultura Sgarbi, Palotina, PR, Brasil) foram transportados até o laboratório. Durante sete dias os peixes foram mantidos em quatro caixas circulares (310L) em SRA provido com dois filtros biológicos para aclimação às condições laboratoriais. Neste período foram alimentados diariamente às 9h e 17h com ração comercial para peixes onívoros (Fishmix Evolution inicial, Algomix<sup>®</sup>, Ouro Verde do Oeste, PR, Brasil; Tabela 3) a uma taxa de 3% da biomassa estocada.

Tabela 3 – Composição química (base na matéria seca) da ração comercial para peixes onívoros.

Componentes	Ração comercial	
	Níveis de garantia do fabricante	Composição química analisada
Proteína bruta (%)	42,00 (mín.)	43,40
Energia bruta (kcal.kg <sup>-1</sup> )	4600	4697
Extrato etéreo (%)	6,00 (mín.)	2,71
Fibra bruta (%)	3,00 (máx.)	1,60
Cinzas (%)	10,00 (máx.)	9,02
Umidade (%)	13,00 (máx.)	5,82

máx. – valores máximos; mín.- valores mínimos

Após o período de aclimação, 360 juvenis (peso inicial 3,1±0,1 g) foram transferidos para o SRA e SRB (15 peixes/caixa de 50 L), perfazendo uma densidade equivalente a 300 peixes/m<sup>3</sup> (HARIDAS et al., 2017), constituindo um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento.

A partir da taxa de alimentação máxima (10% da BM/d) avaliada por HUANG et al. (2015) para a tilápia GIFT, reduziu-se em 25, 50, 75 e 100% a quantidade de alimento exógeno ofertado aos peixes cultivados em SRB, originando os seguintes tratamentos:

- SRB 10 (cultivo em bioflocos + taxa de alimentação de 10% da BM/d);
- SRB 7,5 (cultivo em bioflocos + taxa de alimentação de 7,5% da BM/d);
- SRB 5,0 (cultivo em bioflocos + taxa de alimentação de 5,0% da BM/d);
- SRB 2,5 (cultivo em bioflocos + taxa de alimentação de 2,5% da BM/d); e
- SRB 0 (cultivo em bioflocos s/ alimento exógeno).

O cultivo de peixes em SRA foi utilizado como tratamento controle adicional, uma vez que não contava com a presença de alimento endógeno (bioflocos). Neste caso, os peixes foram submetidos apenas a taxa de alimentação máxima definida anteriormente (10% da BM/d), sendo denominado SRA10. Durante 70 dias os peixes foram alimentados com as quantidades pré-estabelecidas em três refeições diárias (09:00 h, 13:00 h e 17:00 h) com a mesma dieta comercial fornecida no período de aclimação.

A cada 14 dias os peixes eram pesados para ajustar o fornecimento de ração. Todos os peixes mortos foram pesados individualmente, e no mesmo dia o valor era deduzido para corrigir o alimento a ser fornecido a cada unidade experimental.

### 3.4 Desempenho produtivo

Ao final do período experimental, após jejum de 24 horas, todos os peixes foram anestesiados em solução de benzocaína (50 mg L<sup>-1</sup>), pesados e medidos para obtenção e cálculo das seguintes variáveis:

- Peso final (PF, g);
- Comprimento total (CT, cm);
- Ganho de peso (GP, g) = peso final – peso inicial;
- Produtividade (PROD, kg.m<sup>-3</sup>) = biomassa final ÷ volume de água;
- Coeficiente térmico de crescimento (CTC, %) =  $\left[ \frac{(\text{Peso final}^{1/3} - \text{Peso inicial}^{1/3})}{(\text{Temperatura } (^{\circ}\text{C}) \times \text{dias})} \times 100 \right]$ ;
- Eficiência alimentar (EA) =  $\left[ \frac{\text{Ganho de peso}}{\text{Ingestão total de alimento}} \right]$ ;
- Taxa de sobrevivência (SOB, %) =  $\left[ \frac{\text{Número final de peixes}}{\text{Número inicial de peixes}} \times 100 \right]$ ;
- Densidade final (DF, peixe.m<sup>-3</sup>) = número de peixes ÷ volume de água;
- Uniformidade do lote (UNI, %) =  $[(N \pm 20\% \times (N_t) - 1) \times 100]$ .

Onde:  $N \pm 20$  = nº de animais com peso total  $\pm 20\%$  em torno da média da unidade experimental e  $N_t$  = número total de animais em cada unidade experimental (COUTO et al., 2018).

Três peixes de cada unidade experimental foram aleatoriamente selecionados, eutanasiados (benzocaína 500 mg L<sup>-1</sup>), pesados e necropsiados para obtenção do peso das vísceras, fígado e gordura visceral para cálculo dos índices somáticos:

- Índice hepatossomático (IHS, %) =  $[(\text{peso do fígado} / \text{peso corporal}) \times 100]$ ;
- Índice viscerossomático (IVS, %) =  $[(\text{peso das vísceras} / \text{peso corporal}) \times 100]$ ; e
- Índice lipossomático (ILS, %) =  $[(\text{peso da gordura visceral} / \text{peso corporal}) \times 100]$ .

### 3.5 Análises químicas e eficiência nutricional

Uma amostra de 20 peixes da população inicial e outra de seis peixes por unidade experimental ao final do ensaio foram coletadas para determinação da composição química corporal. Para isso, os peixes foram eutanasiados como previamente descritos, triturados, homogeneizados (constituindo uma amostra composta por repetição) e congelados até posterior análise. A umidade, o extrato etéreo, o conteúdo de cinzas, a proteína bruta corporal e a energia

bruta ( $\text{kcal.kg}^{-1}$ ) foram determinados pelos mesmos métodos anteriormente descritos, em conformidade com AOAC (2007).

A utilização dos nutrientes da dieta foi calculada utilizando os teores de proteína bruta e energia bruta corporal para obtenção da eficiência de retenção de proteína e energia de acordo com NRC (2011), e a contribuição da proteína e da energia no ganho de peso a partir de (SANDRE et al., 2017), como segue:

- Eficiência de retenção de proteína – (ERP, %) =  $\left[ \frac{(P_f \times PBC_f) - (P_i \times PBC_i)}{I_{PB}} \times 100 \right]$ ;
- Eficiência de retenção de energia – (ERE, %) =  $\left[ \frac{(P_f \times EBC_f) - (P_i \times EBC_i)}{I_{EB}} \times 100 \right]$ ;
- Proteína bruta no ganho em peso – (PB<sub>GP</sub>, %) =  $\left[ \frac{(PB_f \times PBC_f) - (PB_i \times PBC_i)}{(P_f - P_i)} \times 100 \right]$ ; e
- Energia bruta no ganho em peso – (EB<sub>GP</sub>, %) =  $\left[ \frac{(EB_f \times EBC_f) - (EB_i \times EBC_i)}{(P_f - P_i)} \times 100 \right]$ .

$((EB_f \times EBC_f) - (EB_i \times EBC_i) / (P_f - P_i)) \times 100$

Onde:  $P_i$ : Peso médio inicial;  $P_f$ : Peso médio final;  $PBC_i$ : Proteína bruta corporal inicial;  $PBC_f$ : Proteína bruta corporal final;  $EBC_i$ : Energia bruta corporal inicial;  $EBC_f$ : Energia bruta corporal final;  $I_{PB}$ : Ingestão total de proteína bruta;  $I_{EB}$ : Ingestão total de energia bruta;  $PB_i$ : Proteína bruta alimentar inicial;  $PB_f$ : proteína bruta alimentar final;  $EB_i$ : energia bruta alimentar inicial; e  $EB_f$ : energia bruta alimentar final.

### 3.6 Coleta e processamento de amostras para análise hematológica

Ao final do experimento, outros seis peixes de cada unidade experimental foram aleatoriamente selecionados e anestesiados como anteriormente descrito para coleta de sangue por punção na veia caudal com o auxílio de seringas (1 mL) embebidas em citrato de sódio 4%. As amostras coletadas foram acondicionadas em microtubos de polipropileno tipo *Eppendorf* (1,5 mL) e refrigerados até posterior processamento.

Uma alíquota de cada amostra foi centrifugada a 2.500 rpm durante 10 minutos para obtenção do plasma, que foi congelado ( $-18^\circ\text{C}$ ) até posterior análise. Analisou-se as concentrações plasmáticas de glicose ( $\text{mg. dL}^{-1}$ ), triglicerídeos totais ( $\text{mg. dL}^{-1}$ ), colesterol total ( $\text{mg. dL}^{-1}$ ) e proteína total ( $\text{mg. dL}^{-1}$ ) utilizando reagentes comerciais específicos (Ebram<sup>®</sup>, São Paulo, SP, Brasil) cujas leituras foram realizadas em analisador bioquímico automático (Mindray<sup>®</sup>, modelo bs 120, Shenzhen, China).

