



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL



LARVICULTURA DO PIRARUCU EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

NAIARA SILVA MENEZES DANTAS

MANAUS-AMAZONAS

Agosto, 2018

NAIARA SILVA MENEZES DANTAS

LARVICULTURA DO PIRARUCU EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

MANAUS-AMAZONAS

Agosto, 2018

NAIARA SILVA MENEZES DANTAS

LARVICULTURA DO PIRARUCU EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

Orientador: Pedro de Queiroz Costa Neto, Dr.

Co-orientadora: Ligia Uribe Gonçalves, Dra.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal-PPGCAN da Universidade Federal do Amazonas-UFAM, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal, área de concentração Produção Animal.

MANAUS-AMAZONAS

Agosto, 2018

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

D192l Dantas, Naiara Silva Menezes
Larvicultura do Pirarucu em sistema de bioflocos / Naiara Silva
Menezes Dantas. 2018
61 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Pedro de Queiroz Costa Neto
Coorientadora: Ligia Uribe Gonçalves
Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade
Federal do Amazonas.

1. Arapaima Gigas. 2. floco microbiano. 3. larva. 4. piscicultura. I.
Costa Neto, Pedro de Queiroz II. Universidade Federal do
Amazonas III. Título

PARECER

A banca examinadora composta pelos professores Drº. Pedro de Queiroz Costa Neto, Drº. Esner Robert Santos Magalhães e Drª. Thyssia Bofim Araújo Dairiki, esteve reunida no dia 28 de agosto de 2018, em Manaus para analisar a dissertação de Naiara Silva Menezes Dantas - 2160337, intitulada “Larvicultura do pirarucu em sistema de bioflocos”. Após a análise do referido trabalho, esta banca concluiu que o mesmo apresenta as características técnico-científicas de uma dissertação, atendendo desta forma às exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, resolução 021/2004 do Conselho de Ensino Pesquisa e Extensão – CONSEP e Câmara de Ensino de Graduação – CEG da Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

Este é o nosso parecer



Drº. Pedro de Queiroz Costa Neto - UFAM

Orientador e Presidente da Banca



Drº. Esner Robert Santos Magalhães - UFAM

Membro da Banca



Drª. Thyssia Bofim Araújo Dairiki - UFAM

Membro da Banca



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

No dia 28 de agosto de 2018, às 09:00 horas, na Sala de Aula do PPGCAN, 2º Andar do Bloco da Pós-Graduação FCA/ICB, Setor Sul do Campus Universitário da UFAM, Manaus/AM, **Naiara Silva Menezes Dantas**, realizou a Defesa de Dissertação de Mestrado intitulada "Larvicultura do pirarucu em sistema de bioflocos".

Banca Examinadora:

Membros	Parecer	Assinatura
Dr. Pedro de Queiroz Costa Neto (UFAM) – Presidente	Aprovado (<input checked="" type="checkbox"/>) Reprovado ()	
Dr. Esner Robert Santos Magalhães (UFAM) – Membro	Aprovado (<input checked="" type="checkbox"/>) Reprovado ()	
Dra. Thyssia Bomfim Araújo Dairiki (UFAM) – Membro	Aprovado (<input checked="" type="checkbox"/>) Reprovado ()	

Manaus, 28 de agosto de 2018

Resultado Final: Aprovado ()
 Reprovado ()



“Todos os sonhos podem se tornar realidade, se
tivermos a coragem para persegui-los.”

Walt Disney

Aos meus pais, José Geovani M. Dantas e Heliana S.
Dantas, e meu esposo, Guilherme Souto Dantas, por
todo o amor, apoio e incentivo.

Aos meus amigos e irmãos Driely e André pelo
companheirismo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, por iluminar os meus caminhos e não me permitir desanimar durante as dificuldades.

A Universidade Federal do Amazonas, pela oportunidade de cursar o Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e proporcionar a estrutura para execução do projeto.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia por permitir a utilização da infraestrutura para realização desse projeto.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas pela bolsa de estudos concedida.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Pedro de Queiroz Costa Neto e Profa. Dra. Ligia Uribe Gonçalves. Obrigada prof. PQ por todo apoio, incentivo, ensinamentos durante todo o mestrado. Em especial, Profa. LUG por toda orientação e carinho, por ter cedido seu espaço de trabalho e sua equipe, não poderia ter finalizado meu experimento sem o auxílio desta família GIGAS.

Ao Prof. Dr. Leandro Godoy por ter contribuído com o experimento e sanado dúvidas.

À Profa. Dra. Elizabeth Gusmão por ceder o Laboratório de Fisiologia Aplicada à Piscicultura para análise da qualidade de água.

Ao Prof. Dr. Edinaldo Néelson por ter auxiliado e cedido o microscópio invertido para análises de micro-organismos no bioflocos.

Aos Membros da Banca de Defesa por terem aceitado o convite e contribuírem com suas sugestões neste estudo.

Aos técnicos e funcionários do INPA por toda contribuição, em especial Dona Inês pela análise centesimal do experimento e por todo carinho comigo.

À equipe BIOFLOCOS, Dri, Thi e Gian Marco, obrigada pelos dias de aprendizados, risadas e todos os esforços feitos para que o projeto ocorresse de forma adequada. Amos!

Família GIGAS, obrigada Line, Gluto, Amandinha, Dri, Thi, Claudinha, Suni, Bia, Lari, Rebeca, Vanessinha, Flavinha, Hálice, Oda, Dantas e Allanina por todo auxílio e amizades construídas.

À Profa. Thyssia e o Prof. Jony Dairiki pelo apoio durante o projeto.

Aos meus colegas do Laboratório de Princípios Bioativos de Origem Microbiana por todo auxílio e coleguismos, em especial ao Kelven, Patrícia, Leandro e Andréia.

À Mila, técnica do Laboratório de Microbiologia de Alimentos da UFAM, por ter concedido seu espaço algumas vezes para preparo do material.

Ao Mozanil, apoio técnico do Laboratório de Melhoramento Genético de Plantas por ter auxiliado em alguns momentos de dúvidas e coleguismo.

Ao Prof. Dr. Adolfo Mota por ter concedido reagentes e BOD para utilização na análise microbiológica.

Ao Prof. Dr. Felipe Faccini e seus alunos, em especial Luciene, por ter cedido reagentes e ter sanado dúvidas das análises bacteriológicas.

Aos colegas da pós-graduação pelas parcerias e risadas durante as aulas.

Aos meus amigos do “LA SALLE”, Lu, Yumi, Keka, Jojo, Danie e Gil por ter proporcionado momentos felizes, engraçados, e todo apoio e diversão durante todos estes anos.

Aos meus amigos da “ZOO” Gigi, Ge, Karlinha, Shyr e Vanessinha pela admiração, apoio e carinho.

Aos meus amigos da “VET” Yumi, Adriano, Lydia e Quel por todo apoio durante a vida acadêmica e o mestrado.

Minha amiga de infância Binha e família, apesar da distância, sempre torcendo pelas minhas conquistas, obrigada!

À minha amiga Desirée e sua família, por sempre estarem preocupados comigo e com a minha dissertação, obrigada!

Aos meus padrinhos Clóvis e Henaly, Hálíce e Zé por terem proporcionado momentos de bem-estar e felicidade.

E por último e não menos importante:

Minha família, meus pais Geovane e Heliana, heróis, meu esteio e sempre incentivando aos estudos, pois isso ninguém nos tira. Amo-os!

Meu irmão, Thi, minha cunhada Aline e meu anjinho Coraline.

Meus irmãos e amigos, Dri e Dé, obrigada por cuidarem de mim!

Minha família de Menezes, Dantas, Silva, Santos e Souto por serem fonte de sabedoria e alegria, obrigada por todo incentivo no estudo e na vida!

Meu esposo, Gui, por toda paciência, companheirismo, carinho e muito incentivo, obrigada meu amor! O amo muito!

RESUMO

O pirarucu é considerado a maior espécie carnívora da Amazônia e pode atingir até 200 Kg no ambiente natural. Seu alto valor no mercado deve-se ao bom desempenho zootécnico, sabor peculiar da sua carne e possibilidades para o aproveitamento de seus subprodutos. Um dos maiores desafios da cadeia produtiva do pirarucu é a oferta de formas jovens, pois há um índice elevado de mortalidade durante a fase larval. Geralmente, as larvas ficam nos viveiros junto com os reprodutores, e estão susceptíveis à presença de parasitos, predadores e falta de alimento vivo. Como alternativa, a larvicultura intensiva permite o controle do ambiente criando condições adequadas para o desenvolvimento dos peixes. A tecnologia do BFT se enquadra nesta possibilidade, pois proporciona melhor controle da qualidade de água e patógenos, além do biofloco ser uma fonte adicional de alimento. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho zootécnico das larvas de pirarucu no BFT. O desenho experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos, um sistema com água clara (AC), como controle e, um sistema com a tecnologia bioflocos, composto por cinco repetições (tanques de PVC). Foram selecionadas 250 larvas de pirarucu ($0,778 \pm 0,02$ g e $4,84 \pm 0,11$ cm) e distribuídas em tanques de PVC (20 L; 25 peixes por tanque). Inicialmente e ao final do experimento, cinco peixes de cada tratamento foram eutanasiados para análises microbiológicas do trato gastrointestinal, assim como amostras de água dos sistemas. Ao final do experimento, a água do BFT foi filtrada para determinação da composição centesimal do floco. Não houve diferença significativa entre as variáveis de desempenho em ambos os tratamentos; atribui-se tal resultado à inadequada ingestão do alimento devido à forte aeração necessária para a flutuabilidade do floco, pois ocasionou estresse e possivelmente alterou a imunidade das larvas, tornando-as susceptíveis a bactérias patogênicas; além dos níveis elevados de compostos nitrogenados, devido à elevada excreção das larvas, tornando-se tóxicos para os peixes. O BFT apresentou a maior diversidade de bactérias dos gêneros *Aeromonas*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Klebsiella*, *Morganella*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Serratia*, *Staphylococcus* e *Yersinia*. Os flocos microbianos apresentaram 41% de Proteína Bruta. Apesar do BFT ser vantajoso ecologicamente por reduzir o uso de águas e reciclar efluentes, ainda são necessários ajustes, como manter o biofloco em níveis baixos, para que seja viável sua utilização para a larvicultura.

Palavras-chave: *Arapaima gigas*, floco microbiano, larva, piscicultura.

ABSTRACT

Arapaima is considered the largest carnivorous species of Amazon and can reach up to 200 kg in the natural environment. Its high market value is due to its fast growth, the peculiar taste of its flesh and the possibilities of use of its byproducts. One of the main challenges of the *Arapaima* farming is to offer its early stages because there is a high rate of mortality during the larval phase. In this phase, the larvae are usually in the ponds together with the breeding fish, when they are susceptible to parasites, predators and lack of live food. As an alternative, the intensive larviculture allows the control of the environment, creating appropriate conditions for the larvae development. The biofloc technology (BFT) fits this possibility because it provides a better control of the quality of water and pathogens, and the biofloc could be an additional source of food. The objective of this work is to evaluate the performance of the *Arapaima* larvae reared in BFT. The experimental design was completely randomized with two treatments, a system with clear water (AC) as control and a system of biofloc (BFT), composed of five replication tanks. *Arapaima* larvae were (0.778 ± 0.02 g and 4.84 ± 0.11 cm) were housed in PVC tanks (20 L; 25 fish per tank). Initially and at the end of the experiment, water were collected and five fish from each treatment were euthanized for microbiological analyzes of the gastrointestinal tract. At the end of the experiment, the water of the BFT was filtered for determination of the proximate composition of the biofloc. There was no significant difference between the performance variables in both treatments; such result was attributed to the inadequate ingestion of food due to the high need of airing for the biofloc floating, causing stress and possibly altering the immunity of the larvae, making them susceptible to pathogenic bacteria; in addition to the elevated levels of nitrogenous compounds, due to the high excretion of the larvae, becoming toxic to the fish. The BFT presented the greatest diversity of bacteria, being identified the genus *Aeromonas*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Klebsiella*, *Morganella*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Serratia*, *Staphylococcus* and *Yersinia*. The biofloc presented 41% of crude protein. Although BFT is an ecologically system for reducing water use and recycling effluents, adjustments are still needed, such as keeping the biofloc at low levels, so that its use is feasible for *Arapaima* larvicultura.

Keywords: *Arapaima gigas*, biofloc, larvae, fish farming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Larva de pirarucu no sistema com água clara (AC) aos 31 dias de criação	28
Figura 2: Larva de pirarucu no sistema de bioflocos (BFT) aos 31 dias de criação	28
Figura 3: Bactérias do tipo A) Bacilos e B) Cocos (40x)	37
Figura 4: Comunidade microbiana.....	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Peso das larvas nos dois sistemas durante 31 dias de criação.....	29
Gráfico 2: Comprimento das larvas nos dois sistemas durante os 31 dias de criação	29
Gráfico 3: Ganho de peso das larvas de pirarucu nos sistemas de água clara (AC) e bioflocos (BFT) aos 31 dias de criação	31
Gráfico 4: Taxas de crescimento relativo de larvas de pirarucu aos 31 dias de criação nos sistemas de água clara (AC) e bioflocos (BFT)	31
Gráfico 5: Dados de (a) Amônia, (b) Nitrito e (c) O ₂ D nos sistemas de água clara (AC) e bioflocos (BFT) durante 31 dias de criação de larvas de pirarucu.....	33
Gráfico 6: Valores para (b) Gás carbônico, (b) Alcalinidade e (c) Temperatura apresentados durante 31 dias de criação de larvas de pirarucu nos sistemas água clara (AC) e bioflocos (BFT).....	34
Gráfico 7: Valores para (a) pH, (b) Sólidos suspensos apresentados durante 31 dias de criação de larvas de pirarucu nos sistemas água clara (AC) e bioflocos (BFT).....	35
Gráfico 8: Comunidade microbiana do sistema água clara (AC).....	38
Gráfico 9: Comunidade microbiana do sistema bioflocos (BFT)	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Desempenho de larvas de pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>) em dois sistemas de criação (água clara e bioflocos) durante 31 dias	30
Tabela 2: Parâmetros (média±desvio-padrão) da qualidade de água em diferentes sistemas de criação de larvas de pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>), água clara (AC) e bioflocos (BFT).....	32
Tabela 3: Bactérias identificadas nas águas dos sistemas e nas larvas de pirarucu criadas nos sistemas água clara (AC) e bioflocos (BFT).....	36
Tabela 4: Identificação da comunidade microbiana presente nos sistemas água clara (AC) e bioflocos (BFT), onde foram criadas larvas de pirarucu até 31 dias	37

SUMÁRIO

Resumo.....	9
Abstract	10
1. Introdução.....	15
2. Objetivos	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3. Revisão Bibliográfica.....	18
3.1 Piscicultura do pirarucu.....	18
3.2 História do Bioflocos	19
3.3 Sistema de Bioflocos	20
3.4 Características nos parâmetros de água em BFT	22
3.5 Micro-organismos	23
4. Material e Métodos.....	25
4.1 Formação e manutenção do Bioflocos	25
4.2 Desenho experimental	26
4.3 Qualidade de água	27
4.4 Análise microbiológica	27
4.4.1 Caracterização da comunidade microbiana.....	27
4.4.2 Identificação bacteriológica	28
4.5 Análise bromatológica.....	29
4.6 Análise estatística	29
5. Resultados	30
6. Discussão.....	42
7. Conclusão.....	52
8. Referências bibliográficas	53

1. INTRODUÇÃO

A piscicultura no Brasil produziu 507,12 mil toneladas em 2016 e a região Norte destacou-se como a de maior produção, com 149.745 toneladas. Dentre as espécies produzidas nacionalmente, o pirarucu (*Arapaima gigas*) representa 8.637.473 quilogramas na produção nacional de acordo com o IBGE (2017).

