



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**  
**CURSO DE ZOOTECNIA**

**TAINAH OLIVEIRA MEDINA**

**DESEMPENHO DE TILÁPIA EM SISTEMA DE BIOFLOCOS NA FASE DE  
BERÇÁRIO: ESTUDO DE CASO NA FAZENDA ÁGUA BOA, TRAIRI/CE**

**FORTALEZA**

**2019**

**Tainah Oliveira Medina**

**DESEMPENHO DE TILÁPIA EM SISTEMA DE BIOFLOCOS NA FASE DE  
BERÇÁRIO: ESTUDO DE CASO NA FAZENDA ÁGUA BOA, TRAIRI/CE**

**Monografia apresentada ao Curso de  
Zootecnia da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial para a  
obtenção do Título de Zootecnista.**

**Orientadora: Profa. Dra. Elenise Gonçalves  
Oliveira.**

**FORTALEZA**

**2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- M443d Medina, Tainah Oliveira.  
Desempenho de tilápia em sistema de bioflocos na fase de berçário: estudo de caso na fazenda Água Boa, Trairi/CE / Tainah Oliveira Medina. – 2019.  
40 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Zootecnia, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Profª. Dra. Elenise Gonçalves Oliveira.  
Coorientação: Profª. Ma. Marlon Aguiar Melo.
1. Cultivo super-intensivo. 2. Limnologia. 3. Performance de peixes. I. Título.

CDD 636.08

---

**TAINAH OLIVEIRA MEDINA**

**DESEMPENHO DE TILÁPIA EM SISTEMA DE BIOFLOCOS NA FASE DE  
BERÇÁRIO: ESTUDO DE CASO NA FAZENDA ÁGUA BOA, TRAIRI/CE**

**Monografia apresentada ao Curso de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Zootecnista.**

**Orientadora: Profa. Dra. Elenise Gonçalves de Oliveira.**

**Aprovado em 02/07/2019**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Profa. Dra. Elenise Gonçalves Oliveira (Orientadora)**  
**Universidade Federal do Ceará (UFC)**

---

**Prof. Dr. Francisco Hiran Farias Costa (Membro)**  
**Universidade Federal do Ceará (UFC)**

---

**Dr. Aderson Martins Viana Neto (Membro)**  
**Universidade Federal do Ceará (UFC)**

Especialmente a minha mãe, *in memoriam*,  
Mara, por sempre ter acreditado no meu  
potencial.

Ao meu pai, por estar comigo durante toda a  
minha jornada.

*“Nada na vida vem de graça, nem o pão e nem a cachaça.”*

## AGRADECIMENTOS

À minha professora e orientadora, Dra. Elenise Gonçalves de Oliveira, por sempre ser tão solícita, presente e pelos seus conhecimentos e suas orientações que foram imprescindíveis na elaboração deste trabalho.

Ao meu orientador técnico e Engenheiro de Pesca, Marlon Aguiar Melo, pelos ensinamentos técnicos e pela grande oportunidade de crescimento profissional.

Ao senhor Roberto Santos de Almeida, por ter cedido as instalações da fazenda para que pudesse realizar o estudo.

À minha mãe, que mesmo não estando mais presente em nosso meio, vive dentro dos nossos corações. OBRIGADA pelos ensinamentos de vida, e, principalmente, por nunca ter desistido de mim. Essa conquista, sem dúvida alguma, vai pra senhora!!!!

Ao meu pai, Cristiano, pelo TOTAL apoio durante toda a graduação. Foi ele quem me acompanhou, amparou e lutou pelos meus sonhos junto a mim. Obrigada!! Obrigada principalmente por ceder seu carro para que pudesse ir à fazenda e concluir o estudo, mesmo tendo muito ciúmes do carrão, e, desculpa por todas as vezes que o deixei só a lama (hahahahaha).

Às minhas irmãs Lucianne e Cristianne, por estarem ao meu lado, amparando e apoiando em absolutamente tudo!

Ao meu sobrinho, por arrancar diversas vezes o Pen drive do computador enquanto eu fazia a monografia sem se quer, ter salvo (rsrs).

Singularmente à Clara, uma pessoa incrível que decidiu compartilhar a vida comigo e me acompanhar nas cervejinhas da vida. Pelas palavras de apoio, pela paciência, pela força e, principalmente, por sempre dizer que a monografia não seria o fim do mundo (mas eu garanto que é sim, rs).

Aos poucos amigos que adquiri durante a minha graduação e fora dela (que espero levar por toda a vida!), que compartilharam conhecimento, companhias diárias na universidade, partidas de futebol no videogame, cervejas e espetos, dentre eles “Zazi”, “Alissu”, “Pequena Eva” e “Mayara & Mayarira”.

A todos os bares que vivenciamos os meus prantos (haha).

## RESUMO

No Brasil, a tilápia teve sua introdução em caráter experimental ainda na metade do século passado, e devido a sua enorme aceitabilidade, a sua produção cresceu com o passar do tempo. O estado do Ceará acompanhou a tendência nacional, mas teve uma queda brusca na produção devido aos severos problemas com estiagem. Com isso, o CE hoje só armazena 21,4% da sua capacidade hídrica e os açudes do Castanhão e Orós, os principais reservatórios, que dão suporte a piscicultura intensiva em tanques-rede no estado, estão com volume armazenado inferior a 10% da sua capacidade. Dado a essa realidade, o desafio atual para o aprimoramento dos sistemas de produção intensivos está baseado na diminuição do uso da água para renovação e manutenção de sua qualidade. O sistema de bioflocos (Biofloc Technology – BFT) atende esses requisitos e pode ser considerado como um dos mais adequados para o desenvolvimento sustentável da aquicultura. Dessa forma, com o presente trabalho o objetivo foi avaliar a qualidade da água e o desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), cultivados em sistema de bioflocos, em uma fazenda comercial, no município de Trairi/CE. Foram utilizados dados de um cultivo realizado no período de 06 de dezembro de 2018 a 14 de março de 2019, perfazendo 95; 97; 98 e 99 dias de cultivo, nos tanques berçários 1; 2; 3 e 4, respectivamente. Dentre os parâmetros da qualidade da água analisados, a temperatura, oxigênio, pH, alcalinidade, amônia e nitrato estiveram dentro do recomendado para produção piscícola, mas, para nitrito, os valores estiveram acima do recomendado, podendo ocasionar estresse respiratório nos peixes. Os sólidos totais sedimentáveis, alcançaram valores ideais no 57º dia, mas teve produção contínua de agregado microbiano, passando do limite recomendado. Quanto ao desempenho zootécnico, a taxa de sobrevivência variou entre 82,54 e 90,29%; o peso corporal entre 151,0 e 177,0 g; a produtividade entre 7 a 8 kg m<sup>-3</sup>, menor que a dita ser suportado para produção de tilápia em BFT. Quanto ao fator de conversão alimentar foi melhor do que os reportados na literatura (1,2 ± 0,1). Conclui-se que a qualidade da água sofreu alterações, auxiliado pela ação das bactérias heterotróficas em reduzir amônia à nitrito e nitrato e o desempenho foi compatível com valores descritos na literatura, permitindo dizer que o BFT é uma tecnologia passível de uso em fazendas comerciais para criação de peixe.

**Palavras-chave:** Cultivo super-intensivo. Limnologia. Performance de peixes.

## ABSTRACT

In Brazil, tilapia was introduced experimentally in the middle of the last century, and due to its enormous acceptability, its production grew with the passage of time. The state of Ceará followed the national trend, but it had a sudden drop in production due to severe problems with drought. As a result, the CE today only stores 21.4% of its water capacity and the reservoirs of Castanhão and Orós, the main reservoirs that support intensive fish farming in tanks in the state, have a stored volume of less than 10% of capacity. Given this reality, the current challenge for the improvement of intensive production systems is based on the reduction of the use of water for the renovation and maintenance of its quality. The Biofloc Technology (BFT) system meets these requirements and can be considered as one of the most suitable for the sustainable development of aquaculture. The objective of this work was to evaluate the quality of the water and the zootechnical performance of juveniles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), cultivated in a bioflocos system, in a commercial farm, in the municipality of Trairi / CE. Data from a crop cultivated during the period from December 6, 2018 to March 14, 2019 were used, making 95; 97; 98 and 99 days of cultivation, in nursery tanks 1; 2; 3 and 4, respectively. Among the water quality parameters analyzed, the temperature, oxygen, pH, alkalinity, ammonia and nitrate were within the recommended levels for fish production, but for nitrite the values were above the recommended level and could cause respiratory stress in the fish. The total sedimentable solids reached ideal values on the 57th day, but had continuous production of microbial aggregate, exceeding the recommended limit. Regarding the zootechnical performance, the survival rate varied between 82.54 and 90.29%; daily weight gain 151.0 and 177.0 g; the productivity between 7 and 8 kg m<sup>-3</sup>, smaller than that said to be supported for the production of tilapia in BFT. As for the feed:gain ratio was better than those reported in the literature (1.2 ± 0.1). It was concluded that the water quality was altered, aided by the action of heterotrophic bacteria in reducing ammonia to nitrite and nitrate and the performance was compatible with values described in the literature, allowing to say that BFT is a technology that can be used in commercial farms for fish farming.

**Key-Words:** Super intensive cultivation. Limnology. Performance of Fish

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Imagem de satélite indicando em vermelho a localização geográfica do município de Trairi/CE (A) e da Fazenda Água Boa (B) .....	16
Figura 2 –	Percurso do Rio Trairi que atende à demanda hídrica da Fazenda Água Boa em Trairi/CE .....	17
Figura 3 -	Tanques circulares de 100 m <sup>3</sup> , confeccionado em PEAD e utilizados para produção de tilápia do Nilo em bioflocos, durante a fase de berçárona Fazenda Água Boa em Trairi/CE.....	18
Figura 4 –	Compressores radiais (A) e tubulações do sistema pulmão (B) usados para promover a aeração em tanques circulares de 100 m <sup>3</sup> , confeccionado em PEAD e usados no cultivo de juvenis de tilápia em bioflocos na Fazenda Água Boa em Trairi/CE.....	19
Figura 5 –	Rede de distribuição de ar no fundo de um tanque berçário de 100 m <sup>3</sup> , confeccionado em PEAD e usado no cultivo de juvenis de tilápia em bioflocosna Fazenda Água Boa em Trairi/CE .....	19
Figura 6 –	Bacia de sedimentação utilizada para recepção de efluente dos tanques circulares na fazenda Água Boa, Trairi/CE .....	19
Figura 7 –	Temperatura (°C) registrada no horário da manhã (A) e tarde (B) na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda Água Boa, Trairi/CE .....	24
Figura 8 –	Oxigênio dissolvido (mg L <sup>-1</sup> ) registrado no horário da manhã (A) e tarde (B) na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda Água Boa, Trairi/CE .....	24
Figura 9 –	pH registrado na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda Água Boa, Trairi/CE .....	26
Figura 10 –	Alcalinidade total (mg L <sup>-1</sup> ) registrada na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda Água Boa, Trairi/CE.....	26
Figura 11 –	Nitrogênio amoniacal total - NAT (mg L <sup>-1</sup> ) registrado na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda	

	Água Boa, Trairi/CE.....	26
Figura 12 –	Nitrito ( $\text{mg L}^{-1}$ ) registrado na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda Água Boa, Trairi/CE .....	26
Figura 13 –	Nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ) registrado na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda Água Boa, Trairi/CE .....	26
Figura 14 –	Sólidos Totais Sedimentáveis ( $\text{mL L}^{-1}$ ) registrado na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda Água Boa, Trairi/CE .....	26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de referência considerados para as principais variáveis limnológicas no cultivo de juvenis de tilápia em BFT na Fazenda Água Boa em Trairi/CE .....	20
Tabela 2 – Protocolo alimentar utilizado na produção de juvenis de Tilápia do Nilo, cultivados em tanques lonados, conduzidos em BFT na Fazenda Água Boa em Trairi/CE .....	21
Tabela 3 – Frequência de monitoramentos considerados no sistema de bioflocos para tilápia na fazenda Água Boa em Trairi/Ce .....	22
Tabela 4 – Desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) cultivadas em sistema de bioflocos na Fazenda Água Boa em Trairi/CE .....	31