A taxa de hemoglobina (Hb,  $\text{g.dL}^{-1}$ ) foi determinada pelo método da cianometahemoglobina (COLLIER, 1944) utilizando-se reagente específico (Labtest<sup>®</sup>, Lagoa

Santa, MG, Brasil) em analisador bioquímico colorimétrico (Drake<sup>®</sup>, modelo Quick Lab 2, São José do Rio Preto, SP, Brasil). O hematócrito (HTC, %) foi determinado através do método do microhematócrito (GOLDENFARB et al., 1971) em centrífuga a 12.000 rpm por cinco minutos, seguindo-se da leitura em escala graduada. A contagem total de eritrócitos (RBC, 10<sup>6</sup>/μL) foi realizada manualmente utilizando solução de formol-citrato com azul de toluidina (OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2009) e a leitura realizada em câmara de Neubauer com o auxílio de microscópio óptico (Olympus<sup>®</sup>, modelo CX21FS1, Tóquio, Japão) na objetiva de 400×. A partir dos resultados de hemoglobina (Hb), hematócrito (HTC) e a contagem total de eritrócitos (ERI) foram calculados os índices hematimétricos absolutos (WINTROBE, 1934):

- Volume corpuscular médio (VCM, fL) =  $\left[ \frac{HTC \times 10}{RBC} \right]$ ;
- Hemoglobina corpuscular média (HCM, μg) =  $\left[ \frac{Hb \times 10}{RBC} \right]$ ; e
- Concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM, g.dL) =  $\left[ \frac{Hb \times 100}{HTC} \right]$ .

As extensões sanguíneas foram confeccionadas em lâminas de vidro, secas ao ar e submetidos à coloração pelo princípio de Romanowsky utilizando solução de panótico rápido (Laborclin<sup>®</sup>, Pinhais, PR, Brasil). A leitura da extensão sanguínea foi realizada com o auxílio de microscópio óptico (Olympus<sup>®</sup>, modelo CX21FS1, Tóquio, Japão) na objetiva de imersão (1000×).

A contagem total de leucócitos e trombócitos foi realizada pelo método indireto através da relação eritrócitos/leucócitos (RANZANI-PAIVA et al., 2013):

- Leucócitos (μL) =  $\left[ \frac{\text{Número de leucócitos} \times \text{número total de eritrócitos } (\mu\text{L})}{2000 \text{ eritrócitos contados na extensão sanguínea}} \right]$ ; e
- Trombócitos (μL) =  $\left[ \frac{\text{Número de trombócitos} \times \text{número total de eritrócitos } (\mu\text{L})}{2000 \text{ eritrócitos contados na extensão sanguínea}} \right]$ .

Nas extensões sanguíneas foram contadas 200 células, estabelecendo-se o percentual de cada componente celular (monócitos, linfócitos, neutrófilos, eosinófilos, basófilos e heterófilos) para a contagem diferencial de leucócitos.

### 3.8 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram avaliados quanto a distribuição normal (teste de Shapiro-Wilk) e a homogeneidade das variâncias (teste de Bartlett). Após atendidos os pressupostos, procedeu-

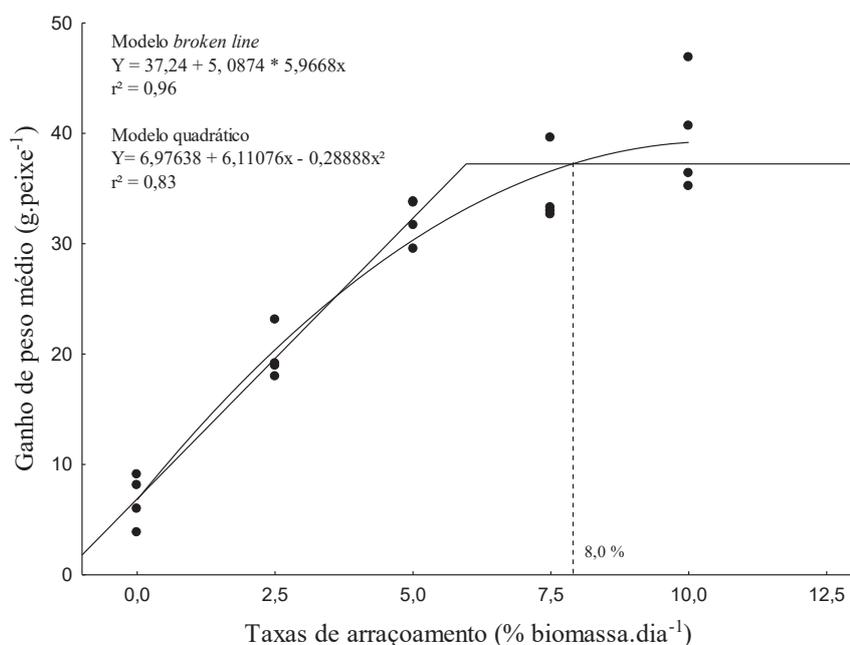
se a análise de variância (*one way ANOVA*) e, quando significativa, aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias.

Adicionalmente, os dados de ganho de peso, coeficiente térmico de crescimento e eficiência alimentar foram submetidos à análise de regressão utilizando os modelos *broken line* e polinomial quadrático. Entretanto, diante do risco de sub ou superestimativa destes modelos (PESTI et al., 2009; ROBBINS et al., 2014), optou-se por determinar a taxa de alimentação usando a combinação destes modelos como proposto por BAKER et al. (2002). Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS, versão 9.1, utilizando-se o nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

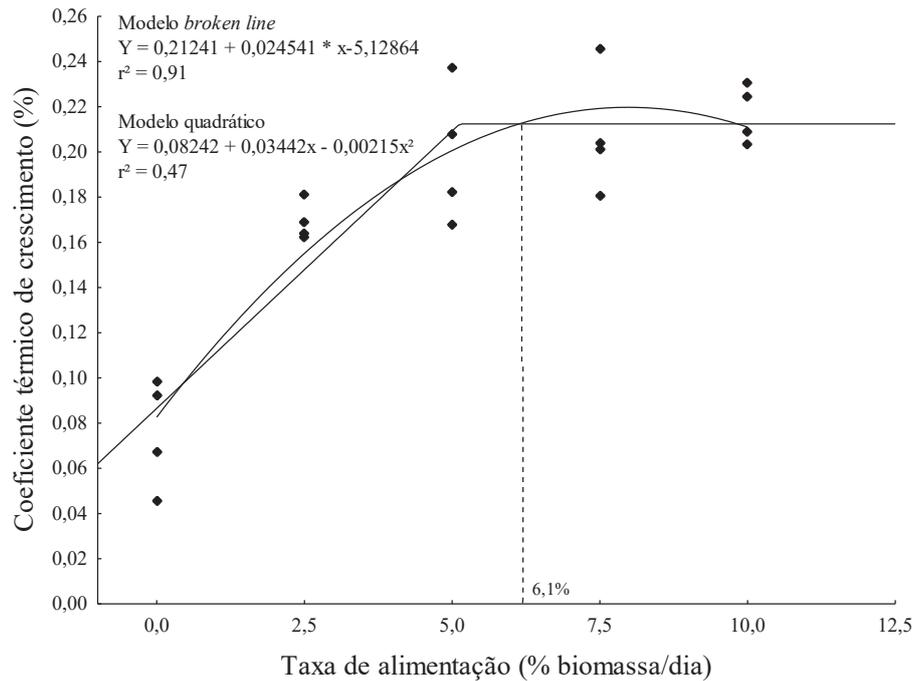
## 4. Resultados

### 4.1 Desempenho produtivo

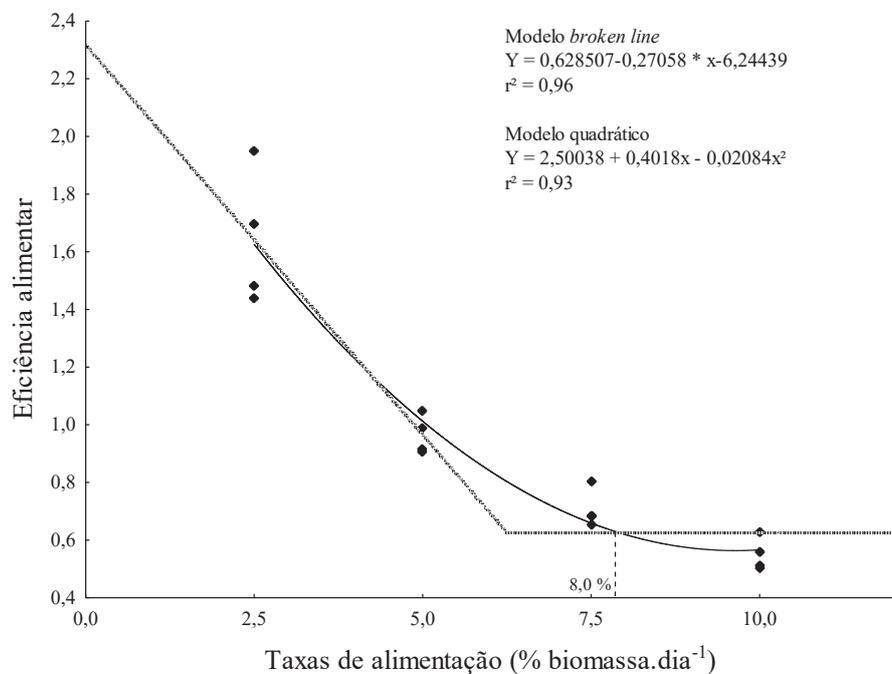
As curvas do GPM e CTC apresentaram comportamento quadrático crescente com o incremento na taxa de alimentação. Já a curva de EA apresentou comportamento quadrático decrescente em resposta a maior oferta de alimento. Utilizando-se a combinação algébrica dos modelos *broken line* e polinomial quadrático como preconizado por BAKER (2002), a partir da derivação da regressão se estimou em 8,0%, 6,1% e 8,0% da BM/d a taxa de alimentação que apresenta o melhor *feedback* para o GPM, CTC e EA, respectivamente (Gráfico 1, 2 e 3).



