



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA

AURENI PEREIRA COÊLHO

QUALIDADE DA ÁGUA E REUSO EM EXPERIMENTOS AQUÍCOLAS COM
TECNOLOGIA DE BIOFLOCO

SERRA TALHADA-PE

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA

AURENI PEREIRA COELHO

QUALIDADE DA ÁGUA E REUSO EM EXPERIMENTOS AQUÍCOLAS COM
TECNOLOGIA DE BIOFLOCO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como requisito obrigatório para obtenção do título de Engenheira de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Ugo Lima Silva

SERRA TALHADA-PE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada - PE, Brasil.

C672q Coêlho, Aurení Pereira
Qualidade da água e reúso em experimentos aquícolas com tecnologia de bioflocos / Aurení Pereira Coêlho. – Serra Talhada, 2018.
48 f.

Orientador: Ugo Lima Silva
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharel em Engenharia de pesca) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 2018.
Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Água - Qualidade. 3. Água - Reúso. I. Silva, Ugo Lima, orient. II. Título.

CDD 639

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA

O parecer da banca examinadora da defesa de Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia de Pesca de Aurení Pereira Coêlho.

Título: Qualidade da água e reúso em experimentos aquícolas com tecnologia de bioflocos.

Orientador: Prof. Dr. Ugo Lima Silva

A banca examinadora composta pelos membros abaixo, sob a presidência do primeiro, considera a aluna, Aurení Pereira Coêlho, do curso de Engenharia de Pesca, da Universidade Federal Rural de Pernambuco da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como APROVADA.

Serra Talhada, 27 de Agosto de 2018

Banca examinadora:

Prof. Dr. Ugo Lima Silva

Unidade Acadêmica de Serra Talhada, UFRPE

Engenheiro de Pesca. Marcus Vinicius Lourenço de Mello

Unidade Acadêmica de Serra Talhada, UFRPE

Prof^a. Dr^a. Juliana Ferreira dos Santos

Unidade Acadêmica de Serra Talhada, UFRPE

A Deus, aos meus pais Francisco e Francisca e aos
irmãos e sobrinhos, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

A meus pais Francisca Custódia Pereira e Francisco Coêlho Gomes, e aos meus irmãos Audilene, Alvaneide, Aurenita, Alvani, Aurenilda, Arleide, Agenor, Argemiro e Cícero por fazerem parte da minha vida e estarem sempre ao meu lado.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, e a todos os funcionários da instituição, em especial aos professores de Engenharia de Pesca pelos conhecimentos repassados e pelo brilhante trabalho na formação de grandes profissionais.

Ao Programa de Educação Tutorial por me ajudar a superar algumas dificuldades.

À tutora professora Renata Akemi Shinozaki Mendes, pela paciência, amizade e carinho.

Ao meu orientador Ugo Lima Silva, pela disposição e paciência em ensinar, pela confiança depositada e por toda contribuição na minha vida acadêmica.

À banca examinadora deste trabalho, a professora Juliana Ferreira dos Santos e ao Engenheiro de Pesca Marcus Vinicius Lourenço de Mello, pelas contribuições importantes para este trabalho.

Aos colegas de sala, Arthur Ronalson Marinho da Costa, Maria Mirele Nogueira, José Marcelo da Costa Melo e em especial a Allysson Winick da Silva, Joyce Carla Carvalho da Silva, Paula Renata Praciano, pela amizade a todo momento.

A Allysson Winick da Silva pela amizade, amor, paciência e companheirismo em todos esses anos de graduação.

Aos amigos que fiz durante a graduação, que não serão citados, mas estarão guardados em minha memória, pois são sabedores da contribuição em minha vida.

Enfim, obrigada aos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

O presente estudo avaliou o reuso da água em quatro experimentos distintos, onde o primeiro e segundo experimento foram realizados com o cultivo de tilápia e terceiro e quarto experimento com camarão marinho respectivamente com tecnologia de bioflocos (BFT) nas fases de alevinagem e engorda de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Berçário e produção de juvenis do camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*). As coletas e análises de água foram realizadas no Laboratório de Experimentação com Organismos Aquáticos nas instalações da Universidade Federal Rural de Pernambuco na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, em Serra Talhada, PE, Brasil. Nos experimentos com a tilápia do Nilo foram utilizados 4 tanques circulares de fibra de vidro com capacidade de 1000L com volume útil de 800L. Nos experimentos com o camarão marinho foram utilizados 4 tanques circulares de polietileno com capacidade de 20L e volume útil de 15L. A qualidade da água foi analisada com base na temperatura, oxigênio dissolvido, pH, e salinidade. Para as análises de água também foram monitoradas a amônia total, nitrito, nitrato, alcalinidade e sólidos suspensos totais. Os dados foram analisados estatisticamente ao nível de significância de 5%. Todas as variáveis físico-químicas apresentaram diferença significativa após a sua reutilização, com exceção da amônia. O reuso da água apresentou modificações químicas ao longo das suas utilizações. No entanto, pode-se concluir que é possível a sua reutilização em outros cultivos com ínfimas reposições, desde que haja monitoramento e manejo adequado ao longo do cultivo para que as variáveis físico-químicas e biológicas da água se mantenham em conformidade ao recomendado para as espécies.

Palavras-chave: aquicultura, qualidade da água, variáveis físico química da água.

ABSTRACT

The present study evaluated the reuse of water in four different experiments, where the first and second experiments were carried out with tilapia culture and third and fourth experiment with marine shrimp, respectively, with biofloc technology (BFT) in the raising and fattening stages of tilapia of the Nile (*Oreochromis niloticus*). Nursery and juvenile shrimp production (*Litopenaeus vannamei*). Water collection and analysis were carried out at the Laboratory of Experimentation with Aquatic Organisms at the facilities of the Federal Rural University of Pernambuco at the Serra Talhada Academic Unit in Serra Talhada, PE, Brazil. In the experiments with Nile tilapia were used 4 circular tanks of glass fiber with capacity of 1000L with useful volume of 800L. In the experiments with marine shrimp, 4 circular polyethylene tanks with a capacity of 20L and a useful volume of 15L were used. Water quality was analyzed based on temperature, dissolved oxygen, pH, and salinity. For the water analysis, total ammonia, nitrite, nitrate, alkalinity and total suspended solids were also monitored. The data were statistically analyzed at a significance level of 5%. All the physical-chemical variables presented significant difference after their reuse, with the exception of ammonia. The reuse of the water presented chemical modifications throughout its uses. However, it can be concluded that it is possible to re-use it in other crops with very small replenishments, provided that there is adequate monitoring and management throughout the crop so that the physicochemical and biological variables of the water remain in line with that recommended for the species.

Key words: aquaculture, water quality, physical variables chemical water.

LISTA DE FIGURA

Figura 01. Demonstração estatisticamente da temperatura monitorada de quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro quartil. Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa.....	31
Figura 02- Evolução temperatura monitorada entre os quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE no ano de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D) Produção de juvenis de camarão marinho.....	31
Figura 03. Demonstração estatisticamente do oxigênio dissolvido monitorado de quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro quartil. Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa.....	32
Figura 04- Evolução do oxigênio dissolvido monitorado entre os quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE no ano de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D) Produção de juvenis de camarão marinho.....	33
Figura 05. Demonstração estatisticamente da salinidade monitorada de quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro quartil.	

Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa..... 33

Figura 06- Evolução da salinidade monitorada entre os quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE no ano de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D) Produção de juvenis de camarão marinho..... 34

Figura 07. Demonstração estatisticamente da amônia monitorada de quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro quartil. Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa..... 35

Figura 08- Evolução da amônia monitorada entre os quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE no ano de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D) Produção de juvenis de camarão marinho..... 35

Figura 09. Demonstração estatisticamente do pH monitorada de quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro quartil. Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa..... 36

Figura 10- Evolução do pH monitorada entre os quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE no ano de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D)

Produção de juvenis de camarão marinho.....	36
---	----

Figura 11. Demonstração estatisticamente do nitrito e nitrato monitorada de quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro quartil. Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa.....

37

Figura 12- Evolução do nitrito e nitrato monitorada entre os quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE no ano de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D) Produção de juvenis de camarão marinho.....

38

Figura 13. Demonstração estatisticamente da alcalinidade monitorada de quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro quartil. Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa.....

39

Figura 14- Evolução da alcalinidade monitorada entre os quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE no ano de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D) Produção de juvenis de camarão marinho.....

40

Figura 15. Demonstração estatisticamente dos sólidos suspensos totais monitorada de quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro

quartil. Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa..... 41

Figura 16- Evolução dos sólidos suspensos totais monitorados entre os quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE no ano de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D) Produção de juvenis de camarão marinho..... 41

LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Apresentação esquemática das características dos experimentos, período de duração e volume utilizado para cultivo dos organismos. Experimentos realizados na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE no ano de 2014 e 2017.....	27
Tabela 02- Valores médios e desvio padrão das variáveis de qualidade da água do cultivo de tilápia do Nilo e camarão marinho com tecnologia de biofloco realizados na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE no ano de 2014 e 2017.....	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Qualidade da água	17
2.2 Temperatura	17
2.3 Alcalinidade	18
2.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)	18
2.5 Amônia	19
2.6 Nitrito	20
2.7 Nitrato	20
2.8 Salinidade	21
2.9 Sólidos Suspensos Totais	22
2.10 Oxigênio Dissolvido	23
2.11 Tecnologia de Biofoco	23
2.12 Reuso da água na aquicultura	25
3 OBJETIVOS	26
3.1 Objetivos Geral	26
3.2 Objetivos Específicos	26
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 Local dos Experimentos	27
4.2 Procedimento experimentais	27
4.3 Ambientes aquícolas monitorados	28
4.4 Análises de qualidade de água	28
4.5 Análise estatística	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 Caracterização da Qualidade da água.....	29
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
7 REFERÊNCIAS.....	43

1- INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural renovável, no entanto possui reservas limitadas. É elemento básico para manutenção à civilização humana, todavia tem sido utilizado de forma irrefletida, e sua demanda crescente pode torná-la, em breve, um recurso esgotável em quantidade e qualidade (THIAGO e GIANESELLA, 2003). A sua utilização destina-se em, aproximadamente, 70% aos aproveitamentos agrícolas, 20% à indústria e 10% ao abastecimento da população humana (TELLES, 2002).

A aquicultura, termo genericamente utilizado para referir ao cultivo de organismos aquáticos, é considerada uma atividade multidisciplinar, que estão inclusos nesse contexto plantas aquáticas (algicultura), crustáceos (carcinicultura), moluscos (malacocultura), rãs (ranicultura) e peixes (piscicultura) (OLIVEIRA, 2009). Diferentemente da pesca extrativa, que tem apresentado uma taxa de crescimento reduzido na última década, este setor tem se tornado uma atividade em ascensão devido, principalmente, a segurança alimentar, mudanças nos padrões de alimentação da população que busca uma dieta mais saudável, razões religiosas e socioeconômicas (ROCHA et al., 2013).

A aquicultura é uma atividade de manejo e produção de organismos aquáticos que se beneficiam dos recursos naturais em seus processos, os quais geram efluentes e resíduos. A não realização de uma eficiente gestão hídrica, irá gerar impactos no meio ambiente, podendo alterar significativamente as suas características físicas, químicas e biológicas (LIMA, 2010).