## LISTA DE ABREVIACÕES

<b>ABCC</b> -	Associação Brasileira de Criadores de Camarão
<b>BFT</b> -	<i>Biofloc Technology</i> (Sistema de bioflocos)
<b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>	Hidróxido de cálcio
<b>C:N</b> -	Carbono:nitrogênio
<b>COGERH</b> -	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
<b>CV</b> -	Cavalo capor
<b>DNOCS</b> -	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
<b>DP</b> -	Desvio padrão
<b>FAO</b> -	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação)
<b>g</b> -	Grama
<b>GIFT</b> -	<i>Genetically Improved Farmed Tilapia</i> (Tilápia geneticamente melhorada em fazenda)
<b>Kg</b> -	Quilograma
<b>NAT</b> -	Nitrogênio amoniacal total ( $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$ )
<b>IPECE</b> -	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
<b>L</b> -	Litro
<b>mg</b> -	Miligrama
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> -	Amônia
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b> -	Nitrito
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Nitrato
<b>PB</b> -	Proteína bruta
<b>PEAD</b> -	Polietileno de altadensidade
<b>PeixeBR</b> -	Associação Brasileira da Piscicultura
<b>pH</b> -	Potencial hidrogeniônico
<b>PVC</b> -	Policloreto de vinila
<b>STS</b> -	Sólidos totais sedimentáveis
<b>TCE</b> -	Taxa de crescimento específico

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	13
2.	MATERIAL E MÉTODOS .....	16
2.1.	Período e local de realização do estudo.....	16
2.2.	Instalações experimentais.....	17
2.3.	Preparo dos tanques para implantação e condução do cultivo em bioflocos.....	19
2.4	Animais experimentais e manejo.....	20
2.5	Variáveis monitoradas.....	21
2.5.1	Variáveis limnológicas.....	21
2.5.2	Variáveis indicativas do desempenho zootécnico.....	22
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
3.1.	Variáveis limnológicas.....	24
3.2	Desempenho zootécnico.....	30
4.	CONCLUSÕES.....	34
	REFERÊNCIAS.....	35

## 1 INTRODUÇÃO

No mundo, a tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, é a quarta espécie mais cultivada, ficando atrás apenas da carpa capim, *Ctenopharyngodon idellus*, carpa prateada, *Hypophthalmichthys molitrix*, e carpa comum, *Cyprinus carpio* (FAO, 2018, p.23). No Brasil, a tilápia teve sua introdução em caráter experimental ainda na metade do século passado, e somente em 1971, através do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), foi implementado um programa oficial de produção de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para povoamento dos reservatórios públicos da região Nordeste (MOREIRA *et al.*, 2007, p.521-526).

Desde a sua introdução a produção de tilápia no Brasil vem crescendo. No ano 2000 a produção foi de 32,46 mil toneladas (18,4% da produção de peixes), ficando atrás apenas das carpas, cuja produção foi de 54,57 mil toneladas (30,9% da produção de peixes) (BRASIL, 2000, p. 97). No ano de 2007 a produção de tilápia alcançou 95,09 mil toneladas, o que representava 45% das 209,61 mil toneladas de peixes produzidas em todo o Brasil (BRASIL, 2007, p. 97). Nos anos seguintes a produção continuou crescendo (2008: 111,15; 2009: 132,96; 2010: 155,45 mil toneladas – BRASIL, 2012, p. 67; 2013: 169,31; 2014: 198,66 mil toneladas – BRASIL, 2014, p. 29). Em 2017 foi registrado um salto na produção de tilápia, atingindo a marca de 283,50 mil toneladas, representando 58,4% da produção de peixes continentais cultivados (BRASIL, 2018, p. 7). Em 2018, segundo a Associação Brasileira da Piscicultura (2019), o Brasil se tornou o quarto maior produtor de tilápia do mundo, produzindo 400,28 mil toneladas (55,4% da produção brasileira de peixes cultivados), ficando atrás apenas da China, Indonésia e Egito, e à frente das Filipinas e Tailândia.

No estado do Ceará a produção de tilápia acompanhou a tendência nacional de aumento até o ano de 2015. Assim, no ano 2000, sua produção de 404 t o classificava como o 22º segundo produtor de peixes cultivados do Brasil. Desse total, 307,5 toneladas (76,11%) foi relativo a tilápia (BRASIL, 2000, p. 73 e 78). No ano de 2007 a produção de tilápia já tinha aumentado para 25,60 mil toneladas, o que fez do estado o maior produtor nacional de tilápia (BRASIL, 2007, p. 97). Nos anos de 2008 a 2014 a produção continuou em ascensão (2008: 27,43; 2009: 32,81; 2010: 38,09 mil toneladas – BRASIL, 2012, p. 65; 2011: 36,06 mil toneladas – BRASIL, 2011, p. 22; 2012: 32,07; 2013: 30,67 mil toneladas – BRASIL, 2013, p. 37; 2014: 36,29 mil toneladas – BRASIL, 2014, p. 24). A partir de 2015 a produção de tilápia no Ceará começou a declinar (2015: 27,90 mil toneladas – BRASIL, 2015, p. 34; 2016: 17,37 mil toneladas – BRASIL, 2016, p. 35; 2017: 7 mil toneladas – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA

DA PISCICULTURA, 2018, p. 24), vindo a atingir os menores valores em 2018 (4,9 mil toneladas), voltando a figurar com a 20ª colocação no ranking nacional (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA, 2019, p. 29).

Nos anos de grande expansão, a piscicultura cearense estava fortemente alicerçada na produção intensiva de tilápia em tanques-rede instalados no açude Castanhão (OLIVEIRA; ALMEIDA, 2017, p. 33), sendo o município de Jaguaribara o maior produtor e o município brasileiro com a segunda maior produção de tilápia por três anos consecutivos (2013: 14,58; 2014: 16,92 e 2015: 13,80 mil toneladas – BRASIL, 2013, p. 39; BRASIL, 2014, p. 24; BRASIL, 2015, p. 33, respectivamente). O município de Orós, com o açude de mesmo nome, chegou a ser apontado em 2016 como o terceiro do ranking nacional na produção de peixes, notadamente tilápia. A queda na produção registrada a partir de 2015 em todo o estado é atribuída às condições climáticas que levaram a forte estiagem (OLIVEIRA; ALMEIDA, 2017, p.34; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA, 2018, p. 27).

A estiagem que se iniciou em 2012 e perdura até os dias atuais em boa parte do estado, fez com que o sistema hídrico que suportava a piscicultura cearense entrasse em colapso. Assim, os dados da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH (CEARÁ, 2019) demonstram que em abril de 2019 o estado hoje só armazenava 21,4% da sua capacidade hídrica e os açudes do Castanhão e Orós, os dois principais reservatórios de água do estado que dão suporte a piscicultura intensiva em tanques-rede, estavam com volume armazenado inferior a 10% da sua capacidade (5,5 e 9,21%, respectivamente).

Segundo Oliveira e Almeida (2017, p. 34) já em 2015 o setor piscícola no açude Castanhão registrou uma mortalidade de aproximadamente 2.500 toneladas de peixes, o que suspendeu a atividade em várias fazendas, e levou alguns produtores a transferirem suas pisciculturas para reservatórios de estados, como Paraíba, Piauí, Pernambuco e Maranhão. As mortalidades continuaram nos anos subsequentes e, conforme relata Barbosa (2019), somente no mês de fevereiro de 2019, no açude Castanhão, as perdas superaram as 500 toneladas.

Em função da severa escassez de água pela qual passa o estado do Ceará, o desafio atual para o aprimoramento dos sistemas de produção intensivos está baseado nos cultivos que primam pela diminuição do uso da água para renovação e manutenção de sua qualidade e redução da emissão de efluentes, que conseqüentemente proporcionam menor impacto ambiental. O sistema de bioflocos (Biofloc Technology – BFT) atende esses requisitos, e pode ser considerado como um dos mais adequados e promissores para o desenvolvimento sustentável da aquicultura (AVNIMELECH, 2012), apesar de ser uma

tecnologia pouco explorada em escala comercial no Brasil, especificamente para a produção de peixe (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO, 2016).

Pode-se dizer que os bioflocos, de forma geral, são partículas orgânicas em suspensão na água, compostos por material orgânico particulado, sobre o qual se desenvolvem organismos microscópicos diversos (microalgas, protozoários, rotíferos, fungos, detritos, exoesqueleto) e uma grande quantidade de bactérias heterotróficas (AVNIMELECH, 2012). Todos esses organismos têm sua própria função e interação dentro do sistema de cultivo (BURFORD *et al.*, 2004).

O sistema BFT tem como principais objetivos diminuir a quantidade de renovação de água, mantendo sua qualidade, e diminuir, também, a quantidade de ração necessária à produção do pescado, visto que os bioflocos podem atingir altos níveis de proteína bruta (PB), chegando a até 50% (AZIM; LITTLE, 2008), permitindo assim atingir elevadas produtividades (AVNIMELECH, 1999).

Avnimelech (1999) afirma que o princípio fundamental desse sistema é a reciclagem de nutrientes, por meio da manutenção da alta relação C:N (carbono:nitrogênio), que estimula o crescimento das bactérias heterotróficas, convertendo amônia em biomassa microbiana.

Para manutenção dos bioflocos, geralmente é necessário adicionar uma fonte de carbono suplementar, de forma a equilibrar a relação C:N e estimular o desenvolvimento de bactérias heterotróficas, juntamente com um sistema de aeração eficaz e mistura contínua da água, contribuindo para a formação de flocos e estabelecimento de comunidades microbianas (BURFORD *et al.*, 2004).

Na tilapicultura o sistema de bioflocos vem sendo investigado para emprego tanto nas fases iniciais de cultivo (LIMA *et al.*, 2015; BROL, 2017), quanto na fase de engorda (AZIM; LITTLE, 2008; MANSOUR; ESTEBAN, 2017). Os aspectos abordados nas pesquisas incluem desde a definição das densidades de estocagem (WIDANARNI; EKASARI; MARYAM, 2012; BROL *et al.*, 2017; LIMA *et al.*, 2018), passando pela nutrição (FERRI *et al.*, 2016) e viabilidade econômica (PINHO, 2018). O emprego da tecnologia por parte de fazendas comerciais também vem sendo ampliado e precisa ser investigado, para conhecer como o sistema se comporta em escalas maiores, e com dinâmicas diferentes dos ambientes acadêmicos.

Diante do exposto, com o presente trabalho o objetivo foi avaliar a qualidade da água e o desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), cultivados em sistema de bioflocos, em uma fazenda comercial, no município de Trairi/CE.