**Gráfico 1.** Estimativa da taxa de alimentação para juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) considerando o ganho de peso médio (GPM) em sistema de recirculação de bioflocos (SRB), utilizando o modelo de Baker.



**Gráfico 2.** Estimativa da taxa de alimentação para juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) considerando o coeficiente térmico de crescimento (CTC) em sistema de recirculação de bioflocos (SRB), utilizando o modelo de Baker.



**Gráfico 3.** Estimativa da taxa de alimentação para juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) considerando a eficiência alimentar (EA) em sistema de recirculação de bioflocos (SRB), utilizando o modelo de Baker.

A sobrevivência e densidade final dos peixes em bioflocos não diferiram entre si, em função das taxas de alimentação; além disso, estas variáveis não foram afetadas pelos diferentes sistemas de cultivo. A maior produtividade foi alcançada entre 7,5% e 10% da BM/d em SRB; quando comparados os sistemas, a produtividade do cultivo com 10% da BM/d em SRB foi superior a água clara sob a mesma taxa.

Em bioflocos, os animais cresceram com o incremento nas taxas de alimentação até 5,0% da BM/d; a partir desse ponto o comprimento total e peso médio final foram semelhantes. No entanto, essas variáveis foram superiores nos indivíduos alimentados com 10% da BM/d em SRB em relação a SRA. Não foram observadas respostas na uniformidade do lote em razão da quantidade de alimento ofertado. Os resultados da avaliação de desempenho dos juvenis de tilápia-do-nilo estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros de desempenho zootécnico de juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com diferentes taxas alimentares cultivados em sistema de bioflocos (SRB) e recirculação de água clara (SRA) durante 70 dias.

Variável	TRATAMENTOS						ANOVA (Valor de P)
	SRB 0%	SRB 2,5%	SRB 5,0%	SRB 7,5%	SRB 10%	SRA 10%	
CT (cm)	6,38±0,53 <sup>c</sup>	8,37±0,25 <sup>b</sup>	9,75±0,21 <sup>a</sup>	10,35±0,37 <sup>a</sup>	10,58±0,60 <sup>a</sup>	8,48±1,02 <sup>b</sup>	<0,0001
PMF (g)	9,85±2,32 <sup>d</sup>	22,88±2,25 <sup>c</sup>	35,29±2,01 <sup>ab</sup>	37,72±3,29 <sup>ab</sup>	42,91±5,23 <sup>a</sup>	29,78±5,75 <sup>bc</sup>	<0,0001
GPM (g)	6,78±2,32 <sup>d</sup>	19,81±2,25 <sup>c</sup>	32,22±2,01 <sup>ab</sup>	34,65±3,29 <sup>ab</sup>	39,83±5,23 <sup>a</sup>	26,71±5,75 <sup>bc</sup>	<0,0001
CTC (%)	0,08±0,024 <sup>c</sup>	0,17±0,01 <sup>ab</sup>	0,20±0,03 <sup>ab</sup>	0,21±0,03 <sup>ab</sup>	0,22±0,01 <sup>a</sup>	0,15±0,03 <sup>b</sup>	<0,0001
EA (%)	NC	1,64±0,23 <sup>a</sup>	0,97±0,07 <sup>b</sup>	0,71±0,07 <sup>c</sup>	0,55±0,06 <sup>cd</sup>	0,42±0,07 <sup>d</sup>	<0,0001
SOB (%)	90,0±6,70 <sup>a</sup>	96,70±3,90 <sup>a</sup>	80,0±16,3 <sup>ab</sup>	80,0±10,9 <sup>ab</sup>	76,70±15,9 <sup>ab</sup>	65,0±6,40 <sup>b</sup>	0,0139
PR (kg.m <sup>-3</sup> )	2,67±0,72 <sup>c</sup>	6,62±0,50 <sup>ab</sup>	8,50±2,00 <sup>ab</sup>	9,12±1,99 <sup>a</sup>	9,69±0,97 <sup>a</sup>	5,86±1,61 <sup>bc</sup>	<0,0001
DF (px.m <sup>-3</sup> )	270±20,00 <sup>a</sup>	290±11,55 <sup>a</sup>	240±48,99 <sup>ab</sup>	240±32,66 <sup>ab</sup>	230±47,61 <sup>ab</sup>	195±19,15 <sup>b</sup>	0,0140
UNI (%)	90,62±4,04	98,22±3,55	92,25±5,65	95,42±5,33	100 ± 0,00	94,45±6,41	0,0882

Médias e desvios padrão na mesma linha com letras distintas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). CT – Comprimento total; PMF – peso médio final; GPM – ganho de peso médio; CTC – coeficiente térmico de crescimento; EA – Eficiência alimentar; SOB – sobrevivência; PR – produtividade; DF – densidade final; UNI – uniformidade do lote; NC – Não calculado.

### 4.3 Índices somáticos

Em SRB, os juvenis apresentaram elevação significativa no índice hepatossomático (IHS) quando alimentados com 10% da BM/d. Já o índice lipossomático (ILS) aumentou em decorrência do acréscimo da oferta de alimento até 5,0% da BM/d. A partir desta taxa nenhum incremento significativo ( $P > 0,05$ ) foi registrado.

Os peixes mantidos sob 10% da BM/d em diferentes sistemas de cultivo, apresentaram IHS e ILS similares ( $P > 0,05$ ). No entanto, a esteatose hepática foi maior nos animais alimentados com 10% da BM/d em bioflocos em relação à SRA. Os índices somáticos estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Índices somáticos e densidade do volume da esteatose hepática de juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com diferentes taxas alimentares cultivados em sistema recirculação de bioflocos (SRB) e recirculação de água clara (SRA) durante 70 dias.

Variável	TRATAMENTOS						ANOVA (Valor de P)
	SRB 0%	SRB 2,5%	SRB 5,0%	SRB 7,5%	SRB 10%	SRA 10%	
IHS, %	1,67±0,69 <sup>d</sup>	2,22±0,59 <sup>cd</sup>	2,60±0,61 <sup>bc</sup>	3,02±0,81 <sup>abc</sup>	3,56±0,56 <sup>a</sup>	3,33±0,78 <sup>ab</sup>	<0,0001
ILS, %	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,04±0,15 <sup>b</sup>	0,97±0,54 <sup>ab</sup>	1,75±1,19 <sup>a</sup>	1,81±1,16 <sup>a</sup>	0,99±1,16 <sup>ab</sup>	<0,0001

Médias e desvios padrão na mesma linha com letras distintas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). IHS: índice hepatossomático; ILS: índice lipossomático. Médias e desvio padrão na mesma linha com letras distintas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

#### 4.4 Composição química

Em relação a composição química corporal, a concentração de cinzas corporais não foi alterada ( $P > 0,05$ ) em razão dos tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6 – Composição química (na base da matéria natural) do corpo inteiro de juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com diferentes taxas alimentares cultivados em sistema de bioflocos (SRB) e recirculação de água clara (SRA) durante 70 dias.

Variável	TRATAMENTOS							ANOVA (Valor de P)
	PI	SRB 0%	SRB 2,5%	SRB 5,0%	SRB 7,5%	SRB 10%	SRA 10%	
PB (%)	11,32	10,64±0,56 <sup>b</sup>	12,6±0,07 <sup>a</sup>	11,84±0,40 <sup>a</sup>	11,88±0,47 <sup>a</sup>	11,78±0,22 <sup>a</sup>	11,74±0,54 <sup>a</sup>	0,0010
EE (%)	0,88	1,18±0,81 <sup>c</sup>	3,33±0,46 <sup>b</sup>	6,10±0,77 <sup>a</sup>	7,20±0,42 <sup>a</sup>	7,92±1,07 <sup>a</sup>	7,38±1,51 <sup>a</sup>	<0,0001
CZ (%)	3,67	4,10±0,18 <sup>a</sup>	4,13±0,21 <sup>a</sup>	4,37±0,18 <sup>a</sup>	4,26±0,35 <sup>a</sup>	3,98±0,08 <sup>a</sup>	4,05±0,30 <sup>a</sup>	0,2316
UM (%)	82,32	81,66±1,22 <sup>a</sup>	78,45±0,65 <sup>b</sup>	74,82±1,22 <sup>c</sup>	73,69±1,27 <sup>c</sup>	73,30±1,43 <sup>c</sup>	74,53±1,26 <sup>c</sup>	<0,0001
EB (kcal.kg <sup>-1</sup> )	3991	3936±259,3 <sup>c</sup>	4427±166,1 <sup>b</sup>	4847±111,8 <sup>ab</sup>	5172±194,3 <sup>a</sup>	5169±141,5 <sup>a</sup>	5047±260,7 <sup>a</sup>	<0,0001

Médias e desvios padrão na mesma linha com letras distintas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). PI: população inicial; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; CZ: cinzas; UM: umidade; EB: energia bruta. Média e desvio padrão na mesma linha com letras distintas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O teor de proteína bruta corporal nos animais mantidos sob restrição total de alimento exógeno decresceu em relação aqueles da população inicial. No entanto, não houve aumento no teor de proteína corporal a partir de 2,5% da BM/d em razão do aumento na oferta de alimento. Os teores de extrato etéreo e energia bruta corporais aumentaram com a oferta de alimento até 5,0% da BM/d. A partir desse ponto, os juvenis apresentaram concentrações semelhantes. No entanto, o aumento na gordura corporal dos peixes em razão do incremento na oferta de alimento promoveu o decréscimo nos teores de umidade corporal.