O sistema de produção utilizado para realização dessa atividade, semi-intensivo e intensivo. Os sistemas semi-intensivos e intensivos são caracterizados com elevadas densidades de estocagem e dependência alimentar parcial e total, respectivamente (TEIXEIRA et al., 2006). É o principal vetor para incorporação de nutrientes no ambiente aquático e reflete, principalmente, na má qualidade da água quando não gerenciada corretamente (MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2005). As condições improprias da qualidade da água acarretam problemas no desenvolvimento, saúde, sobrevivência, reprodução e bem-estar dos animais (LEIRA et al., 2017).

A produção aquícolas não deve estar focada no aumento do uso dos recursos naturais de água e terra (AVNIMELECH, 2009), e sim em desenvolvimento de sistemas de aquicultura sustentáveis que não danifiquem o meio ambiente (NAYLOR et al., 2000) e de forma que ofereçam uma relação custo / benefício apoiada na sustentabilidade econômica e social (AVNIMELECH, 2009). A tecnologia de bioflocos (Biofloc Technology - BFT) pode ser uma alternativa para o desenvolvimento sustentável da aquicultura.

A tecnologia de biofloco é uma técnica de controle da qualidade da água por meio da adição de carbono para o sistema aquícola ou elevado teor de carbono contido na alimentação dos animais (CRAB et al., 2012).

O melaço (subproduto da cana de açúcar) é uma das fontes de carbono mais utilizada na aquicultura. Apresenta-se na forma líquida viscosa e não cristalizável, com composição favorável, conteúdo pouco nitrogênio, cinzas ou fibras (UGALDE e CASTRILLO, 2013), além de ser facilmente disponível, podendo atuar como fonte alternativa de carbono para a produção de bactérias heterotróficas em suspensão.

O princípio básico da tecnologia de biofloco é a retenção dos resíduos e sua conversão em flocos microbianos, sendo utilizado como alimento natural endógeno nos sistemas de cultivo (AZIM e LITTLE, 2008). Pode atingir uma produção de até 168 g de sólidos suspensos voláteis/Kg de alimento para peixes (SCHNEIDER et al., 2006). Em geral, o melaço possui de 17 a 25% de água e 45 a 50% de açúcares (sucrose, glucose, frutose) (NAJAFPOUR e SHAN, 2003).

Os bioflocos são conglomerados constituídos, principalmente, por bactérias, protozoários, zooplânctons e microalgas agregados à matéria orgânica (AVNIMELECH, 2012). O desenvolvimento dos flocos microbianos pode contribuir com aproximadamente cinquenta por cento da exigência proteica do animal (AVNIMELECH, 2007), podendo reduzir o uso de ingredientes como farelo de soja e farinha de peixe da ração, utilizando uma alimentação com reduzida quantidade de proteína bruta, em vez das formulações tradicionais (LITTLE et al., 2008).

Assim, a utilização desses flocos pode ser uma alternativa para a redução do uso de água, e consequentemente, minimizar os efluentes nos ecossistemas adjacentes. Portanto, esta revisão apresenta um estudo no ano de 2014 e 2017 de monitoramento da qualidade de água utilizada para desenvolvimento de pesquisas aquícolas no Laboratório de Experimentação com Organismos Aquáticos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Qualidade da água*

A aquicultura utiliza quantidades significativas de água em seus processos produtivos, deteriorando suas características e provocando efluentes com aspectos que podem prejudicar o meio ambiente. Deste modo, pesquisas vêm sendo realizadas com a finalidade de qualificar e aprimorar a qualidade da água de cultivo e, conseqüentemente, dos efluentes voltados ao meio ambiente, tornando-a cada vez mais sustentável.

Desta maneira os fatores que resultam na má qualidade da água são os sistemas utilizados com altas densidades, espécie utilizada, bem como o manejo empregado com adubação e arrazoamento (GROOS et al., 2000). Animais aquáticos, como camarões e peixes, excretam amônia, que pode se acumular no ambiente cultivado. Mesmo em baixas concentrações, amônia e nitrito (NH_3 e NO_2) são altamente tóxicos para os animais e, portanto, deve ser removidos do sistema (GROSS et al., 2003).

Esses fatores influenciam na disponibilidade de nutrientes, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, matéria orgânica, pH, biomassa bentônica e planctônica (MINUCCI, 2005). No entanto, é conhecida a capacidade dos viveiros para absorver resíduos pelo meio da degradação microbiana do carbono orgânico em dióxido de carbono e água, conversão de amônia em nitrato e a transformação do nitrato em nitrogênio gasoso pelas bactérias, volatilização da amônia e acumulação de fósforo e nitrogênio orgânico nos sedimentos do fundo dos viveiros (GROOS et al., 2000).

2.2 *Temperatura*

A temperatura é uma medida da intensidade de calor sendo um parâmetro muito importante, pois influi em propriedades da água como densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido e amônia tóxica, apresentando reflexos diretos sobre a vida aquática. Além disso, a temperatura é um dos principais limitantes numa grande variedade de processos biológicos, interagindo desde a velocidade de reações químicas até a distribuição ecológica de uma espécie animal (HARDY, 1981).

De acordo com Morales (1986 *apud* DEMARCO, 2013), quanto maior a temperatura, mais rapidamente ocorrerá o crescimento dos animais cultivados e, quanto mais constante a temperatura se manter, melhor será as condições do cultivo. Os animais aquáticos, em sua grande maioria, são poiquilotérmicos, por tanto, sua atividade metabólica está relacionada

diretamente com a temperatura da água (DEMARCO, 2013). Cada espécie exige uma faixa específica de temperatura, para seu crescimento e utilização do alimento disponível, influenciando diretamente nos índices de conversão alimentar (KUBITZA, 1999).

. Kubitza (2011) recomenda que seja mantida entre 26 a 32°C, no qual os animais apresentam conforto térmico e conseqüentemente são obtidos melhores desempenhos zootécnicos para tilápia e camarão.

Dessa forma, todas as atividades fisiológicas dos animais de cultivo (alimentação, digestão, excreção, respiração) estão intimamente ligadas à temperatura da água. Temperaturas mais elevadas resultam em maior atividade dos organismos aquáticos e conseqüentemente, no consumo de oxigênio (SILVA et al, 2013). Esta variável pode ser prejudicial aos organismos aquáticos sobretudo nas fases de desenvolvimento com variações de 3 a 4°C no dia. (SILVA et al, 2013 e OLIVEIRA, 2013).

2.3 Alcalinidade

A alcalinidade da água pode ser definida como a medida da capacidade de uma substância para neutralizar ácidos, devido à presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos (SAWYER e McCARTY, 1978). Pode ser expressa em miligramas por litro de carbonato de cálcio equivalente, $\text{CaCO}_3\text{L}^{-1}$. De acordo com Kubitza (1998), valores de dureza e alcalinidade total acima de 30mg $\text{CaCO}_3\text{L}^{-1}$ são adequados para garantir um bom funcionamento do sistema tampão da água.

A alcalinidade total está ligada a capacidade da água em manter seu equilíbrio ácido-básico. Águas com alcalinidade total inferior a 20mg $\text{CaCO}_3\text{L}^{-1}$ apresentam capacidade reduzida de poder tampão, apresentando mudanças nos valores do potencial Hidrogeniônico (pH) em razão dos processos fotossintéticos e respiratórios nos viveiros (KUBITZA, 2003).

O nível de alcalinidade para *L. vannamei* tendem a ser superiores a 100 mg/L de CaCO_3 para o seu bom desenvolvimento.

2.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O conceito sobre o pH foi retratado a partir das substâncias ácidas e básicas. Os ácidos e as bases foram reconhecidos, inicialmente, pelo efeito que exerciam sobre determinados materiais, denominado de indicador de fenolftaleína (SAWYER e McCARTY, 1978).

O potencial hidrogeniônico representa o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- , o qual varia em uma escala 0 a 14, indicando se uma água é ácida ($\text{pH} < 7$), neutra ($\text{pH} = 7$) ou

alcalina ($\text{pH} > 7$). O pH da água depende de sua origem e características naturais, no entanto pode ser alterado pela introdução de resíduos. Águas ácidas ($\text{pH} < 7$) podem se tornam corrosivas, em contra partida, águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações. Sendo que para a manutenção da vida aquática é recomendável a faixa entre 6 a 9 (ARANA, 2010).

Nesse sentido, o pH pode ser a causa de muitos fenômenos químicos e biológicos no ambiente de cultivo. Quando alcalino, é responsável por uma maior porcentagem de amônia não ionizada. Entretanto, este mesmo pH também pode ser o resultado de uma série de fatores, como a abundância de fitoplâncton nos tanques de cultivo (SILVA et al, 2013).

Desta forma, fica evidenciado que o pH possui interdependência entre as comunidades vegetais, animais e o meio aquático. Este fenômeno ocorre quando as comunidades aquáticas interferem no pH, assim o pH interfere de formas distintas no metabolismo destas comunidades. Quanto maior a biomassa vegetal em relação à massa de água, maior e mais frequente será a alteração do pH do meio (ESTEVES, 1998).

2.5 Amônia

A principal excreção dos organismos aquáticos é a amônia (COLT e AMSTRONG, 1981). Este composto é resultante do catabolismo das proteínas, no qual é um gás solúvel em água. Na forma não ionizada (NH_3), é considerada a mais tóxica para os organismos aquáticos (WUHMANN e WORKER, 1948). A NH_3 é de natureza lipofílica, possui afinidade pelas gorduras, e se difunde através das membranas respiratórias (KORMANK e CAMERON, 1981). A amônia ionizada (NH_4^+) tem características lipofóbicas, na qual repele gorduras que penetram com menos rapidez nas membranas, que são de natureza lipoprotéica (KORMANIK e CAMERON, 1981). A amônia total é definida pela soma de $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$.

Problemas com toxidez podem ocorrer em todos os tipos de cultivo (COLT e AMSTRONG, 1981). A elevação na concentração da amônia no ambiente aquático provoca um incremento no nível de amônia do sangue podendo afetar a fisiologia do animal em nível de célula, órgão e sistema (COLT e AMSTRONG, 1981). Os animais aquáticos podem eliminar a amônia metabólica por meio de três rotas principais: difusão branquial, transporte ativo com sódio (Na^+) e mediante sua transformação para um produto menos tóxico, a ureia.

A osmorregulação das espécies aquáticas pode ser afetada por elevados níveis de amônia ambiental, causada pelo aumento da permeabilidade das membranas do animal em relação à água (COLT e ARMSTRONG, 1981). Além disso, o baixo pH pode apresentar

efeito sobre a respiração, causando lesões nas brânquias e afetando a capacidade em transportar oxigênio aos tecidos, podendo ser agravado a nível histológico nas células do sangue.

Quanto aos efeitos sobre os tecidos, a amônia em concentrações letais e subletais podem causar modificações histológicas nos rins, fígado, baço, tecido tireóideo e sangue de muitas espécies de peixe (REICHENBACH-KLINKE, 1967; SMITH e PIPER, 1975; THURSTON et al., 1984). Em relação às doenças, os animais submetidos aos efeitos já supracitados, são mais suscetíveis de contrair enfermidades. Além disso, a amônia pode bloquear o processo de fosforilação oxidativa, diminuindo, em consequência, o crescimento dos animais, tendo em vista a incapacidade de converter a energia alimentar em ATP (RUSSO e THURSTON, 1977).

2.6 Nitrito

No processo de nitrificação, o Nitrito (NO_2^-) é um composto intermediário, em que a amônia é transformada por bactérias para nitrito e logo a seguir para Nitrato (NO_3^-), forma menos tóxica. Uma consequência do nitrito em animais aquáticos é a capacidade de oxidar a hemoglobina do sangue, convertendo-a em meta-hemoglobina, provocando a morte dos animais por anóxia (SPOTTE, 1979 *apud* DEMARCO, 2013). O nitrito confere ao sangue uma cor marrom, indicando a oxidação do pigmento respiratório (HUEY et al., 1980 *apud* DEMARCO, 2013).