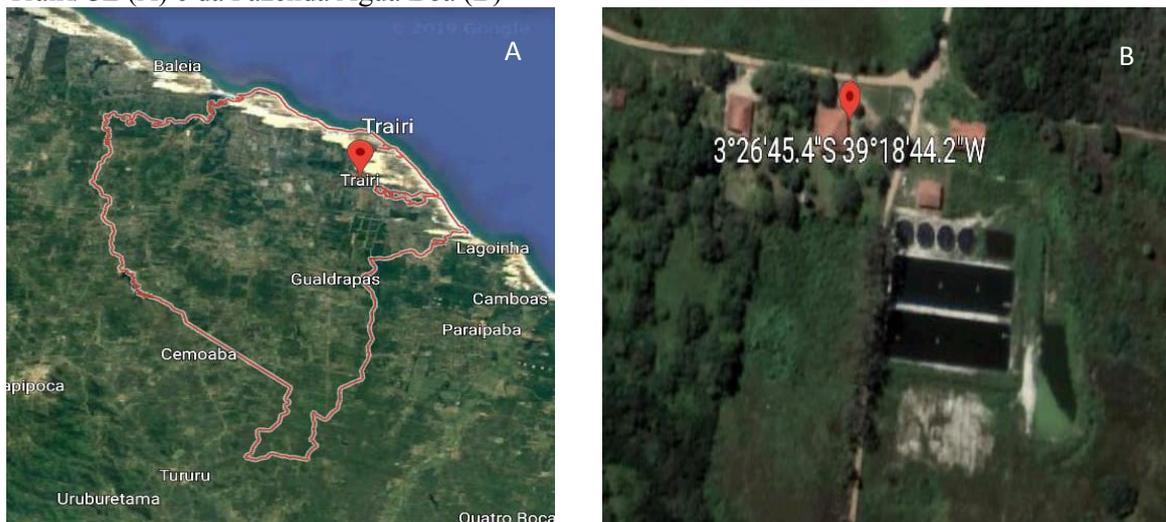
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Período e local de realização do estudo

O trabalho foi realizado a partir de dados obtidos junto a Fazenda Água Boa, Piscicultura e Comércio de Peixes LTDA, em Trairi (Figura 1A e B), instalada no Centro-Norte do estado do Ceará, que é destinada a produção de peixes em tanques e viveiros lonados e em tanques-rede.

A fazenda apresenta coordenadas geográficas de  $3^{\circ}26'45.4''\text{S}$  e  $39^{\circ}18'44.2''\text{W}$  (Figura 1B), distante aproximadamente 23 km do centro de Trairi e a aproximadamente 89 km de Fortaleza/CE. O acesso de Fortaleza a Trairi pode ser feito pela Rodovia Estadual CE-085 e de Trairi a Fazenda Água Boa, o acesso é por estradas secundárias, vicinal de piçarra.

Figura 1 – Imagem de satélite indicando em vermelho a localização geográfica do município de Trairi/CE (A) e da Fazenda Água Boa (B)



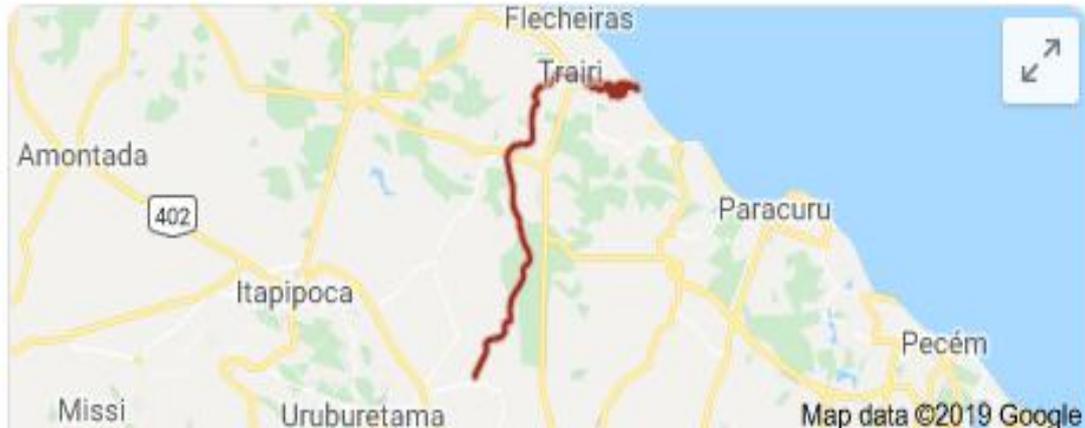
Fonte: Google Earth (2019)

A região é caracterizada por apresentar vegetação do tipo tabuleiros costeiros, na maior parte do município e floresta perenefólia paludosa marítima. O clima é predominantemente tropical quente, semiárido brando, com temperatura média a variar de 26 a 28°C, período chuvoso entre os meses de janeiro a abril, com médias pluviométricas anuais da ordem de 1.588,8 mm (CEARÁ, 2005, p.5).

O suprimento hídrico da fazenda é feito pelo açude de barragem Trairi (Figura 2), o qual é abastecido pelo rio Trairi e Riacho Santana, com nascente localizada na parte norte do território do município de Umirim/CE e que deságua no Oceano Atlântico, no litoral do

município de Trairi/CE (CEARÁ, 2015). A tomada de água na barragem Trairi fica a 350 m da área da fazenda. O suprimento é feito por bombeamento com motor bomba de 7,5 CV (Cavalo Vapor) e rede de tubos de PVC (Policloreto de Vinila) de 100 mm de diâmetro. A capacidade de vazão no momento de captação da água é de  $50 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ .

Figura 2 – Percurso do Rio Trairi que atende à demanda hídrica da Fazenda Água Boa em Trairi/CE



Fonte: Google Maps (2019).

## 2.2 Instalações experimentais

O estudo foi conduzido em quatro tanques, de formato circular (Figura 3), confeccionados em polietileno de alta densidade (PEAD), de 0,8 mm de espessura, que passarão a ser aqui denominados de tanques berçários. Os tanques com 11 m de diâmetro, 1,10 m de altura e capacidade para  $100 \text{ m}^3$  foram suportados por estrutura formada por tela metálica pré-moldada, fabricada com fios de arame em aço, com malha de  $5 \times 15 \text{ cm}$  e armados com pilares de aço galvanizado de 1,5 polegadas de diâmetro e 1,5 m de altura (sendo 40 cm enterrados no solo), distanciados um do outro cerca de 1,0 m. Os tanques apresentavam declividade de 15 cm, da lateral para o centro, de forma a favorecer a drenagem por gravidade; sistema de escoamento feito com tubos e conexões de PVC de 100 mm de diâmetro; sistema de drenagem feito com tubos e conexões de PVC de 150 mm de diâmetro; sistema de abastecimento de água feito por tubos e conexões de PVC de 100 mm de diâmetro e vazão de entrada de água em cada tanque controlada por registro de espera de  $3/4$  e mantida em  $48 \text{ L min}^{-1}$ , no momento do abastecimento; e sistema de aeração.

Figura 3 – Tanques circulares de 100 m<sup>3</sup>, confeccionado em PEAD e utilizados para produção de tilápia do Nilo em bioflocos, durante a fase de berçário na Fazenda Água Boa em Trairi/CE

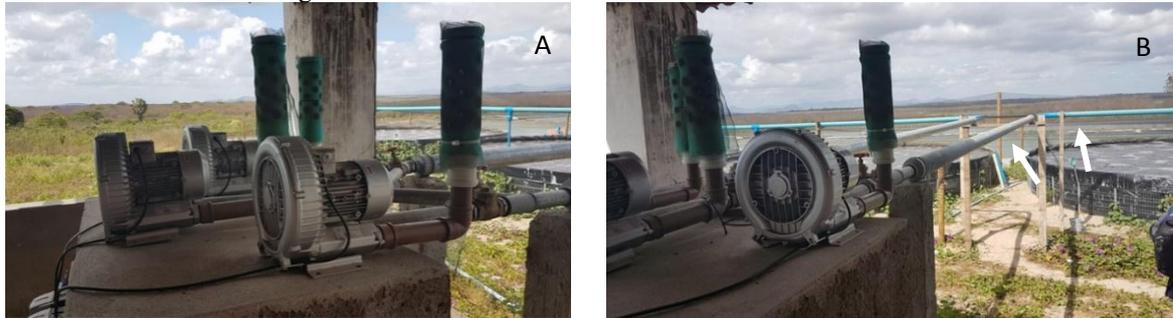


Fonte: Autora

O sistema de aeração foi composto por três compressores radiais de 2,35 CV (dois funcionando em modo contínuo e um como reserva) instalados em uma base elevada de concreto, ficando 2,0 m acima do solo, e uma rede de distribuição de ar (Figura 4A e B). Para compor a rede de distribuição de ar, foi colocado na saída de ar de cada compressor uma adaptação de 60 mm para 100 mm e nela foi conectado um sistema pulmão feito com tubos de ferro galvanizado e tubos de PVC de 100 mm de diâmetro, de modo a conduzir o ar e facilitar a dissipação de calor. A partir do pulmão o sistema se ramificava em tubos de PVC de 50 mm de diâmetro, de forma a conduzir o ar até a entrada dos tanques. Na altura de cada tanque foi colocado um registro de gaveta para controlar o fluxo de ar. Nos tanques a rede de suprimento de ar foi composta por tubos de PVC e mangueira porosa (aerotubos) de 0,5 polegadas de diâmetro, formando anéis dispostos no fundo e guardando uma relação de 30 cm de mangueira porosa m<sup>-2</sup> de superfície de tanque (Figura 5).

A aeração foi mantida continuamente durante todo o período de cultivo, de forma a garantir o suprimento adequado de oxigênio e os bioflocos em suspensão em toda a coluna d'água.

Figura 4 – Compressores radiais (A) e tubulações (setas) do sistema pulmão(B) usados para promover a aeração em tanques berçários de 100 m<sup>3</sup>, confeccionado em PEAD e usados no cultivo de juvenis de tilápia em bioflocos na Fazenda Água Boa em Trairi/CE



Fonte: Autora

Figura 5 – Rede de distribuição de ar no fundo de um tanque berçário de 100 m<sup>3</sup>, confeccionado em PEAD e usado no cultivo de juvenis de tilápia em bioflocos na Fazenda Água Boa em Trairi/CE



Fonte: Autora

Figura 6 – Bacia de sedimentação utilizada para recepção de efluente dos tanques berçários na Fazenda Água Boa, Trairi/CE



Fonte: Autora

### 2.3 Preparo dos tanques para implantação e condução do cultivo em bioflocos

O cultivo foi conduzido utilizando a tecnologia de bioflocos (BFT). Para isso, primeiramente foi esvaziado um tanque berçário por vez, para despescar os peixes e encerrar um cultivo anterior também realizado em BFT. Nessa operação a água do tanque foi transferida para uma bacia de sedimentação com capacidade para 200 m<sup>3</sup>, revestida com o mesmo material utilizado na confecção dos tanques berçários e localizada a jusante destes (Figura 6). Uma vez vazio, o tanque foi submetido à escovação e desinfecção com cloro (Cl) à 30 ppm. Feito a limpeza, após 24 horas, o tanque foi reabastecido com água do cultivo anterior que havia sido transferida para a bacia de sedimentação. Uma vez concluído a despesca, limpeza e reabastecimento dos quatro tanques berçários, a água foi monitorada para

verificação de parâmetros físicos e químicos e posteriormente ajustada à condição ideal, tomando como base as recomendações apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de referência considerados para as principais variáveis limnológicas no cultivo de juvenis de tilápia em BFT na Fazenda Água Boa em Trairi/CE

VARIÁVEL	VALORES RECOMENDADOS
Salinidade (ppt)	5 – 10 ppt (a)
Temperatura (°C)	27°C – 29°C (b)
Oxigênio dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	>4,00 mg L <sup>-1</sup> (a)
pH	7,2 – 8,2 (c)
Alcalinidade (mg L <sup>-1</sup> )	>100 mg L <sup>-1</sup> (a)
Sólidos em suspensão (mg L <sup>-1</sup> )	10,0 – 30,0 mg L <sup>-1</sup> (d)
Amônia (mg L <sup>-1</sup> )	< 0,50 mg L <sup>-1</sup> (e)
Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	< 1,00 mg L <sup>-1</sup> (f)
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	140 mg L <sup>-1</sup> (g)

Fonte: (a) Sá, 2011;(b) Ostrenski e Boeger (1998); (c) Boyd (1979); (d) Avnimelech (2011); (e) Kubitza (1999); (f) Yanbo, Wenju e Weifen (2006); (g) Kubitza (2017).