Contudo, a composição centesimal dos animais alimentados com 10% da BM/d não foi alterada ( $P > 0,05$ ) em função dos sistemas de cultivo.

#### 4.5 Parâmetros de eficiência nutricional

Os peixes cultivados em SRB diminuíram ( $P < 0,05$ ) a eficiência de retenção proteica (ERP) e energética (ERE) proporcionalmente a elevação das taxas de alimentação. No entanto, os valores de ERP e ERE foram semelhantes ( $P > 0,05$ ) nos peixes alimentados com 10% da BM/d, independente do sistema de cultivo em que foram mantidos (Tabela 7).

Tabela 7 – Parâmetros de eficiência nutricional de juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com diferentes taxas alimentares cultivados em sistema de bioflocos (SRB) e recirculação de água clara (SRA) durante 70 dias.

Variável	TRATAMENTOS						Anova (Valor de p)
	SRB 0%	SRB 2,5%	SRB 5,0%	SRB 7,5%	SRB 10%	SRA 10%	
ERP%	NC	54,11±8,18 <sup>a</sup>	26,85±3,53 <sup>b</sup>	19,54±1,92 <sup>c</sup>	13,87±1,50 <sup>d</sup>	11,40±2,17 <sup>d</sup>	< 0,001
ERE%	NC	179,77±22,85 <sup>a</sup>	101,43±11,12 <sup>b</sup>	78,41±3,82 <sup>bc</sup>	56,11±5,70 <sup>cd</sup>	45,93±12,12 <sup>d</sup>	< 0,001
PB <sub>GP</sub> %	NC	13,72±0,88 <sup>a</sup>	12,97±0,43 <sup>a</sup>	12,93±0,42 <sup>a</sup>	12,70±0,29 <sup>a</sup>	13,15±0,83 <sup>a</sup>	0,2396
EB <sub>GP</sub> %	NC	496,47±31,56 <sup>b</sup>	531,07±13,74 <sup>ab</sup>	563,45±22,80 <sup>a</sup>	557,15±10,47 <sup>a</sup>	564,43±15,98 <sup>a</sup>	0,0010

Médias e desvios padrão na mesma linha com letras distintas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). NC: Não calculado; ERP: eficiência de retenção proteica; ERE: eficiência de retenção energética; PB<sub>GP</sub>: proteína bruta no ganho de peso; EB<sub>GP</sub>: energia bruta no ganho de peso. Média e desvio padrão na mesma linha com letras distintas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A proporção de proteína bruta no ganho em peso (PB<sub>GP</sub>) dos peixes não foi alterada ( $P > 0,05$ ) em razão das diferentes taxas de alimentação. O incremento nas taxas de alimentação até 5,0% da BM/d promoveu o acúmulo de energia bruta no ganho em peso (EB<sub>GP</sub>) dos peixes cultivados em SRB. No entanto, a partir desse ponto uma maior oferta de alimento não proporcionou uma maior contribuição da EB<sub>GP</sub>. A contribuição da PB<sub>GP</sub> e EB<sub>GP</sub> nos peixes alimentados com 10% da BM/d foram similares ( $P > 0,05$ ) entre os sistemas de cultivo.

#### 4.6 Análises hematológicas

As concentrações dos parâmetros bioquímicos plasmáticos dos juvenis de *O. niloticus* foram alteradas pelas taxas de alimentação ( $P < 0,05$ ). A maior concentração de proteína plasmática total (PPT) foi observada nos animais alimentados com 7,5% da BM/d em SRB. No entanto, a concentração de PPT nos animais decresceu quando submetidos a restrição alimentar até 2,5% da BM/d.

A concentração de triglicerídeos totais – TGL e colesterol total – CLT nos peixes cultivados em SRB aumentou ( $P < 0,05$ ) com o incremento nas taxas de alimentação. Os peixes alimentados com 10% da BM/d entre os sistemas de cultivo apresentaram concentrações de PPT, TGL e CLT semelhantes. Nos peixes mantidos no SRB o nível glicêmico manteve-se similar ( $P > 0,05$ ), independentemente da taxa de alimentação utilizada. Entretanto, os animais

tratados com 10% da BM/d em SRA apresentaram concentração glicêmica superior ( $P<0,05$ ) aos demais tratamentos mantidos em SRB.

Os resultados da bioquímica plasmática e do eritrograma dos juvenis de *O. niloticus* estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Parâmetros eritrocitários, índices hematimétricos e bioquímica plasmática de juvenis de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com diferentes taxas de alimentação cultivados em sistema de recirculação de bioflocos (SRB) e recirculação de água clara (SRA) durante 70 dias.

Variável	TRATAMENTOS						ANOVA (Valor de P)
	SRB 0%	SRB 2,5%	SRB 5,0%	SRB 7,5%	SRB 10%	SRA 10%	
PPT, mg/dL	2,27±0,93 <sup>b</sup>	2,21±0,43 <sup>b</sup>	2,94±0,50 <sup>ab</sup>	3,17±0,63 <sup>a</sup>	2,73±0,68 <sup>ab</sup>	2,92±0,56 <sup>ab</sup>	0,0018
TGL, mg/dL	75,64±27,51 <sup>c</sup>	86,36±24,59 <sup>c</sup>	220,75±85,65 <sup>bc</sup>	284,70±105,43 <sup>b</sup>	468,36±185,99 <sup>a</sup>	343,73±163,73 <sup>ab</sup>	<0,0001
CLT, mg/dL	76,18±22,57 <sup>c</sup>	91,00±17,81 <sup>bc</sup>	117,54±19,09 <sup>ab</sup>	129,08±31,96 <sup>a</sup>	130,45±40,11 <sup>a</sup>	108,25±24,78 <sup>abc</sup>	<0,0001
GLI, mg/dL	37,36±11,73 <sup>b</sup>	40,92±8,12 <sup>b</sup>	43,67±10,97 <sup>b</sup>	40,00±9,90 <sup>b</sup>	44,68±19,85 <sup>b</sup>	66,68±16,44 <sup>a</sup>	<0,0001
HCT, %	17,27±1,95 <sup>c</sup>	26,42 ± 5,18 <sup>a</sup>	26,17±5,84 <sup>ab</sup>	24,75±6,86 <sup>ab</sup>	26,60±5,10 <sup>a</sup>	20,00±4,82 <sup>bc</sup>	0,0002
HB, g.dL <sup>-1</sup>	5,38±2,14 <sup>bc</sup>	6,97±3,72 <sup>ab</sup>	3,25±2,58 <sup>c</sup>	9,07±3,05 <sup>a</sup>	7,34±3,44 <sup>ab</sup>	7,14±1,58 <sup>ab</sup>	0,0003
ERI ×10 <sup>6</sup> μL <sup>-1</sup>	2,69±0,31 <sup>ab</sup>	2,68±0,21 <sup>ab</sup>	2,44±0,25 <sup>b</sup>	2,58±0,12 <sup>b</sup>	2,69±0,07 <sup>ab</sup>	2,86±0,19 <sup>a</sup>	0,0015
VCM, fL	63,25±9,90 <sup>b</sup>	99,37 ±21,87 <sup>ab</sup>	114,98±57,00 <sup>a</sup>	100,57±23,38 <sup>ab</sup>	95,84±17,10 <sup>ab</sup>	75,97±20,37 <sup>b</sup>	<0,0001
HCM, g.dL <sup>-1</sup>	13,90±11,00 <sup>b</sup>	23,93±14,37 <sup>ab</sup>	14,67±10,65 <sup>b</sup>	33,90±10,90 <sup>a</sup>	27,85±13,43 <sup>ab</sup>	27,05±6,01 <sup>ab</sup>	0,0007
CHCM, g.dL <sup>-1</sup>	15,93±2,31 <sup>a</sup>	10,72±3,35 <sup>b</sup>	10,16±3,71 <sup>b</sup>	10,47±2,53 <sup>b</sup>	10,81±2,43 <sup>b</sup>	14,01±3,56 <sup>ab</sup>	<0,0001

Médias e desvios padrão na mesma linha com letras distintas diferem pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ). PPT: proteína plasmática total; TGL: triglicerídeos totais; CLT: colesterol total; GLI: glicose plasmática; HCT: hematócrito; HB: hemoglobina; ERI: eritrócito; VCM: volume corpuscular médio; HCM: hemoglobina corpuscular média; CHCM: concentração de hemoglobina corpuscular média. Média e desvio padrão na mesma linha com letras distintas diferem pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

Alterações nos parâmetros eritrocitários foram observadas ( $P<0,05$ ) em resposta aos tratamentos. O hematócrito (HCT) foi reduzido ( $P<0,05$ ) nos animais submetidos a privação de alimento exógeno (0% da BM/d) em relação aos demais tratamentos em SRB. Já os entre sistemas, a porcentagem de HCT nos animais alimentados com 10% da BM/d em bioflocos foi superior a SRA.