Os peixes são capazes de absorver tanto o ácido nitroso como o nitrito, pois são ativamente transportados através das brânquias, pelas células de cloreto presentes no epitélio branquial. Sinais clínicos de estresse são apresentados nos animais quando expostos a concentrações de 0,15 mg/L de nitrito, entretanto, ainda conseguem suportar. Concentrações superiores a esta, apresentam sinais clínicos de hemorragias, cor marrom do sangue e lesões necrosadas no timo (SMITH e WILLIAMS, 1974 *apud* DEMARCO, 2013).

2.7 Nitrato

O nitrato é a forma de nitrogênio que mais prevalece em águas com concentração elevada de oxigênio dissolvido, sendo dependente da atividade biológica e é o elemento final da nitrificação, sendo este, o elemento menos tóxico comparado a amônia e nitrito (NEOFITOU e KLAUDATOS, 2008; MILLAN, 2012).

A concentração de nitrato está diretamente relacionada com a quantidade de fitoplâncton (produtor primário), sendo este, o maior responsável pela produção de matéria orgânica nos viveiros e lagos de pesca (QUEIROZ e BOEIRA, 2007).

A nitrificação autotrófica é decorrente de dois grupos de bactérias são eles: bactérias oxidantes de amônia (Ammonia Oxidizing Bacteria - AOB) representadas pelos gêneros *Nitrossomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus* e *Nitrosovibrio* e o outro grupo capaz de oxidar o nitrito em nitrato pertencem ao grupo das bactérias oxidantes de nitrito o (Nitrite Oxidizing Bacteria – NOB) pertencentes aos gêneros *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira* e *Nitrospina*. Os principais fatores que influenciam na taxa de nitrificação são as concentrações de amônia e nitrito, a relação carbono/nitrogênio, o oxigênio dissolvido, o pH, a temperatura e a alcalinidade (EBELING et al., 2006).

2.8 Salinidade

A concentração da salinidade total de íons dissolvidos na água é de grande relevância para a aquicultura. Relaciona-se com a solubilidade do oxigênio na água e a escolha de espécies para o cultivo. Podem ser cultivados organismos adaptados à água do mar (> 30 g/L de sais), à água doce ($\leq 0,5$ g/L de sais) ou a ambientes de água salobra ou oligohalina (0,5-30 g/L de sais) (BARNABÉ, 1991; ESTEVES, 1998).

Quando a concentração do meio oscila, os animais aquáticos apresentam respostas de duas maneiras: (1) não controlando ativamente a concentração osmótica de seu sangue, de forma que está acompanhada a concentração do meio ou (2) regular ativamente a concentração osmótica do sangue independentemente da concentração do ambiente (BALDISSEROTO, 2002).

Nesta última categoria, enquadram-se praticamente todos os peixes de uso na aquicultura (teleósteos). A faixa de variação da concentração osmótica do ambiente à qual as espécies estão adaptadas pode ser restrita (pouco tolerantes à variação na concentração osmótica do ambiente, denominadas espécies estenoalinas) ou relativamente mais ampla (sobrevivendo, por exemplo, tanto em água marinha como em água doce - espécies eurialinas) (ECKERT, 2000). A espécie *L.vannamei*, resiste e se desenvolve bem em salinidades variando de 10ppt ~ 55ppt (NUNES, 2000). A espécie *O. niloticus* tem seu crescimento

reduzido em 60% quando cultivada em água marinha, com salinidade superior a 30 ppt (CNAANI e HULATA, 2011), porém desenvolvem-se bem em salinidades de 0 a 10 ppt (SURESH e LIN, 1992). De acordo com Schofield et al (2011), ressalta que a tilápia do Nilo resiste em salinidade de 15 ppt sem prejuízo à sobrevivência.

2.9 Sólidos Suspensos Totais

São matérias que passam por um filtro com poro $\leq 1,2\mu\text{m}$, onde o material retido chama-se sólidos suspensos (SAWYER et al, 2003). Os restos de ração não consumida, quantidades elevadas de excretas dos animais, zooplâncton, fitoplâncton tendem a aumentar os níveis de sólidos suspensos totais (SST), obtendo assim uma grande concentração de bioflocos.

De acordo com TIMMONS et al (2002) esse acúmulo interfere na eficiência das outras unidades de tratamento em um sistema com recirculação podendo afetar a saúde dos organismos aquáticos cultivados diariamente, afetando assim as brânquias e transferindo nutrientes a organismos patogênicos. O limite máximo de sólidos suspensos é de 25mg/L para os peixes de água doce.

Níveis elevados de sólidos suspensos competem com os camarões pelo oxigênio dissolvido nas unidades de produção (Avnimelech, 2009). De acordo Samocha, 2007; Avnimelech, 2009; Ray et al., 2010; Gaona et al., 2012, indicam que os níveis ideais de sólidos suspensos totais para os cultivos de camarões em sistemas com bioflocos situam-se em uma faixa entre 200 a 500 mg/L.

2.10 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido na água (OD) é importante para a sobrevivência dos organismos aquáticos e principalmente os peixes, crustáceos e moluscos pois respiram através das brânquias (LEHNINGER, 2000).

Segundo Madigan e Martinko (2006), os microrganismos aeróbio e facultativo também se beneficiam desta forma de oxigênio, eles obtém papeis de grande importância na transformação e ciclagem de nutrientes, portanto, este parâmetro é um dos principais a ser monitoradas em um cultivo.

Deste modo, para o cultivo de camarões e peixes, a concentração do oxigênio dissolvido deve estar acima de 60% da saturação (KUBITZA, 2003). Dependendo da espécie cultivada, da alimentação, época de reprodução e estágio de desenvolvimento pode haver variações em relação aos níveis de concentração exigida do oxigênio dissolvido (ALABASTER e LLOYD, 1982).

2.11 Tecnologia de Bioflocos (BFT)

A tecnologia de bioflocos (Biofloc Technology - BFT) já foi conhecida como Zero Exchange, Aerobic, Heterotrophic (ZEAH) ou sistema heterotrófico (McINTOSH, 1999), entre outros termos, tem sido desenvolvida desde a década de oitenta (SERFLING, 2006). Essa técnica concilia questões ambientais com econômicas e foi desenvolvida para minimizar a descarga de efluentes, proteger os recursos hídricos e melhorar a biossegurança dos cultivos intensivos de organismos aquáticos (AVNIMELECH, 2007).

Essa tecnologia aparenta ser uma prática solução para cultivos superintensivos de tilápias com renovação limitada de água (CRAB et al., 2009). Os sistemas de cultivo superintensivos (BFT) apresentam muitas vantagens sobre os sistemas tradicionais, dentre essas, a mínima utilização de água, menor impacto ambiental, menor área de cultivo, maior produtividade e disponibilidade de alimento natural, o aumento da biossegurança, reduzido custo com alimentação, possibilidade do uso de dietas com baixos níveis de proteína, reciclagem dos nutrientes e desenvolvimento significativo da produção (RAY et al., 2009; AVNIMELECH, 2012), além da melhoria da conversão alimentar e controle dos níveis de compostos nitrogenados inorgânicos através da proteína microbiana produzida (WASIELESKY et al., 2006b; AZIM et al., 2008; AVNIMELECH, 2009).

No entanto, as desvantagens do BFT são o manejo rigoroso e intensivo, mão-de-obra especializada e treinada, bem como elevado custo de instalação, em especial, no uso constante de energia elétrica (TAW, 2010; AVNIMELECH, 2012).

Por se tratar de um sistema de difícil aplicação nos sistemas de produção convencionais e uma nova modalidade de cultivo, há poucos resultados publicados obtidos em escala comercial (FERREIRA, 2009). No entanto, as produções comerciais com tilápias e camarões existentes já são realizadas utilizando essa tecnologia (AVNIMELECH, 2006, WASIELESKY et al., 2006a). Contudo, é necessário ainda, adaptar outras espécies a esse sistema de cultivo.

Os sistemas com baixa renovação de água estimulam a formação de uma biota predominantemente aeróbica e heterotrófica, a partir da fertilização com fontes ricas em carbono orgânico (açúcar, melão, amido, farelos vegetais, rações, etc) e aeração constante do ambiente de cultivo (WASIELESKY et al., 2006b; EMERENCIANO et al., 2007).

É imprescindível a utilização de técnicas de domínio da comunidade bacteriana heterotrófica nesse sistema, através do balanceamento e manutenção de altas relações Carbono:Nitrogênio (SCHNEIDER et al., 2006). O aporte de carbono nos meios heterotróficos pode ocorrer de diversas formas, com destaque para o melão, empregado como promotor de crescimento bacteriano em viveiros de cultivo no Brasil e no mundo (SCHNEIDER et al., 2006).

O melão é comumente utilizado para este fim, o qual possibilita o equilíbrio desejado da relação C:N, facilitando a imobilização do nitrogênio presente no meio de cultivo (CRAB et al., 2007; SAMOCHA et al., 2007). Esta relação tende a proporcionar a existência de bactérias heterotróficas capazes de absorver compostos nitrogenados, mantendo a qualidade da água e também possibilitará a formação de bioflocos (AVNIMELECH, 2012).

Azim e Little (2008), em pesquisas com tecnologia de biofoco no cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) observaram que o biofoco contribuiu de forma significativa com o ganho de peso de 44 a 46% da espécie, em comparação com a produção convencional. Ainda, constataram que a qualidade nutricional do biofoco é apropriada para espécies de peixes herbívoros e onívoros, incluindo tilápias.

Crab et al. (2012), observaram que o camarão gigante da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*), camarão cinza (*Litopenaeus vannamei*) e a tilápia (*O. niloticus* x *O. aureus*) foram capazes de consumir bioflocos, beneficiando-se a partir desta fonte adicional de proteína. Rocha et al. (2012), avaliando bioflocos na criação de juvenis de tainha (*Mugil cf. hospes*), comprovaram que é possível sua criação com essa tecnologia, no qual apresentou

bons resultados.

2.12 Reuso da água na aquicultura

Com a evolução da questão ambiental e das condições que o planeta apresenta, o cultivo racional de organismos aquáticos, apresenta-se como atividade que compete pelo uso de água.

Atualmente, a aquicultura enfrenta o desafio de moldar-se ao conceito de sustentabilidade, o que implica agregar novos valores à produção de conhecimento às práticas do setor (ELER; MILLANI, 2007).

Na busca do desenvolvimento de atividades que estejam de acordo com os objetivos da sustentabilidade, as atividades devem ser realizadas de forma economicamente viável, ecologicamente correta e socialmente justa. Para isso é necessário considerar a prática do reuso de águas como uma das boas opções para a problemática da oferta hídrica.

O reuso racional dos recursos hídricos requer desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias para fins não potáveis visando ao atendimento dos setores aquícolas. É notório o problema de escassez de água e abastecimento, desta forma a tecnologia de biofloco (BFT) pode promover o desenvolvimento de sistemas lucrativos e sustentáveis na produção de alimentos (AVNIMELECH, 2009; HARGREAVES, 2013).

A redução no uso de água é uma tendência técnica e ambiental para a aquicultura moderna e responsável. Além de beneficiar o produtor, reduzindo a introdução de compostos tóxicos, patógenos, vetores de doenças ou outros organismos indesejáveis, podendo minimizar as descargas de efluentes gerados (FAO/NACA/UNEP/WB/WWF 2006).