Para o cultivo em questão, antes da estocagem dos peixes a água dos tanques passou por análises e receberam adição de sal (4 – 5 g L<sup>-1</sup>). Além disso, durante o cultivo a água dos tanques recebeu adição dos seguintes compostos: **a)** probiótico BM-pro - 1,00 g m<sup>-3</sup> no primeiro dia; 1,05 g m<sup>-3</sup> no terceiro e sétimo dia e, a partir daí, até o final do período de cultivo, 1,05 g m<sup>-3</sup> duas vezes na semana, às terças-feiras e sextas-feiras; **b)** melação: 4,00 kg 100 m<sup>-3</sup> no primeiro dia e 1,00 kg 100 m<sup>-3</sup> nos primeiros 13 dias de cultivo, de forma a ajustar a relação C:N para valores entre 15-20:1, conforme recomenda Avnimelech (1999). No restante do período não foi adicionado melação; **c)** cal hidratada - Ca(OH)<sub>2</sub>: 2 a 8 kg para ajustar a alcalinidade para valores ≥ 100 mg L<sup>-1</sup>, a depender do valor da alcalinidade, e o pH à valores entre 6,5 – 9,0. Durante o cultivo não foi feito renovação de água e houve apenas reposição de perdas de volume.

## 2.4 Animais experimentais e manejo

No estudo foram utilizados dados de um cultivo de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), realizado no período de 06 de dezembro de 2018 a 14 de março de 2019, perfazendo 95; 97; 98 e 99 dias de cultivo, nos tanques berçários 1; 2; 3 e 4, respectivamente.

Os juvenis de tilápia utilizados no cultivo foram obtidos a partir de cruzamentos entre machos da linhagem GIFT (*Genetic Improved Farmed Tilapia*) e fêmeas da linhagem

Chitralada e foram adquiridos na Empresa FortAlev, em Guaiúba/CE, já masculinizados e apresentando 1,75 g de peso médio. Ao chegar na fazenda, os peixes foram aclimados e estocados nos tanques berçários com BFT, na densidade inicial de 52 peixes m<sup>-3</sup> (0,09 kg m<sup>-3</sup>). Os peixes foram alimentados com ração extrusada, contendo 45 a 32% de PB, granulometria de 1,0 a 4,0 - 5,0 mm, administrada na taxa de 10,0 a 3,0% do peso vivo dia<sup>-1</sup>, parcelada 6 vezes dia<sup>-1</sup> nos primeiros 14 dias de cultivo e 4 vezes dia<sup>-1</sup> do 15° até o final do cultivo, conforme especificado na Tabela 2. A ração foi fornecida a lanço, às 05:00; 07:00; 09:00; 11:00; 13:00 e 15:00h nos primeiros 14 dias de cultivo e às 04:00; 07:00; 11:00 e 13:00h do 15° dia até o final do cultivo, quando os peixes foram despescados e transferidos para viveiros lonados ou tanques-rede.

Tabela 2 – Protocolo alimentar utilizado na produção de juvenis de Tilápia do Nilo, cultivados em tanques berçários, conduzidos em BFT, na fazenda Água Boa, em Trairi/CE

Tipo de ração – PB	Granulometria ração (mm)	Fase do cultivo	Peso médio peixes (g)		Dias da fase	Taxa alimentar (%peso vivo dia <sup>-1</sup> )	N° refeições dia <sup>-1</sup>
			De	Até			
FlashFish#1	Ext. (1,0 mm)	Alev.	0,5	1,5	7	10,0	6
45%PB	Ext. (1,4 mm)	Rec inicial	1,5	3,0	7	9,0	6
45%PB	Ext. (1,7 mm)	Rec inicial	3,0	9,0	14	8,5 – 8,0	4
42%PB	Ext. (1,9 mm)	Rec inicial	9,0	23,0	14	7,5 – 6,5	4
36%PB	Ext. (2 – 3 mm)	Rec final	23,0	45,0	14	5,5 – 5,0	4
36%PB Super-Trato	Ext. (3 – 4 mm)	Rec final	45,0	110,0	14	4,5 – 4,0	4
32%PB	Ext. (4 – 5 mm)	Cresc.	110,0	440,0	49	4,3 – 3,0	4

Fonte: PoliNutri (2019); Rec: Recria; Cresc: Crescimento

## 2.5 Variáveis Monitoradas

### 2.5.1 Variáveis limnológicas

Durante o cultivo foi feito monitoramento das seguintes variáveis limnológicas: temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg L<sup>-1</sup>), com oxímetro digital portátil, marca Akso, com precisão de 0,1 °C e 0,01 mgL<sup>-1</sup>, respectivamente; pH (unidade padrão) e alcalinidade total (mg L<sup>-1</sup>), com *kits* colorimétricos da marca Genco®; sólidos totais suspensos - STS (mL L<sup>-1</sup>), medido em cone de Imhoff, após coleta de 1.000 mL de água dos tanques de cultivo e decantação por 10 min.; nitrogênio amoniacal total (NAT) ou amônia- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + NH<sub>3</sub> (mg L<sup>-1</sup>) e nitrito - NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (mg L<sup>-1</sup>), utilizando *kits* colorimétricos da Labecon *Test*; nitrato - NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg L<sup>-1</sup>), utilizando *kit* colorimétrico API® *Nitrate Test Kit saltwater*; e salinidade (ppt), com refratômetro, marca Akso. A temperatura e oxigênio dissolvido foram monitorados diariamente, às 07:00 e 15:00h; o pH, alcalinidade total, sólidos totais suspensos amônia e

nitrito, semanalmente às 07:00 h; o nitrato foi monitorado quinzenalmente às 07:00h e a salinidade foi monitorada antes do povoamento dos tanques berçários, sendo ajustada para valores entre 6 a 10ppt.

Tabela 3 – Frequência de monitoramentos considerados no sistema de bioflocos para tilápia na Fazenda Água Boa em Trairi/CE

PARÂMETROS	FREQUÊNCIA
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Diária - 07:000 e 15:00 h
Temperatura (°C)	Diária – 07:000 e 15:00 h
pH	Semanal – 07:00h
Alcalinidade (mg L <sup>-1</sup> )	Semanal – 07:00h
Sólidos em suspensão (mL L <sup>-1</sup> )	Semanal – 07:00h
Amônia (mg L <sup>-1</sup> )	Semanal – 07:00h
Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	Semanal – 07:00h
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	Quinzenal – 07:00h
Salinidade (ppt)	Única vez antes do cultivo

Fonte: A autora

### 2.5.2 Variáveis indicativas do desempenho dos peixes

No dia da estocagem e ao final do cultivo, o número de peixes foi estimado com base em pesagens dos peixes em lotes e estimativa do peso médio e número de peixes das amostras tomadas aleatoriamente. A pesagem foi feita em balança digital com capacidade para 40 kg e divisão de 2,0 g. Ao longo dos 95 – 99 dias de cultivo, foram realizadas quatro pesagens em amostras de peixes para ajustes da quantidade de ração e controle da produção. Com os dados obtidos foi possível estimar as variáveis conforme relacionadas a seguir:

- a) **Sobrevivência (%)** – A sobrevivência foi determinada multiplicando o número de indivíduos no final do experimento (Nf) por 100, e dividindo esse resultado pelo número inicial de peixes (Ni).

$$S(\%) = \frac{Nf \cdot 100}{Ni} \quad (1)$$

- b) **Ganho em peso** – GP (g dia<sup>-1</sup>) – Calculado pela diferença entre as medias de peso dos peixes, no início (Pi) e final (Pf), do período estudado.

$$GP = \bar{X} Pf - \bar{X} Pi \quad (2)$$

- c) **Taxa de crescimento específico** – TCE (%) – Calculado pela diferença entre o *log neperiano* do Peso final (lnPf) e o *log neperiano* do Peso inicial (lnPi),

divido pelo número de dias de cultivo (t) e multiplicando o resultado por 100.

$$TCE(\%dia^{-1}) = \left( \frac{\ln Pf - \ln Pi}{t} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

- d) Densidade de estocagem inicial - Di e final - Df** (peixe m<sup>-3</sup>) – Calculada dividindo o número de indivíduos no início (Ni) ou final (Nf) do período de cultivo, pelo volume do tanque (VT).

$$Di = \left( \frac{Ni}{VT} \right) \text{ ou } Df = \left( \frac{Nf}{VT} \right) \quad (4)$$

- e) Biomassa inicial – Bi e final – Bf(kg)** – Obtida multiplicando o número inicial de indivíduos (Ni) pelo peso médio inicial (Pi).

$$Bi = Ni \cdot Pi \quad (5)$$

- f) Biomassa final – Bf (kg)** – Obtida multiplicando o número final de indivíduos (Nf) pelo peso médio final (Pf).

$$Bf = Nf \cdot Pf \quad (6)$$

- g) Biomassa líquida – BL (kg)** – Calculada pela diferença entre a biomassa final (Bf) e biomassa inicial (Bi) alcançada no período.

$$BL = Bf - Bi \quad (7)$$

- h) Produtividade – PR (kg m<sup>-3</sup>)** – Calculada dividindo a biomassa líquida (BL), pelo volume do tanque (VT).

$$PR = \left( \frac{BL}{VT} \right) \quad (8)$$

- i) Fator de conversão alimentar – FCA** – Obtido dividindo a quantidade de ração fornecida (Rf) pela biomassa líquida (BL).

$$FCA = \left( \frac{Rf}{BL} \right) \quad (9)$$

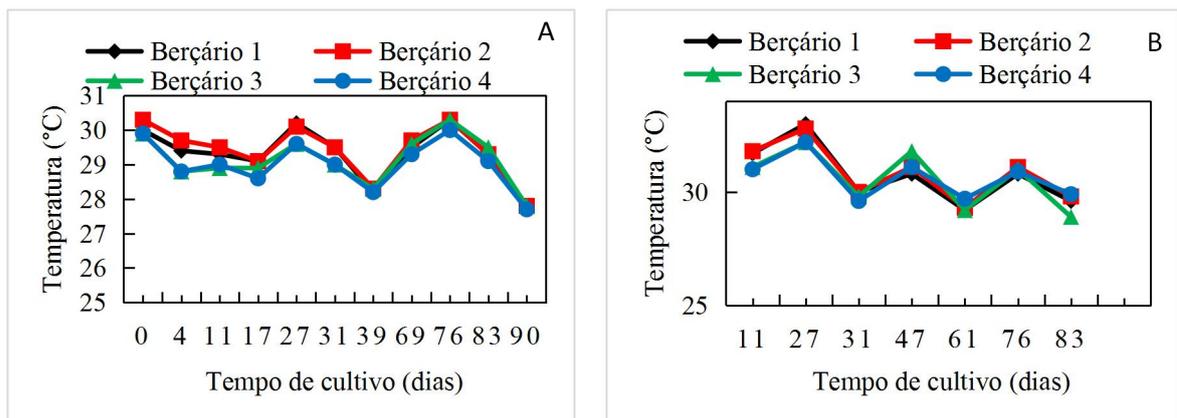
Os dados obtidos foram expressos de forma individual para cada tanque ou como média e desvio padrão dos dados registrados nos quatro tanques.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Variáveis limnológicas

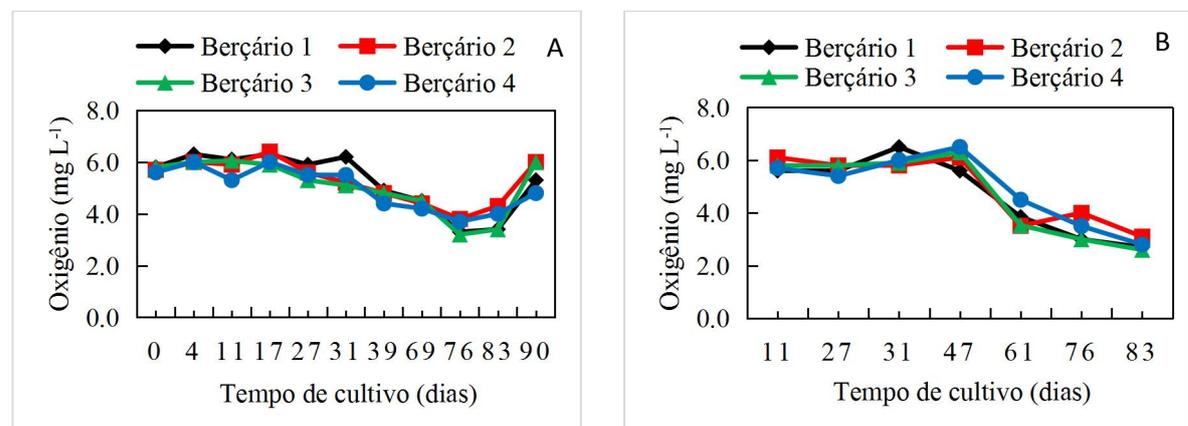
A temperatura da água dos tanques no horário da manhã ficou em  $29,23 \pm 0,75^\circ\text{C}$  (Figura 7A), sendo cerca de um grau mais baixo que no horário da tarde, cujo valor médio chegou a  $30,69 \pm 1,16^\circ\text{C}$  (Figura 7B), vindo a permanecer semelhante entre os tanques. As concentrações de oxigênio no período da manhã ficaram em  $5,18 \pm 0,13 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 8A) e no período da tarde em  $4,76 \pm 0,19 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 8B). Em ambos os horários, é possível perceber um leve decréscimo no oxigênio a partir dos 30 dias de cultivo e uma leve recuperação, a partir dos 83 dias, no horário da manhã.