A maior espécie carnívora da Amazônia é o pirarucu, tradicionalmente consumido na região desde meados do Século XVIII, podendo atingir até 200 Kg de peso total na natureza. Seu alto valor no mercado deve-se ao sabor peculiar, bom desempenho e aproveitamento de seus subprodutos. Sua produção é proveniente da pesca extrativista e também da criação na piscicultura.

Apesar do interesse em sua criação, pouco se conhece sobre esta espécie. Um dos maiores desafios da cadeia produtiva do pirarucu é a oferta de formas jovens, pois há um índice elevado de mortalidade durante a fase larval. No viveiro as larvas estão suscetíveis à presença de parasitas, predadores como insetos, anfíbios, aves e morcegos, além da indisponibilidade de alimento vivo na quantidade necessária para a alimentação dos animais. Como alternativa, a larvicultura intensiva permite o controle do ambiente, criando condições adequadas para o desenvolvimento dos peixes.

Com o avanço da aquicultura, o intensivismo tem sido aplicado na criação, porém é considerado inapropriado pelos conservacionistas ambientais, devido à elevada produção de matéria orgânica escoada para o ambiente. No entanto, novas técnicas estão sendo empregadas para redução dos riscos causados ao ambiente.

Dentre os sistemas que se enquadram nessa ideologia, está o sistema de bioflocos (BFT), que se caracteriza por não realizar trocas de água ao longo da criação. O BFT se destaca como uma tecnologia inovadora, com capacidade para expandir a produção sem degradar o ambiente natural, contribuindo com a sustentabilidade ambiental, econômica e social. É um sistema composto por flocos microbianos, responsáveis pela assimilação dos compostos nitrogenados por meio de bactérias heterotróficas.

O princípio básico do BFT é a geração de um ciclo de nitrogênio, mínima ou nenhuma troca de água, ocorrendo estimulação do crescimento microbiano heterotrófico, assim os compostos nitrogenados são assimilados pelos micro-organismos presentes no sistema, além de ser uma fonte adicional na alimentação.

A tecnologia do BFT se torna uma alternativa para a larvicultura intensiva, por

proporcionar um ambiente adequado para as larvas, pois possibilita o melhor controle da qualidade de água, e por ser biosseguro ao evitar a entrada de patógenos.

O BFT já foi comparado a outros sistemas, comprovando a viabilidade em camarões e criações de peixes. Porém não há nenhum dado em relação à criação de pirarucu neste tipo de sistema. Desta forma, é importante avaliar a viabilidade da criação das larvas de pirarucu no sistema de bioflocos verificando seu desempenho produtivo.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o desempenho zootécnico das larvas de pirarucu no sistema de bioflocos.

2.2 Específicos

Avaliar o desempenho zootécnico das larvas nos sistemas AC e BFT;

Avaliar a população microbiana no trato gastrointestinal das larvas e na água dos sistemas AC e BFT;

Analisar a composição centesimal do floco microbiano formado no sistema de bioflocos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Piscicultura do pirarucu

As empresas brasileiras de aquicultura têm investido na produção e pesquisa de peixes nativos. Uma das espécies com grande potencial para aquicultura é o pirarucu, especialmente em relação ao mercado de exportação (PEREIRA et al., 2017). Durante os anos de 2012 a 2014, a produção dessa espécie quadruplicou (FAO, 2017).

O pirarucu pode atingir 200 Kg e até três metros de comprimento, é um dos maiores peixes de água doce, com taxa de crescimento de 10-15 Kg/ano. Seu rendimento de carne é de 57% e não possui espinhas intramusculares. É conhecido pela região como o “bacalhau brasileiro”, pois é comercializado também na forma salgada e seca (FARIAS et al., 2015; CORTEGANO et al., 2017).

As populações naturais de pirarucu estão esgotadas, pois têm sido exploradas durante décadas (NÚÑEZ-RODRÍGUEZ et al., 2018). Seu nome está listado na Convenção Sobre o Comércio Internacional em Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna e Flora Silvestres II. Apesar do interesse na piscicultura, há pouco conhecimento de aspectos biológicos, em particular a estrutura de suas populações naturais (VITORINO et al., 2017).

O pirarucu tem o hábito alimentar carnívoro, possui respiração aérea e pode tolerar níveis baixos de oxigênio dissolvido no sistema. Seus rastros branquiais são alongados, auxiliam na filtragem de pequenos crustáceos, sendo relativamente numerosos e alongados (PINESE, 1996).

Uma das principais dificuldades para os piscicultores é que não há o controle da reprodução das espécies em cativeiro e de ofertas de juvenis (SAAVEDRA ROJAS et al., 2005), pois após a eclosão as larvas estão sujeitas à predação, falta de alimento e suscetíveis a doenças (HALVERSON, 2013; ALCÂNTARA et al., 2018).

Sua alimentação na natureza é basicamente formada por alimentos vivos, tais como peixes pequenos e caracóis; em cativeiro se alimenta de peixes vivos e rações com alto teor de proteína (ALCÂNTARA-BOCANEGRA et al., 2006).

Nos primeiros dias de larvicultura intensiva, é ofertado alimento vivo para a larva, devido o seu sistema digestivo não estar completamente formado, ou seja, sendo incapaz de processar totalmente o alimento inerte (GOVONI; BOEHLERT; WATANABE, 1986). Também, a oferta de alimento vivo torna-se vantajosa nas fases iniciais de vida por ser mais

atrativo e palatável para o peixe; permite a disponibilidade de alimento por maior tempo, pois permanece na coluna d'água e possui um menor grau de deterioração relacionado à ração (CONCEIÇÃO et al., 2010).

Em laboratório podem ser fornecidos náuplios de artêmia (*Artemia* spp.) pela facilidade de manejo e a periodicidade do fornecimento, porém ainda é considerado de custo elevado para os produtores e é necessária uma quantidade superior ao do zooplâncton (LIMA et al., 2015a).

Na fase juvenil, os peixes alimentam-se de insetos, moluscos e crustáceos presentes no viveiro, além da ração. Os animais apresentam preferências de acordo com seu crescimento e há predominância de insetos e cladóceros em peixes de até 900 g (LIMA; TAVARES-FILHO; MORO, 2018).

Sob boas condições de manejo, com fornecimento suficiente de alimento, a produção em cativeiro pode ser de 1.000 filhotes fêmea/ano com potencial para melhoria, apesar da baixa fecundidade da espécie (NÚÑEZ-RODRÍGUEZ et al., 2011).

A espécie possui cuidado parental, em que o macho cuida dos filhotes até os três meses de vida. As larvas localizam-se na região da cabeça do macho, pois os peixes adultos apresentam os canais cefálicos do sistema da linha lateral desenvolvidos, constituído por uma série de cavidades cobertas por um tegumento esbranquiçado com poros, no qual libera um muco que serve como alimento para as larvas (TORATI et al., 2017).

É uma espécie considerada resistente à qualidade de água por tornar-se independente das brânquias em relação às trocas gasosas, pois à medida que cresce utiliza respiração aérea (BRAUNER et al., 2004). O pirarucu tolera altas densidades durante a criação, pois possui a capacidade de resistir às altas concentrações de amônia e pelo tipo de respiração (CAVERO et al., 2004). A bexiga da natatória é adaptada a realizar trocas gasosas com o sistema circulatório em uma analogia ao pulmão de aves e mamíferos, por isso permite que suba à superfície, respire o oxigênio e o CO₂ seja eliminado pelas brânquias (GONZALEZ et al., 2010).

3.2 História do Bioflocos

O sistema BFT foi iniciado na França, na década de 1970, pelo Instituto de Pesquisa do Mar, Centro Oceânico do Pacífico. Os primeiros estudos foram realizados com espécies de camarão (*Penaeus monodon* e *Litopenaeus vannamei*) devido a seus interesses

comerciais. Posteriormente, ao final da década de 1980, Israel iniciou estudos com tilápia no Instituto Tecnológico de Israel e os Estados Unidos da América com camarões, no Centro de Maricultura Waddell. Em níveis comerciais, as Fazendas SOPOMER e Aquicultura Belize, localizadas na América Central, produziram 26 toneladas/ha/ciclo (EMERENCIANO et al., 2011).

Atualmente, algumas pesquisas têm sido realizadas com BFT pelas vantagens, como a diminuição do uso de água e efluentes, biossegurança, altas densidades, formação dos flocos como fonte adicional de alimento e estabilidade da qualidade de água (DEVI; KURUP, 2015). Mas há algumas desvantagens, tais como a necessidade de energia para aeração que garanta a fluabilidade do floco e mantenha níveis de oxigênio, e também profissional técnico para o controle de parâmetros de água (AVNIMELECH; KOCHVA; DIAB, 1994).

3.3 Sistema de Bioflocos

Nos últimos anos, o interesse pelo sistema BFT está evidenciado por ser considerada uma tecnologia que preserva o meio ambiente e por ser autossustentável, além de ser biosseguro. Este sistema é caracterizado pela mínima ou nenhuma troca de água ao longo do cultivo. É ambientalmente amigável, pois o uso da água é limitado e o mínimo de efluente é liberado no ambiente (AVNIMELECH, 2007). Contudo, uma prática comum de sistemas tradicionais é a renovação da água em excesso para manter adequadamente os parâmetros de água, com isso eleva-se o custo durante a criação e causam-se danos ao ambiente (DAUDA et al., 2017).

A renovação de água pode trazer riscos como o escape de espécies exóticas e o excesso de descargas de resíduos ao meio ambiente (BROWDY et al., 2012). Já os sistemas fechados são considerados biosseguros por evitar a entrada de patógenos (RAY, 2012).

A tecnologia de bioflocos é baseada na reciclagem de nutrientes, estabelecendo uma relação de carbono e nitrogênio (20 a 15:1), a fim de estimular a proliferação de bactérias heterotróficas que convertem os compostos nitrogenados e formam proteína microbiana “*in situ*”. Portanto, torna-se uma fonte adicional de alimento para os organismos criados neste sistema (AVNIMELECH, 1999). O floco é composto por uma variedade de bactérias, fungos, protozoários, ciliados, rotíferos, microalgas, micro-invertebrados e detritos orgânicos (LUO et al., 2017). As bactérias que constituem floco utilizam a amônia do sistema e incorporam em biomassa microbiana (AVNIMELECH, 2007).

Alguns benefícios do BFT são a manutenção da qualidade da água e a nutrição, pela redução da conversão alimentar, conseqüentemente diminuindo os custos de produção, uma vez que os gastos com a alimentação podem ser de 50-60% das despesas totais na aquicultura, sendo as fontes proteicas dispendiosas em dietas comerciais (BENDER et al., 2004).

A adoção do BFT possui altos custos operacionais devido à implementação de instalações. Porém, esse valor inicial é compensado com o aumento da produtividade. Os primeiros estudos foram realizados com camarões, e foi observado que essa tecnologia permite que a densidade seja cinco vezes maior na carcinicultura que nos sistemas tradicionais (TAW et al., 2008).

O BFT também foi implementado na criação de peixes ao ser atribuído ao estudo com tilápia neste sistema, no qual o floco contribuiu com o crescimento do peixe por ser rico em micro-organismos e possuir aproximadamente 61% de proteína bruta (AVNIMELECH, 2007). Em criações de tilápia do Nilo, durante fase de engorda no sistema BFT, os resultados foram positivos para densidades de estocagem de 45 peixes/m³ e não prejudicou o desempenho zootécnico, pois os animais conseguiram se alimentar do floco microbiano (LIMA et al., 2015b).

Um estudo comparativo de sistema de recirculação de água (SRA) com sistema de troca zero (STZ), que também é denominado BFT, em pacus (*Piaractus brachypomus*) obteve melhores resultados no STZ com densidades crescentes até 12,9 Kg/m³, salientando que o SRA possui custos mais altos com filtros biológicos e bombas de água (POLEO et al., 2011).

Existem poucos estudos relacionados ao efeito do BFT em larvas de peixes (CRAB et al., 2010). Porém, por ser um sistema fechado, considerado biosseguro e fornecer uma fonte adicional de alimento, é interessante que seja testado para a larvicultura intensiva dos peixes (HARGREAVES, 2013).

O BFT já foi explorado com larvas de tilápia e *catfish*, e foi atribuído significativamente maior sobrevivência e crescimento de larvas criadas em sistemas de bioflocos que no sistema AC. A tecnologia do BFT proporcionou uma fonte de alimento acessível para as larvas fora de momentos regulares de alimentação, minimizando a interação social negativa durante o fornecimento do alimento (EKASARI et al.; 2015; 2016). Os peixes criados nesse sistema se alimentam constantemente, visto que a produção microbiana é contínua (AVNIMELECH, 2009).

Dessa forma, a tecnologia do BFT pode ser estudada na aplicação de larvas de pirarucu mediante suas vantagens apresentadas.

3.4 Características nos parâmetros de água em BFT

No sistema BFT, é fornecida alimentação para o animal e as sobras deste alimento junto com dejetos serão fontes de nutrientes para as bactérias. O ambiente estará rico em amônia total devido à pouca ou nenhuma troca de água, as bactérias nitrificantes *Nitrossoma* realizam a oxidação da amônia em nitrito, e posteriormente *Nitrobacter* oxidam o nitrito e o convertem em nitrato. Por último, por meio de bactérias desnitrificantes, o nitrato será convertido em nitrogênio, uma parte fica no sistema e serve como fonte de nutriente no floco e uma parte em forma de gás nitrogênio que volta para a atmosfera e completa o ciclo do nitrogênio (AVNIMELECH, 1999).

Nos sistemas convencionais, os peixes retêm de 25 a 30% de N da ração e no BFT esta retenção varia entre 37 e 43% (HARI et al., 2006; CRAB et al., 2007). Cerca de 39% da entrada de nitrogênio no sistema está na forma dissolvida e 7,7% está na forma inorgânica (SILVA; WASIELESKY; ABREU, 2013).

A intensidade da mistura do floco é um fator importante para mantê-los em suspensão. Desta forma, evita-se a criação de uma zona anaeróbica que produz amônia, metano e sulfeto de hidrogênio, considerados tóxicos aos animais. Se houver uma falha neste sistema, em menos de uma hora ela acarretará em perdas, por isso não é indicado utilizar este sistema onde há irregularidades no fornecimento de energia elétrica (HARGREAVES, 2013).

Os sólidos suspensos são os flocos microbianos que permanecem distribuídos por toda a coluna de água de acordo com a dinâmica causada pela aeração. É comum que haja altas concentrações de nitrato no BFT e a correção é indicada para o controle de flocos por meio microbianos através da aferição dos sólidos suspensos totais (SST), contribuindo com a qualidade de água e retirando também amônia e nitrito (TACON et al., 2002).

À medida que o SST aumenta, poderá interferir na qualidade de água, assim torna-se necessário o equilíbrio entre os resíduos e a capacidade das espécies no sistema de assimilar os nutrientes. Uma das estratégias para a formação de floco é o estímulo das bactérias heterotróficas adicionando as fontes de carbono, desse modo, equilibrando amônia total (TAN) através da relação C:N (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006).

Nos sistemas com pouca ou nenhuma troca de água, o pH tende a se reduzir, e para o seu controle é utilizado como fonte de carbono, geralmente, o bicarbonato de sódio (NaHCO_3), sendo citado em vários trabalhos com BFT. O hidróxido de cálcio e carbonato são outras opções eficazes para correção de pH e alcalinidade. O NaHCO_3 é diluído na água e

reage com CO_2 , produzindo Ca_2^+ e HCO_3^- , no qual uma base é produzida (AVNIMELECH, 2009).

Na aquicultura, o calcário (CaCO_3) é bastante utilizado por ter baixo custo e fácil acesso. Outro composto é o cal hidratado (Ca(OH)_2), que ao ser diluído na água formará $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{H}^+ \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}_2^+$. Este composto eleva de maneira mais rápida o pH e deve-se ter cuidado ao utilizá-lo para evitar a morte de alguns micro-organismos (MARTINS et al., 2017).