A adoção de sistemas de cultivo com tecnologia de biofloco pode solucionar entraves para a expansão da produção aquícola que está restrita devido às pressões exercidas no meio ambiente causada pelas descargas de efluentes nos corpos d'água (DeSCHRYVER et al., 2008).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água de experimentos aquícolas no laboratório de experimentação com organismos aquáticos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada nos anos de 2014 e 2017

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1- Durante o reuso da água correlacionar os parâmetros físicos e químicos da água durante o experimento com *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) e *Litopenaues vannamei* (camarão marinho) com tecnologia de bioflocos
- 2- Avaliar a qualidade da água após o reuso em diversos cultivos;

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local dos experimentos

As coletas e análises de água foram realizadas no Laboratório de Experimentação com Organismos Aquáticos nas instalações da Universidade Federal Rural de Pernambuco na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, em Serra Talhada, Brasil. Localizada nas coordenadas de latitude 07°59'31" Sul e de Longitude 38°17'54" Oeste.

Limita-se geograficamente, ao Norte pelo estado da Paraíba, ao Sul pela cidade de Floresta, a Leste pelos municípios de Santa Cruz da Baixa Verde, Calumbi e Betânia e a Oeste por São José do Belmonte, Mirandiba e Carnaubeira da Penha.

Está, aproximadamente, a 415 km da capital do estado, Recife. Classifica-se, de acordo com a escala Köppen, como semiárido e muito quente, ocorrendo estação chuvosa do verão ao outono, mas sem regularidade (FERNANDES et al., 2009).

4.2. Procedimento experimentais

Foi analisada a qualidade da água de quatro experimentos com organismos aquáticos através da adição de melaço como fonte de carbono. (Tabela 1).

Tabela 1. Apresentação esquemática das características dos experimentos, período de duração e volume utilizado para cultivo dos organismos.

Experimentos	Período	Características do cultivo
1- Alevinagem de tilápia do Nilo	Abril a Junho/ 2014. 63 dias de cultivo	4 tanque de 1000L
2- Engorda de tilápia do Nilo	Setembro a Dezembro/2014 107 dias de cultivo	4 tanque de 1000L
3- Berçário de camarão marinho	Junho a Agosto/2017 31 dias de cultivo	4 tanque de 20L
4- Produção de juvenis de camarão marinho	Outubro a Dezembro/2017 54 dias de cultivos	4 tanque de 20L

4.3. Ambientes aquícolas monitorados

No primeiro e segundo experimentos com a tilápia do Nilo, foram utilizados tanques circulares de fibra de vidro com capacidade de 1000L com volume útil de 800L. Utilizando 4 tanques por experimento, os tanques foram abastecidos com água de cultivos anteriores que utilizaram a mesma fonte de carbono para indução ao meio heterotrófico. A reposição das perdas por evaporação foram feitas com água de poço artesiano filtrada em 200 μ m e aerados individualmente com quatro pedras de aeração/ tanque, alimentadas por um compressor radial (2 CV). Foram colocados em uma estufa recoberta com Sombrite® 75%, com iluminação natural e cobertos com telas para evitar o escape dos animais e protege-los contra predadores.

Os alevinos de *O. niloticus* masculinizados foram obtidos numa piscicultura comercial e estocados nos tanques experimentais na densidade de 300 alevinos/m³, com peso médio de $1,68 \pm 0,05$ g. Para o setor de engorda foram estocados 50 alevinos/m³ com peso médio de $73,2 \pm 2,7$ g.

No terceiro e quarto experimento com o camarão marinho, foram utilizados tanques circulares de polietileno com capacidade de 20L e volume útil de 15L. Utilizando 4 tanques por experimento, os tanques foram abastecidos com água filtrada, foi inoculado 1L para cada tanque e aerados através de sistemas de aeração. Os tanques foram localizados numa área interna com iluminação artificial e cobertos com telas para evitar o escape dos animais. A água utilizada no experimento foi bombeada de poço artesiano. As pós-larvas de *L. vannamei*, foram provenientes da Barra de Cunhaú, localizada na cidade de Canguaretama, RN. Os animais foram transportados em sacos plásticos e mantidos em tanques de 1000L para quarentena antes de iniciar a experimentação. Foi povoado 156,6 m² pós-larvas. No momento que as pós-larvas apresentarem peso médio de 0.005 ± 0.001 g, respectivamente, foram transferidos para os tanques experimentais.

4.4. Análises de qualidade da água

Foram mensurados diariamente variáveis físico-química da água como a temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), pH foram monitoradas através de uma sonda multiparâmetro (YSI ProPlus) e salinidade com o uso de refratômetro ótico.

Amostras de água foram coletadas semanalmente para análise de nitrito (mg/L NO₂), nitrato (mg/L NO₃), amônia (NH₃ + NH₄ mg/L), alcalinidade (mg/L CaCO₃), foi mensurado por meio de fotômetro (YSI 9500). As análises de sólidos suspensos totais (SST) foram analisadas as frações orgânicas (sólidos fixos – SF) de acordo com APHA (1995).

4.5. Análise estatística

Todos os dados das análises da qualidade da água em experimentos aquícolas com tecnologia de bioflocos foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homocedasticidade de Bartlett, ao nível de significância de 5%. Não foi constatado a normalidade da amostra e nem a homogeneidade das variâncias, assim foi aplicada uma nova estatística ANOVA não paramétrica Kruskal- Wallis. Quando necessário foi aplicado o teste Student Newman Keuls (SNK) ($p \leq 0,05$) para comparação das medianas entre os tratamentos. Essas análises de acordo com Zar (1996) e foram processadas utilizando o software SyEAPRO v.2.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização da Qualidade da Água

Os valores das variáveis físico-químicas de qualidade de água avaliadas durante os quatro experimentos estão sumarizadas na tabela 2 e figura 1.

Tabela 2. Valores médios $\pm$ desvio padrão das variáveis de qualidade da água do cultivo de tilápia e camarão com tecnologia de bioflocos realizados na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE no ano de 2014 e 2017. Experimento 01- Alevinagem de tilápia do Nilo. Experimento 02- Engorda de tilápia do Nilo. Experimento 03- Berçário de camarão marinho. Experimento 04- Produção de juvenis e camarão marinho.

Variáveis	Exp. 01	Exp. 02	Exp. 03	Exp. 04	P<0,05
	A	B	C	D	
Alcalinidade (mg/L)	260,5 ^b $\pm$ 114,3	143,8 ^a $\pm$ 43,6	272,5 ^b $\pm$ 60,1	186,3 ^{ab} $\pm$ 21,2	
Amônia total (mg/ L)	1,8 ^a $\pm$ 1,1	1,5 ^a $\pm$ 0,9	0,37 ^a $\pm$ 0,3	0,6 $\pm$ 0,0 ^a	
Nitrato (mg/L)	0,8 ^b $\pm$ 1,1	81,6 ^a $\pm$ 33,5	19,5 ^{ab} $\pm$ 5,8	1,2 ^a	
Nitrito (mg/L)	11,6 ^a $\pm$ 3,3	0,4 ^b $\pm$ 0,4	1,1 ^{ab} $\pm$ 0,8	0,2 ^{ab}	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,1 ^{bc} $\pm$ 0,3	5,1 ^a $\pm$ 0,5	8,84 ^c $\pm$ 0,9	5,7 ^{ab} $\pm$ 0,4	
pH	8,0 ^a $\pm$ 0,1	6,6 ^b $\pm$ 0,3	8 ^a $\pm$ 0,07	7,9 ^a $\pm$ 0,1	
Salinidade (ppt)	0,4 ^a $\pm$ 0,8	2,5 ^{ab} $\pm$ 0,8	2,7 ^b $\pm$ 0,2-	4,4 ^c $\pm$ 0,2	
Sólidos suspensos totais	333,1 ^a $\pm$ 173,0	1063,1 ^b $\pm$ 214,9	0,0 ^a $\pm$ 0,0-	-	

(mg/L)				
Temperatura (°C)	23,2 ^{ab} ± 0,6	24,9 ^{bc} ± 0,9	22,3 ^a ± 1,3	26,6 ^c ± 1,3

Em cada variável físico-químico, médias na mesma linha com letras distintas sobrescritas são diferentes estatisticamente pelo teste de Student Neuman Keuls (SNK) ($P \leq 0,05$).

A temperatura, variável física responsável por grande parte dos processos que ocorrem no ambiente de cultivo, se manteve abaixo dos padrões recomendados para manutenção das espécies em cativeiro, tanto para experimentos com tilápias, quanto com camarões. Kubitza (2011) recomenda que seja mantida entre 26 a 32°C, no qual os animais apresentam conforto térmico e consequentemente são obtidos melhores desempenhos zootécnicos para tilápia e camarão.

Os valores de temperatura foram significativamente ($p < 0,05$) inferiores no terceiro experimento (C) quando comparado ao segundo (B) e quarto (D) experimento que registrou os maiores valores de temperatura (Tabela 2). Provavelmente o menor valor no experimento com a alevinagem de tilápia do Nilo e berçário de camarão marinho estejam atrelados a época de inverno no semiárido pernambucano segundo a Agencia Pernambucana de Águas e Climas (APAC).

Figura 01. Demonstração estatisticamente da temperatura monitorada de quatros experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro quartil. Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa.

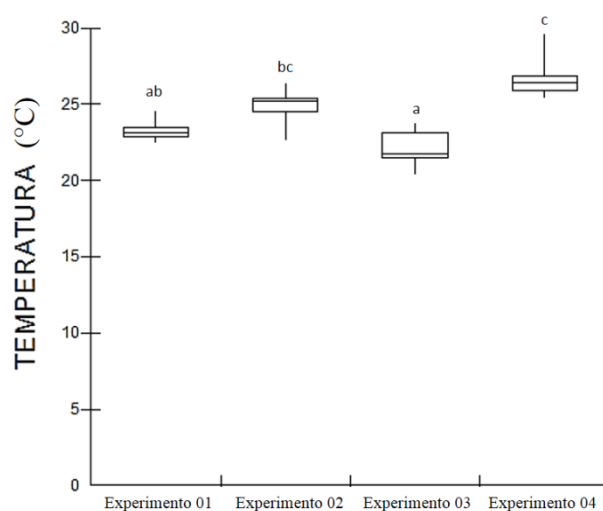
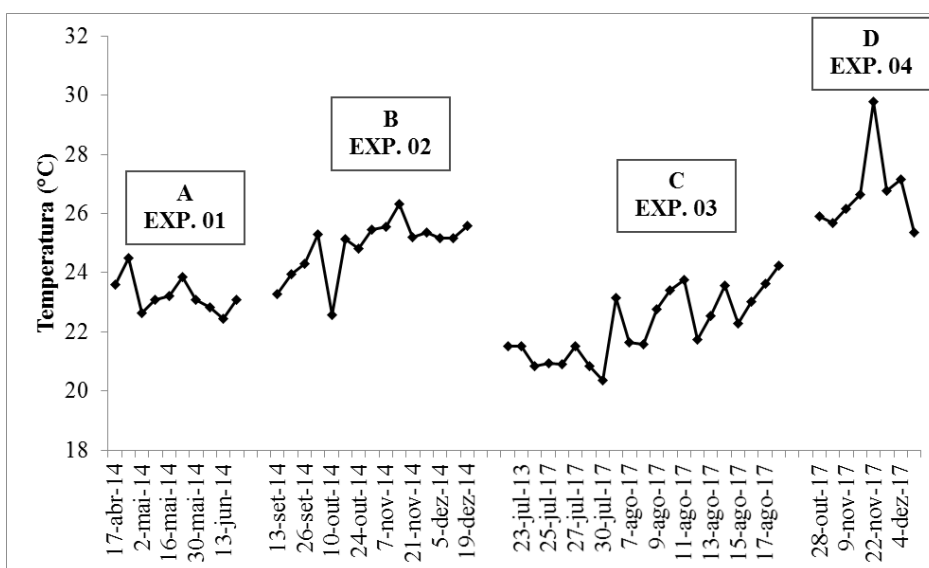


Figura 02- Evolução temperatura monitorada entre os quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE no ano de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D) Produção de juvenis de camarão marinho.