Figura 7 – Temperatura ( $^\circ\text{C}$ ) registrada no horário da manhã (A) e tarde (B) na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda Água Boa, Trairi/CE



Fonte: Autora

Figura 8 – Oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) registrado no horário da manhã (A) e tarde (B) na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda Água Boa, Trairi/CE



Fonte: Autora

O pH (Figura 9A) apresentou-se semelhante entre tanques e com leve diminuição do início para o final do período de cultivo. Os maiores valores ( $8,2 \pm 0,0$ ) foram registrados aos quatro dias de cultivo e os mais baixos ( $6,8 \pm 0,0$ ), aos 90 dias. A alcalinidade total (Figura 10), em todos os tanques diminuiu progressivamente do início ( $95,0 \pm 5,8 \text{ mg L}^{-1}$ ) até os 47 dias de cultivo ( $55,0 \pm 5,8 \text{ mg L}^{-1}$ ). A partir daí as concentrações se alternaram entre aumento e diminuição, de modo que as concentrações mais baixas ( $30,0 \pm 0,0 \text{ mg L}^{-1}$ ) foram registradas aos 90 dias de cultivo.

O NAT (Figura 11) iniciou com valores médio de  $0,25 \pm 0,0 \text{ mg L}^{-1}$  e apresentou um pico aos 17 dias ( $1,0 \pm 0,4 \text{ mg L}^{-1}$ ). A partir daí os valores caíram e se mantiveram em  $0,25$  a  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ , exceção para os tanques berçários 1 e 4, onde os valores atingiram um novo pico ( $1,5$  e  $3,0 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente) aos 90 dias.

Para o nitrito -  $\text{NO}_2$  (Figura 12) as primeiras leituras feitas aos 17 dias indicaram concentrações de  $0,6 \pm 0,3 \text{ mg L}^{-1}$ . Aos 27 dias as concentrações atingiram um pico de  $2,8 \pm 0,0 \text{ mg L}^{-1}$ , vindo a permanecer nesses valores até os 47 dias no tanque berçário 4 e até os 54 dias nos berçários 1 e 2. A partir desses dias os valores oscilaram entre  $2,8$  e  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ .

Para nitrato -  $\text{NO}_3$ , após confirmado a sua presença aos 47 dias de cultivo, indicando concentrações de  $22,5 \pm 12,6 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 13), observou-se aumento contínuo, chegando a medir  $160 \pm 0,0 \text{ mg L}^{-1}$  aos 90 dias de cultivo.

Para as análises de sólidos totais sedimentáveis, verificou-se que as concentrações aumentaram progressivamente, sendo registrado  $1,0 \pm 0,1 \text{ mL L}^{-1}$  aos 10 dias de cultivo;  $15,5 \pm 3,1 \text{ mL L}^{-1}$  aos 47;  $40,5 \pm 9,0 \text{ mL L}^{-1}$ , aos 76 dias e  $72,5 \pm 15,0 \text{ mL L}^{-1}$  aos 87 dias de cultivo.

A temperatura influencia diretamente o metabolismo dos peixes, por isso é considerada de fundamental importância em cultivos (MARQUES *et al.*, 2004). Segundo Ostrenski e Boeger (1998) as tilápias apresentam conforto térmico entre  $27$  e  $32^\circ\text{C}$ . Temperaturas acima de  $32^\circ\text{C}$  e abaixo de  $27^\circ\text{C}$  reduzem o apetite e, conseqüentemente, o crescimento, e abaixo de  $18^\circ\text{C}$  o sistema imunológico é suprimido. Para Kubitza (2011),  $32^\circ\text{C}$  seria o valor máximo de temperatura aconselhado para o desenvolvimento da tilápia do Nilo. Os achados literários indicam que as temperaturas registradas na água dos tanques berçários manejados em BFT no presente estudo permaneceram dentro do recomendado para a tilápia. Pode-se dizer ainda que, apesar dos cultivos terem sido realizados em tanques *outdoor* e expostos às condições climáticas do ambiente, os valores médios de temperatura se mantiveram com poucas alterações ao longo do cultivo e entre tanques e com diferença de cerca de um grau entre o horário da manhã e tarde.

Figura 9 – pH registrado na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda Água Boa, Trairi/CE

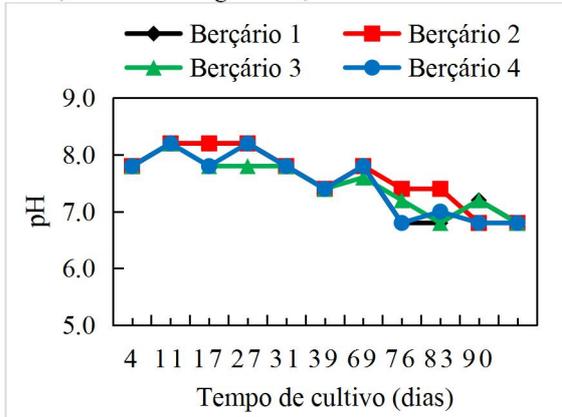


Figura 10 – Alcalinidade total (mg L<sup>-1</sup>) registrada na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda Água Boa, Trairi/CE

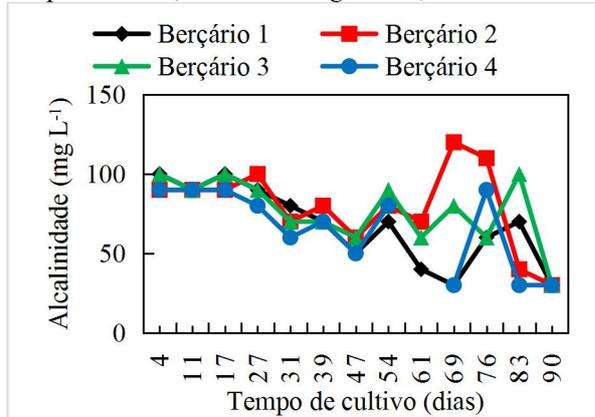


Figura 11– Nitrogênio amoniacal total - NAT (mg L<sup>-1</sup>) registrado na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda Água Boa, Trairi/CE

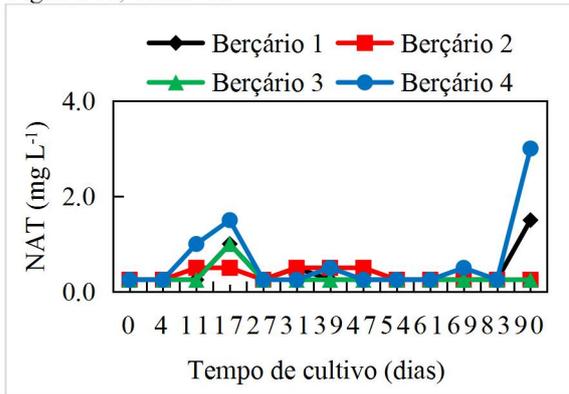


Figura 12 – Nitrito (mg L<sup>-1</sup>) registrado na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda Água Boa, Trairi/CE

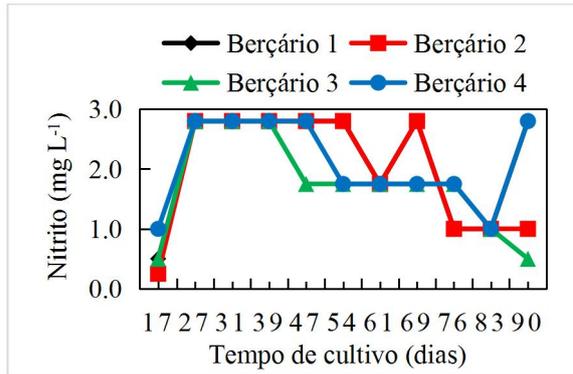


Figura 13 – Nitrato (mg L<sup>-1</sup>) registrado na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda Água Boa, Trairi/CE

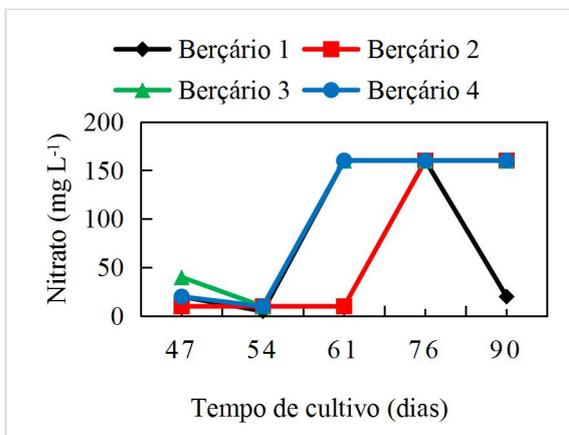
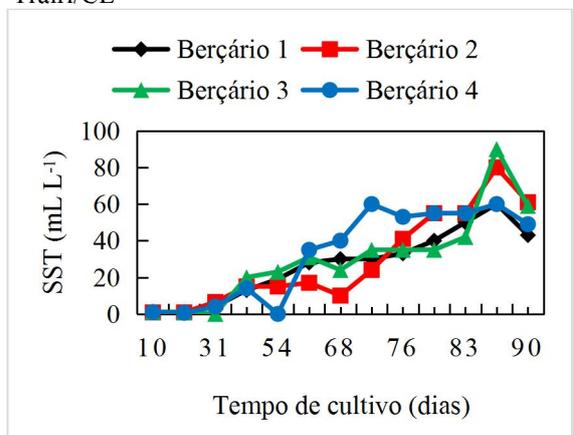


Figura 14 – Sólidos Totais Sedimentáveis (mL L<sup>-1</sup>) registrado na água de tanques berçários com cultivo de juvenis de tilápia em BFT, na fazenda Água Boa, Trairi/CE



Fonte: Autora

Tratando-se de oxigênio dissolvido na água, Sá (2011) relata que os níveis de oxigênio desejáveis para peixes estão entre as faixas de 4,0 e 15 mgL<sup>-1</sup>. Concentrações nessa faixa proporcionam bom crescimento e integridade imunológica. Entre 1,5 e 4,0 mg L<sup>-1</sup> pode ocasionar efeito maléfico ao animal, gerando estresse, porém não letal, retardando seu crescimento e tornando seu organismo mais susceptível às doenças. No experimento, o oxigênio manteve-se dentro da faixa desejável, tanto no horário da manhã (5,2 ± 1,2 mg L<sup>-1</sup>), quanto a tarde (4,8 ± 1,7 mg L<sup>-1</sup>), indicando que o sistema de aeração adotado supriu a demanda de oxigênio. Por outro lado, a margem tênue entre os valores observados no horário da tarde e os limites mínimos recomendados, indica que para aumentar a biomassa de peixes ou de flocos microbianos, deve-se assegurar que haja um maior suprimento de oxigênio.