A manutenção da alcalinidade pode contribuir com a estabilidade do pH, uma vez que valores baixos podem ser um problema ao iniciar a formação do floco porque influenciará no processo de oxidação de amônia e nitrito (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006).

3.5 Micro-organismos

Os micro-organismos estão presentes nos ambientes e são adaptáveis às mudanças ecológicas, mas geralmente são vistos como patógenos causadores de doenças em todos os setores de criação. Porém, em condições adequadas, com controle da densidade e das atividades de organismos aeróbicos, pode-se ter o domínio da qualidade de água através da imobilização dos resíduos tóxicos, reciclagem e elevando a eficiência alimentar (CRAB et al., 2007).

São responsáveis pelo ciclo biogeoquímico, fixam carbono e nitrogênio, metabolizam metano e enxofre, são capazes de produzir enzimas metabólicas que auxiliam na remoção de contaminantes diretamente ou pela conversão de um intermediário mais seguro ou menos tóxico (DASH; DAS, 2012).

Os principais micro-organismos presentes no BFT são fitoplâncton, o zooplâncton e bactérias. O sistema BFT possui maior proliferação de bactérias heterotróficas que as nitrificantes, pois há maior taxa de crescimento e rendimento da biomassa microbiana estimulando-as (MANAN et al., 2017).

O fitoplâncton no BFT auxilia na remoção dos compostos orgânicos mantidos na coluna de água para auxiliar na amônia. No BFT, as cianobactérias podem ser encontradas em abundância por fixar o nitrogênio convertendo N_2 em NH_3 , e são competitivas com as bactérias no processo de desnitrificação (HARGREAVES, 2006).

O zooplâncton e os protozoários constituem-se em torno de 30 a 40%. O

fornecimento de ração com baixa proteína pode influenciar na quantidade dos mesmos e eles irão preda as bactérias presentes no BFT, que, como defesa, formam colônias (AVNIMELECH, 2009; DE SCHRYVER; VERSTRAETE, 2009; WIDANARNI; EKASARI; MARYAM, 2012).

O uso de bactérias para biodegradação e biorremediação está em evidência por causa da capacidade de redução de doenças, já que degradam substâncias naturais e sintéticas (KARIGAR; RAO, 2011). As bactérias são importantes para o ciclo do nitrogênio, pois resultam na redução de concentrações de amônia e aumento de nitrito. Ao adicionar fontes de carbono, as bactérias heterotróficas têm um substrato para obter carbono e metabolizar a amônia (SAMOCHA et al. 2007).

As comunidades de micro-organismos presentes no BFT são importantes por realizarem atividades específicas e/ou atuarem em conjunto para o sucesso do sistema. No geral, os micro-organismos são imunoestimulantes para os animais criados no BFT através da exposição, contribuindo com a sanidade (EKASARI et al., 2016).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Aquicultura da Coordenação de Tecnologia e Inovação (COTEI) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), sendo submetido e aprovado junto à Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/INPA) com o registro nº 031/2017.

4.1 Formação e manutenção dos bioflocos

Inicialmente foi utilizado um tanque de 500 L para a elaboração dos bioflocos, contendo dez larvas de pirarucu, com peso de 7g e 9 cm de comprimento total. O tanque foi fertilizado com melão, farelo de trigo e ração, estabelecendo uma relação C:N de 15:1. Foi utilizada como base a quantidade de nitrogênio (N) contida na ração convertida em amônia (ΔN) e no conteúdo de carbono (C) contido no melão (%C), de acordo com as equações adaptadas de Avnimelech (1999):

$$\Delta \text{Melão} = [\Delta N \times (C:N)] \times \%C^{-1}$$

$$\Delta N = Q\text{Ração} \times \%N\text{Ração} \times \%N\text{Excreção}$$

Em que:

$Q\text{Ração}$ = quantidade de ração ofertada diariamente

$\%N\text{Ração}$ = quantidade de N inserida no sistema ($\% \text{Proteína Bruta} \times 6,25^{-1}$)

$\%N\text{Excreção}$ = fluxo de amônia na água

Para o cálculo de melão a ser adicionado, requerido na relação C:N, as equações foram:

$$\Delta \text{Melão} = [(Q\text{Ração} \times \%N\text{Ração} \times \%N\text{Excreção}) \times (C:N)] \times \%C^{-1}$$

Após 28 dias, as oscilações de nitrogênio amoniacal total (NAT) e nitrito diminuíram e mantiveram-se em quantidade adequada para a criação de peixes, momento em que se

iniciou o experimento com o povoamento das larvas de pirarucu.

Para manutenção dos bioflocos, a fonte de carbono adicionada foi açúcar, somente quando ultrapassava 1 mg/L de amônia no sistema, estabelecendo uma relação 6:1 de C:N-AT (Carbono:Nitrogênio total em forma de amônia) para conversão em proteína microbiana (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006).

Os cálculos utilizados para o fornecimento de fertilizantes adicionados na mobilização do nitrogênio amoniacal foram os seguintes:

$$\text{N-AT (g)} = \text{volume do tanque (L)} * \text{N-AT (mg/L)} / 1000$$

$$\text{Carbono (g)} = 6 * \text{N-AT (g)}$$

Fertilizante (g) = (x)*carbono (g), onde x é a porcentagem de carbono existente por grama de fertilizante.

4.2 Desenho experimental

O desenho experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos e cinco repetições, sendo um sistema com água clara (AC) e um sistema de bioflocos (BFT). Foram selecionadas 250 larvas de pirarucu ($0,778 \pm 0,02$ g e $4,84 \pm 0,11$ cm), distribuídas em tanques de PVC (20 L; 25 peixes por tanque). Os tanques de AC foram limpos e 50% da água renovada duas vezes ao dia (08h00 e 16h00). Para o BFT foi abastecida apenas a quantidade de água evaporada dos tanques (10 mL).

Os peixes foram arraçoados com ração comercial farelada (52% proteína bruta) na quantidade equivalente a 13% da biomassa por unidade experimental, seis vezes ao dia (07h00, 09h00, 11h00, 13h00, 15h00 e 17h00) durante 31 dias e, submetidos a pesagem individual ao final do experimento, para o cálculo do desempenho zootécnico, gerando os seguintes índices:

Peso médio (g) = peso individual médio;

Comprimento médio (g) = comprimento individual médio;

Ganho de peso médio (g) = peso final – peso inicial;

Consumo de ração (Kg) = peso total da ração consumida por unidade;

Conversão alimentar aparente (g/g) = consumo de ração ÷ ganho de peso;

Taxa de sobrevivência (%) = (nº final de peixes ÷ nº inicial de peixes) x 100;

Taxa de eficiência proteica (g/g) = ganho de peso da biomassa ÷ consumo de proteína;

Taxa de crescimento relativo = LN (peso final) – LN (peso inicial)/período-1;

Fator de condição = 100 x (peso corporal/comprimento total³).

Cinco peixes de cada tratamento foram eutanasiados pela secção medular e as amostras de água foram destinadas diretamente para análises microbiológicas no LPBOM da FCA da UFAM (conforme item 4.4). A água do BFT foi filtrada para determinação da composição centesimal (conforme item 4.5).

4.3 Qualidade de água

As análises de qualidade de água foram realizadas durante a formação dos bioflocos e durante a experimentação. Os parâmetros aferidos diariamente foram o pH, oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura (°C) através de sondas (Econsense®, ProODO-YSI).

Três vezes por semana foram coletadas amostras de água para análise do nitrogênio amoniacal total (NAT) e do nitrito através de colorimetria, e alcalinidade por titulometria pelos métodos Verdouw, Van Echteld e Dekkers (1978) e Boyd e Tucker (1998), respectivamente. Os níveis de gás carbônico foram mensurados uma vez por semana por titulometria como descrito por Boyd e Tucker (1998).

O acompanhamento do floco microbiano foi realizado pela avaliação dos sólidos sedimentáveis (mL/L) utilizando o cone Imhoff. Para isso, foi coletado um litro de água da unidade experimental, e o valor de sólidos sedimentáveis foi calculado após a sedimentação durante 30 minutos, agitação e nova sedimentação por mais 15 minutos (HACH, 2015).

4.4 Análise microbiológica

4.4.1 Caracterização da comunidade microbiana

A cada dois dias do período experimental, foram coletadas amostras de água de cada tratamento para avaliação da comunidade microbiana (protozoários, metazoários). Foram retiradas duas alíquotas de 10 mL de cada unidade experimental e armazenadas em dois frascos de vidro âmbar, sendo um fixado com lugol a 2% e outro com formalina a 4%, para

posterior identificação e quantificação em câmara de sedimentação em microscópio invertido (Leica DM IL) (UTERMÖHL, 1958). Foi utilizada literatura especializada para a identificação dos grupos observados até o nível de gênero (BENCHIMOL; SÁ, 2006; TUNDISI, 2008; ALADRO-LUBEL, 2009).

4.4.2 Identificação bacteriológica

Foram realizadas as identificações das populações bacterianas no início e no fim do experimento, tanto da água quanto do trato gastrointestinal (TGI) das larvas. Para a água, foi coletada uma alíquota de 15 mL de cada unidade experimental, no início e fim do período experimental. Para análise do TGI, foram coletadas cinco larvas do lote inicial, e no final do experimento foram coletadas cinco larvas por unidade experimental. A eutanásia dos animais foi realizada pela secção medular. Posteriormente, foi feita a abertura da cavidade abdominal para a retirada do conteúdo do TGI das larvas e foram adicionados em um tubo de ensaio contendo água peptonada a 0,1% em volume proporcional para obtenção das diluições 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} . Os isolamentos foram realizados pelo método da APHA (2001).

Para o isolamento das análises de água, uma pequena amostra de 1 mL foi transferida para tubos contendo 0,1% de água peptonada (9 mL), representando uma diluição 10^{-1} e foi diluída até 10^{-5} .

Da última diluição de cada isolamento, foi retirada alíquota de 100 μ L e inoculadas em meio TSA (ágar tripton de soja), em triplicada, incubadas em estufa bacteriológica a 36 °C por 12 a 24 horas.

Após o crescimento das bactérias, estas foram quantificadas através das unidades formadoras de colônia (UFC) e separadas morfológicamente. A purificação foi por esgotamento sucessivo em estrias em placas contendo meio TSA e incubado novamente nas mesmas condições. Foram acondicionadas em tubos com TSB (caldo tripton de soja) e incubadas em *shaker* a 30 °C por 24 horas; depois foram armazenadas para posterior análise.

Foi realizada a coloração de Gram para identificação morfológica das bactérias através de kit panótico rápido (LABORCLIN®) e observação em microscópio óptico (Kasvi K55-BA 1600x). Foram realizados testes bioquímicos para identificação das bactérias, como descarboxilação da lisina, fermentação de três açúcares, utilização de citrato, produção de urease, motilidade, produção de indol, fermentação de manitol, Voges-Proskauer e teste de vermelho de metila (ANVISA, 2004).

4.5 Análise bromatológica

Ao final do experimento, todo o volume de água de cada unidade experimental do BFT foi filtrado por uma rede de *nylon* de 10 μm . O material retido dos bioflocos foi congelado (-20 °C) para análise de composição centesimal (AOAC, 2010).

4.6 Análise estatística

Os dados foram analisados através do *software* Statistica versão 10.0. Os resultados foram submetidos ao teste t de Student ($p < 0,05$), exceto para a variável de peso final em relação ao desempenho e as variáveis CO_2 e alcalinidade em relação aos parâmetros de água que foram comparadas com teste U de Mann-Whitney ($p < 0,05$) (STATSOFT INC, 2012).

5. RESULTADOS

Após 31 dias, as larvas do sistema AC finalizaram com $3,94 \pm 0,50$ g (Fig. 01) e as do BFT com $3,75 \pm 1,23$ g (Fig. 02), não havendo diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$) (Gráfico 01).



Figura 01. Larva de pirarucu no sistema com água clara (AC) aos 31 dias de criação



Figura 02. Larva de pirarucu no sistema de bioflocos (BFT) aos 31 dias de criação

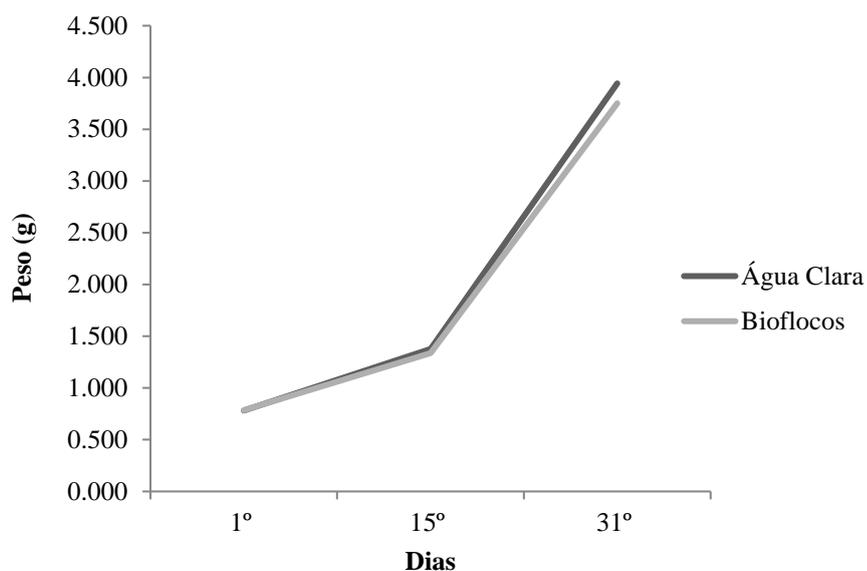


Gráfico 01. Peso das larvas de pirarucu nos dois sistemas durante 31 dias de criação

Em relação ao comprimento das larvas do sistema AC, inicialmente apresentou $4,78 \pm 0,11$ cm e finalizou com $5,88 \pm 0,15$ cm, enquanto no sistema BFT iniciaram com $4,92 \pm 0,06$ cm e finalizaram com $5,74 \pm 0,10$ cm. Não houve diferença estatística entre as larvas dos diferentes sistemas ($P > 0,05$) (Gráfico 02).

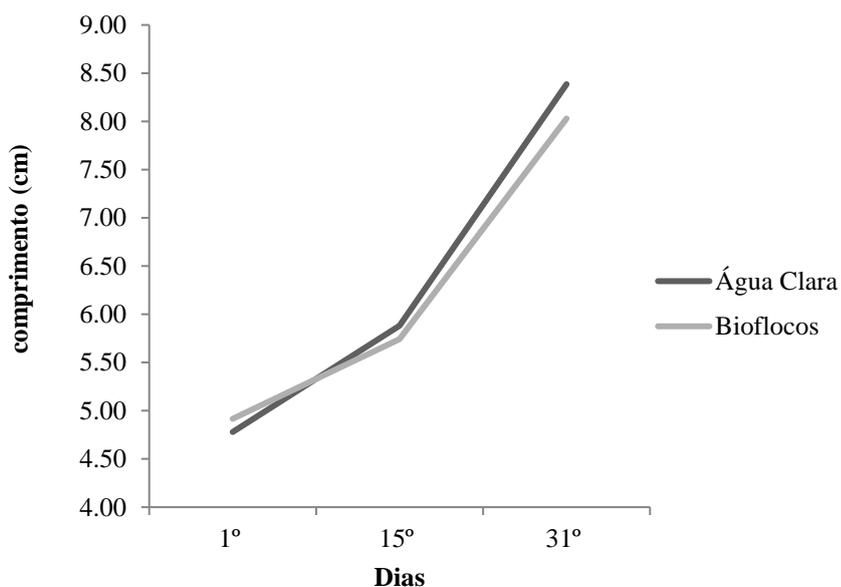


Gráfico 02. Comprimento das larvas de pirarucu nos dois sistemas durante os 31 dias de criação

Não houve diferença estatística entre os tratamentos das demais variáveis de desempenho dos sistemas AC e BFT (Tabela 01). Por exemplo, com relação ao ganho de peso das larvas, houve apenas diferença de 0,15 g a menos no BFT, entretanto, foi não significativa (Gráfico 03). A taxa de crescimento relativo das larvas dos dois tratamentos foi de 5% dia (Gráfico 04).