Em conformidade com Kubitza (2011) a incorporação de oxigênio na água pode ser realizada através do processo fotossintético ou por difusão direta. A solubilidade desse gás está inversamente relacionada à temperatura, sendo que a maior parte das espécies cultivadas exigem que o oxigênio dissolvido seja de pelo menos 3 mg L⁻¹ (BOYD, 2002). Neste estudo, esta variável se manteve acima dos limites recomendados. Em contra partida, apresentou diferença estatística significativa quanto ao segundo (engorda de tilápia em reservatório de

1000L) e terceiro experimento (berçário de camarão marinho em reservatório de 20L), em que possivelmente esteja relacionado não só a diferença de volume de água utilizado, mas também por se tratar de diferentes fases de cultivo e espécie.

Embora insignificante quando comparada à temperatura, a capacidade da água em dissolver oxigênio também está relacionada à salinidade. A presença de elevadas concentrações de sais dissolvidos na água influencia de forma inversa no Oxigênio Dissolvido (FIORUCCI; BENEDETTI-FILHO, 2005).

Figura 03. Demonstração estatisticamente do oxigênio dissolvido monitorada de quatros experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro quartil. Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa.

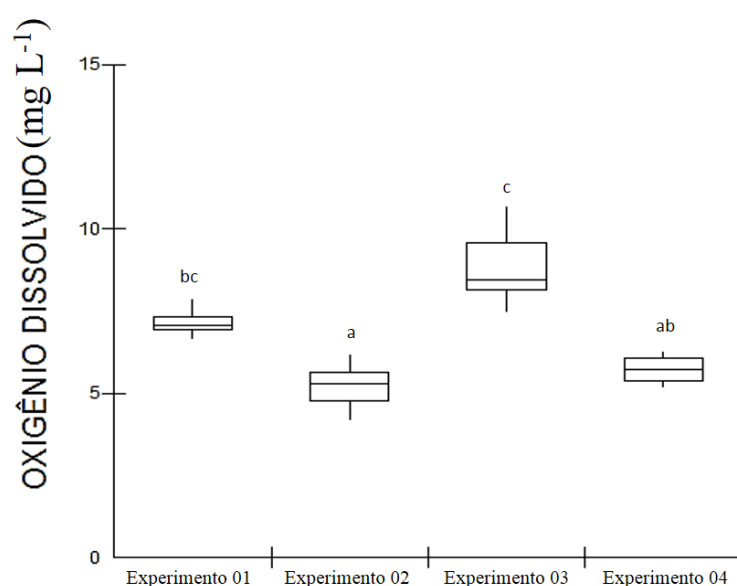
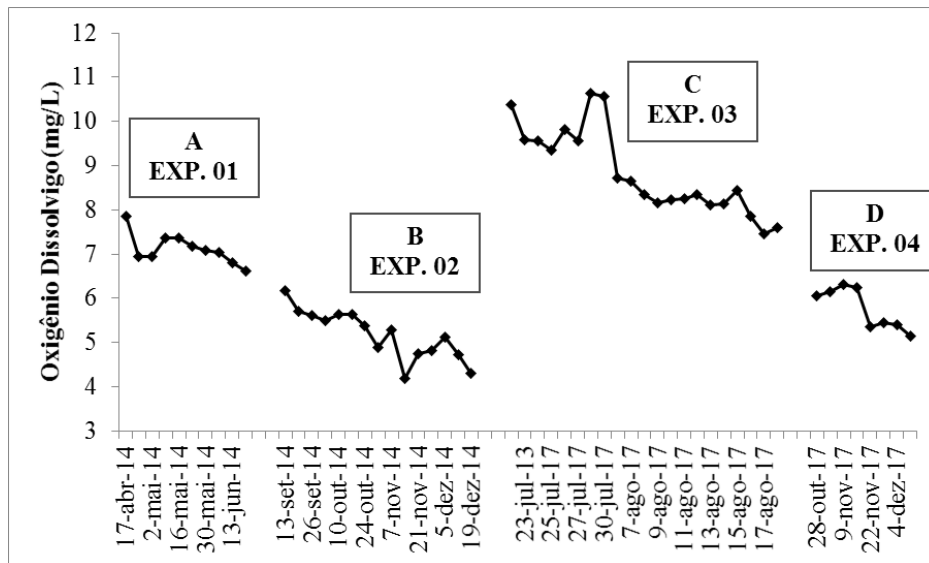


Figura 04- Evolução do oxigênio dissolvido monitorada nos quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE nos anos de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D) Produção de juvenis de camarão marinho.



Neste trabalho, a média das salinidades dos experimentos A e B (ambos com tilápias), se mantiveram em conformidade aos tolerados pela espécie (<15 ppt) (PEREIRA et al., 2016), assim como para os experimentos com o camarão marinho (exp. C e D), o qual ocorreu com águas oligohalinas. Foi observado diferença significativa quanto a essa variável, Ademais, os quais podem estar associadas às ínfimas reposições realizadas ao longo do experimento.

Figura 05. Demonstração estatisticamente da salinidade monitorada de quatros experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro quartil. Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa.

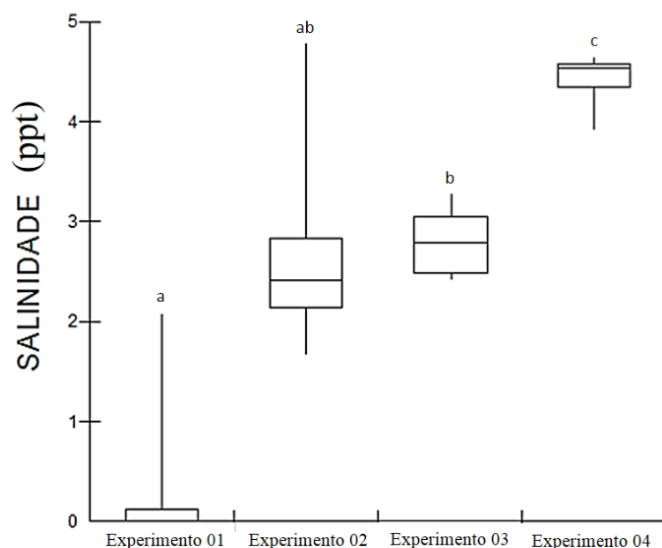
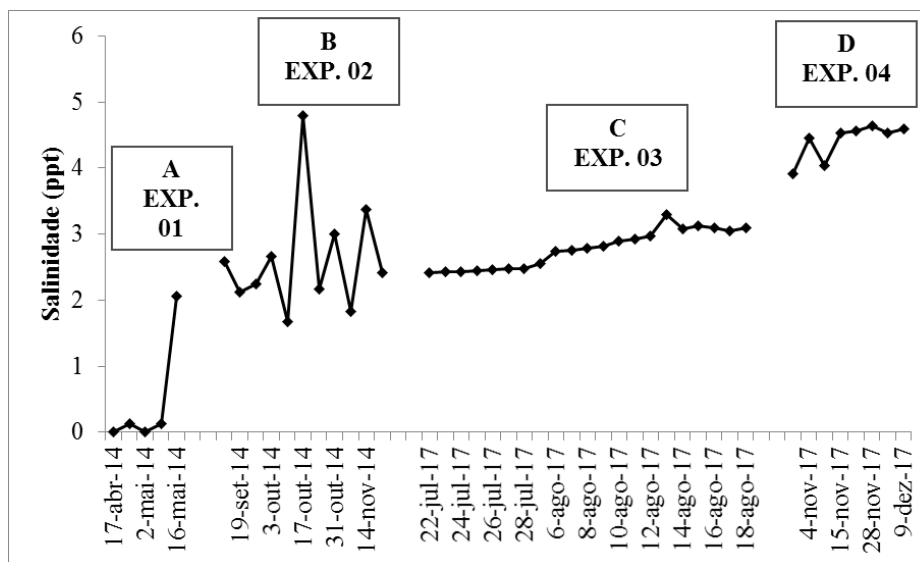


Figura 06- Evolução da salinidade monitorada nos quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE nos anos de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D) Produção de juvenis de camarão marinho.



Neste estudo, não foi observado diferença significativa nos níveis de amônia total, mas foi observada uma redução na concentração média entre o primeiro e último experimento. A concentração relativa de amônia aumenta com a elevação da temperatura e pH, e diminui com o aumento da salinidade (BOWER e BIDWELL, 1978). Segundo Karasu Belin e Köksal (2005), para a tilápia do Nilo, a concentração letal média de amônia para fases de larvas e juvenis é de $1,01 \text{ mg L}^{-1}$. Assim, foi observado que as concentrações médias estão acima do recomendado para a espécie e, portanto, necessitaria de observações para que não houvesse elevada mortalidade.

A alimentação e excretas dos animais podem ser consideradas a maior fonte de amônia e sua toxicidade é maior no fim da tarde, quando o pH e a temperatura atingem seus valores máximos, e a concentração de gás carbônico seus valores mínimos. Nestas condições, a amônia não ionizada atinge seus níveis mais críticos no ambiente de cultivo (BOYD, 1990a).

Figura 07. Demonstração estatisticamente da amônia monitorada de quatros experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro quartil. Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa.

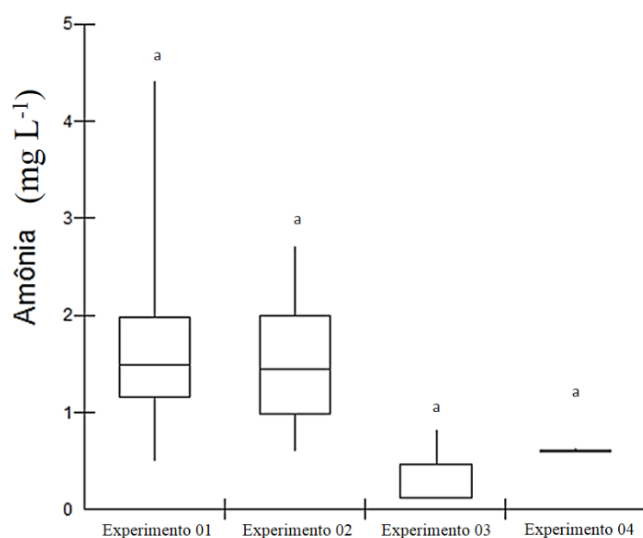
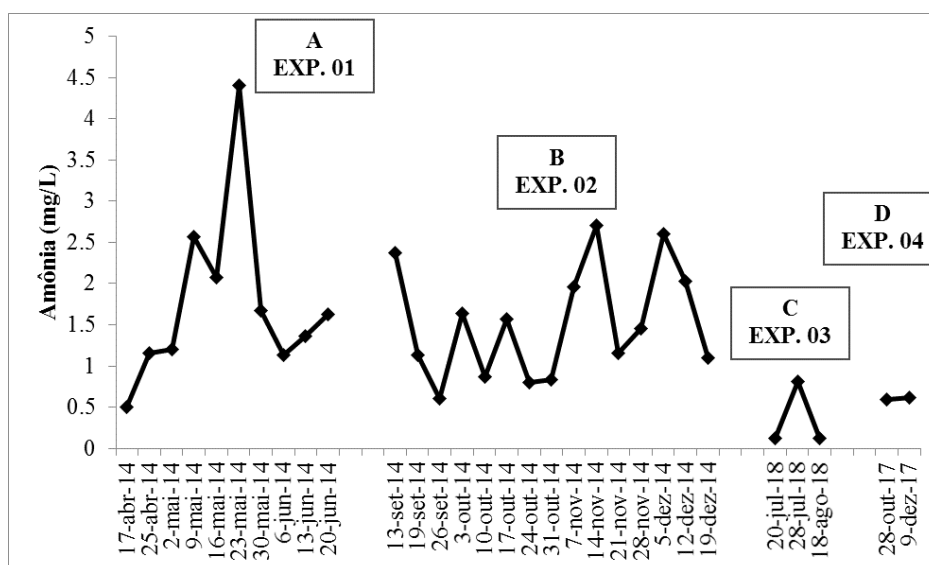


Figura 08- Evolução da amônia monitorada nos quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE nos anos de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D) Produção de juvenis de camarão marinho.