Os juvenis alimentados a partir de 7,5% da BM/d apresentaram uma maior concentração de hemoglobina (HB) e hemoglobina corpuscular média (HCM) ( $P>0,05$ ) em função do aumento da taxa de alimentação. No entanto, aqueles submetidos a 5,0% da BM/d apresentaram a menor concentração de HB e HCM, sendo semelhantes ao observado nos indivíduos mantidos sob restrição total de alimento. Já esse mesmo, grupo de animais apresentou uma elevada concentração de VCM em detrimento aos indivíduos mantidos sob restrição total de alimento. Não foram observadas alterações ( $P>0,05$ ) na concentração dessa variável entre sistemas de cultivo.

Em bioflocos, o número de eritrócitos dos juvenis não foi alterado ( $P>0,05$ ) em função dos tratamentos. Não ocorreram alterações ( $P>0,05$ ) na concentração de HB, número de ERI e nos índices hematimétricos dos animais alimentados com 10% da BM/d entre sistemas distintos. Contudo, os peixes submetidos a ausência de alimento exógeno apresentaram valores de CHCM superiores ( $P<0,05$ ) aos demais tratamentos em SRB.

Os resultados do leucograma e do trombograma dos juvenis de tilápia estão apresentados na tabela 9. Na contagem diferencial de leucócitos foram encontrados seis tipos de células, nas quais ocorreu o predomínio de linfócitos e neutrófilos em todos os tratamentos.

Tabela 9 – Leucograma e trombograma de juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com diferentes taxas de alimentação cultivados em sistema de recirculação de bioflocos (SRB) e recirculação de água clara (SRA) durante 70 dias.

Variável	TRATAMENTOS						Anova (Valor de p)
	SRB 0%	SRB 2,5%	SRB 5,0%	SRB 7,5%	SRB 10%	SRA 10%	
LEUC, $\mu\text{L}$	64430 $\pm$ 13050 <sup>b</sup>	79340 $\pm$ 7700 <sup>ab</sup>	67700 $\pm$ 11240 <sup>b</sup>	72550 $\pm$ 9540 <sup>ab</sup>	72250 $\pm$ 11580 <sup>ab</sup>	84330 $\pm$ 18270 <sup>a</sup>	0,0046
LINF, $\mu\text{L}$	40260 $\pm$ 7690 <sup>c</sup>	59920 $\pm$ 8020 <sup>ab</sup>	51920 $\pm$ 9050 <sup>bc</sup>	57280 $\pm$ 9040 <sup>ab</sup>	54430 $\pm$ 9550 <sup>ab</sup>	68160 $\pm$ 13420 <sup>a</sup>	<0,0001
MON, $\mu\text{L}$	530 $\pm$ 510 <sup>a</sup>	640 $\pm$ 710 <sup>a</sup>	530 $\pm$ 550 <sup>a</sup>	810 $\pm$ 520 <sup>a</sup>	580 $\pm$ 700 <sup>a</sup>	410 $\pm$ 590 <sup>a</sup>	0,7932
NEUT, $\mu\text{L}$	19190 $\pm$ 7670 <sup>a</sup>	17110 $\pm$ 3850 <sup>a</sup>	14140 $\pm$ 6420 <sup>a</sup>	14120 $\pm$ 7040 <sup>a</sup>	15080 $\pm$ 7340 <sup>a</sup>	14660 $\pm$ 7230 <sup>a</sup>	0,5535
EOS, $\mu\text{L}$	410 $\pm$ 430 <sup>a</sup>	570 $\pm$ 540 <sup>a</sup>	400 $\pm$ 420 <sup>a</sup>	450 $\pm$ 320 <sup>a</sup>	360 $\pm$ 300 <sup>a</sup>	560 $\pm$ 460 <sup>a</sup>	0,8359
BASO, $\mu\text{L}$	540 $\pm$ 490 <sup>a</sup>	650 $\pm$ 600 <sup>a</sup>	590 $\pm$ 570 <sup>a</sup>	301 $\pm$ 410 <sup>a</sup>	220 $\pm$ 320 <sup>a</sup>	30 $\pm$ 120 <sup>a</sup>	0,0241
HET, $\mu\text{L}$	150 $\pm$ 270 <sup>a</sup>	380 $\pm$ 450 <sup>a</sup>	100 $\pm$ 230 <sup>a</sup>	200 $\pm$ 380 <sup>a</sup>	0 $\pm$ Nd	380 $\pm$ 350 <sup>a</sup>	0,0878
TROMB, $\mu\text{L}$	460 $\pm$ 420 <sup>a</sup>	410 $\pm$ 220 <sup>a</sup>	430 $\pm$ 200 <sup>a</sup>	550 $\pm$ 360 <sup>a</sup>	690 $\pm$ 310 <sup>a</sup>	610 $\pm$ 390 <sup>a</sup>	0,2806

Médias e desvios padrão na mesma linha com letras distintas diferem pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ). LEUC: leucócitos; LINF: linfócitos; MON: monócitos; NEUT: neutrófilos; EOS: eosinófilo; BASO: basófilo; HET: heterófilo; TROMB: trombócitos; Nd: não detectado. As médias  $\pm$  desvio padrão na mesma linha com letras distintas diferem pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

Houve diferença significativa no número total de leucócitos nos peixes cultivados em SRB, assim como entre os sistemas de cultivo. As diferentes taxas de alimentação não afetaram ( $P>0,05$ ) o número de monócitos, neutrófilos, eosinófilos, heterófilos, basófilos e o número de trombócitos totais.

## 5. Discussão

No presente estudo, os níveis de oxigênio, temperatura e pH no sistema de recirculação com bioflocos (SRB) e no sistema de recirculação com água clara (SRA) foram mantidos dentro do intervalo adequado para a espécie (EL-SAYED, 2006). De acordo com EBELING; TIMMONS; BISOGNI (2006), a alcalinidade em sistemas de mínima troca de água deve ser mantida entre 100 e 150 mg. L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> para melhor assimilação do nitrogênio pelas bactérias nitrificantes. Logo, a baixa concentração das bases tituláveis totais em nosso estudo tornou-se um fator limitante para um intenso desenvolvimento dos flocos microbianos, o que contribuiu para a redução na concentração dos sólidos suspensos totais – SST ao longo do cultivo.

A concentração média de SST permaneceu na faixa recomendada para peixes em sistema de bioflocos (500 mg. L<sup>-1</sup>) como preconizado por AVNIMELECH (2009). A reserva alcalina também declinou em SRA, ficando abaixo do desejável para tilápia; as reduções na alcalinidade tanto em SRB e SRA não interferiram na manutenção dos baixos níveis (<0,1 mg. L<sup>-1</sup>) dos compostos nitrogenados (amônia e nitrito) nesses sistemas. Estas baixas concentrações podem ser explicadas pelo uso do bioflocos estável e pelo sistema de filtragem no qual a comunidade microbiana já se encontrava estabelecida, o que favoreceu a eficiência no processo de nitrificação (EBELING et al., 2006). O sistema de bioflocos apresenta tendência ao acúmulo de nitrato (KUHN et al., 2010), contudo a concentração média de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) em ambos os sistemas permaneceu dentro da faixa considerada atóxica para os organismos cultivados, entre 0,5 – 20 mg/L (EMERENCIANO *et al.*, 2017).

Estudos relacionados a taxa de alimentação demonstram que o crescimento é influenciado pelos níveis de alimento e nutrientes disponibilizados aos animais (NG et al., 2000; MIHELAKAKIS et al., 2002; HUANG et al., 2015). Logo, o crescimento das tilápias até 8% da BM/d ocorreu em resposta ao incremento nas taxas de alimentação, devido ao maior suprimento alimentar disponibilizado aos peixes. A partir dessa taxa, observou-se a depleção na eficiência alimentar devido ao excesso de alimento (LIU; WEN; LUO, 2018). Esse excedente alimentar acelera o trânsito gastrintestinal e reduz o tempo de assimilação dos nutrientes.

Os peixes tendem a otimizar a digestão do alimento para utilizar os nutrientes da ração de forma mais eficiente, quando estão submetidos a baixas taxas de alimentação (BALOI et al., 2017); no entanto, essa eficiência na ingestão de alimento não é capaz de sustentar o crescimento dos animais. Alguns autores (LARA et al., 2017; PÉREZ-FUENTES et al. 2018), demonstraram que em cultivos heterotróficos é possível manter os animais com menores taxas devido ao caráter suplementar da biomassa microbiana.

A composição química do bioflocos desenvolvido no presente estudo apresentou o teor de proteína e energia apropriados para atender à exigência nutricional da tilápia (NRC, 2011). Além disso, alguns autores (LONG et al., 2015; LARA et al., 2017) afirmam que o bioflocos favorece a melhoria da eficiência alimentar, em razão da otimização do processo de digestão, posto o seu efeito estimulador da atividade enzimática digestiva. No entanto, abaixo de 6% da BM/d a oferta de alimento exógeno não foi capaz de sustentar o crescimento dos peixes, mesmo com a presença do bioflocos em razão da inadequada ingestão dos nutrientes.