Tabela 01. Desempenho de larvas de pirarucu (*Arapaima gigas*) em dois sistemas de criação (água clara e bioflocos) durante 31 dias

Parâmetros	Água Clara	Bioflocos	Valor de P
Peso I (g)	0,78 ± 0,02	0,78 ± 0,02	0,80
Peso 15 (g)	1,37 ± 0,15	1,34 ± 0,13	0,69
Peso F (g)	3,94 ± 0,50	3,75 ± 1,23	0,76
Comprimento I (cm)	4,78 ± 0,11	4,92 ± 0,06	0,06
Comprimento 15 (cm)	5,88 ± 0,15	5,74 ± 0,10	0,11
Comprimento F (cm)	8,39 ± 0,46	8,03 ± 0,70	0,38
Ganho de Peso (g)	3,16 ± 0,48	2,96 ± 1,22	0,75
Sobrevivência (%)	96,00 ± 5,66	74,75 ± 19,69	0,05
TEP (g/g)	1,02 ± 0,13	0,97 ± 0,32	0,76
TCR (%/dia)	5,34 ± 0,32	5,01 ± 1,20	0,56
Fator de Condição	0,67 ± 0,04	0,70 ± 0,07	0,46
CR (g)	90,69±6,99	79,92 ± 21,58	0,27
CAA	1,14 ± 1,11	1,08 ± 1,28	0,71

Peso Inicial (Peso I), Peso aos 15 dias (Peso 15), Peso Final (Peso F), Comprimento Inicial (Comprimento I), Comprimento aos 15 dias (Comprimento 15), Comprimento Final (Comprimento F), Taxa de Eficiência Proteica (TEP), Taxa de Crescimento Relativo (TCR), Consumo de Ração (CR), Conversão Alimentar Aparente (CAA). Todas as variáveis foram comparadas pelo Teste t de Student ($p < 0,05$), exceto Peso F, comparada por Teste U de Mann-Whitney ($p < 0,05$)

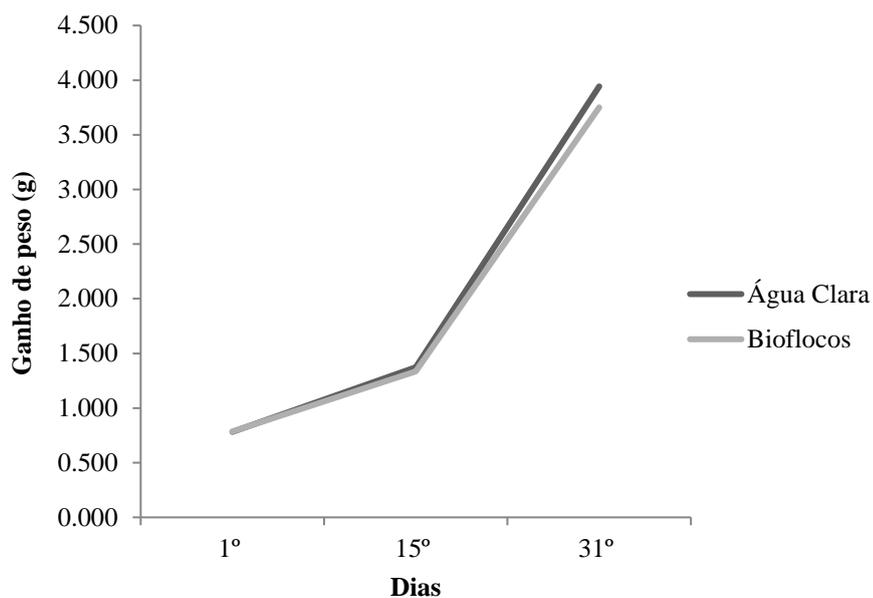


Gráfico 03. Ganho de peso das larvas de pirarucu nos sistemas de água clara (AC) e bioflocos (BFT) aos 31 dias de criação

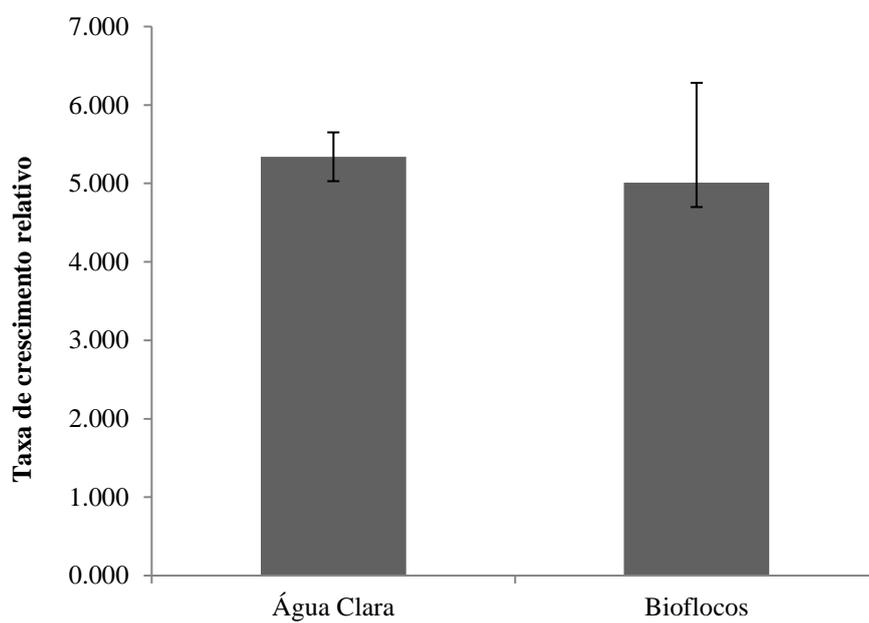


Gráfico 04. Taxas de crescimento relativo de larvas de pirarucu aos 31 dias de criação nos sistemas de água clara (AC) e bioflocos (BFT)

Para os parâmetros de qualidade de água, houveram diferenças estatísticas entre as variáveis de amônia, nitrito, CO₂ e alcalinidade (Tabela 02).

Tabela 02. Parâmetros (média±desvio-padrão) da qualidade de água em diferentes sistemas de criação de larvas de pirarucu (*Arapaima gigas*), água clara (AC) e bioflocos (BFT)

Parâmetros	AC	BFT	Valor de P
Amônia (mg/L)	3,93 ± 0,32a	2,12 ± 0,43b	<0,0001
Nitrito (mg/L)	1,25 ± 0,27a	1,84 ± 0,18b	<0,0001
OD (mg/L)	7,50 ± 0,06a	7,52 ± 0,04a	0,5255
CO ₂ (mg/L)	18,30 ± 1,17a	30,6 ± 5,79b	0,009
Alcalinidade (mg/L)	18,43 ± 2,56a	65,40 ± 18,51b	0,009
Temperatura (°C)	26,32 ± 0,07a	26,35 ± 0,12a	0,6127
pH	6,91 ± 0,05a	6,92 ± 0,06a	0,7369
SS (mL/L)	-	71,50 ± 13,21	-

OD: oxigênio dissolvido; CO₂: gás carbônico dissolvido; SS: sólidos em suspensão. Todas as variáveis foram comparadas pelo Teste t de Student (p<0,05), exceto para CO₂ e alcalinidade, comparadas pelo Teste U de Mann-Whitney (p<0,05)

As variáveis de amônia do sistema AC mantiveram-se entre 3-4 mg/L, com pico de 5 mg/L no 25º dia, decaindo posteriormente para as mesmas quantidades aferidas anteriormente. Os valores do sistema BFT oscilaram durante os 31 dias de experimento, aumentando gradativamente nos primeiros dias, com uma queda brusca de 0,374 mg/L no nono dia de experimento, elevando-se e mantendo-se próximo a 2-3 mg/L até o 25º dia. Entretanto, decaiu nos últimos dias e atingiu 1,702 mg/L (Gráfico 05).

No sistema AC as variáveis de nitrito apresentaram valores abaixo de 1,0 mg/L nos primeiros dias, houve um pico de 2,39 mg/L no 13º dia e nos demais dias mantiveram-se entre 1,33-2,24 mg/L. Enquanto isso, no sistema BFT os valores mantiveram-se entre 1,43-2,47 mg/L ao longo do experimento. Os valores das variáveis de oxigênio dissolvido em ambos os sistemas foram equivalentes a 7,42-7,78 mg/L (Gráfico 05).

O gás carbônico aferido foi considerado elevado em ambos os tratamentos, pois AC variou entre 11,6-24,4 mg/L, no BFT apresentou 18,4 mg/L com pico de 51,0 mg/L no 19º dia e decaiu para 28,4 mg/L. Os valores para alcalinidade registrados no AC apresentaram-se com

17,60-19,25 mg/L e no BFT oscilaram bastante, inicialmente com 34,09 mg/L, alcançando 127,71 mg/L no 12º dia, depois, decaindo e apresentando valor final de 64,56 mg/L (Gráfico 06).

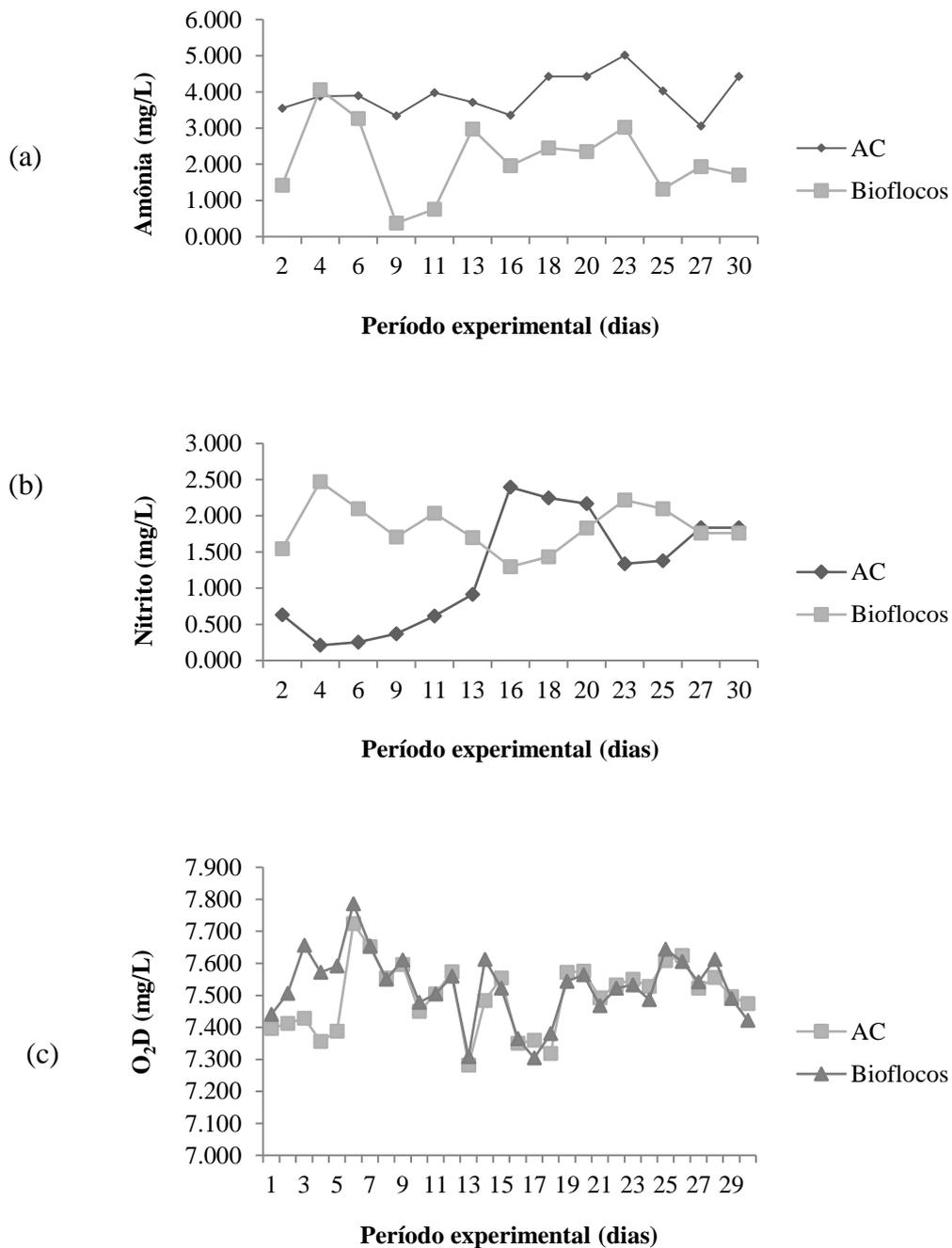


Gráfico 05. Dados de (a) Amônia, (b) Nitrito e (c) O₂D nos sistemas de água clara (AC) e bioflocos (BFT) durante 31 dias de criação de larvas de pirarucu

Os valores das variáveis de temperatura e o pH foram próximos em ambos os tratamentos, variando entre 24,5 a 27,5 °C e 6,20 a 7,70, porém, no oitavo dia o sistema AC apresentou pico de pH 8,20. Os sólidos sedimentáveis variaram entre 162-54 mg/L (Gráficos 06 e 07).