Para o pH, Boyd (1979) considera como ideais valores entre 6,5 e 9,0 para o cultivo de peixes. Baixos valores de pH (< 4) causam estresse ácido, podendo ocasionar morte por acidose sanguínea. Por outro lado, altos valores de pH (> 11) causam estresse alcalino, ocasionando morte por alcalose sanguínea. Em sistema de bioflocos valores de pH entre 6,7 e 7,8 foram relatados em citações feitas por Rossi (2014), o que indica que os valores encontrados no presente estudo estão dentro do recomendado para os peixes e encontrado em cultivos de peixes em BFT.

A alcalinidade total fornece uma reserva disponível de dióxido de carbono para as plantas, e confere habilidade à água em resistir às mudanças de pH no meio - poder tampão (SIPAÚBA-TAVARES, 1994). Para Sá (2011) a faixa ideal de alcalinidade total fica entre 20 e 150 mg de CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>. Em sistema de bioflocos, valores de alcalinidade total citadas por Rossi (2014) chegaram a variar entre 61,75 e 247,00 mg L<sup>-1</sup>. Considerando o exposto, pode-se dizer que no presente estudo os valores de alcalinidade estiveram dentro do recomendado para piscicultura e nos encontrados para tanques em BFT.

A amônia, nitrito e nitrato são compostos nitrogenados que se acumulam na água e podem colocar em risco o desempenho, a saúde e a sobrevivência dos peixes e camarões. Problemas com amônia e nitrito geralmente ocorrem em cultivos intensivos com altas taxas de alimentação, seja em viveiros, em sistemas com recirculação de água ou em sistemas com a tecnologia de bioflocos. A amônia tem origem na excreção dos peixes e camarões e na decomposição do material orgânico nos ambientes de cultivo. O nitrito e o nitrato são produtos da oxidação da amônia por bactérias nitrificadoras (KUBITZA, 2017).

Na água a amônia pode ser encontrada na forma do íon amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ou na forma de amônia não ionizada (NH<sub>3</sub>). Juntas formam a amônia total ou nitrogênio amoniacal total (NAT), sendo a forma não-ionizada considerada a mais tóxica para os animais, em

função da capacidade de difusão pelas membranas celulares (FROMM; GILLETTE, 1968). Boyd e Tucker (1998) consideram como aceitável na água de cultivo concentração de NAT de até 0,5 mg L<sup>-1</sup>. Para a tilápia, Kubitzka (2017) aponta como níveis seguros de amônia, concentrações da ordem de 0,14 mg L<sup>-1</sup> para N-NH<sub>3</sub> (ou 0,17 mg L<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>). Considerando o exposto, pode-se dizer que no presente trabalho, em alguns momentos as concentrações de NAT extrapolaram os valores considerados seguros para os peixes. Os valores registrados foram próximos ou menores (0,48 ± 0,40 a 2,65 ± 3,59 mg L<sup>-1</sup>) que os registrados por Lima *et al.* (2015) quando mantiveram tilápias (peso médio inicial = 123,0 ± 0,6 g e final de 400,1 ± 32,31 a 426,28 ± 13,33 g), nas densidades de 15; 30 e 45 peixes por m<sup>3</sup> em sistema de bioflocos.

O nitrito é o produto intermediário da oxidação da amônia para nitrato através do processo de nitrificação, realizado por um grupo específico de bactérias chamadas bactérias nitrificantes e quimioautotróficas, do gênero *Nitrosomonas*, podendo ser visto na reação: NH<sub>3</sub> → NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (EBELING *et al.*, 2006). Segundo Sá (2011) o nitrito em excesso pode oxidar o ferro da molécula de hemoglobina, passando a ser chamada de metahemoglobina, conferindo a coloração marrom ao sangue. Esta por sua vez não consegue transportar oxigênio até os tecidos do animal, mesmo sob forte condição de aeração, dessa forma, acarretará estresse respiratório e, posteriormente, hipóxia tecidual. Yanbo, Wenju e Weifen (2006), afirmaram que para juvenis de tilápia, o valor tolerado de nitrito é de 0,3 mg L<sup>-1</sup>. As variações nas concentrações de nitrito no presente estudo (0,3 a 2,8 mg L<sup>-1</sup>) foram menores que as registradas por Lima *et al.* (2015) na água de cultivo de tilápia em BFT (0,29 a 16,19 mg L<sup>-1</sup>). Por outro lado, os dados indicam que o nitrito esteve na maior parte do período de cultivo, acima dos valores tolerados. Em condições como essas, o sal adicionado à água, ameniza o efeito tóxico do nitrito pois, conforme lembra Kubitzka (2007), os íons cloreto, quando presentes em quantidades adequadas na água, se associam aos receptores de nitrito nas células das brânquias dos peixes, impedindo a absorção deste composto tóxico.

Rijn, Tal e Schreier (2006) afirmaram que ao contrário da amônia e nitrito, o nitrato é pouco tóxico aos organismos aquáticos. Já Kubitzka (2017) menciona que problemas com excesso de nitrato são raros nos cultivos em viveiros, mas podem ocorrer em sistema com recirculação de água e em BFT. Para Kuhn *et al.* (2010) concentrações de nitrato inferiores a 220 mg L<sup>-1</sup> não afetam a sobrevivência, o crescimento e a biomassa dos peixes. Kubitzka (2017) mencionou que para peixes tropicais como a tilápia e o bagre do canal (catfish americano), níveis seguros de íon nitrato seriam de 620 mg L<sup>-1</sup>. Logo é possível dizer que

mesmo os valores de nitrato tendo chegado a  $160 \text{ mg L}^{-1}$ , as concentrações se encontraram dentro do permitido aos peixes.

Elevação nas concentrações de amônia nas duas primeiras semanas, seguida por aumento nas concentrações de nitrito e depois de nitrato no presente estudo, corroboram com os relatos de Lara *et al.* (2012). Segundo os autores, em BFT o aumento progressivo de amônia ao longo das duas primeiras semanas do cultivo, deve-se principalmente ao fato de que a comunidade microbiana que está sendo formada na água ainda não é capaz de fazer a assimilação total desse composto. Assim, a fertilização com fontes ricas em carbono orgânico (melaço de cana de açúcar, dextrose, farelos de trigo e arroz, farinha de mandioca, entre outras), obedecendo a uma relação C:N de 15-20:1, para estimular o rápido crescimento bacteriano é um dos fatores mais importantes nessa fase do cultivo. Ainda segundo os autores, nesse processo, o que parece ocorrer na realidade, é uma mistura das vias de remoção baseadas em organismos fotoautotróficos, bactérias autotróficas e bactérias heterotróficas, sendo que, as bactérias heterotróficas e autotróficas parecem ter um papel mais significativo na manutenção da qualidade da água no sistema BFT.

Em referência aos sólidos totais sedimentáveis, Avnimelech (2011) afirma que o nível ideal para o cultivo de tilápias em bioflocos é de  $20 \text{ mL L}^{-1}$ . Segundo Ray *et al.* (2009) em sistema que contém altas concentrações de sólidos em suspensão, ocorre baixa penetração de luz, favorecendo assim o surgimento de cianobactérias no sistema. Por outro lado, uma baixa concentração de sólidos suspensos favorece a penetração de luz, contribuindo para a proliferação de algas verdes, que em grande quantidade afetam a disponibilidade de nutrientes aos bioflocos, levando a microbiota ao declínio. No presente estudo, já aos 54 dias de cultivo, os sólidos totais sedimentáveis ultrapassaram os  $20 \text{ mL L}^{-1}$ , concentração ideal para tilápia, e permaneceram elevados até o final do cultivo, sugerindo a necessidade de adoção de medidas que contribuíssem para o processo de clarificação da água (redução dos flocos microbianos).

O aumento dos flocos microbianos com o decorrer do cultivo, certamente tem relação com o aumento da oferta de nutrientes. A esse respeito Ray *et al.* (2010) comentam que a formação do floco ou agregado microbiano ocorre a partir do acúmulo de matéria orgânica e da disponibilidade de oxigênio no sistema de produção. Os nutrientes presentes na água e a disponibilidade de luz para os processos fotossintéticos propiciam a dominância das microalgas nos primeiros dias de cultivo. Ainda segundo os autores, à medida que a concentração de amônia vai aumentando, aumenta também a concentração de bactérias heterotróficas, beneficiadas pela sua maior capacidade de assimilação de nitrogênio amoniacal. Do resultado da ação dessas sobre a amônia, observa-se o aumento da concentração de nitrito,

um composto tóxico aos peixes. Níveis crescentes de nitrito, por sua vez, estimulam a presença de bactérias nitrificantes, que junto ao oxigênio, oxidam o nitrito em nitrato. Durante esse processo de conversão dos compostos nitrogenados, são formados simultaneamente os bioflocos, ocorrendo então o seu acúmulo durante todo o confinamento do sistema, devendo estar disponibilizado por toda a coluna d'água através da dinâmica formada pela aeração.

### 3.2 Desempenho zootécnico

O desempenho zootécnico pode ser entendido como o conjunto de características naturais, selecionadas ou adicionadas geneticamente, que definem a capacidade de rendimento de um determinado animal ou cultivo (LIANG *et al.*, 2017). Ou seja, está completamente relacionado ao potencial produtivo desse animal em relação ao ambiente ou ao tipo de cultivo no qual esse está submetido.

Os principais índices que avaliam o desempenho de peixes são: sobrevivência (S), ganho de peso diário, fator de conversão alimentar, taxa de crescimento específico, biomassa líquida e produtividade.

Os dados de desempenho dos juvenis de tilápia do Nilo, mantidos em sistema de bioflocos na Fazenda Água Boa, em Traíri/CE, são apresentados na Tabela 5. Conforme pode ser observado, foram estocados 5.200 peixes em cada berçário de 100 m<sup>3</sup>. Os tanques foram despescados com diferença de um a dois dias, um do outro, acompanhando a estratégia de povoamento dos tanques-rede ou viveiros lonados destinados a continuidade do cultivo dos peixes na própria fazenda (fases de recria e terminação). Com isso a duração do cultivo variou entre 95 e 99 dias, findo os quais o número de peixes em cada tanque ficou entre 4.292 a 4.695, resultando em uma densidade final entre 42,92 a 46,95 peixes m<sup>-3</sup> e uma taxa de sobrevivência entre 82,54 e 90,29%.

Os peixes com peso médio inicial de 1,75 g atingiram peso corporal variando entre 151,00 e 177,00 g ao final do período de cultivo, revelando ganhos diários de 1,53 a 1,77 g e taxa de crescimento específico de 4,66 a 4,78% dia<sup>-1</sup>.

A biomassa inicial por tanque foi de 9,10 kg e a final variou entre 709,0 e 810,3 kg, gerando uma biomassa líquida de 699,9 a 801,21 kg e produtividade variando entre 7,0 a 8,0 kg m<sup>-3</sup> nos 95 a 99 dias de cultivo. Ainda é possível verificar que os peixes consumiram entre 852,0 e 917,0 kg de ração por tanque, gerando uma conversão alimentar aparente entre 1,14 e 1,27:1.