Embora o crescimento da tilápia em SRA (10% da BM/d), tenha sido inferior ao SRB sob a mesma taxa de alimentação, não ocorreram diferenças quanto a sobrevivência e uniformidade do lote entre sistemas. No entanto, interações agonísticas foram observadas ao longo do experimento em SRA, possivelmente causadas por estresse social resultante do comportamento de dominância e subordinação entre os indivíduos (ALVARENGA; VOLPATO, 1995).

Este comportamento resulta em baixo consumo de alimento devido à dificuldade de acesso dos subordinados a refeição. Além disso, a capacidade de suporte do sistema de cultivo em água clara pode ser excedida em função da densidade de estocagem. WU et al (2018) demonstraram que a tilápia GIFT tem seu crescimento reduzido com uma densidade acima de 250 peixes/m<sup>3</sup> em sistema de recirculação com água clara. O que demonstra que essa variável é um fator de estresse capaz de provocar supressão no crescimento dos organismos (BARTON; IWANNA, 1991).

Já em bioflocos essas interações não foram observadas em razão da elevada turbidez da água; além disso, essa condição afeta as interações sociais entre os peixes através da interrupção do contato visual (BORNER, 2015; KIMBELL; MORRELL, 2015). Nesse sentido, a redução da transparência da água promovida pelos flocos em suspensão reduziu a interação social entre os animais.

Os índices somáticos são uma medida indireta do estoque energético dos peixes, portanto são influenciados pelas taxas de alimentação. Em períodos de restrição alimentar ocorre a redução dos índices somáticos, em função da utilização das reservas energéticas (ZAMAL; OLLEVIER, 1995). Sob restrição alimentar prolongada não ocorreu deposição de gordura na cavidade abdominal nos animais submetidos a até 2,5% da BM/d. No entanto, o acúmulo de gordura e/ou glicogênio ocasionou o aumento da estrutura hepática nos indivíduos alimentados a partir de 7,5% da BM/d em resposta a maior disponibilidade alimento; demonstrando que o tamanho relativo do fígado está relacionado com o estado nutricional do peixe (MIHELAKAKIS et al., 2002).

Em BFT a composição centesimal do bioflocos pode variar de acordo com a espécie produzida, seus hábitos alimentares, a presença de microrganismos específicos, as condições e tempo de cultivo (AVNIMELECH, 2007). Em nosso estudo, o bioflocos apresentou um elevado conteúdo proteico e energético, entretanto o perfil aminoacídico apresentou deficiência em fenilalanina, histidina, leucina, lisina, metionina e triptofano. Apesar de deficiente em aminoácidos essenciais, o bioflocos apresenta uma média digestibilidade em torno de 60% demonstrando ser um alimento bem aproveitado pela tilápia (LIU et al., 2016).

A composição corporal é influenciada diretamente pela qualidade e quantidade da dieta administrada (JOBILING, 1994); portanto, atua como um indicador da qualidade nutricional do alimento. O acréscimo na oferta da dieta exógena enriqueceu o teor de lipídeo e energia bruta corporal, estabelecendo uma relação inversa com a umidade corporal dos juvenis; devido deposição do excedente energético na forma de tecido adiposo em substituição a água (McCUE, 2010). No entanto, acima de 5% da BM/d o maior aporte de alimento não incrementou o conteúdo lipídico e energético dos peixes, em razão da maior demanda de energia para o crescimento. A retenção de energia decresceu com um maior aporte de alimento devido ao aumento da demanda energética no processo de assimilação dos nutrientes (MEYER-BURGDORFF et al., 1989).

A tilápia quando submetida a restrição total de alimento exógeno, reduziu o conteúdo proteico corporal, posto que dietas deficientes em aminoácidos limitam a deposição de proteína (NRC, 2011). Um maior consumo de ração causa sobrecarga do sistema digestivo, e como consequência ocorre a redução da absorção de nutrientes (XU et al., 2017). No presente estudo, ocorreu uma menor retenção de proteína em resposta ao maior aporte de alimento em virtude do excesso de aminoácidos não ser armazenado pelo organismo, e excretado principalmente na forma de amônia ( $\text{NH}_3$ ). No sistema de bioflocos, o resíduo do metabolismo proteico é utilizado de forma eficiente pelo processo de síntese microbiana. Como alimento suplementar o conteúdo proteico do bioflocos (34% de PB) contribuiu para sustentar o ganho proteico dos peixes, quando estes foram tratados com baixas taxas de alimentação.

O diagnóstico do estado nutricional dos peixes em resposta a dieta, ao manejo alimentar empregado, aos fatores estressantes ou a doenças é de grande importância para a aquicultura (PERES; SANTOS; OLIVA-TELES, 2014). O uso do plasma nas análises bioquímicas é preferível pois reflete com precisão os níveis dos metabólitos encontrados no sangue circulante (HRUBEC; SMITH, 1999). Logo, estes podem ser usados como indicadores da condição nutricional dos peixes.

Alterações na síntese proteica resultaram na redução da concentração de proteína plasmática nos juvenis alimentados até 2,5% da BM/d. Isso ocorre em função do menor aporte da dieta exógena e no bioflocos fornecer proteína digestível insuficiente para atender à exigência da espécie; além de sua deficiência em aminoácidos essenciais (CHAMPE; HARVEY; FERRIER, 2006).

A variação nas concentrações de triglicerídeos no sangue estão associadas à dieta, ao sexo e aos fatores hormonais; portanto, baixos níveis plasmáticos estão relacionados a degradação deste metabólito como resultado do jejum ou das dietas hipocalóricas (CHAMPE;

HARVEY; FERRIER, 2006). A baixa concentração plasmática de triglicerídeos e colesterol observada nos indivíduos tratados com 0 e 2,5% BM/d são uma resposta ao baixo teor de extrato etéreo (0,51%) proporcionado pelo bioflocos, e a reduzida disponibilidade do alimento exógeno.

Uma maior concentração plasmática desses metabólitos também foi observada nos indivíduos alimentados com 10% da BM/d, em razão do suprimento alimentar estar disponível em abundância. Os ácidos graxos ingeridos pelos organismos são incorporados em triglicerídeos para a síntese de gorduras de reserva, como sugere os elevados valores de IHS e ILS desses animais (NELSON; COX, 2014).

A alteração na glicemia é um efeito metabólico secundário em resposta ao estresse, resultante do aumento na secreção de cortisol e catecolaminas que intensificam a gliconeogênese (MAZEAUD; MAZEAUD; DONALDSON, 1977; VIJAYAN; LEATHERLAND, 1989; BARTON; IWANNA, 1991) sendo a glicemia considerada uma medida indireta do estresse. Nesse sentido, o aumento na concentração de glicose plasmática em SRA, sugere que o bioflocos promove uma melhor condição de bem-estar aos animais. Ademais, a redução do hematócrito observada em SRA reforça a existência de condição estressante, posto esse parâmetro ser considerado como bom indicador de estresse (FIGHERA, 2001).

A anemia é uma resposta fisiopatológica dos peixes aos impactos ambientais desfavoráveis como poluentes, patógenos e má nutrição, podendo afetar animais selvagens e cultivados (WITESKA, 2015). A anemia pode ser caracterizada por dois ou mais parâmetros sanguíneos abaixo dos valores de referência para espécie (AIRD, 2000). O percentual de hematócrito, a taxa de hemoglobina, associados aos valores de VCM e CHCM, abaixo dos intervalos de referência relatados por HRUBEC; CARDINALE; SMITH (2000) e TAVARES-DIAS (2015) para a tilápia-do-nilo, indicam um quadro de anemia nos indivíduos mantidos com 0% da BM/d.

A desnutrição proteico-energética em peixes é uma das principais causas de depressão imunológica, levando a uma alteração na imunidade e mais especificamente a depleção de linfócitos e alteração de suas funções (TRICHET, 2010). O que pode explicar o decréscimo no número de linfócitos nos indivíduos mantidos em restrição total de alimento exógeno, entretanto esse valor está dentro do intervalo proposto por TAVARES-DIAS (2015) e HRUBEC; CARDINALE; SMITH (2000) para a tilápia nilótica e a tilápia híbrida, respectivamente.

A diminuição do número de linfócitos – linfocitopenia – pode ser caracterizada também como resposta ao estresse (MAZEAUD; MAZEAUD; DONALDSON, 1977), o que diminui a resistência às doenças. No entanto, em nosso estudo não foi observado aumento na glicemia como resposta secundária ao estresse em peixes mantidos com 0% da BM/d.

## 6. Conclusão

O cultivo de tilápia-do-nilo na fase de juvenil em sistema de recirculação com bioflocos, deve ser realizado com uma taxa de alimentação entre 6,0 e 8,0% da BM/d para uma melhor performance produtiva. Além disso, como estratégia de manejo alimentar o bioflocos é capaz de auxiliar na manutenção dos peixes frente a escassez momentânea de alimento.