Nestas análises, foi observado que o pH se manteve estatisticamente indiferente ao longo da reutilização da água, com exceção para o segundo experimento que provavelmente foi reduzido pela elevada quantidade de ração ofertada para engorda desses animais, associados ao rápido acúmulo do material em suspensão e metabólicos, assim como relatado por Silva et al. (2013).

Figura 09. Demonstração estatisticamente da temperatura monitorada de quatros experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia

do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro quartil. Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa.

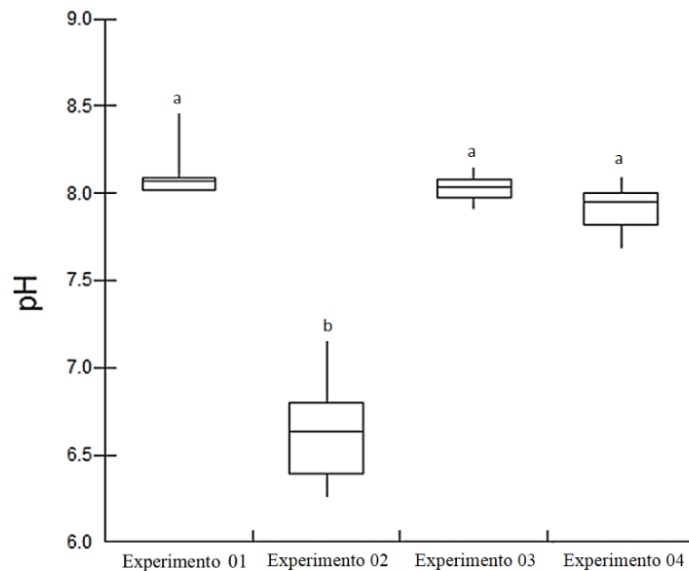
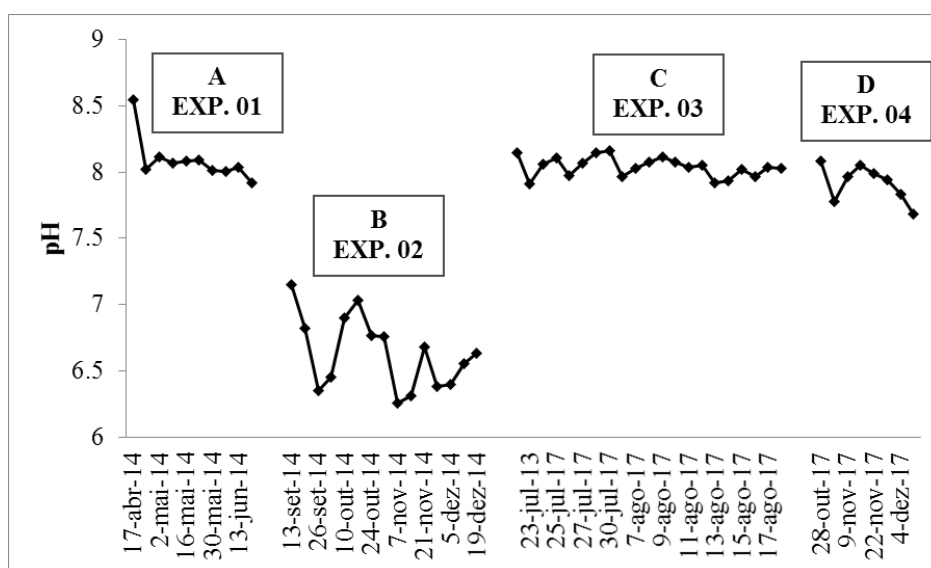
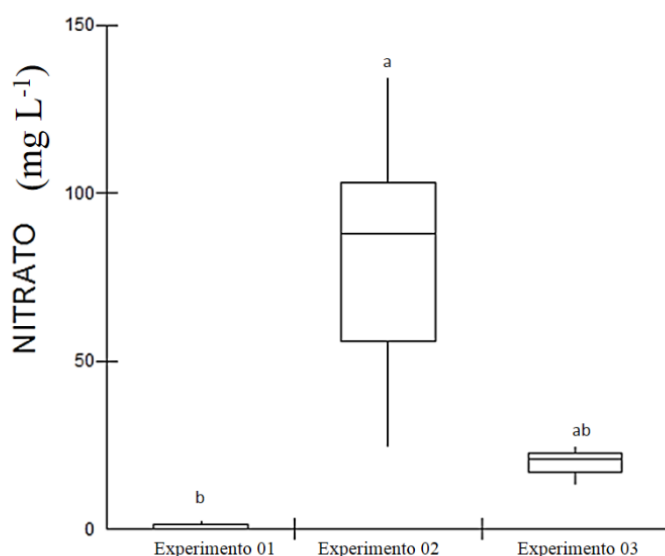


Figura 10- Evolução do pH monitorada nos quatro experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE nos anos de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D) Produção de juvenis de camarão marinho.



Dentre os compostos nitrogenados inorgânicos, o nitrogênio do nitrito (N-NO_2) e o nitrato (NO_3), quando acumulados, podem reduzir o crescimento, aumentar o consumo de oxigênio e a excreção dos animais, além de alterar as concentrações dos níveis de proteína e aminoácidos livres do sangue nos peixes e na hemolinfa dos camarões, causando elevada mortalidade (LIN e CHEN, 2003; KUHN et al., 2010). Nas análises, foi observada uma redução estatisticamente significativa do nitrito entre o primeiro e último experimento e aumento no nitrato, sendo esta, a forma menos tóxicas aos animais. É observado ainda, que nos experimentos iniciais (01 e 03) a concentração desses compostos é elevada, porém dentro dos limites aceitáveis (MELO et al., 2015), indicando possivelmente uma instabilidade da comunidade bacteriana. À medida que a comunidade de bactérias oxidantes da amônia tende a ser estabelecida, observa-se às baixas concentrações registradas para esse composto, sendo essa mesma observação relatada por Melo et al. (2016) em experimento realizado com camarão marinho em sistema bioflocos.

Figura 11. Demonstração estatisticamente do nitrato e nitrito monitorados de quatros experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro quartil. Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa.



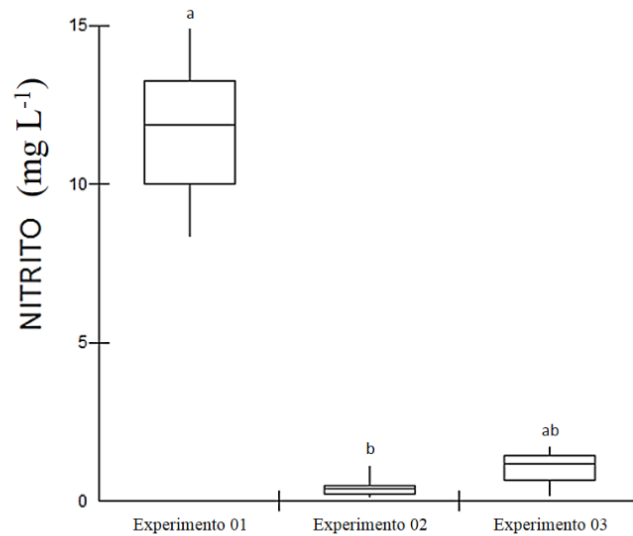
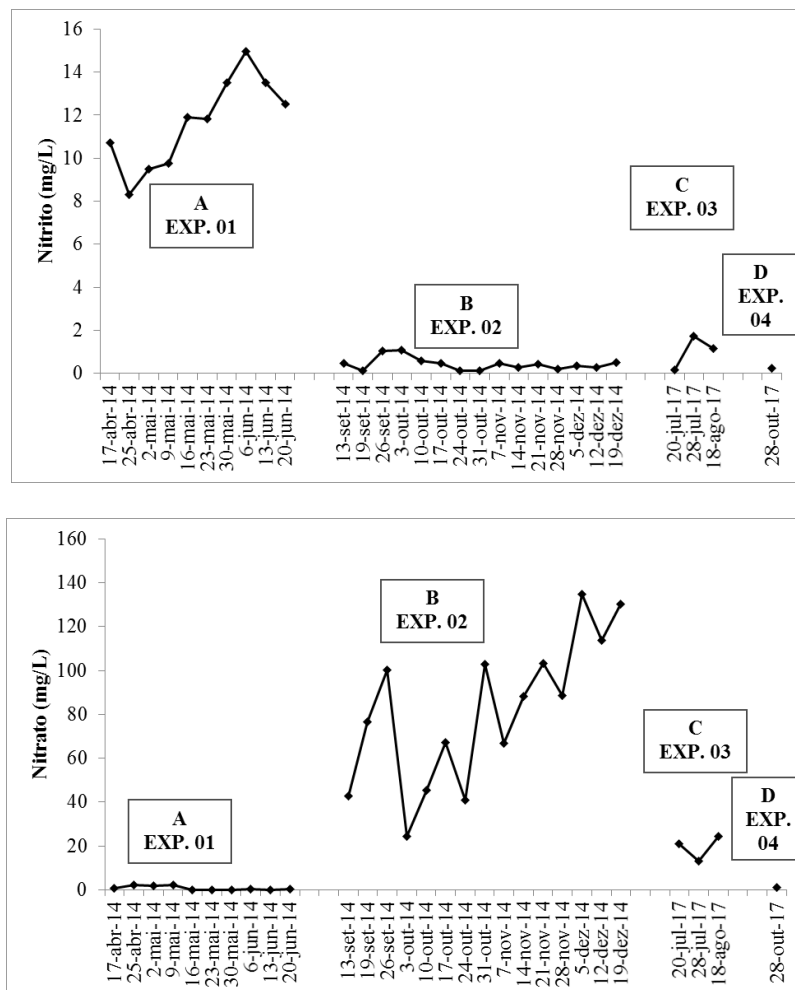


Figura 12- Evolução do nitrito e nitrato monitorados nos quatros experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE nos anos de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D) Produção de juvenis de camarão marinho.



Os níveis de alcalinidade estiveram em níveis aceitáveis para o cultivo das espécies (Tabela 2). Em consonância com Van Wyk e Scarpa (1999), a alcalinidade para camarão marinho deve ser mantida acima de 100mg/L de CaCO_3 para que flutuações de pH sejam minimizadas. E para a tilápia do Nilo $< 20\text{mg}$ de CaCO_3/L . Ainda, as reduções que são apresentadas podem estar associadas ao consumo de carbono inorgânico pelas bactérias autotróficas e heterotróficas que formam a biomassa microbiana. Observou-se que estatisticamente houve diferença significativa entre as fases finais dos cultivos experimentais, o que é imaginável, também, que os animais incorporam CaCO_3 para enrijecimento das estruturas rígidas durante o seu desenvolvimento, reduzindo também esse composto da água.