No presente estudo as densidades de estocagem no início do experimento foram as mesmas nos quatro tanques (52 peixes m<sup>-3</sup>), e com as mortalidades registradas, a densidade ao final do período de cultivo atingiu uma média de 45,2±1,7 peixes m<sup>-3</sup>, sendo pequena as diferenças entre tanques. As mortalidades registradas no presente estudo podem ser atribuídas a fatores tais como estresse pós manejo de povoamento e qualidade da água, sendo o maior índice de mortalidade registrado por volta dos 7 primeiros dias de cultivo, e, também, quando houve pico de nitrito nos tanques (2,8 mgL<sup>-1</sup>), entre os 23 e 76 dias de cultivo.

Tabela 4 – Desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivados em sistema de bioflocos na Fazenda Água Boa em Trairi/CE

Variável	Berçários				Média ± DP*
	Berçário 1	Berçário 2	Berçário 3	Berçário 4	
Nº de peixes inicial	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200,0±0,0
Nº de peixes final	4.533	4.695	4.292	4.578	4.524,5±169,4
Densidade inicial (peixes m <sup>-3</sup> )	52	52	52	52	52,0±0,0
Densidade final (peixes m <sup>-3</sup> )	45,33	46,95	42,92	45,78	45,2±1,7
Dias de cultivo	95	97	98	99	97,3±1,7
Sobrevivência (%)	87,17	90,29	82,54	88,04	87,0±3,3
Peso médio inicial (g)	1,75	1,75	1,75	1,75	1,8±0,0
Peso médio final (g)	163,00	151,00	171,00	177,00	165,5±11,2
Ganho de peso (g no período)	161,25	149,25	169,25	175,25	163,8±11,2
Ganho em peso (gdia <sup>-1</sup> )	1,70	1,54	1,73	1,77	1,7±0,1
TCE (% dia <sup>-1</sup> )	4,77	4,78	4,68	4,66	4,72±0,1
Biomassa inicial (kg)	9,10	9,10	9,10	9,10	9,1±0,0
Biomassa final (kg)	738,88	709,0	733,93	810,31	748,0±43,5
Biomassa líquida (kg)	729,78	699,9	724,83	801,21	738,9±43,5
Produtividade (kg m <sup>-3</sup> )	7,30	7,00	7,25	8,01	7,4±0,4
Quantidade ração (kg)	872,0	892,0	852,0	917,0	883,3±27,8
Fator de conversão alimentar	1,19	1,27	1,18	1,14	1,2±0,1

Fonte: A autora; TCE - Taxa de crescimento específico; DP - Desvio padrão

Em sistema de bioflocos tem sido estudado densidades menores, iguais ou maiores que a empregada na Fazenda Água Boa, em Trairi/CE (25; 50 e 100 peixes m<sup>-3</sup> – WIDANARNI; EKASARI; MARYAM, 2012; 500; 750; 1.000 e 1.250 peixes m<sup>-3</sup> – LIMA *et al.*, 2018). A criação de peixes no sistema de bioflocos depende da possibilidade de adaptação de cada espécie ao sistema produtivo. A espécie a ser trabalhada deve se adequar a uma relação de alta densidade de estocagem, capacidade de suportar possível acúmulo de compostos nitrogenados, hábito alimentar a integrar a planctívoros e suportar volumes de

sólidos suspensos (EMERENCIANO *et al.*, 2013). No entanto, peixes mantidos em altas densidades de estocagem podem apresentar retardamento em seu crescimento, levando os mesmos a um lento ganho de peso, devido alterações na agressividade e perseguição social, gerando maior exigência metabólica e interferindo no comportamento alimentar dos peixes. Dessa forma, a densidade de estocagem pode atuar como agente estressor aos peixes, interferindo na resposta imunológica e, conseqüentemente, atuando no crescimento e sobrevivência dos animais (IWAMOTO; MYERS; HERSHBERGER, 1986; STICKNEY, 1994; LEFRANÇOIS *et al.*, 2001).

A densidade de estocagem ideal varia de acordo com as espécies, o tamanho de comercialização, o sistema de criação e as fases de vida dos peixes (WALLACE; KOLBEINSHAVN; REINSNE, 1988). Para algumas espécies de peixes, baixas densidades resultam em maiores taxas de crescimento e sobrevivência, porém os animais podem acumular mais gordura, em razão da maior oferta de ração e da menor competição por alimento, ainda acarreta a um subaproveitamento de área para a criação dos peixes, levando ao comportamento de territorialismo o que induz a agressividade, como no caso de tilápia e trutas (GOMES *et al.*, 2000; PIAIA; BALDISSEROTTO, 2000; LAZZARI *et al.*, 2011).

O sistema de BFT é dito suportar biomassa de 10 a 40 kg m<sup>-3</sup> (AVNIMELECH, 2005). Considerando esses resultados, é possível afirmar que a biomassa gerada no presente estudo ficou um abaixo da produção dita ser suportada pelo sistema BFT. Por outro lado, para chegar a valores superiores, certamente será preciso um controle mais rigoroso no que se refere a qualidade da água.

Os dados de desempenho da tilápia no presente estudo foram próximos ou melhores que os registrados por Widanarni; Ekasari; Maryam (2012) quando avaliaram a aplicação do sistema de bioflocos no cultivo de tilápia vermelha (*Oreochromis sp.*), com peso corporal médio inicial de 77,89 ± 3,71 g, mantidas por 128 dias nas densidades de 25; 50 e 100 peixes m<sup>-3</sup>. No estudo os autores registraram peso final entre 129,03 a 216,46 g; ganho diário em peso de 0,52 a 1,16 g; sobrevivência de 93,00 a 98,78% (a maior na densidade de 25 peixes m<sup>-3</sup>); produtividade de 2,77 a 4,23 kg m<sup>-3</sup>. Ainda segundo os autores, o BFT proporcionou um menor consumo de ração, quando comparado a peixes cultivados em tanques sem BFT, em particular, com densidade de 50 peixes m<sup>-3</sup>, sugerindo que o bioflocos pode ser continuamente colhido pelo peixe como outra fonte de alimento.

Lima *et al.* (2018) estudando o efeito da densidade de estocagem (500; 750; 1.000 e 1.250 peixes m<sup>-3</sup>) de alevinos de tilápia do Nilo com peso inicial de 1,17 ± 0,05 g, mantidos em tanques de 50 L em BFT com baixa salinidade e ajuste da relação carbono:nitrogênio de

12:1, verificaram após 42 dias, produtividade (9,49 e 15,27 kg m<sup>-3</sup>) e sobrevivência (96 a 100%) maiores que as registradas no presente estudo. Já a taxa de crescimento específico (4,73 a 5,27% dia<sup>-1</sup>) e conversão alimentar (1,24 a 1,40:1) estiveram dentro do verificado no presente estudo. Os autores constataram ainda um peso corporal final entre 12 e 18 g, um efeito negativo da densidade populacional sobre o peso final e sobrevivência, e um efeito positivo sobre a produção de tilápia do Nilo com densidades de até 1000 peixes m<sup>-3</sup>.

Rakocyet *al.* (2011) registraram para alevinos de tilápia em BFT, 99,7% de sobrevivência, uma biomassa final de 18,4 kg m<sup>-3</sup> e ganho médio diário de peso em torno de 3,2 g, valores esses superiores aos registrados no presente estudo. Citações feitas por Rossi (2014) indicam que para peixes criados em BFT podem ser encontrados valores de biomassa final variando entre 4,80 e 44,95 kg m<sup>-3</sup>, sobrevivência entre 78,9 e 100% e ganho diário de peso entre 0,42 e 4,0 g.

Para conversão alimentar, Ono e Kubitza (2003) relatam que para tilápia em sistema de cultivo intensivo, como o de tanques-rede a expectativa é que os valores fiquem entre 1,4 e 1,8. Logo, é possível dizer que, a conversão alimentar registrada no presente estudo (1,2±0,1) foi melhor do que os valores citados por Ono e Kubitza (*op. cit.*). Os valores foram melhores, também, que os encontrados por Azim e Little (2008) utilizando sistema de bioflocos no cultivo de tilápia (FCA = 3,44 a 3,51). Valores mais baixos de conversão alimentar em BFT tem sido atribuído ao fato dos flocos microbianos contribuírem com um aporte de alimento. A esse respeito, Avnimelech (2007) afirma que os bioflocos contribuem significativamente para o crescimento dos peixes, visto que os peixes cultivados nesse sistema se alimentam continuamente, uma vez que a produção microbiana é um processo contínuo.

## 4 CONCLUSÕES

A qualidade da água de tanques estocados com juvenis de tilápia em bioflocos mantidos em BFT sofreu alterações ao longo do período de cultivo, as quais foram compatíveis com o acúmulo de matéria orgânica e consequente elevação da amônia até que microrganismos se estabelecessem no sistema e contribuíssem para a redução à nitrito e nitrato.

O desempenho dos juvenis de tilápia mantidos em BFT foi compatível com valores descritos na literatura e permite inferir que essa é uma tecnologia passível de uso por fazendas comerciais. Também é possível dizer que com o refinamento no controle da qualidade da água e manejo dos peixes, há possibilidade de melhorar os índices de desempenho zootécnico.

A tecnologia de cultivo de peixes em bioflocos é um sistema intensivo de produção de peixes que exige maiores cuidados com a qualidade da água e no manejo dos peixes, quando comparado a sistemas de cultivos mais tradicionais. Por outro lado, ela proporciona menor uso de água e descarga de efluente, já que não há renovação de água e é possível reaproveitar a água de um cultivo para o outro. Considerando desse ponto de vista, pode-se afirmar que essa tecnologia tem grandes possibilidades de expansão em locais com escassez de água, como no estado do Ceará que vive uma das maiores e mais prolongadas estiagem da sua história.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO. **Produção de peixe e camarão: injeção de tecnologia**. 2016. Disponível em:

<<http://abccam.com.br/2016/08/producao-de-peixe-e-camarao-injecao-de-tecnologia/>>.

Acesso em: 31 mai 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA. **Anuário PeixeBr da piscicultura 2018**. São Paulo: PeixeBr, 2018. 138p. Disponível em:

<<https://www.peixebr.com.br/Anuario2018/AnuarioPeixeBR2018.pdf>>. Acesso em: 24 mar

2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA. **Anuário PeixeBr da piscicultura**

**2019**. São Paulo: PeixeBr, 2019. 146p. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/anuario-peixe-br-da-piscicultura-2019/>>. Acesso em: 24 mar 2019.

AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems.

**Aquaculture**, v.176, p.227–235, 1999.

AVNIMELECH, Y. Tilapia harvest microbial flocs in active suspension research pond.

**Global Aquaculture Advocate**, v. 8, p. 57-58, 2005.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc technology**: a practical guide book. 2d Edition. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 2012. 271p.

AZIM, M.E; LITTLE, D. C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and grow thand welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).

**Aquaculture**, v. 283, p. 29-35, 2008.

BARBOSA, H. Mortandade de peixe no Castanhão ultrapassa 500 toneladas. **Diário do Nordeste**. 2019. Disponível em:

<<blogs.diariodonordeste.com.br/centrosul/cidades/31102/31102>>. Acesso em 13 jun 2019.

BOYD, C.E. **Water quality in warm water fish ponds**. Auburn: Auburn University, 1979. 359p.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Ponds aquaculture water quality management**. Springer: Keuwer Academic Publishers, 700p, 1998.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal 2013. **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, v. 41, p.1-108, 2013. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2013\\_v41\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2013_v41_br.pdf)>.