## Referências

- ABDEL-FATTAH M. EL-SAYED. **Tilapia culture**. 1. ed. Alexandria: CABI, 2006.
- ABDELGHANY, A E.; AYYAT, M.-S.; AHMAD, M. H. Appropriate timing of supplemental feeding for production of Nile tilapia, silver carp, and common carp in fertilized polyculture ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 33, n. 3, p. 307–315, 2002.
- ABIDI, S. F.; KHAN, M. A. Evaluation of feeding rate based on growth, feed conversion, protein gain and carcass quality of fingerling Indian major carp, *Catla catla* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v. 45, n. 3, p. 439–447, 2014.
- AHMED, I. Response to the ration levels on growth, body composition, energy, and protein maintenance requirement of the Indian catfish (*Heteropneustes fossilis*—Bloch 1974). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 36, n. 4, p. 1133–1143, 30 dez. 2010.
- AIRD, B. Clinical and hematological manifestations of anemia. In: FELDMAN, B. F.; ZINKL, J. G.; JAIN, N.; C. (Eds.). **Schalm's veterinary hematology**. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000. p. 140–142.
- ALVARENGA, C. M. D.; VOLPATO, G. L. Agonistic profile and metabolism in alevins of the Nile tilapia. **Physiology & Behavior**, v. 57, n. 1, p. 75–80, jan. 1995.
- AOAC. **Official Methods of Analysis**. 18. ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical chemists, 2007.
- AVNIMELECH, Y. et al. Development of controlled intensive aquaculture systems. **PROC. 4TH GERMAN ISRAELI SEMINAR. EAS PUBLIC. No**, v. 17, n. 3, p. 21–37, 1994.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, n. 3–4, 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. **Biofloc Technology: A Practical Guide Book**. 2. ed. World Aquaculture Society, 2009.

- AVNIMELECH, Y.; KOCHBA, M. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using  $^{15}\text{N}$  tracing. **Aquaculture**, 2009.
- AZIM, M. E.; 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, n. 1–4, p. 29–35, 2008.
- BAKER, D. H. et al. Ideal Ratio ( Relative to Lysine ) of Tryptophan , Threonine , Isoleucine, and Valine for Chicks During the Second and Third Weeks Posthatch. 2002.
- BAKHSHI, F. et al. Use of different carbon sources for the biofloc system during the grow-out culture of common carp (*Cyprinus carpio L.*) fingerlings. **Aquaculture**, v. 484, p. 259–267, 1 fev. 2018.
- BALLESTER, E. L. C. et al. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, n. 2, p. 163–172, 2010.
- BALOI, M. F. et al. Growth performance, body composition and metabolic response to feeding rates in juvenile Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis*. **Aquaculture Nutrition**, v. 23, n. 6, p. 1458–1466, 2017.
- BARTON, B. A.; IWANNA, G. K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Annual Review of Fish Diseases**, v. 1, p. 3–26, 1 jan. 1991.
- BISWAS, G. et al. Effect of feeding frequency on growth, survival and feed utilization in fingerlings of *Catla catla* (Hamilton), *Labeo rohita* (Hamilton) and *Cirrhinus mrigala* (Hamilton) in outdoor rearing systems. **Aquaculture Research**, v. 37, n. 5, p. 510–514, 1 mar. 2006.
- BJÖRNSSON, B.; STEINARSSON, A. The food-unlimited growth rate of Atlantic cod (*Gadus morhua*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 59, n. 3, p. 494–502, 2002.
- BOONANUNTANASARN, S. et al. Molecular responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to different levels of dietary carbohydrates. **Aquaculture**, v. 482, n. June 2017, p. 117–123, 2018.
- BORNER, K. K. et al. Turbidity affects social dynamics in Trinidadian guppies. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 69, n. 4, p. 645–651, 2015.
- BU, X. et al. Effects of feeding rates on growth, feed utilization, and body composition of juvenile *Pseudobagrus ussuriensis*. **Aquaculture International**, v. 25, n. 5, p. 1821–1831, 2017.
- CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A.; FERRIER, D. R. **Bioquímica Ilustrada**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- COLLIER, H. B. The standardization of blood hemoglobin determinations. **Canadian Medical Association Journal**, v. 50, n. June, p. 550–552, 1944.
- COUTO, M. V. S. DO et al. Effects of live feed containing *Panagrellus redivivus* and water depth on growth of *Betta splendens* larvae. **Aquaculture Research**, v. 49, n. 8, p. 2671–2675, ago. 2018.
- CRAB, R. et al. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges.

- Aquaculture**, v. 356–357, n. August, p. 351–356, 2012.
- DE SCHRYVER, P. et al. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**, v. 277, n. 3–4, p. 125–137, 2008.
- DENG, D. F. et al. Feeding rates affect heat shock protein levels in liver of larval white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). **Aquaculture**, v. 287, n. 1–2, p. 223–226, 2009.
- EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 257, n. 1–4, p. 346–358, 2006.
- EKASARI, J. et al. Immune response and disease resistance of shrimp fed biofloc grown on different carbon sources. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 41, n. 2, 2014.
- EKASARI, J. et al. Biofloc technology application in African catfish fingerling production: The effects on the reproductive performance of broodstock and the quality of eggs and larvae. **Aquaculture**, v. 464, p. 349–356, 2016.
- EL-SAYED, A.F.M. **Tilapia culture**. Alexandria: Oceanography Department, Faculty of Science, Alexandria University, p. 277, 2006.
- EMERENCIANO, M. G. C. et al. Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. **Water Quality**, n. January, 2017.
- FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 – Meeting the sustainable development goals**. Rome. v. 35, p. 1 – 194, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>> acesso em: 04 abr. 2019.
- FARHAT; KHAN, M. A. Dietary L-tryptophan requirement of fingerling stinging catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). **Aquaculture Research**, v. 45, n. 7, p. 1224–1235, 1 jun. 2014.
- FIGHERA R.A. **Anemia em Medicina Veterinária**. Santa Maria: Editora Pallotti, 2001.
- FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. **Aquaculture**, v. 321, n. 1–2, p. 130–135, 16 nov. 2011.
- GAMBOA-DELGADO, J. et al. Assessment of the relative contribution of dietary nitrogen from fish meal and biofloc meal to the growth of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture Research**, v. 48, n. 6, p. 2963–2972, 1 jun. 2017.
- GARCÍA-RÍOS, L. et al. Biofloc technology (BFT) applied to tilapia fingerlings production using different carbon sources: Emphasis on commercial applications. **Aquaculture**, v. 502, p. 26–31, 2019.
- GOLDENFARB, P.B.; BOWYER, F. P.; HALL, E.; BROSIOUS, E. Reproducibility in the Hematology Laboratory: The Microhematocrit Determination. **American Journal of Clinical Pathology**, v. 56, n. 4, p. 35–39, 1971.
- HALVER, J. E.; SHANKS, W. E. Nutrition of Salmonoid Fishes. **The Journal of Nutrition**, v. 72, n. 3, p. 340–346, 1 nov. 1960.
- HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture.

**Aquacultural Engineering**, v. 34, n. 3, p. 344–363, 1 maio 2006.

HARI, B. et al. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. **Aquaculture**, v. 241, n. 1–4, p. 179–194, 26 nov. 2004.

HARIDAS, H. et al. Enhanced growth and immuno-physiological response of Genetically Improved Farmed Tilapia in indoor biofloc units at different stocking densities. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 8, p. 4346–4355, 1 ago. 2017.

HRUBEC, T. C.; CARDINALE, J. L.; SMITH, S. A. Hematology and Plasma Chemistry Reference Intervals for Cultured Tilapia (*Oreochromis hybrid*). **Veterinary Clinical Pathology**, v. 29, n. 1, p. 7–12, 2000.

HRUBEC, T. C.; SMITH, S. A. Differences between Plasma and Serum Samples for the Evaluation of Blood Chemistry Values in Rainbow Trout, Channel Catfish, Hybrid Tilapias, and Hybrid Striped Bass. **Journal of Aquatic Animal Health**, v. 11, n. 2, p. 116–122, jun. 1999.

HUANG, Q. et al. Feeding frequency and rate effects on growth and physiology of juvenile genetically improved farmed Nile tilapia. **North American Journal of Aquaculture**, v. 77, n. 4, p. 503–512, 2015.

HUNG, S. S. O. et al. Growth and feed efficiency of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) sub-yearlings at different feeding rates. **Aquaculture**, v. 80, n. 1–2, p. 147–153, 1989.

IBGE. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, v. 45, p.1 - 17, 2017. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2017\\_v45\\_br\\_notas\\_tecnicas.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2017_v45_br_notas_tecnicas.pdf)>. acesso em: 04 abr. 2019.

JOBLING, M. Mythical models of gastric emptying and implications for food consumption studies. **Environmental Biology of Fishes**, v. 16, n. 1–3, p. 35–50, 1986.

JOBLING, M.; BAARDVIK, B. M. **The influence of environmental manipulations on inter- and intra-individual variation in food acquisition and growth performance of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*** **Journal of Fish Biology**, 1994.

KIMBELL, H. S.; MORRELL, L. J. Turbidity influences individual and group level responses to predation in guppies, *Poecilia reticulata*. **Animal Behaviour**, v. 103, p. 179–185, 2015.

KLOPPEL, T. M.; POST, G. Histological Alterations in Tryptophan-deficient Rainbow Trout. **The Journal of Nutrition**, v. 105, n. 7, p. 861–866, 1 jul. 1975.

KUHN, D. D. et al. Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 303, n. 1–4, p. 28–33, 24 maio 2010.

LARA, G. et al. The effects of different feeding rates and re-feeding of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc culture system. **Aquacultural Engineering**, v. 77, p. 20–26, 1 maio 2017.