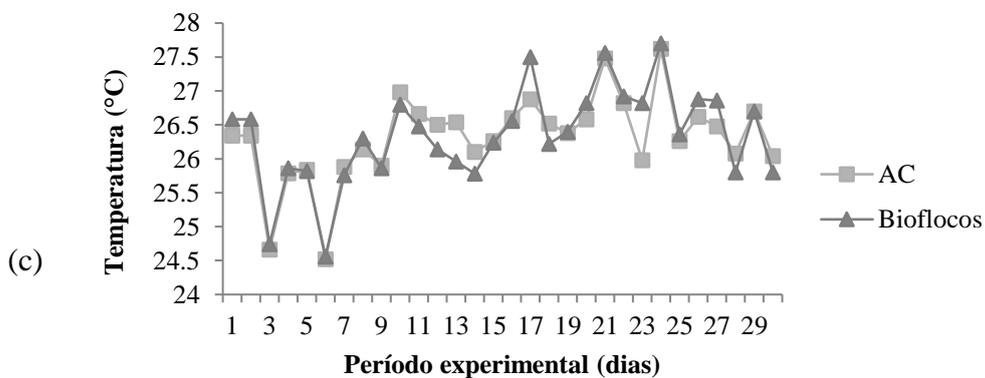
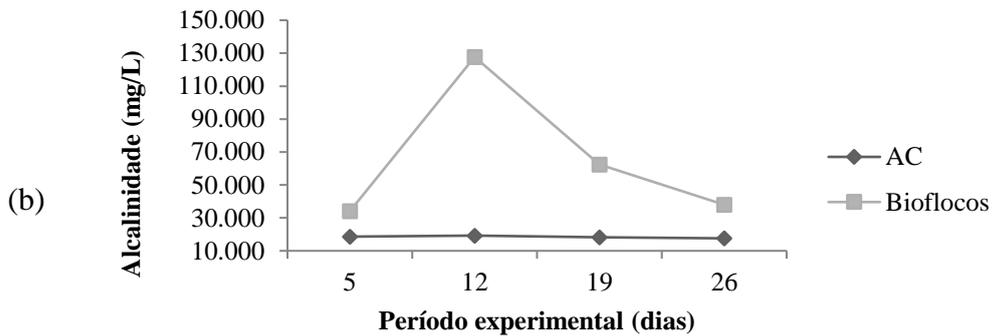
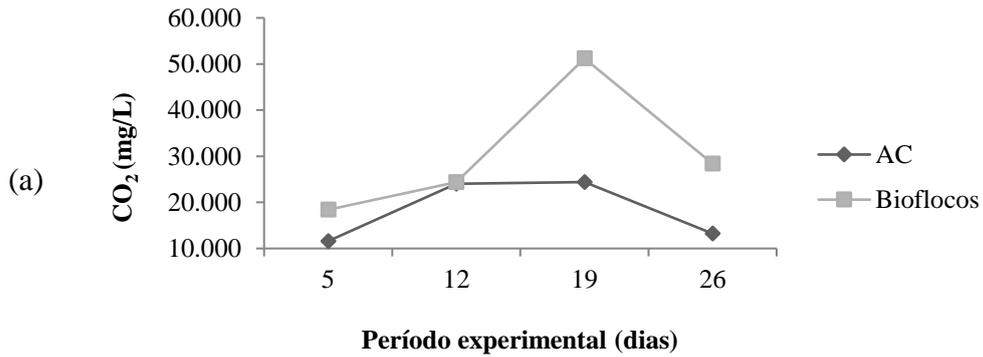


Gráfico 06. Valores para (a) Gás carbônico, (b) Alcalinidade e (c) Temperatura apresentados durante 31 dias de criação de larvas de pirarucu nos sistemas água clara (AC) e bioflocos (BFT)

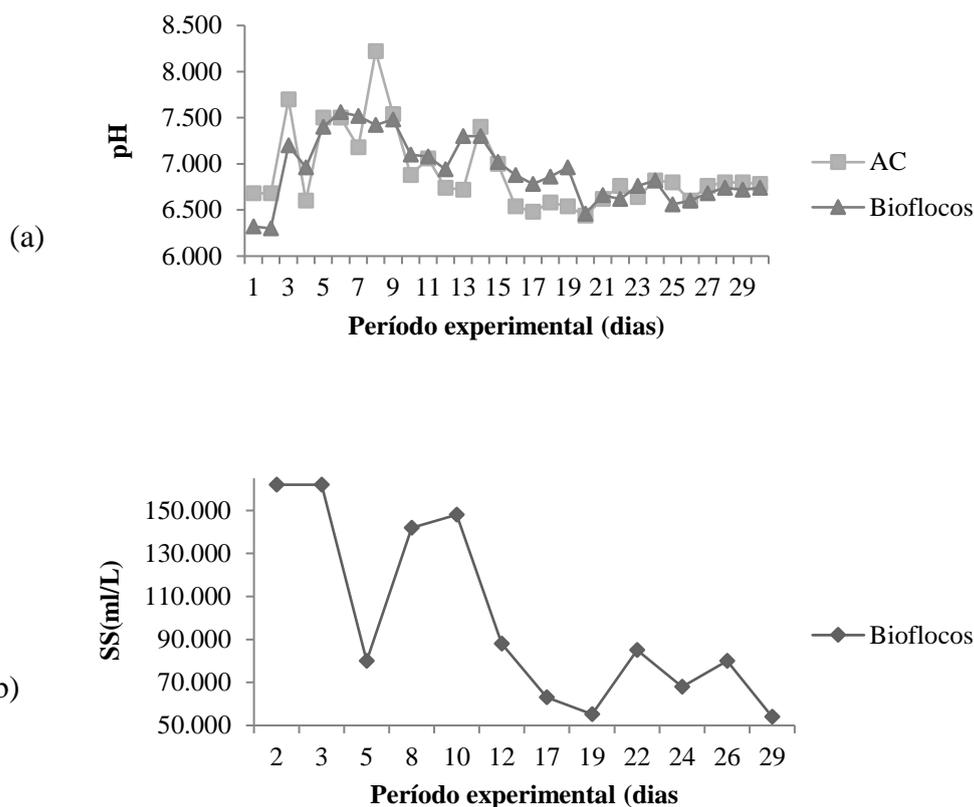


Gráfico 7. Valores para (a) pH, (b) Sólidos suspensos apresentados durante 31 dias de criação de larvas de pirarucu nos sistemas água clara (AC) e bioflocos (BFT)

O total de bactérias chegou a 617 isolados. Trinta e uma bactérias foram Gram-positivas e 586 Gram-negativas. Catorze gêneros foram identificados: *Aeromonas*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Klebsiella*, *Morganella*, *Providencia*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Serratia* e *Yersinia*.

Quatro gêneros (*Aeromonas*, *Enterobacter*, *Hafnia* e *Klebsiella*) foram identificados para a água do tratamento AC; e oito gêneros para a água do BFT (*Aeromonas*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Klebsiella*, *Serratia* e *Yersinia*).

Para as larvas do AC foram identificados oito gêneros (*Bacillus*, *Hafnia*, *Klebsiella*, *Providencia*, *Proteus*, *Salmonella*, *Staphylococcus* e *Yersinia*) e nas larvas do sistema BFT, 11 gêneros (*Aeromonas*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Morganella*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Serratia*, *Staphylococcus* e *Yersinia*). Em relação às espécies, foi possível identificar *Enterobacter aerogenes* nos dois tratamentos, exceto no trato gastrointestinal das larvas do AC; *Hafnia alvei* no peixe do sistema BFT; *Klebsiella rhinocleromatis* nas larvas de AC e no sistema BFT; *Proteus mirabilis* e *P. vulgaris* nas larvas do BFT; *P. penneri* nas

larvas do AC; *Salmonella typhi* nas larvas do BFT; e *Yersinia enterocolitica* nas larvas do AC e BFT (Tabela 03 e Figura 03).

Tabela 03. Bactérias identificadas nas águas dos sistemas e nas larvas de pirarucu criadas nos sistemas água clara (AC) e bioflocos (BFT)

Bactéria	UFC x 10 ⁵			
	Água Clara	Peixe água clara	Bioflocos	Peixe bioflocos
<i>Aeromonas</i> sp.	1	-	2	8
<i>Bacillus</i> sp.	-	3	37	22
<i>Citrobacter</i> sp.	-	-	5	-
<i>Citrobacter freundii</i>	-	-	11	-
<i>Enterobacter</i> sp.	-	-	6	-
<i>Enterobacter aerogenes</i>	20	-	45	21
<i>Hafnia</i> sp.	74	12	10	-
<i>Hafnia alvei</i>	-	-	-	2
<i>Klebsiella</i> sp.	16	-	24	-
<i>Klebsiella rhinocleromatis</i>	-	4	7	-
<i>Morganella</i> sp.	-	-	-	17
<i>Providencia alcalifaciens</i>	-	10	-	-
<i>Proteus</i> sp.	-	-	-	13
<i>Proteus mirabilis</i>	-	-	-	13
<i>Proteus penneri</i>	-	10	-	-
<i>Proteus vulgaris</i>	-	-	-	30
<i>Pseudomonas</i> sp.	-	-	-	50
<i>Salmonella</i> spp.	-	39	-	22
<i>Salmonella typhi</i>	-	-	-	7
<i>Serratia</i> sp.	-	-	8	18
<i>Staphylococcus</i> sp.	-	47	-	16
<i>Yersinia</i> sp.	-	2	10	-
<i>Yersinia enterocolitica</i>	-	14	-	5

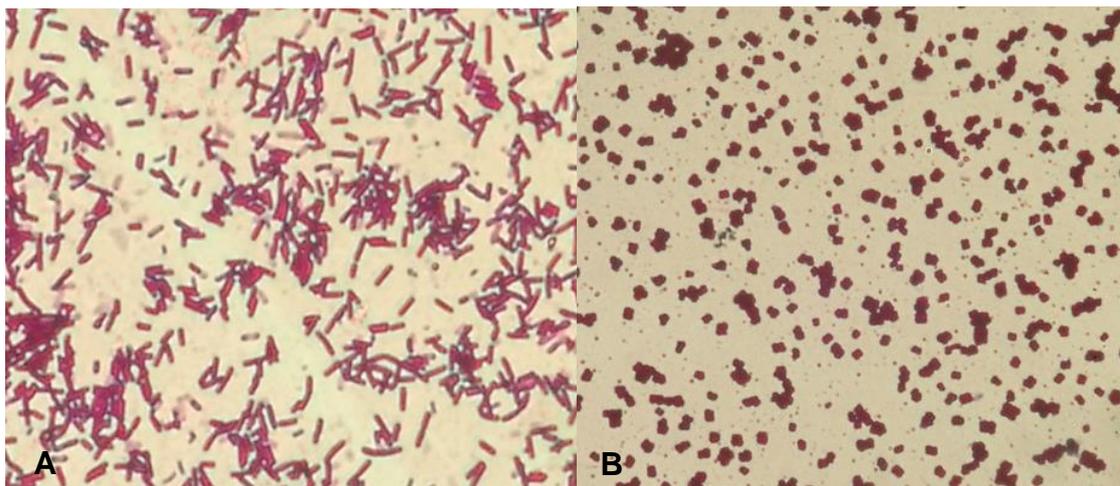


Figura 03. Bactérias do tipo A) Bacilos e B) Cocos (40x)

Na caracterização da comunidade microbiana foram identificados organismos como fitoplâncton, zooplâncton, protozoa e insecta. Como fitoplâncton foi observado nos dois sistemas apenas o gênero *Eudorina*. Nos zooplânctons estavam presentes: *Lecane* no sistema AC, *Monostyla*, *Trichocerca* e *Euplotes* no BFT e *Paramecium* nos dois sistemas. O nematoda, do gênero *Nematode*, ocorreu apenas no sistema BFT. E como o insecta foi observado *Mochlonyx* apenas no sistema BFT (Tabela 04 e Figura 04).

Tabela 04. Identificação da comunidade microbiana presente nos sistemas água clara (AC) e bioflocos (BFT), onde foram criadas larvas de pirarucu até 31 dias

Plâncton	Tratamento	Filo	Classe	Gênero
Fitoplâncton	Água Clara	Chlorophyta	chlorophyceae	<i>Eudorina</i>
	Bioflocos			
Zooplâncton	Água Clara	Rotifera	Eurotatoria	<i>Lecane</i>
	Bioflocos			<i>Monostyla</i>
	Bioflocos			<i>Trichocerca</i>
	Água Clara	Ciliophora	Parameciidae	<i>Paramecium</i>
Bioflocos	Euplotidae			<i>Euplotes</i>
Bioflocos				
Nematoda	Bioflocos	Nematoda		<i>Nematode</i>
Insecta	Bioflocos	Arthropoda	Insecta	<i>Mochlonyx</i>

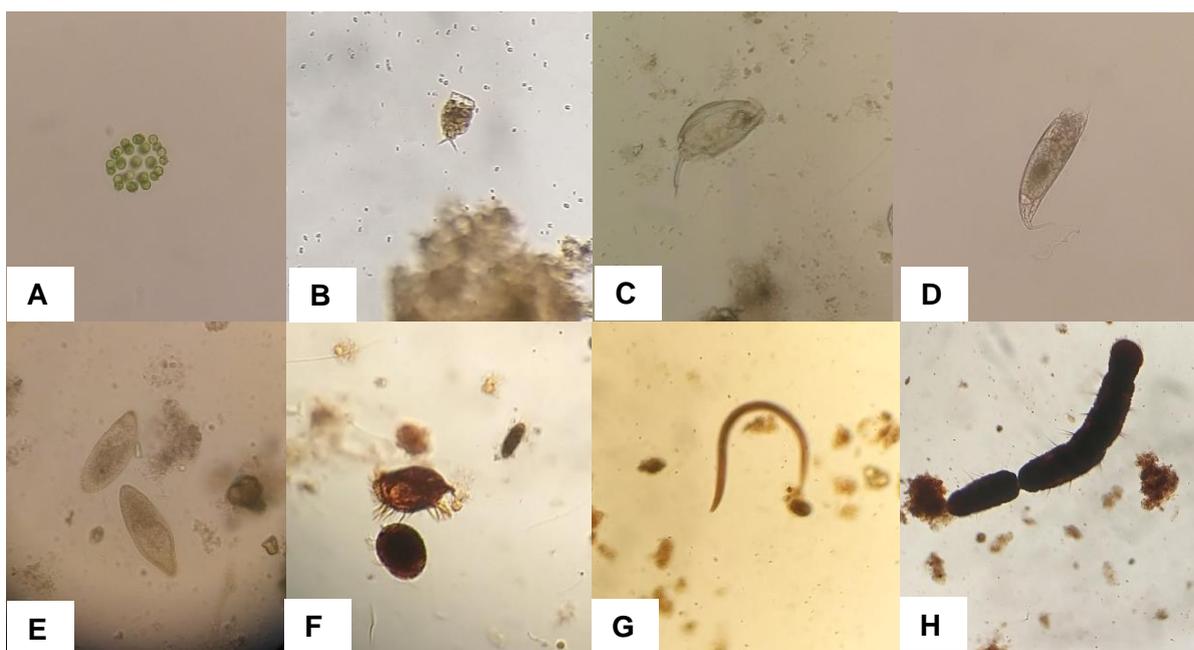


Figura 04. Comunidade microbiana. A) *Eudorina* (100x); B) *Lecane* (40x); C) *Monostyla* (40x); D) *Trichocerca* (40x); E) *Paramecium* (40x); F) *Euplotes* (40x); G) *Nematode* (4x); H) *Mochlonyx* (4x)

No sistema AC, inicialmente, em cada 2 mL foram observados dois microorganismos no fitoplâncton, e dois para zooplâncton, mantendo-se durante todo o experimento; somente ao final essa quantidade aumentou, no fitoplâncton foram encontrados sete indivíduos e para zooplâncton, dez indivíduos (Gráfico 08).

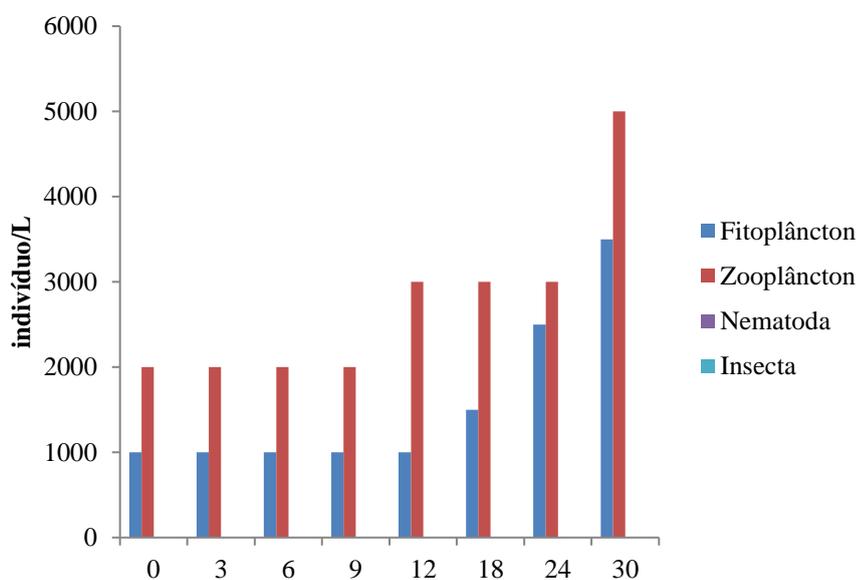


Gráfico 08. Comunidade microbiana do sistema água clara (AC)

Dos micro-organismos no sistema BFT, inicialmente em cada 2 mL foram encontrados dois indivíduos para fitoplâncton, 17 para zooplâncton, quatro para insecta e um para nematoide; aumentando durante o experimento, exceto fitoplâncton, que não foi detectado após segunda coleta e insecta que no meio da etapa experimental começou a decair. Ao final foram observados 98 para zooplâncton, e apenas um nematoide (Gráfico 09).