Acesso em: 06jun 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal 2014. **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, v. 42, p.1-39, 2014. Disponível em:

<[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2014\\_v42\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2014_v42_br.pdf)>. Acesso em: 24 mai 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal 2015. **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, v. 43, p.1-49, 2015. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2015\\_v43\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf)>. Acesso em: 24 mai 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal 2016. **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, v. 44, p.1-51, 2016. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2016\\_v44\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2016_v44_br.pdf)>. Acesso em: 24 mai 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal 2017. **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro p.1-9, 2018. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2017\\_v45\\_br\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2017_v45_br_informativo.pdf)>. Acesso em: 24 mai 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Estatística da pesca 2000 Brasil: Grandes regiões e unidades da federação**. Brasília: IBAMA, 2000. 16p. Disponível em: <[http://files.anp.gov.br/round7/arquivos\\_r7/SISMICA\\_R7/Pesca/ESTATISTICA\\_DA\\_PESCA\\_EM\\_200](http://files.anp.gov.br/round7/arquivos_r7/SISMICA_R7/Pesca/ESTATISTICA_DA_PESCA_EM_200)>.PDF.Acesso em: 17 mai 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Estatística da pesca 2007 Brasil: Grandes regiões e unidades da federação**. Brasília: IBAMA, 2007. 113p.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011**. Brasília: MPA, 2011. 60p. Disponível em: <[http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est\\_2011\\_bol\\_bra.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est_2011_bol_bra.pdf)>.Acesso em: 06 jun 2019

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura: Brasil 2012**. Brasília: MPA, 2012. 128p.

BROL, J.; PINHO, S. M.; SGNAULIN, T.; PEREIRA, K. R.; THOMAS, M. C.; MELLO, G. L.; MIRANDA-BAEZA, A.; EMERENCIANO, M. G. C. 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.

BURFORD, M.A.; THOMPSON, P.J.; MCINTOSH, R.P.; BAUMAN, R.H., PEARSON, D.C. The contribution of flocculated material to shrimp nutrition in high-intensity, zero-exchange system. **Aquaculture**, v.232, p. 525–537, 2004.

CEARÁ. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos; Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. Portal Hidrológico do Ceará: Volume armazenado reservatórios. Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/acude/nivel-diario>>. Acesso em: 05 abr. 2019.

CEARÁ. Secretaria de Gestão dos Recursos Hídricos. Atlas eletrônico dos recursos hídricos do Ceará. 2015. Disponível em: <[http://atlas.srh.ce.gov.br/infra-estrutura/acudes/detalhaCaracteristicasTecnicas.php?cd\\_acude=130&status=4](http://atlas.srh.ce.gov.br/infra-estrutura/acudes/detalhaCaracteristicasTecnicas.php?cd_acude=130&status=4)>. Acesso em: 24 abr 2019.

CEARÁ. Secretaria do Planejamento e Coordenação; Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil básico municipal:** Trairi. Fortaleza: SEPLAN/IPECE, 2005, 10p. Disponível em: <[https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Trairi\\_2005.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Trairi_2005.pdf)>. Acesso em: 09 abr 2019.

EBELING, J.M.; TIMMONS, M.B.; BISOGNI, J.J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v.257, n.1-4, p. 346–358, 2006.

EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZON, G. Biofloc Technology (BFT): A review for aquaculture application and animal food industry. In: MATOVIC, M. D. (Org.) **Biomass now: cultivation and utilization**. London: IntechOpen, 2013, cap 12, p. 346–358. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/biomass-now-cultivation-and-utilization/biofloc-technology-bft-a-review-for-aquaculture-application-and-animal-food-industry>>. Acesso em: 24 mar 2019.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of world fisheries and aquaculture: Meeting the sustainable development goals**. Rome: FAO, 2018. 210p. Disponível em: <<http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture>>. Acesso em: 24 mar 2019.

FERRI, G. H.; CARDOSO, I. L.; GONÇALVES, V. T.; PINHEIRO, V. R.; HISANO, H. **Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com diferentes níveis de proteína em sistema bioflocos** Giovanni. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10, 2016, Campinas. **Anais...** Campinas: EMBRAPA, 2016, p. 1-8. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1064006/1/2016AA20.pdf>> Acesso em: 21 jun 2019.

FROMM, P.O.; GILLETE, J. R. Effect of ambient ammonia on blood ammonia and nitrogen excretion of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 26, n.3, p. 887-896, 1968.

GOMES, S. Z.; SCHLINDWEIN, A. P. Efeito de períodos de cultivo e densidades de estocagem sobre o desempenho do catfish (*Ictalurus punctatus*) nas condições climáticas do litoral de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.5, p.1266-1272, 2000.

GOOGLE EARTH, **Localização da fazenda Água boa**, 2019. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/place/3%C2%B026'45.4%22S+39%C2%B018'44.2%22W/@-3.4459353,-39.3144516,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-3.4459353!4d-39.3122629?hl=pt-BR>>. Acesso em: 09 abr 2019

GOOGLE MAPS, Rio Trairi. Disponível em <<https://www.google.com/search?client=firefox-b->

d&ei=WkOvXJ\_fNtWP0AbkroG4Dw&q=rio+trairi%2C+trairi&oq=rio+trairi%2C+trairi&gsl=psyab.3..38.5781.10000..10177...1.0..0.212.2876.0j18j1.....0....1..gswswiz.....0i131j0j0i67j0i131i67j0i22i30.85\_kZg3duyo>. Acesso em: 09 abr 2019

IWAMOTO, R.N.; MYERS, J.M.; HERSHBERGER, W.K. Genotype-environmental interactions for growth of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. **Aquaculture**, v. 57, n. 1-4, p.153-161. 1986.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**. Jundiaí: F. Kubitzza, 1999. 97p.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaí: F. Kubitzza, 2003. 208p.

Kubitzza F. A versatilidade do sal na piscicultura. **Panorama da Aquicultura**, v.17, n.103, p.14-23, 2007.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: F. Kubitzza, 2011. 316p.

KUBITZA, F. A água na aquicultura: Parte 3 - O impacto da amônia, do nitrito e do nitrato sobre o desempenho e a saúde dos peixes e camarões. **Panorama da Aquicultura**, v.17, n. 164, p. 14 – 27, 2017.

KUHN, D. D.; SMITH, S. A.; BOARDMAN, G. D.; ANGIER, M. W.; MARSH, L.; GJ FLICK JR., G. J. Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp: Impacts on survival, growth, antenna length, and pathology. **Aquaculture**, v. 309, n. 1-4, p. 109 -114, 2010.

LARA, G.; KRUMMENAUER, D.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY JR., W. Sistema de bioflocos processos de assimilação e remoção do nitrogênio. **Panorama da Aquicultura**, v.22, n. 133, p.32-37, 2012.

LAZZARI, R.; RADÜNZ NETO, J.; CORRÊIA, V.; VEIVERBERG, C.A.; BERGAMIN, G.T.; EMANUELLI, T.; RIBEIRO, C.P. Densidade de estocagem no crescimento, composição e perfil lipídico corporal do jundiá. **Ciência Rural**, v. 41, n. 4, p.712-718. 2011.

LEFRANÇOIS, C.; CLAIREAUX, G.; MERCIER, C.; AUBIN, J. Effect of density on the routine metabolic expenditure of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 195, n. 3, p. 269-277. 2001.

LIANG, X. F.; HU, L.; DONG, Y. C.; WU, X. F.; QIN, Y. H.; ZHENG, Y. D.; SHI, D. D.; XUE, M.; LIANG, X. F. Substitution of fish meal by fermented soybean meal affects the growth performance and flesh quality of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). **Animal feed science and technology**, v.229, p.1-12, 2017.

LIMA, E. C. R.; SOUZA, R. L.; WAMBACH, X. F.; SILVA, U. L.; CORREIA, E. Cultivo da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em sistema de bioflocos com diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n.4, p. 948-957, 2015.

- LIMA, P. C. M.; ABREU, J. L.; SILVA, A. E. M.; SEVERI, W.; GALVEZ, A. O.; BRITO, L. O. Nile tilapia fingerling cultivated in a low-salinity biofloc system at different stocking densities. **Spanish Journal of Agricultural Research**, n.4, v. 16, p. 1-9, 2018.
- MANSOUR, A. T; ESTEBAN, M. A. Effects of carbon sources and plant protein levels in a biofloc system on growth performance, and the immune and antioxidant status of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 64, n. p. 202-209, 2017.
- MARQUES, N.R.; HAYASHI, C.; SOUZA, S.R.; SOARES, T. Efeito de diferentes níveis de arraçoamento para alevinos de carpa-capim (*Ctenopharyngodonidella*) em condições experimentais. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.30, n.1, p.51-56, 2004.
- MOREIRA, A. A.; HILSDORF, A. W.; da SILVA, J. V.; de SOUZA, V. R. Variabilidade genética de duas variedades de tilápia nilótica por meio de marcadores microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.42, n.4, p.521-526, 2007.
- OLIVEIRA, E. G.; ALMEIDA, S. A. A. O açude Castanhão e a cadeia produtiva da tilápia. **In: CAMPECHE, D. F. B. (Org.). Aquicultura atual no semiárido. Cadernos do Semiárido: Riquezas & Oportunidades: Recife: CREA, UFPE, v.12, n.12, p. 33-41, jul. / ago 2017.**
- ONO, E. A.; KUBITZA, F. **Cultivo de peixes em tanques rede**. 3.ed. Jundiaí: E. Ono, 2003. 112p.
- OSTRENSKI, A.; BOERGER, W. **Piscicultura: Fundamentos e Técnicas de Manejo**. Guaíba: Agropecuária Ltda, 1998. 211p.
- PIAIA, R.; BALDISSEROTTO, B. Densidade de estocagem e crescimento de alevinos de jundiá *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824). **Ciência Rural**, v. 30, n. 3, p.509-513, 2000.
- PINHO, Sara Melo. **Berçário de tilápia em sistema aquapônico utilizando a tecnologia de bioflocos**. 2018. 98f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Aquicultura) - Centro de Aquicultura, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2018.
- POLINUTRI, Produtos alimentação para peixe, 2019. Disponível em: <<https://www.polinutri.com.br/produtos.php?id=4>>. Acesso em: 22 jun 2019.
- RAKOCY, J. E.; DANAHER, J. J.; BAILEY, D. S.; SHULTZ, R. C. Development of a biofloc system for the production of tilapia. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 9, 2011, Shanghai. **Proceedings...** Corvallis: AQUAFISH Collaborative Research Support Program, 2011, p.344-358. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/FullTextPDF/2013/20133318797.pdf>>. Acesso em: 21 jun 2019.
- RAY, A. J.; SHULER, A. J.; LEFFLER, J. W.; BROWDY, C. L. Microbial ecology and management of biofloc systems. **In: BROWDY, C. L.; JORY, E. D. (eds.). The Rising Tide: Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA. 2009. p. 255-266.**
- RAY, A.J.; LEWIS, B. L.; BROWDY, C. L.; LEFFER, J.W. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed

in minimal-exchange, superintensive culture systems. **Aquaculture**, v. 299, n. 1, p. 89-98, 2010.

RIJN, J. VAN; TAL, Y.; SCHREIER, H. J. Denitrification in recirculating systems: Theory and applications. **Aquaculture Engineering**, v. 34, p. 364-376, 2006.

ROSSI, Vitor Gomes. **A utilização da tecnologia de bioflocos (TBF) na piscicultura: histórico e principais técnicas de manejo do sistema**. 2014. 44f. Monografia (Graduação em Veterinária) - Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SÁ, M.V.C. **Limnocultura**: Limnologia para aquicultura. Edições UFC, 218p. 2011.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. **Limnologia Aplicada a Aquicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70p.

STICKNEY, R. R. **Principles of aquaculture**. New York: John Wiley & Sons, 1994.502p

YANBO, W.; WENJU, Z.; WEIFEN, L.; 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.

WALLACE, J. C.; KOLBEINSHAVN, A. G.; REINSNES, T. The effects of stocking density on early growth in arctic char, *Salvelinus alpinus* (L.). **Aquaculture**, v. 73, n. 1 - 4, p.101-110, 1988.

WIDANARNI; EKASARI, J.; MARYAM, S. Valuation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. Culture at different stocking densities. **Hayati Journal of Biosciences**, v. 19, n. 2, p. 73-80, 2012.