Figura 13. Demonstração estatisticamente da alcalinidade monitorada de quatros experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro quartil. Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa.

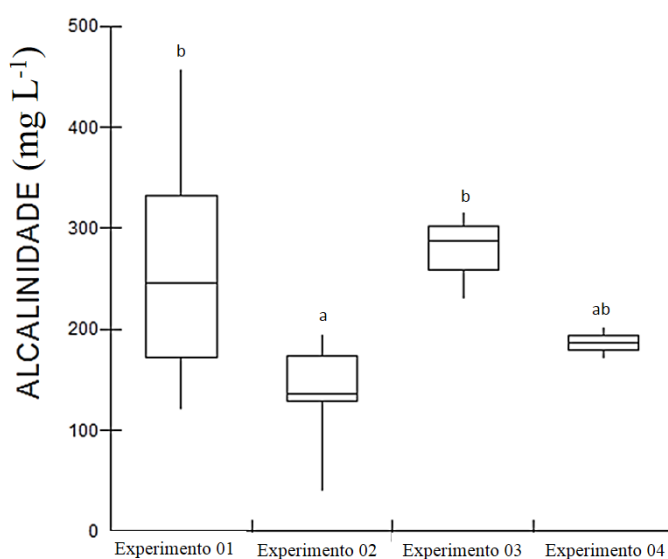
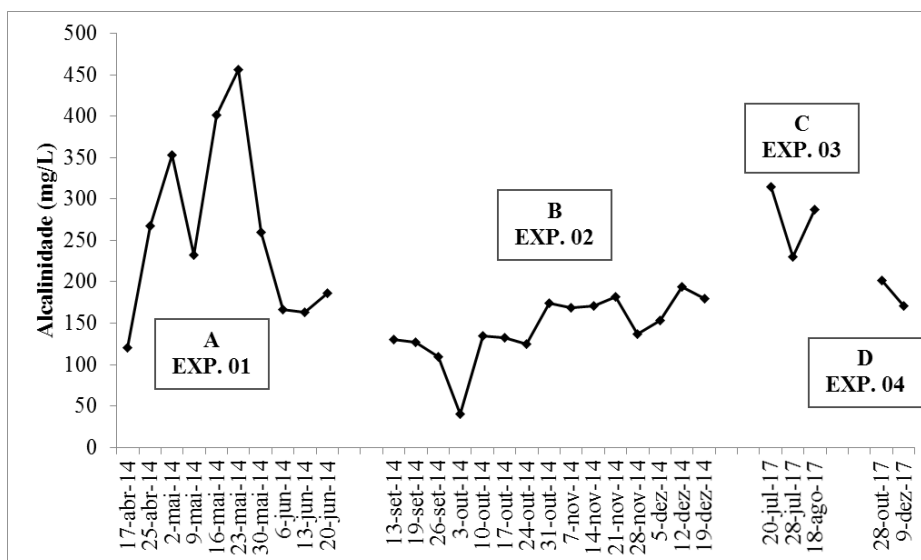


Figura 14- Evolução da alcalinidade monitorada nos quatros experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE nos anos de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D) Produção de juvenis de camarão marinho.



Em relação aos sólidos suspensos totais (SST), foi observado o acúmulo significativo ao longo do cultivo. Samocha et al. (2007), recomendam valores abaixo de 500 mg/L para que seja mantida uma densidade aceitável de flocos microbianos. Avnimelech (2009) relata que o SST pode alcançar até 1000 mg/L. No entanto, níveis excessivos de SST não são recomendados pois contribuem para o consumo de oxigênio, podendo até aderir nas brânquias dos animais e, quando a homogeneização da água não é bem controlada, as partículas sólidas podem ser estabelecidas e acumuladas, criando camadas anaeróbicas (AVNIMELECH, 2009).

Figura 15. Demonstração estatisticamente dos sólidos suspensos totais monitorados de quatros experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE ao longo de anos. (01) Alevinagem de tilápia do Nilo; (02) Engorda de tilápia do Nilo; (03) Berçário de camarão marinho; (04) Produção de juvenis de camarão marinho. Barra superior indica a observação máxima. Barra inferior, observação mínima. Topo da caixa, terceiro quartil. Fundo da caixa, primeiro quartil. Barra interna indica a mediana. Letras distintas indicam diferença estatística significativa.

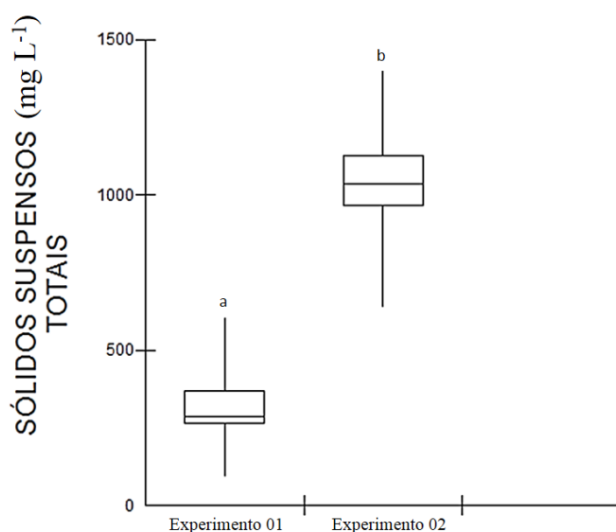
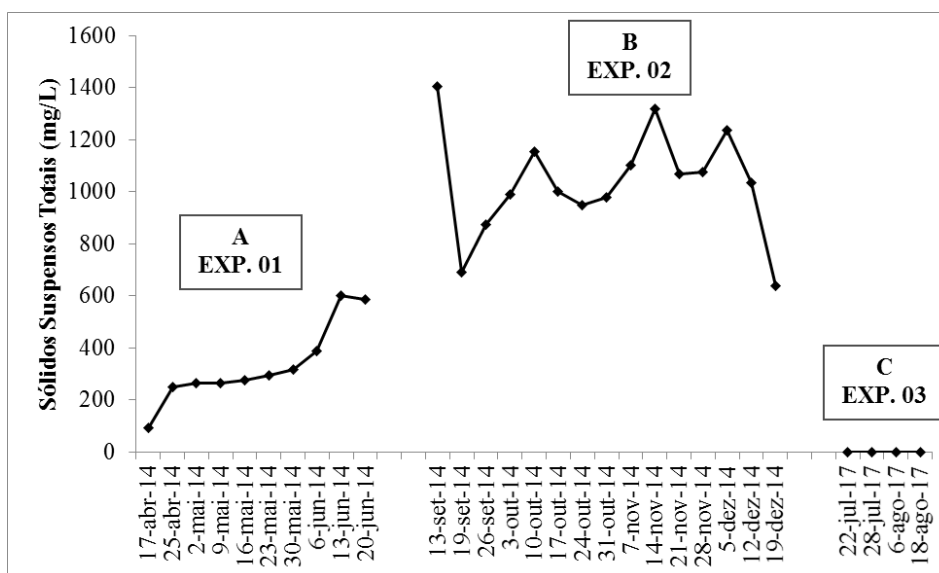


Figura 16- Evolução dos sólidos suspensos totais monitorado nos quatros experimentos realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE nos anos de 2014 e 2017. (A) Alevinagem de tilápia do Nilo; (B) Engorda de tilápia do Nilo; (C) Berçário de camarão marinho; (D) Produção de juvenis de camarão marinho.



Por fim, é possível perceber que a qualidade das águas apresentam modificações químicas ao longo das suas utilizações. No entanto, através de manejos é possível a reutilização em demais cultivos com ínfimas reposições. O sistema BFT pode vir a ser uma alternativa para implantação da aquicultura em locais com escassez de água. Porém, é uma técnica que apresenta elevado custo de implantação, exige mão de obra especializada e necessita de alternativa, por exemplo, para reduzir os custos com energia. Além disso, é indispensável analisar, sobretudo, o impacto ambiental a longo prazo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reuso da água apresentou modificações químicas ao longo das suas utilizações. No entanto, pode-se concluir que é possível a sua reutilização em outros cultivos com ínfimas reposições, desde que haja monitoramento e manejo adequado ao longo do cultivo para que as variáveis físico-químicas e biológicas da água se mantenham em conformidade ao recomendado para as espécies.

7. REFERÊNCIAS

ALABASTER, J. S.; LLOYD, R. Water quality criteria for freshwater fish. London: Butterworth Scientific, 1982. 361p.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington, US: A.P.H.A/ A.A.W.W.A / W.E.F, 1995. 1082 p.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Climas. Acesso em: 17/08/2018. Disponível em: < www.apac.pe.gov.br >.

ARANA, V.L. Qualidade de água em aquicultura: princípios e práticas. 3. Ed. Ver. **Emodif.** - Florianópolis: Ed da UFSC, 2010.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology, a practical guide book**. 2^d Edition. The Word Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States. 271p., 2012.

AVNIMELECH, Y. Bio-filters: The need for a new comprehensive approach. **Aquacultural Engineering**, v.34, n.3, p.172-178, 2006.

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

AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology, a practical guide book**. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, LA, United States, 182 p., 2009.

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

AZIM, M.E; LITTLE, D.C. The biofloc tecnologia (BFT) in indoor tanks water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.283, p.29-35, 2008.

BALDISSEROTO, B. **Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura**. Santa Maria, RS: Editora UFSM, 2002.

BARNABÉ, G. (Coord.) **Bases Biologiques et Écologiques de l'Aquaculture**. Paris: Lavoisier – TEC & DOC, 1991.

BOWER, C. E., and J.P. BIDWELL. 1978. Ionization of ammonia in seawater: effects of temperature, pH, and salinity. Journal of Fisheries Research Board of Canada 25: 1012-1016.

BOYD, C.E., and J.P. Bidwell. Ionization of ammonia in seawater: effects of temperature, pH, and salinity. Journal of Fisheries Research Board of Canada 25: 1012-1016. 1979.

BOYD, C. E. Water quality in ponds for aquaculture. International Center for Aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL, USA. 1990.

BOYD, C. E. Water quality in warmwater fish ponds. Agricultural Experiment Station. Opelika, Alabama, USA: **Auburn University**. 359p. 1990a.

BOYD, C. E. Bottom soils, sediment, and pond aquaculture. New York: Chapman e Hall, 1995.

BOYD, C. E. Parâmetros da qualidade da água: oxigênio dissolvido. **Revista ABCC**, Recife, v.4, n.1, p.66-69, 2002.

CNAANI, A; HULATA, G. Improving Salinity Tolerance in Tilapias: Past Experience and future prospects. **The Israeli Journal of Aquaculture**, v.63, p.1-21, 2011

COLT, J.; ARMSTRONG, D. Nitrogen toxicity to crustaceans, fish and molluscs. In: ALLEN, L; Kinney, E.(Ed.), Proceedings of the bioengineering symposium for fish culture. Fish Culture Section of the American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA, p. 34-47, 1981.

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

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

CRAB, R.; KOCHVA, M.; VERSTRAETE, W.; AVNIMELECH, Y. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. **Aquacultural Engineering**, v.40, p.105-112, 2009.
DEMARCO, S. M. Área: criação de tilápia do nilo. 2013. 1-36. Trabalho de Conclusão de Curso- Universidade Federal do Paraná, Palotina, PR, 2013.

DeSCHRYVER, P.; CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOON, N.; VERSTRAETE, W. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. **Aquaculture**, v.277, p.125-137, 2008.

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.

ECKERT. **Fisiologia Animal: Mecanismos e Adaptações**. Rio de Janeiro: Guanabara Kogan S.A. 2000.

ELER, M.N.; MILLANI, T.J. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 33-44, 2007.