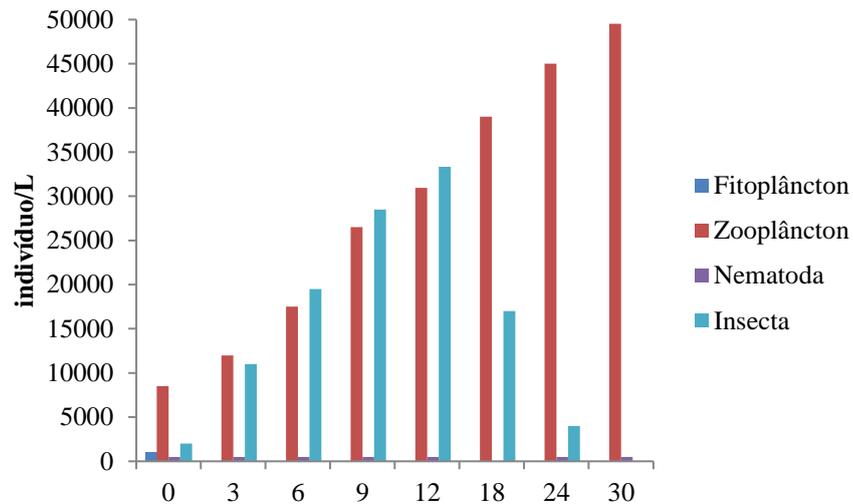


Gráfico 09. Comunidade microbiana do sistema bioflocos (BFT)

As variáveis da análise centesimal efetuada dos flocos microbianos apresentaram média de $6,31 \pm 0,53\%$ de matéria seca; $93,59 \pm 0,53\%$ de umidade; $30,23 \pm 2,34\%$ de cinzas; $0,91 \pm 0,43\%$ de lipídeos e $41,70 \pm 4,75\%$ de proteína bruta.

6. DISCUSSÃO

Os estudos com bioflocos que avaliam o desempenho zootécnico de peixes relatam um aumento no ganho de peso dos animais, em virtude do floco ser uma fonte adicional de alimento. Contudo, não houve diferença significativa entre qualquer um dos parâmetros de crescimento das larvas de pirarucu entre os sistemas AC e BFT.

O sistema BFT não influenciou nas variáveis de peso, comprimento e ganho de peso, porém os dados obtidos foram próximos aos do tratamento controle (AC). Isto pode estar relacionado principalmente à ingestão da ração pelos animais. Foi observado que os animais se alimentavam desuniformemente, devido à forte aeração que o sistema BFT exige para a movimentação do floco em toda a área do tanque. O pirarucu possui hábito alimentar gregário (CAVERO et al., 2003), supõem-se que esta movimentação afetou o desempenho dos animais de forma que a ingestão do alimento não ocorria adequadamente. Além disso, a forte agitação também pode ter ocasionado estresse e conseqüentemente alterado a imunidade dos peixes tornando-os vulneráveis a doenças.

As larvas do sistema BFT obtiveram o TEP inferior de 0,05 g/g em relação ao AC. Pressupõe-se que este valor possa estar relacionado ao consumo ligeiramente inferior das larvas no sistema BFT. Juvenis de pirarucu alimentados com dietas com 38 e 41% de PB alcançaram valores próximos de TEP aos deste experimento, porém vale ressaltar que para larvas de pirarucu as dietas devem conter concentração mínima de 45% PB devido ao acelerado metabolismo e elevado gasto de energia (CAVERO et al., 2003; MAGALHÃES JÚNIOR et al., 2017).

Ao analisar a TCR, apesar de não ter havido significância entre os sistemas, as necessidades nutricionais para o desempenho das larvas podem ter sido alcançadas em ambos os tratamentos. Entretanto, o ligeiro aumento no desvio padrão observado no sistema BFT pode estar associado ao desuniforme crescimento das larvas pela dificuldade de acesso ao alimento (EKASARI et al., 2015).

O grau de bem-estar dos peixes pode ser determinado pelo fator de condição. Neste trabalho, como os valores encontrados no BFT foram próximos aos de AC, demonstrou-se que as larvas conseguiram se desenvolver e interagir com os fatores bióticos e abióticos (TAVARES-DIAS et al., 2010).

O consumo de ração dos peixes criados no BFT foi inferior ao AC, apesar de não ser significativo. Foi observado um elevado desvio-padrão no consumo de ração no BFT, que

provavelmente está relacionado ao consumo do floco. Visualmente foi observado que durante a biometria os animais do BFT estavam com abdômen abaulado. A conversão alimentar aparente obtida foi inferior ao relacionado aos juvenis de pirarucu; com valores de 1,40 a 1,56, considerado dentro dos parâmetros para a espécie, e pode estar atribuído ao fator de peixes menores serem mais eficientes na conversão de ração em músculo (RIBEIRO et al., 2017).

O resultado das variáveis de desempenho se assemelha ao teste realizado em larvas de tilápia do Nilo obtidas de reprodutores criados no BFT e AC. Após a eclosão, as larvas oriundas dos reprodutores foram dispostas aleatoriamente em ambos os sistemas, e as larvas provenientes do sistema BFT apresentaram 90-98% de sobrevivência enquanto entre as de AC foi de 67-75%. Porém, o desempenho das larvas não foi afetado, independente da origem dos sistemas ou pelo alojamento das larvas, embora o crescimento parecesse mais uniforme quando as larvas estavam alojadas em água BFT. Acredita-se que o acesso ao alimento influenciou neste resultado, mesmo assim indicaram que o BFT pode ser utilizado na larvicultura de tilápias (EKASARI et al., 2015).

Os benefícios atribuídos ao sistema BFT em relação às variáveis de desempenho, por oferecer disponibilidade contínua de alimento para as larvas e livre acesso ao alimento em momentos fora do fornecimento, evitaram possíveis consequências negativas de interação social que ocorreram durante a alimentação.

No presente experimento, o desempenho zootécnico obtido pelas larvas está relacionado com parâmetros de qualidade de água dos sistemas que oscilaram em alguns períodos ao longo dos 31 dias, o que pode ter contribuído negativamente alterando a fisiologia do peixe. As variáveis de qualidade de água obtidas durante o período experimental estavam aceitáveis para a espécie, exceto para nitrogênio amoniacal total, nitrito e alcalinidade (SILVA et al., 2017).

As variáveis de qualidade da água obtidas durante o período experimental estavam aceitáveis para a espécie, exceto para amônia, nitrito e alcalinidade (KOO et al., 2017). No BFT podem ocorrer alterações corriqueiras, e estas foram ajustadas para evitar o comprometimento da estabilidade fisiológica dos animais. Entretanto, resultados de baixa qualidade de água para as espécies, principalmente níveis de nitrogênio amoniacal total e nitrito, podem ter causado menor consumo de ração, afetando o desempenho.

Os níveis de amônia total foram inferiores no sistema BFT, porém são considerados elevados nos dois sistemas, uma vez que para a criação de peixes o ideal é que se mantenha

abaixo de 1,0 mg/L. É relevante considerar que durante o experimento buscou-se manter os níveis recomendados através de renovação de água no AC. Nas primeiras semanas, é frequente a ocorrência de um aumento de amônia total no BFT correspondente às excreções dos organismos, como foi observado no quarto dia, e para estabilizar foi adicionada uma fonte de carbono, no caso o melão (KRUMMENAUER et al., 2012).

Não constam na literatura os níveis de nitrogênio amoniacal total para larvas de pirarucu, entretanto, juvenis podem suportar 2,0 mg/L de nitrogênio amoniacal total não ionizada ou 25,0 mg/L de nitrogênio amoniacal total (LIMA; OLIVEIRA, 2017) e dose letal de 53,0 mg/L (SOUZA-BASTOS; VAL; WOOD, 2015).

A amônia é tóxica quando estiver em pH acima de 8, quando está na forma não ionizada (NH_3), o que foi observado no nono dia do sistema AC. Isso pode ter influenciado na estabilidade das larvas e afetado a sobrevivência, pois havia em torno de 3,5 mg/L de amônia não ionizada.

No 23º dia, foi observado que o pico de amônia pode estar relacionado à água oriunda da renovação, advindo do sistema de recirculação que já continha uma quantidade relativamente alta (3,0 mg/L), considerando também o excesso de descarga de matéria orgânica (FARIAS et al., 2015).

O valor significativamente inferior de nitrogênio amoniacal total verificado no BFT em relação ao AC foi próximo ao recomendado para a espécie, possivelmente foi provocado pela eficiência do processo de nitrificação através das bactérias presentes no sistema. A amônia é convertida em dois subprodutos, o nitrito e o nitrato, através de bactérias naturalmente contidas na água de criação, realizando o ciclo do nitrogênio e ocorrendo a redução gradual de óxidos de nitrogênio (TISO; SCHECHTER, 2015).

As concentrações de nitrito foram consideradas acima do descrito na literatura de 0,3 mg/L, podendo influenciar na fisiologia do peixe (BOYD; TUCKER, 1998). Em juvenis de pirarucu já foram descritos médias de $2,3 \times 10^{-4} \pm 0,3 \times 10^{-4}$ mg/L que não afetaram no desempenho dos animais, ainda assim não há dados disponíveis para larvas de pirarucu (CAVERO et al., 2004).

As oscilações de nitrito no AC comprovaram a partir do 13º dia a elevada descarga orgânica no sistema AC, supondo-se que as bactérias estavam atuando na conversão da amônia em nitrito, o que foi corrigido posteriormente (KRUMMENAUER et al., 2012).

Os valores de nitrito no BFT demonstraram que as bactérias nitrificantes aumentaram sua atuação a partir do quarto dia e foram oscilando nos demais, os valores obtidos estão

próximos aos observados com larvas de outras espécies. Com larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) os valores se mantiveram inferiores a 1,19 mg/L no sistema BFT (POLI; SCHVEITZER; NUÑER, 2015). Já as larvas de tilápia oriundas de reprodutores criados em sistema BFT apresentaram 2,04 mg/L de nitrito sem afetar o desempenho (EKASARI et al., 2015).

O nitrito pode afetar a regulação de processos iônicos, respiratórios, cardiovasculares, endócrinos e excretórios. O seu acúmulo altera o transporte de oxigênio no sangue uma vez que oxida a hemoglobina em meta-hemoglobina, e as larvas analisadas pós-morte não demonstraram essas características (KROUPOVA; MACHOVA; SVOBODOVA, 2005). Entretanto, os peixes tropicais podem tolerar concentrações superiores, como exemplo, as tilápias sobrevivem com até 2,8 mg/L de nitrito presente na água (YANBO et al., 2006).

Baixas taxas metabólicas e temperatura com quantidades maiores de oxigênio na criação são capazes de tornar o nitrito menos tóxico. Entretanto, temperaturas mais baixas podem influenciar a eficiência do mecanismo de desintoxicação (KROUPOVA; MACHOVA; SVOBODOVA, 2005).

O oxigênio dissolvido manteve-se dentro dos níveis, o indicado é que seja acima de 5,0 mg/L para as larvas de pirarucu (HALVERSON, 2013). No sistema BFT os valores foram adequados, em virtude de manter concentrações seguras para atender a alta demanda de O₂ no sistema (BRAUNER et al., 2004; HARGREAVES, 2013).

O pirarucu é uma espécie capaz de tolerar oscilações bruscas na qualidade da água por possuir respiração aérea e suportar baixos níveis de oxigênio (BRAUNER; VAL, 1996). Os valores superiores do parâmetro de CO₂ no sistema BFT estão correlacionados à elevada biomassa microbiana e deterioração da matéria orgânica acumulada no sistema. O pico observado no 19º dia pode estar relacionado à rápida multiplicação de bactérias presentes no sistema, fazendo-se necessária a renovação do sistema para diminuição dessa biomassa (LIMA et al., 2015b).

O sistema BFT exige uma intensa monitorização para evitar a acidose causada pelo excesso de CO₂, necessitando assim de adição de fontes de íons de cálcio para manter a alcalinidade e pH adequados durante a criação (MARTINS et al., 2017). Em condições aeróbicas, metade dos carbonos orgânicos no sistema é utilizado pela biomassa bacteriana e outra metade é mineralizada para CO₂ (MAGONDU et al., 2015).

A média da alcalinidade durante o experimento foi maior em BFT, entretanto, menor que o citado na literatura, pois acima de 70,0 mg/L pode afetar os processos de nitrificação

(FURTADO et al., 2015). Além das bactérias heterotróficas utilizarem a alcalinidade como fonte de carbono, os micro-organismos autotróficos consomem a maior quantidade de carbono inorgânico, ocasionando a redução da alcalinidade e do pH. Para cada grama de nitrogênio amoniacal oxidado a $N-NO_3$, cerca de 4,18 g de oxigênio e 7,07 g de alcalinidade são consumidos pelas bactérias nitrificantes, produzindo 0,17 g de biomassa bacteriana (CHEN; LING; BLANCHETON, 2006). Quanto às bactérias heterotróficas, consomem cerca de 4,78 g de oxigênio e 3,57 g de alcalinidade para produzir 8,07 g de biomassa (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006). Valores de alcalinidade abaixo do indicado foram constatados também em outros trabalhos com peixes em BFT (EKASARI et al., 2016; BROL et al., 2017; SGNAULIN et al., 2018).

Tanto a temperatura como o pH se mantiveram em níveis satisfatórios para a espécie. Os parâmetros registrados da temperatura no decorrer do experimento foram se elevando pela redução de chuvas na época. O pico do pH registrado no oitavo dia no sistema AC foi explicado pela renovação de 75% da água do sistema. Caso o pH fosse registrado abaixo de 6,5 utilizava-se o bicarbonato de sódio para correção e supõe-se que neste dia tenha sido adicionado a mais, elevando o pH acima do recomendado, que é o neutro (AVNIMELECH, 2011; HARGREAVES, 2013).

No decorrer do experimento, os níveis do floco demoraram a se estabilizar. Eles foram corrigidos para 20,0 mL/L, para espécies de tilápia o indicado é manter em 5-50,0 mL/L. Isto pode estar atribuído inicialmente ao excesso de matéria orgânica no sistema, estimulando a multiplicação de micro-organismos formando floco microbiano (AVNIMELECH, 2011; LIMA et al, 2015 b). Em cultivo de tilápia, registrou-se volume de 113 e 147,0 mL/L para uma densidade de até 100 peixes/m³, superior aos observados neste experimento. Em geral, mesmo com os níveis elevados de SS, a eficiência alimentar foi melhor no BFT em relação ao controle. Possivelmente a quantidade de floco verificada no BFT serviu como fonte de alimento adicional para as larvas (WIDANARNI; EKASARI; MARYAM, 2012).

A correção de SS em excesso pode ter comprometido o controle da amônia. Pela dificuldade de controle, foi necessária a remoção de SS, desestabilizando o sistema e afetando a biomassa das bactérias nitrificantes, pois reduziu-se a fonte de nutrientes para estes micro-organismos (SCHVEITZER et al., 2013).

Os fatores como os parâmetros de água e fonte de carbono estão diretamente correlacionados com a presença de micro-organismos nos sistemas. A maioria das bactérias

identificadas fazem parte da microbiota do peixe e só irão se manifestar caso ocorra estresse durante o manejo (GUTIÉRREZ et al., 2016).

Neste trabalho foram identificados dois filos, a maioria formado pelas Proteobacterias (*Aeromonas*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Klebsiella*, *Morganella*, *Providencia*, *Serratia*, *Salmonella*, *Proteus*, *Pseudomonas* e *Yersinia*) e por Firmicutes (*Bacillus* e *Staphylococcus*).