LEE, S. et al. Effects of feeding rate on growth performance and nutrient partitioning of young-of-the-year white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 22, n. 2, p. 400–409, 2016.

LEPAGE, O.; TOTTMAR, O.; WINBERG, S. Elevated dietary intake of L-tryptophan counteracts the stress-induced elevation of plasma cortisol in rainbow trout (*Oncorhynchus*

- mykiss*). **The Journal of experimental biology**, v. 205, n. Pt 23, p. 3679–3687, 2002.
- LI, H. D. et al. Effect of biofloc technology on water quality and feed utilization in the cultivation of gibel carp (*Carassius auratus gibelio* var. CAS III). **Aquaculture Research**, v. 49, n. 8, p. 2852–2860, 2018.
- LIU, Y. et al. Growth and energy budget of juvenile lenok *Brachymystax lenok* in relation to ration level. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology**, v. 33, n. 2, p. 347–355, 2015.
- LIU, W. et al. Effects of sludge retention time on water quality and bioflocs yield, nutritional composition, apparent digestibility coefficients treating recirculating aquaculture system effluent in sequencing batch reactor. **Aquacultural Engineering**, v. 72–73, p. 58–64, 2016.
- LIU, W.; WEN, H.; LUO, Z. Effect of dietary protein levels and feeding rates on the growth and health status of juvenile genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture International**, v. 26, n. 1, p. 153–167, 2018.
- LOGAN, A.J., LAWRENCE, A.L., DOMINY, W., TACON, A. Single-cell proteins from food by-products provides protein in aquafeed. **Global Aquaculture Advocate**, v. 13, p. 56–57, 2010.
- LONG, L. et al. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 448, p. 135–141, 2015.
- MANDARIM-DE-LACERDA, C. A. Stereological tools in biomedical research. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 75, n. 4, p. 469–486, 2003.
- MARTINS, G. B. et al. The utilization of sodium bicarbonate, calcium carbonate or hydroxide in biofloc system: water quality, growth performance and oxidative stress of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 468, p. 10–17, 1 fev. 2017.
- MAZEAUD, M. M.; MAZEAUD, F.; DONALDSON, E. M. Primary and Secondary Effects of Stress in Fish: Some New Data with a General Review. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 106, n. 3, p. 201–212, 1977.
- MCCUE, M. D. Starvation physiology: Reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 156, n. 1, p. 1–18, 1 maio 2010.
- MEYER-BURGDORFF, K.-H.; OSMAN, M. F.; GÜNTHER, K. D. Energy metabolism in *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 79, n. 1–4, p. 283–291, jul. 1989.
- MIHELAKAKIS, A.; TSOLKAS, C.; YOSHIMATSU, T. Optimization of Feeding Rate for Hatchery-Produced Juvenile Gilthead Sea Bream *Sparus aurata*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 33, n. 2, p. 169–175, 2002.
- MIZANUR, R. M. et al. The effects of feeding rates in juvenile Korean rockfish, (*Sebastes schlegelii*) reared at 17 °C and 20 °C water temperatures. **Aquaculture International**, v. 22, n. 3, p. 1121–1130, 2014.
- MORENO-ARIAS, A. et al. Effect of fishmeal replacement with a vegetable protein mixture on the amino acid and fatty acid profiles of diets, biofloc and shrimp cultured in BFT system. **Aquaculture**, v. 483, n. October 2017, p. 53–62, 2018.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. second ed. Washington, DC: The National Academies Press, 2011.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Port: Artmed, 2014.

NG, W. K. et al. Effects of feeding rate on growth, feed utilization and body composition of a tropical bagrid catfish. **Aquaculture International**, v. 8, n. 1, p. 19–29, 2000.

OKORIE, O. E. et al. Optimum feeding rates in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, at the optimum rearing temperature. **Aquaculture Nutrition**, v. 19, n. 3, p. 267–277, 2013.

OLIVEIRA-JÚNIOR, A. A.; TAVARES-DIAS, M.; MARCON, J. L. Biochemical and hematological reference ranges for Amazon freshwater turtle, *Podocnemis expansa* (Reptilia: Pelomedusidae), with morphologic assessment of blood cells. **Research in Veterinary Science**, v. 86, n. 1, p. 146–151, 1 fev. 2009.

PERES, H.; SANTOS, S.; OLIVA-TELES, A. Blood chemistry profile as indicator of nutritional status in European seabass (*Dicentrarchus labrax*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 40, n. 5, p. 1339–1347, 20 out. 2014.

PÉREZ-FUENTES, J. A. et al. Variation of the bacterial composition of biofloc and the intestine of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, cultivated using biofloc technology, supplied different feed rations. **Aquaculture Research**, v. 49, n. 11, p. 3658–3668, 1 nov. 2018.

RANZANI-PAIVA, M.J.T.; BENITES DE PÁDUA, S.; TAVARES-DIAS, M.; EGAMI, M. I. **Métodos para análise hematológica em peixes**. 1. ed. Maringá, Paraná: Eduem, 2013.

SANDRE, L. C. G. et al. Productive performance and digestibility in the initial growth phase of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed diets with different carbohydrate and lipid levels. **Aquaculture Reports**, v. 6, p. 28–34, 1 maio 2017.

SAS INSTITUTE INC. **Statistical Analysis System – SAS®**, 2014.

TAVARES-DIAS, M. Parâmetros sanguíneos de referência para espécies de peixes cultivados. In: **Aquicultura no Brasil : Novas Perspectivas**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2015. v. 2p. 345.

TRICHET, V. V. Nutrition and immunity: An update. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 3, p. 356–372, 2010.

VIJAYAN, M. M.; LEATHERLAND, J. F. Cortisol-induced changes in plasma glucose, protein, and thyroid hormone levels, and liver glycogen content of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch Walbaum*). **Canadian Journal of Zoology**, v. 67, n. 11, p. 2746–2750, nov. 1989.

WANG, G. et al. Effect of C/N ratio on water quality in zero-water exchange tanks and the biofloc supplementation in feed on the growth performance of crucian carp, *Carassius auratus*. **Aquaculture**, v. 443, p. 98–104, 2015.

WEI, Y. F.; LIAO, S. A.; WANG, A. LI. The effect of different carbon sources on the nutritional composition, microbial community and structure of bioflocs. **Aquaculture**, v. 465, p. 88–93, 2016.

WHITE, J. A.; HART, R. J.; FRY, J. C. An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino-acid analysis of food materials. **The Journal of automatic chemistry**, v. 8, n. 4, p.

170–7, 1986.

WINTROBE, M. M. Variations on the size and haemoglobin content of erythrocytes in the blood of various vertebrates. **Folia Haematologica**, v. 51, p. 32–49, 1934.

WITESKA, M. **Anemia in teleost fishes. Bulletin of the European Association of Fish Pathologists**, 2015.

WU, F. et al. Effect of stocking density on growth performance, serum biochemical parameters, and muscle texture properties of genetically improved farm tilapia, *Oreochromis niloticus*. v. 26, p. 1247–1259, 2018.

XIE, F. et al. The optimal feeding frequency of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*, Richardson) larvae. **Aquaculture**, v. 311, n. 1–4, p. 162–167, 3 fev. 2011

XU, H. et al. Effects of different feeding rates of extruded and pelleted feeds on growth and nutrient retention in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture International**, v. 25, n. 3, p. 1361–1372, 2017.

ZAMAL, H.; OLLEVIER, F. Effect of feeding and lack of food on the growth, gross biochemical and fatty acid composition of juvenile catsifh. **Journal of fish biology**, v. 46, p. 404 – 414, 1995.

YUAN, Y. et al. The effect of dietary arachidonic acid (ARA) on growth performance, fatty acid composition and expression of ARA metabolism-related genes in larval half-smooth tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*). **British Journal of Nutrition**, v. 113, n. 10, p. 1518–1530, 2015.

## TERMO DE APROVAÇÃO NA CEUA – UFPR

Ministério da Educação  
 Universidade Federal do Paraná  
 Setor Palotina  
 Comissão de Ética no Uso de Animais



### Certificado

Certificamos que o **Protocolo nº 26/2017** referente ao projeto de pesquisa **Taxa de arraçoamento para juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivados em sistema de bioflocos**, sob responsabilidade do **Prof. Álvaro José de Almeida Bicudo**, está de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal, adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi **APROVADO** pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor Palotina da UFPR (CEUA/Palotina) em **18/08/2017**.

O Docente responsável pelo envio do formulário deve estar ciente de que deve:

- informar qualquer intercorrência, efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo;
- informar sobre a necessidade de modificações ou emendas ao protocolo que foi descrito e aprovado, identificando a parte do protocolo a ser modificada e apresentando justificativas claras

Palotina, 18 de agosto 2017.

### Certificate

*Certify that the **Protocol n. 26/2017** regarding the research project **Feeding rate for juveniles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in biofloc system**, under responsibility of **Prof. Álvaro José de Almeida Bicudo**, is according to the Ethical Principles of Animal Experimentation adopted by the National Council for Animal Experiments Control (CONCEA) and was **APPROVED** by the Ethics Committee on Animal Use of the UFPR – Setor Palotina (CEUA / Palotina) in **Aug 18, 2017**.*

Palotina, Aug 18, 2017.

Prof. Geraldo Camilo Alberton  
 Coordenador/Coordinator  
 CEUA/Palotina - UFPR