As proteobactérias encontradas nas águas do sistema AC e no BFT em comum foram *Aeromonas*, *Enterobacter*, *Hafnia* e *Klebsiella*. As proteobactérias em geral são amplamente encontradas em água doce e estão presentes em águas contendo resíduos, este filo desempenha um papel importante na ciclagem e mineralização de matéria orgânica (KERSTERS et al., 2006). Provavelmente estas bactérias foram funcionais para remover o material orgânico do sistema e na transformação do floco microbiano (AVNIMELECH, 2009).

As espécies das proteobactérias são dominantes na aquicultura (WEI; LIAO; WANG, 2016). Existiu uma diversidade de micro-organismos encontrados no sistema BFT e pode-se dizer que esta comunidade serviu como tratamento da qualidade de água e como proteína adicional na alimentação. No entanto, pouco se sabe sobre as comunidades bacterianas disponíveis na água de criação.

Dentre as bactérias observadas, o gênero *Aeromonas* é considerado patogênico na piscicultura. Estão amplamente distribuídas, são bactérias onipresentes em ambientes aquáticos e ocasionam doenças gastrointestinais em humanos através de alimentos e água contaminada (JANDA; ABBOTT, 2010). Apesar de não se ter obtido em nível de espécie, a presença deste gênero pode ter interferido na sobrevivência, já que estava presente em ambos os tratamentos e inclusive nos peixes de BFT. Uma das principais espécies que tem gerado perdas na aquicultura é a *A. hydrophila*, que ocasiona edema abdominal, dermatite, úlceras profundas, exoftalmia e septicemia em organismos aquáticos (KOZÍNSKA; PEKALA, 2012).

A presença de *Bacillus* spp. em maior quantidade no BFT pode ser proveniente do TGI das larvas, pois pode ter se proliferado na água através da excreção das larvas. O BFT pode promover a proliferação de bactérias probióticas, pois a microbiota intestinal irá compor as fezes e irá se misturar nos flocos microbianos que são ricos em nutrientes para estes micro-organismos (GUTIÉRREZ et al., 2016).

O gênero *Bacillus* isolado no peixe do sistema e na água do Bioflocos é bastante utilizado como probiótico na aquicultura, também é capaz de remover metais pesados e

compostos sulfurosos da água (WU; LI; YANG, 2012). A bactéria *B. subtilis* já foi estudada em sistema BFT, no qual acelerou o desenvolvimento e melhorou a qualidade do floco (LU et al., 2012). Estão frequentemente encontradas em solos, continentes e oceanos; em águas auxiliam na mineralização de nutrientes e produzem compostos bioativos usados para inibir patógenos (SILVA et al., 2016).

As espécies identificadas são citadas como agentes causadores de gastroenterites em peixes, porém só são consideradas patogênicas quando algum fator ocasiona estresse e desestabiliza a imunidade, exceto pela *A. typhi*, que não está relacionada a patogenicidade em peixes (PADILLA et al., 2015; CAO et al., 2017).

Alguns gêneros de bactérias foram identificados no sistema BFT em criação de tilápias, dentre as quais quatro foram identificados neste trabalho, sendo *Aeromonas*, *Enterobacter*, *Bacillus* e *Pseudomonas* (DOSTA et al., 2013). As bactérias heterotróficas, como *Bacillus* e *Pseudomonas*, possivelmente preveniram a proliferação de bactérias patogênicas através da exclusão competitiva, pois são bactérias degradantes de N, associadas com melhora da qualidade de água e alcançam controle eficaz de micro-organismos patogênicos (AVNIMELECH, 2009; CRAB et al., 2010).

Há poucas informações específicas associadas aos demais gêneros isolados. Em geral são bactérias comensais do intestino animal e humano, podem estar presentes no meio ambiente, solo, água e esgoto. Podem fornecer biorremediação e proteção ambiental, pois tolera ou utiliza compostos poluentes, também como, promover o crescimento das plantas (DRZEWIECKA, 2016).

As bactérias presentes no BFT podem ser afetadas pelas diferentes fontes de carbono. Por exemplo, foi utilizado o milho na formação do BFT em carpas. A comunidade microbiana identificada no intestino dos peixes e na água do sistema BFT foram bactérias diferentes das isoladas nesse experimento com o melaço. Sendo que os gêneros *Escherichia*, *Lactobacillus* e *Streptococcus* foram correlacionados à melhora da qualidade de água (BAKHSHI et al., 2018).

Outras fontes de carbono investigadas foram o poli- β -hidroxibutírico e a policaprolactona usadas no sistema BFT com tilápias. Assim como os identificados neste experimento, o filo mais abundante foi o Proteobacteria, entretanto não foram identificadas em nível de gênero. Não houve diferença entre os tratamentos, pode-se afirmar que as bactérias atuaram através da identificação do acúmulo de nitrato. Além disso, foi relatada a dificuldade em identificar as bactérias autotróficas e heterotróficas específicas porque as

bactérias podem alternar-se devido à relação da disponibilidade de carbono orgânico (LUO et al., 2017).

O filo Proteobacteria foi predominante no BFT com criação de peixe-gato (*Pelteobagrus vachelli*), sendo observado que quanto maior a diversidade de bactérias, melhor a estabilidade do ecossistema. E este grupo desempenhou um papel importante na ciclagem e mineralização de compostos orgânicos (DENG et al., 2018).

Além das bactérias, a presença de outros micro-organismos que compõem o floco são importantes. Existem variados organismos presentes advindo de diferentes classes. Inicialmente, os poucos micro-organismos presentes no sistema podem estar relacionados à diluição do inóculo (BROL et al., 2017).

Nos dois sistemas foram observados fitoplâncton, zooplâncton e protozoa, provavelmente associados à água do sistema de recirculação. Outros fatores que podem variar na densidade dos micro-organismos são o consumo, predação e competição de substrato com as bactérias e outros organismos (EMERENCIANO et al., 2013).

O aumento gradativo dos organismos no sistema AC entre o 12º dia e o final do experimento pode ser relacionado possivelmente à alteração de dias chuvosos para dias ensolarados. Isso pode ter contribuído com a fotossíntese para proliferação de maior quantidade de fitoplâncton; conseqüentemente, aumento de zooplâncton.

O aumento do quantitativo dos organismos desde o início do experimento comprovou o acúmulo devido ser um sistema de troca zero. Não foi identificado fitoplâncton após a segunda coleta no sistema BFT, porém, provavelmente havia, devido à presença mesmo que em pouca quantidade de zooplâncton durante o experimento.

A presença de zooplâncton rotífero (*Lecane*, *Monoystila* e *Trichocerca*) é geralmente associada aos flocos microbianos (DOSTA et al., 2013). Eles atuam principalmente na fragmentação do floco, consomem bactérias, excretam muco e auxiliam na agregação da matéria orgânica, conseqüentemente produzindo novos flocos microbianos (PÉREZ, 2010).

O aumento gradativo de protozoários no BFT se deve ao consumo da matéria orgânica como alimento e aproveitamento de 40% dos nutrientes para a produção de biomassa dos protozoários (MANAN et al., 2017). *Paramecium* e *Euplotes* podem ter sido uma fonte de alimento por serem considerados alimento natural rico para os peixes (LOUREIRO; WASIELESKY; ABREU, 2012). A presença destes protozoários no BFT se deve ao consumo da matéria orgânica como alimento e aproveitamento dos nutrientes para a produção de biomassa microbiana (MANAN et al., 2017).

Os nematoides se mantiveram durante todo o experimento, destacando-se no BFT por serem maiores que os demais organismos, tornando-se atrativo para os peixes. Sua presença foi associada aos ciliados (*Paramecium*) por servirem de alimento para os mesmos (RAY et al., 2012). Os nematoides são constituídos por proteína bruta e lipídios, e já foram identificados no intestino de peixes criados em BFT (FOCKEN et al., 2006; LOUREIRO et al., 2010).

O comportamento do insecta decaiu até o 24º dia por possivelmente completar seu ciclo, pois o *Mochlonyx* geralmente vive em corpos de água pequenos, muitas vezes temporários (BALIAN et al., 2008).

Alguns micro-organismos foram identificados no sistema BFT com criação de piracanjuba (*Brycon orbignyanu*), dentre eles microalgas (1,2 ind mL/L), rotíferos (0,15 ind mL/L), cilióforos (5,6 ind mL/L) e nematoides (0,02 ind mL/L), que também foram relatados neste estudo e contribuíram para a formação do floco. Entretanto, alguns problemas com os compostos nitrogenados no BFT prejudicaram a qualidade da água no sistema e interferiram no desempenho dos animais. Apesar do sistema BFT não ter influência no desempenho da piracanjuba, os resultados zootécnicos do tratamento com BFT foram equiparados a outros estudos com a espécie (SGNAULIN et al., 2018).

Todos estes micro-organismos constituintes do floco microbiano lhe dão qualidade, com valores altos de PB, e os resultados obtidos na análise centesimal se enquadram na alimentação de peixes e corroboram com as análises da composição descritas na literatura. O floco possui nutrientes essenciais na sua composição bromatológica formado por proteínas, lipídios, minerais, ácidos graxos essenciais, vitaminas, carotenóides e enzimas (EKASARI et al., 2015; BAKHSHI et al., 2018).

A composição centesimal corresponderá à fonte de carbono para a formação de bioflocos. Em trabalhos citados anteriormente, os parâmetros nutricionais do floco microbiano podem variar em torno de 12-58% de PB; 0,3-41% de lipídios; 3-27% de cinzas; 14-59% de carboidratos; e 15-27% de energia bruta (CRAB, 2010; EMERENCIANO et al., 2013).

A composição centesimal do floco microbiano, que utiliza o melão como fonte de carbono, pode variar entre 39-48% de PB; 12-24% de lipídios; e 25-28% de cinzas. Com isso, pode ser observado que a análise centesimal foi próxima ao resultado descrito na literatura e o floco atende às exigências proteicas das larvas de pirarucu (WIDANARNI; EKASARI; MARYAM, 2012).

Em um experimento avaliando glicose, amido e glicerol como suplementação para formação do BFT, obteve-se 41, 31 e 35% de PB, respectivamente. Foi demonstrado que bioflocos cultivados em diferentes fontes de carbono possuem qualidades diferentes e ressaltou que a escolha da fonte de carbono usada para o cultivo de bioflocos é relevante. Pode-se afirmar que a utilização de açúcares simples, como a glicose, resulta em remoção mais rápida de amônia, enquanto carboidratos mais complexos requerem mais tempo para decomposição (WEI; LIAO; WANG, 2016).

Assim, através dos resultados expostos, o sistema BFT é uma alternativa que elimina o uso de substâncias que implicam negativamente na produção. Ainda que as variáveis de desempenho não tenham sido significativas, o sistema é vantajoso economicamente, diminuindo o uso de águas e efluentes. Durante o experimento, economizou-se 2.325 L de água em relação ao AC.

Não há estudos suficientes que mostrem as espécies de micro-organismos no sistema. Com isso, o referente estudo contribuiu com futuras pesquisas para desvendar a diversidade, a relação e a função dos micro-organismos no BFT, além de colaborar com a depuração eficiente de compostos nitrogenados.

Sugere-se que sejam utilizadas larvas de maior peso e comprimento, por apresentarem maior higidez e para que a aeração não afete o movimento das larvas. Utilizar tanques com maior capacidade pode evitar o estresse dos animais com a diminuição do contato durante o manejo e poderá auxiliar na estabilização dos flocos. Outra alternativa seria o policultivo em BFT, ocorrendo o melhor aproveitamento da área com uma espécie aproveitando resíduo da outra e melhorando o desempenho e a qualidade do sistema.

7. CONCLUSÕES

O BFT não contribuiu com o desempenho das larvas de pirarucu como fonte adicional de alimento.

Entre os micro-organismos presentes nos sistemas, destacou-se o bioflocos, com maior diversidade de bactérias, o gênero mais frequente foi *Pseudomonas*.

O floco microbiano é rico em proteína, com média de 41,70% de proteína bruta;

Sugere-se que sejam utilizadas larvas de maior peso e comprimento, por apresentarem maior higidez e para que a aeração não afete seu movimento.

Utilizar tanques de maior volume pode reduzir o estresse dos animais pela diminuição do contato durante o manejo e poderá auxiliar na estabilização dos flocos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÁNTARA-BOCANEGRA, A.F. et al. Paiche. El gigante del Amazonas. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos, Peru, 2006, 70p.

ALCÁNTARA, A.M. et al. Ontogeny of the digestive tract of *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) (Osteoglossiformes: Arapaimidae) larvae. Journal of the World Aquaculture Society, v. x, p. 1-11, 2018.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Manual de detecção e identificação: bactérias de importância médica. Brasília, 2004. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/microbiologia/mod_5_2004.pdf

AOAC. Official Methods of Analysis of the AOAC. 18 ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC International, 2010.

APHA. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4 ed. Washington DC: American public health association, 2001, 676p.

AVNIMELECH, Y. Carbon nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. Aquaculture, v. 176, p. 227-2351, 1999.

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. Aquaculture, v. 264, n. 4, p. 140-147, 2007.

AVNIMELECH, Y. Biofloc technology: a practical guide book. Baton Rouge: World Aquaculture Society, 2009, 182p.

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

AVNIMELECH, Y. Biofloc Technology: A practical guide book. Baton Rouge, Louisiana, 2 ed, The Word Aquaculture Society, 2012, 271p.

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

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, 2018.

BALIAN, E.V. et al. The freshwater animal diversity assessment: an overview of the results. Hydrobiologia, v. 595, p. 627-637, 2008.

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, p. 163-172, 2010.

BENDER, J. et al. A waste effluent treatment system based on microbial mats for black sea bass *Centropristis striata* recycled-water mariculture. Aquacultural Engineering, v. 31, p. 73-

82, 2004.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. Water quality and pond soil analyses for aquaculture. Alabama: Auburn University, 1998, 183p.

BRAUNER, C.J. et al. Transition in organ function during the evolution of air-breathing; insights from *Arapaima gigas*, an obligate air-breathing teleost from the Amazon. *The Journal of Experimentation Biology*, London, v. 207, n. 9, p. 1433-1438, 2004.

BRAUNER, C.J.; VAL, A.L. The interaction between O₂ and CO₂ exchange in the obligate air breather, *Arapaima gigas*, and the facultative air breather, *Lipossarcus pardalis*. In: VAL, A.L.; ALMEIDA-VAL, V.M.F.; RANDALL, D.J. (Ed.). *Physiology and biochemistry of the fishes of the Amazon*. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, p. 101-110, 1996.

BROL, J. et al. Tecnologia de bioflocos (BFT) no desempenho zootécnico de tilápias: efeito da linhagem e densidades de estocagem. *Archivos de Zootecnia*, v. 66, n. 254, p. 229-235, 2017.

BROWDY, L.C. et al. Biofloc-based Aquaculture Systems. In: *Aquaculture Production Systems*, TIDWELL, J.H. (ed). Kentucky: John Wiley & Sons, Inc., p. 278-307, 2012.

CAO, H. et al. *Enterobacter aerogenes*: an emerging pathogen for enteritis in farmed channel catfish *Ictalurus punctatus*. *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, 2017, 7p.

CAVERO, B.A.S et al. Uso de alimento vivo como dieta inicial no treinamento alimentar de juvenis de pirarucu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 8, p. 1011-1015, 2003.

CAVERO, B.A.S. et al. Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 5, p. 513-516, 2004.

CHEN, S.; LING, J.; BLANCHETON, J.P. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering*, v. 34, p. 179-197, 2006.

CONCEIÇÃO, E.C. et al. Review article: Live feeds for early stages of fish rearing. *Aquaculture Research*, v. 41, p. 613-640, 2010.

CRAB, R. *Bioflocs technology: an integrated system for the removal of nutrients and simultaneous production of feed in Aquaculture*. Ghent, Belgium: Ghent University. Faculty of Bioscience Engineering, 2010, 178p.

CORTEGANO, C.A.A. et al. Nutritional and lipid profiles of the dorsal and ventral muscles of wild pirarucu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, n. 4, p. 271-276, 2017.

CRAB, R. et al. Nitrogen removal in aquaculture towards sustainable production. *Aquaculture*, v. 270, p. 1-14, 2007.

CRESCÊNCIO, R. et al. Influência do período de alimentação no consumo e ganho de peso do pirarucu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, n. 12, p. 1217-1222, 2005.

- DASH, H.R.; DAS, S. Bioremediation of mercury and importance of bacterial *mer* genes. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 75, p. 207-213, 2012.
- DAUDA, A.B. et al. Different carbon sources affects biofloc volume, water quality and the survival and physiology of African catfish *Clarias gariepinus* fingerlings reared in an intensive biofloc technology system. *Fisheries Science*, v. 83, p. 1037-1048, 2017.
- DENG, M. et al. The effect of different carbon sources on water quality, microbial community and structure of biofloc systems. *Aquaculture*, v. 482, p. 103-110, 2018.
- DE SCHRYVER, P.; VERSTRAETE, W. Nitrogen removal from aquaculture pond water by heterotrophic nitrogen assimilation in lab-scale sequencing batch reactors. *Bioresource Technology*, v. 100, p. 1162-1167, 2009.
- DEVI, C.A.; KURUP, B.M. Biofloc Technology: An overview and its application in animal food industry. *International Journal of Fisheries and Aquaculture Sciences*, v. 5, n. 1, p. 1-20, 2015.
- DOSTA, M.C.M. et al. Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, v. 48, n. 3, p. 511-520, 2013.
- DRZEWIECKA, D. Significance and roles of *Proteus* spp. bacteria in natural environments. *Microbial Ecology*, v. 72, p. 741-758, 2016.
- 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, p. 346-358, 2006.
- EKASARI, J. et al. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. *Aquaculture*, v. 441. p. 72-77, 2015.
- 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.
- EMERENCIANO, M. et al. Biofloc meal pellet and plant based diet as an alternative nutrition for shrimp under limited water exchange systems. CD of abstracts of World Aquaculture Society Meeting 2011, Natal, RN, Brazil, 2011.
- EMERENCIANO, M. et al. Evaluation of biofloc technology in pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* culture: growth performance, water quality, microorganisms profile and proximate analysis of biofloc. *Aquaculture*, v. 21, n. 6, p. 1381-1394, 2013.
- FAO - Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Branch. *Annuaire 2017*: Roma, 2017.
- FARIAS, I.P. et al. Evidence of polygamy in the socially monogamous Amazonian fish *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) (Osteoglossiforme, Arapaimidae). *Neotropical Ichthyology*, v. 13, p. 195-204, 2015.

- FOCKEN, et al. *Panagrellus redivivus* mass produced on solid media as live food for *Litopenaeus vannamei* larvae. *Aquaculture Research*, v. 37, n. 14, p. 1429-1436, 2006.
- FURTADO, et al. The effect of different alkalinity levels on *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc technology (BFT). *Aquaculture International*, v. 23, p. 345-358, 2015.
- GONZALEZ, R.J. et al. Impact of ontogenetic changes in branchial morphology on gill function in *Arapaima gigas*. *Physiological and Biochemical Zoology*, v. 83, p. 322-332, 2010.
- GOVONI, J.J.; BOEHLERT, G.W.; WATANABE, Y. The physiology of digestion in fish larvae. *Environmental Biology of Fishes*, v. 16, p. 59-77, 1986.
- GUTIÉRREZ, S.M. et al. Effect of two carbon sources in microbial abundance in a Biofloc culture system with *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, v. 4, n. 3, p. 421-427, 2016.
- HACH, C. Solids, settleable matter. United States of America: Hach Company World headquarters. 8 ed., 2015.
- HALVERSON, M. Manual de boas práticas de reprodução do pirarucu em cativeiro. Brasília, DF: Sebrae, 2013, 74p.
- HARGREAVES, J.A., Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquaculture Engineering*, v. 34, p. 344-363, 2006.
- HARGREAVES, J.A. Biofloc production system for aquaculture. Southern Regional Aquaculture Centre, n. 4503, 2013.
- HARI, B. et al. The effect of carbohydrate addition on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture*, v. 252, p. 248-263, 2006.
- IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional de Saúde. 2017. Disponível em: <ftp.ibge.gov.br/PNS/2017/pns2017.pdf>. Acesso em: 25 jul 2017.
- JANDA, J.M.; ABBOTT, S. The Genus *Aeromonas*: Taxonomy, pathogenicity, and infection. *Clinical Microbiology Reviews*, v. 23, n. 1, p. 35-73, 2010.
- KARIGAR, C.S.; RAO, S.S. Role of microbial enzymes in the bioremediation of pollutants: A review. *Enzyme Research*, v. 2011, p. 1-11, 2011.
- KERSTERS, K. et al. Introduction to the Proteobacteria. In DWORKIN, M. et al. (Eds) *Proteobacteria: Alpha and Beta subclasses. The Prokaryotes*, v. 5, p. 3-37, 2006.
- KOO, F.C. et al. El cultivo del paiche. *Biología, procesos productivos, tecnologías y estadísticas*. Iquitos: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP1 ed., 2017, 108p.
- KOZÍNSKA, A.; PEKALA, A. Characteristics of disease spectrum in relation to species, serogroups, and adhesion ability of motile aeromonads in Fish. *The Scientific World Journal*, v. 1, p. 1-9, 2012.
- KROUPOVA, H.; MACHOVA, J.; SVOBODOVA, Z. Nitrite influence on fish: a review.

Veterinární medicína-Czech, v. 50, n. 11, p. 461-471, 2005.

KRUMMENAUER, D. et al. Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in Southern Brazil at different stocking densities. Journal of the World Aquaculture Society, v. 42, p. 726-733, 2012.

KUHN, D.D. et al. Microbial flocs generated in bioreactors is a superior replacement ingredient for fishmeal or soybean meal in shrimp feed. Aquaculture, n. 296, p. 51-57, 2009.

LIMA, A.D.; TAVARES-FILHO, A.; MORO, G.V. Natural food intake by juvenile *Arapaima gigas* during the grow-out phase in earthen ponds. Aquaculture Research, v. 49, n. 5, p. 1-8, 2018.

LIMA, A.F. et al. Manejo de plantel de reprodutores de pirarucu. EMBRAPA, 2015, 108p.

LIMA, A.F.; OLIVEIRA, H.J.B. Effect of density on survival, physiological parameters and water quality during pirarucu transportation in open system. Aquaculture Research, p. 1-6, 2017.

LIMA, E.D.S. et al. Cultivo da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em sistema de bioflocos com diferentes densidades de estocagem. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, Salvador, v. 16, n. 4, p. 948-957, 2015.

LOUREIRO, C.K.; WASIELESKY, W.; ABREU, P.C. The use of protozoan, rotifers and nematodes as live food for shrimp raised in BFT system. Atlântica, Rio Grande, v. 34, n. 1, p. 5-12, 2012.

LU, L. et al. The effects of *Bacillus subtilis* on nitrogen recycling from aquaculture solid waste using heterotrophic nitrogen assimilation in sequencing batch reactors. Bioresource Technology, v. 124, p. 180-185, 2012.

LUGERT, V. et al. A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application. Reviews in Aquaculture, v. 6, p. 1-13, 2014.

LULING, K.H. Zur biologie und okologie von *Arapaima gigas* (Pisces, Osteoglossidae). Zeitschrift fuer Morphologie und Oekologie der Tiere, v. 54, p. 436-530, 1964.

LUO, G. et al. Inorganic nitrogen dynamics in sequencing batch reactors using biofloc technology to treat aquaculture sludge. Aquaculture Engineering, v. 52, p. 73-79, 2013.

LUO, G. et al. Nitrogen dynamics, bacterial community composition and biofloc quality in biofloc-based systems cultured *Oreochromis niloticus* with poly- β -hydroxybutyric and polycaprolactone as external carbohydrates. Aquaculture, v. 479, p. 732-741, 2017.

MAGALHÃES JÚNIOR, F.O. et al. Digestible protein requirement of pirarucu juveniles (*Arapaima gigas*) reared in outdoor Aquaculture. Journal of Agricultural Science, v. 9, n. 9, p. 114, 2017.

MAGONDU, E.W. et al. Production of aerobic, anaerobic and anoxic bioflocs from tilapia sludge. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, v. 2, n. 5, p. 347-352, 2015.

- MANAN, H. et al. Identification of biofloc microscopic composition as the natural bioremediation in zero water exchange of Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, culture in closed hatchery system. *Applied Water Science*, v. 7, p. 2437-2446, 2017.
- 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, 2017.
- NÚÑEZ-RODRÍGUEZ, J. et al. Reproductive success and fry production of the paiche or pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz), in the region of Iquitos, Peru. *Aquaculture Research*, v. 42, p. 815-822, 2011.
- NÚÑEZ-RODRÍGUEZ, J. et al. Use of an acoustic telemetry array for fine scale fish behaviour assessment of captive Paiche, *Arapaima gigas*, breeders. *Aquaculture Research*. v. 49, p. 2296–2304, 2018.
- PADILLA, D. et al. The pathogen *Hafnia alvei* in veterinary medicine: a review. *Journal of Applied Animal Research*, v. 43, n. 2, p. 231-235, 2015.
- PANIGRAHI, A. et al. Microbial soup-Eco based approach for shrimp culture and management. CIBA (Indian Council of Agricultural Research) ENVIS Centre Newsletter v. 12, n. 2, 2014.
- PEREIRA, G.V. et al. Characterization of microbiota in *Arapaima gigas* intestine and isolation of potential probiotic bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, v. 123, n. 5, p. 1298-1311, 2017.
- PÉREZ, A.J.D. Aplicación y evaluación de un reactor de contactores biológicos rotativos (RBC o biodiscos), a escala de laboratorio como tratamiento de los lixiviados generados en el relleno sanitario de la Pradera. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana, Faculdade de Engenharias, Universidade de Medellín, Medellín, 2010, 259p.
- PINESE, J.F. Morfologia funcional da alimentação do pirarucu (*Arapaima gigas*). Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1996, 60p.
- POLEO, G. et al. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 4, p. 429-437, 2011.
- POLI, M.A.; SCHVEITZER, R.; NUÑER, A.P.O. The use of biofloc technology in a South American catfish (*Rhamdia quelen*) hatchery: Effect of suspended solids in the performance of larvae. *Aquacultural Engineering*, v. 66, p. 17-21, 2015.
- RAY, A. Biofloc technology for super-intensive shrimp culture. In: AVNIMELECH, Y. *Biofloc Technology - a practical guide book*, 2 ed., The World Aquaculture Society, Louisiana: Baton Rouge, p. 167-188, 2012.
- REBAZA, A.M.; ALCÁNTARA, F.B.; VALDIVIESO, M. Manual de Piscicultura del Paiche *Arapaima gigas* Cuvier. Secretaria Pro Tempore. Tratado de Cooperación Amazónica. Caracas: Venezuela, 1999.

- RIBEIRO, M.S. et al. Fish protein hydrolysate as an ingredient in diets for *Arapaima gigas* juveniles. Boletim do Instituto de Pesca (online), v. 43, p. 85-92, 2017.
- SAAVEDRA ROJAS, E.A. et al. Nutrición y alimentación del pirarucú *Arapaima gigas* (Schinz,1882). In Biología y cultivo del pirarucú *Arapaima gigas* Schinz, 1822. Pisces: Arapaimidae. Bases para un aprovechamiento sostenible - Aspectos Reproductivos (ed. by A.I. Sanabria, I.C. Beltran; P.V. Daza), Bogotá, Colombia: INCODER/UNC, p. 41-58, 2005.
- SAMOCHA, T.M. et al. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. Aquacultural Engineering, v. 36, p. 184-191, 2007.
- SCHVEITZER, R. et al. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. Aquacultural Engineering, v. 56, p. 59-70, 2013.
- SGNAULIN, T. et al. Biofloc technology (BFT): An alternative aquaculture system for piracanjuba *Brycon orbignyianus*? Aquaculture, v. 485, p. 119-123, 2018.
- SILVA, J.L.S. et al. Aquatic microbiota diversity in the culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) using bioflocs or periphyton: virulence factors and biofilm formation. Acta Scientiarum. Animal Sciences, Maringá, v. 38, n. 3, p. 233-241, 2016.
- SILVA, J.W.B.E. et al. Cultivo do pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) em duas densidades de estocagem no Nordeste do Brasil. Boletim Técnico CEPTA, Pirassununga, v. 10, p. 61-70, 1997.
- SILVA, K.R.; WASIELESKY, W.J.; ABREU, P.C. Nitrogen and phosphorus dynamics in the biofloc production of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Journal of the World Aquaculture Society, v. 44, p. 30-41, 2013.
- SILVA, U.G. et al. Carbon sources and C:N ratios on water quality for Nile tilapia farming in biofloc system. Revista da Caatinga, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 1017-1027, 2017.
- SOUZA-BASTOS, L.R.; VAL, A.L.; WOOD, C.M. Are Amazonian fish more sensitive to ammonia toxicity of ammonia to eleven native species. Hydrobiology, v. 766, p. 1-15, 2015.
- STATSOFT INC. Statistica: data analysis software system: version 10.0. Tulsa: STATSOFT; 2012.
- UTERMÖHL, H. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie. Mitteilungen, v. 9, p. 1-38, 1958.
- VERDOUW, H.; VAN ECHELD, C.J.A.; DEKKERS, E.M.J. Ammonia determination based on indophenol formation with sodium salicylate. Water Research, v. 12, p. 399-402, 1978.
- TACON, A.G.J. et al. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. Aquaculture Nutrition, v. 8, p. 121-137, 2002.

- TAVARES-DIAS, M. et al. Relação peso-comprimento e fator de condição relativo (Kn) do pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) em cultivo semi-intensivo no Estado do Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Zootecias*, v. 12, n. 1, p. 59-65, 2010.
- TAW, N. et al. Harvest/Biofloc system promising for pacific white shrimp. *Global Aquaculture Advocate*, v. 10, n. 3, p. 84-87, 2008.
- TISO, M.; SCHECHTER, A.N. Nitrate reduction to nitrite, nitric oxide and ammonia by gut bacteria under physiological conditions. *PLoS ONE*, v. 10, n. 3, p. 1-18, 2015.
- TORATI, L.S et al. Comparative proteome and peptidome analysis of the cephalic fluid secreted by *Arapaima gigas* (Teleostei: Osteoglossidae) during and outside parental care. *PLOS ONE*, v. 12, n. 10, p. 1-20, 2017.
- VITORINO, C.A. et al. Low genetic diversity and structuring of the *Arapaima* (Osteoglossiformes, Arapaimidae) population of the Araguaia-Tocantins Basin. *Frontiers in Genetics*, v. 8, n. 159, p. 1-10, 2017.
- WEI, Y.F.; LIAO, S.; WANG, A. The effect of different carbon sources on the nutritional composition, microbial community and structure of bioflocs. *Aquaculture*, v. 465, p. 88-93, 2016.
- WIDANARNI; EKASARI, J.; MARYAM, S. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. *Journal of Biosciences*, v. 19, n. 2, p. 73-80, 2012.
- WU, Y.; LI, T.; YANG, L. Mechanisms of removing pollutants from aqueous solutions by microorganisms and their aggregates: A review. *Bioresource Technology*, v. 107, p. 10-18, 2012.
- YANBO, W. et al. Acute toxicity of nitrite on tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different external chloride concentrations. *Fish Physiology and Biochemistry*, v. 32, p. 49-54, 2006.
- YANG, M. et al. Dietary protein requirement of juvenile bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). *Aquaculture*, v. 459, p. 191-197, 2016.