EMERENCIANO, M.G.C.; WASIELESKY, W.; SOARES, R. B.; BALLESTER, E. C.; IZEPI, E.M.; CAVALLI, R.O. Crescimento e Sobrevivência do Camarão-Rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase berçário em meio heterotrófico. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.29, n.1, p.1-7, 2007.

ESTEVEZ, F. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência- FINEP, 1988. 575p.

FAO/NACA/UNEP/WB/WWF. **Internacional Principles for Responsible Shrimp Farming**. Bangkok, Thailand: FAO, Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific (NACA). 2006. 20p.

FERNANDES, J. G.; FREIRE, M. B. G. S.; CUNHA, J. C.; GALVÍNCIO, J. D.; CORREIA, M. M.; SANTOS, P. R. Qualidade físico-química das águas utilizadas no perímetro irrigado, Cachoeira II, Serra Talhada, Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 4, n.1, p. 27-34, jan.-mar., 2009.

FERREIRA, D.A. Produção de juvenis do camarão *Litopenaeus vannamei* com diferentes densidades de estocagem em baixa salinidade e meio heterotrófico. **Dissertação** (Obtenção de grau de Mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura). Universidade Federal Rural de Pernambuco. 65 p., 2009.

FIORUCCI, A.R. & BENEDETTI FILHO, E. A importância do Oxigênio Dissolvido em Ecossistemas Aquáticos. *Química Nova na Escola*, n. 22, 2005, p. 1-7.

GAONA, CAP, LH POERSCH, D KRUMMENAUER, GK FOES, & W WASIELESKY. 2012. (In press). The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. *International Journal of Recirculating Aquaculture*, Vol. 12.

GROSS, A.; BOYD, C., E.; WOOD, C., W. Nitrogen transformation and balance in channel catfish ponds. **Aquaculture Engineering**. v. 24, p. 01-14. 2000.

GROSS, A.; NEMIROVSKY, A.; ZILBERG, D.; KHAIMOV, A.; BRENNER, A.; SNIR, E.; RONEN, Z.; NEJIDAT, A. Soil nitrifying enrichments as biofilter starters in intensive recirculating saline water aquaculture. **Aquaculture**, v.223, p.51-62, 2003.

HARDY, R.; Temperatura a vida animal. Temas e vida animal. Temas de biologia. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda.- **EDUSP**, v.24, p.91, 1981.

HARGREAVES, J.A. **Biofloc production systems for aquaculture**. Southern regional Aquaculture Center, United States Department of Agriculture, National Institute of Food and Agriculture. n.4503, 2013. 12p.

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

KORMANK, G.; CAMERON, J. Ammonia excretion in animals that breathe water: a review. *Mar. Biol. Lett.* 2, p. 11-23, 1981.

KUBITZA, F.; Qualidade da água na produção de peixes. Campo Grande,MS, 1998.

KUBITZA, F. Nutrição e Alimentação dos Peixes Cultivados3. Ed. **Acqua Supre com. Suprim**. Aquicultura Ltda, 1999.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes. 3 ed. Jundiaí - SP, **Divisão de Biblioteca e Documentação** – Campus “Luiz de Queiroz” USP, 1999.

KUBITZA, F: **Qualidade de água no cultivo de peixes e camarões**- Jundiaí; F.Kubitza, 2003.

KUBITZA, F. Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial. 2.ed. rev. ampl. Jundiaí: Acqua Supre Com. Suprim. **Aquicultura**, 2011. 316p.

LEHNINGER. **Principles of Biochemistry**. 3ª ed. New York, 2000.

LEIRA, M. H.; CUNHA, L. T; BRAZ, M. S; MELO, C. C; BOTELHO, H. A; REGHIM, L. S. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **Revista. PUBVET. Medicina veterinária e Zootecnia**. v.11, n.1, p.11-17, Jan. 2017.

LIN, Y.C.; CHEN, J.C. 2003 Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. **Aquaculture**, 224(1-4): 193-201.

LIMA, E. L. R. **Qualidade da água e dos efluentes em viveiros de reprodução de *Astyanax lacustris* (Reinhardt, 1874) na Estação de Piscicultura de Paulo Afonso – BA. 2010**. Dissertação (mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

LITTLE, D.C.; MURRAY, J.F.; AZIM, M.E.; LESCHEN, W.; GRADY, K; YOUNG, J.; WATTERSON, A. Options for producing a warmwater fish in the UK: limits to Green Growth **Trends in Food Science and Technology**, v.19, p.255-264, 2008.

MACEDO, C. F. e SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 2005 Comunidade planctônica em viveiros de criação de peixes com distribuição sequencial. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, 31(1): 21-27.

MADIGAN M.T. & MARTINKO, J.M. **Brock Biology of Microorganisms**. 11ª ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2006.

McINTOSH, R. P. Changing paradigms in shrimp farming – I: general description. **The Global Aquaculture Advocate**, August/October, p.40-47, 1999.

MELO, F.P., FERREIRA, M.G.P., LIMA, J.P.V., CORREIA, E.S. Cultivo do camarão marinho com bioflocos sob diferentes níveis de proteína com e sem probiótico. **Revista Caatinga**, 28(4): 202–210, 2015.

MELO, F.P., FERREIRA, M.G.P., BRAGA, I.F.M., CORREIA, E.S. Toxicidade do nitrito para o camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistemas de águas claras e bioflocos. **Boletim do Intituto da pesca**. São Paulo, 42(4): 855-865, 2016.

MILLAN, R.N. **Variação da comunidade planctônica e fatores físico-químicos da água em dois sistemas de aquicultura**. 2012. 166f. Tese (Doutorado em microbiologia agropecuária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2012.

MINUCCI, L.V.; PINESE, J.F.; ESPÍNDOLA, E.L.G. Análise limnológica de sistema semi-

intensivo de criação de *Leporinus macrocephalus* (Pisces, Anostomidade). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.21, n.1, p.123 – 131, jan./abril, 2005.

MOTA, S. Gestão Ambiental de Recursos Hídricos. 3ª ed., atual. e rev. Rio de Janeiro: **ABES**, 343p., 2008.

NAJAFPOUR, G.D.; SHAN, C.P. Enzymatic Hydrolysis of Molasses. **Bioresource Technology**, v.86, p.91-94, 2003.

NAYLOR, R.L.; GOLDBURG, R.J.; PRIMAVERA, J.H.; KAUTSKY, N.; BEVERIDGE, M.C.M.; CLAY, J.; FOLKE, C.; LUBCHENCO, J.; MOONEY, H.; TROELL, M. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v. 405, p.1017–1024, 2000.

NEOFITOU, N.; KLAUDATOS, S. Effect of fish farming on the water column nutrient concentration in a semi-enclosed gulf of the eastern Mediterranean. **Aquaculture Research**, Oxford, v.39, n.5, p.482-490, 2008.

NUNES, A. J. P.; Manual Purina de alimentação para camarões. Paulínia, São Paulo, 2000.

OLIVEIRA, L. Manual da qualidade da água para piscicultura. Texto adaptado 2013.

OLIVEIRA, R. C. O panorama da aquicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. **Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 2, n. 1, p. 71 – 89, fev. 2009.

PEREIRA D. S. P.; GUERRA-SANTOS, B; MOREIRA, E. L. T.; ALBINATI, R. C. B.; AYRES, M. C. C. Parâmetros hematológicos e histológicos de tilápia do nilo em resposta ao desafio de diferentes níveis de salinidade. **Boletim do Instituto da Pesca**. São Paulo, 42(3): 635-647, 2016. Doi 10.20950/1678-2305.2016v42n3p635

QUEIROZ, J.F. de; BOEIRA, R.C. **Boas práticas de manejo (BPMs) para reduzir o acúmulo de amônia em viveiros de aquicultura**. Jaguariuna: EMBRAPA, 2007. p.1-5 (Comunicado técnico 44).

RAY, AJ, BL LEWIS, CL BROWDY, & JW LEFFLER. 2010. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. *Aquaculture*, 299 (2010) 89–98.

RAY, A.J.; SHULER, A.J.; LEFFLER, J.W.; BROWDY, C.L. Microbial ecology and management of biofloc systems. In: BROWDY, C.L. e JORY, D.E. (Eds.). *The rising tide, Proceedings of session on sustainable shrimp Farming*, World **Aquaculture Society** 2009, Baton Rouge, Louisiana USA, p.255-266, 2009.

REICHENBACH-KLINKE, H. Untersuchungenuber die einwirkung des ammoniakgehalts auf den fishorganismus. *Arch. Fisch. Wiss.* n. 17, p. 122, 1967.

ROCHA, A.F.; ABREU, P.C.; WASIELESKY JR, W.; TESSER, M. B.T. Avaliação da Formação de Bioflocos na criação de Juvenis de Tainha *Mugil cf. hospes* sem renovação de água. **Atlântica**, v.34, n.1, p.63-74, 2012.

ROCHA, C. M. C.; RESENDE, E. K.; ROUTLEDGE, E. A. B.; LUNDSTEDT, L. M. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Pesquisa. Agropecuaria. Brasileira**. Brasília, v. 48, n. 8, p. 4-6, ago. 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000800iii.

RUSSO, R.; THURSTON, R. The acute toxicity of nitrite to fishes. In: R. TUBB (Ed.). Recent Advances in Fish Toxicology. U. S. Environmental Protection Agency, EPA600/3-77-085. U.S. Government Printing Office, Washington, D. C., p. 118-131, 1977.

SAMOCHA, T.M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALI, A.M.; BURGER, J.M.; ALMEIDA, R.V.; AYUB, Z.; HARISANTO, M.; HOROWITZ, A.; BROCK, D.L. 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.

SANTOS, E.S.; FURTADO NETO, M.; MOTA, S. et al. Cultivo de tilápia do Nilo em esgoto doméstico tratado, com diferentes taxas de alimentação. **Revista DAE**, v. 180, p. 4-11, 2009^a.

SAWYER, C.; McCARTY, P. Chemistry for environmental engineering. New York: McGraw-hill Inc. 1978. 532p.

SCHOFIELD, P.J., PETERSON, M. S.; LOWE, M. R.; BROWN-PETERSON, N. J.; SLACK W.T. Survival, growth and reproduction of non-indigenous Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758). I. Physiological capabilities in various temperatures and salinities. **Marine and Freshwater Research**. v.62, p.439-449, 2011

SCHNEIDER, O.; SERETI, V.; EDING, E.H.; VERRETH, J.A.J. Molasses as C source for heterotrophic bacteria production on solid fish waste. **Aquaculture**, v.261, p.1239-1248, 2006.

SERFLING, S.A. Microbial flocs. Natural treatment method supports freshwater, marine species in recirculating systems. **The Global Aquaculture Advocate**, p. 34–36, June, 2006.

SILVA, A. F.; LARA, G. R.; BALLESTER, E. C.; KRUMENNAUER, D.; ABREU, P. C.; WASIELESKY, W. efeito das altas densidades de estocagem no crescimento e sobrevivência de *Litopenaeus vannamei* na fase final de engorda, cultivados em sistemas de bioflocos (bft). **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.14, n.3, p. 279-287, jul./set. 2013.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; MORAES, M.A.G. de; BRAGA, F.M de S. Dynamics of some limnological characteristics in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) culture tanks as function of handling. **Revista Brasileira de Biologia**, v.59, n.4, p. 543 – 551, 1999.

SMITH, C.; PIPER, R. Lesions associated with chronic exposure to ammonia. In; W, RIBELIN E G. MIGAKI (Ed). The pathology of fishes. Madison, USA: University of Wisconsin Press, p. 497-514, 1975.

SMITH, C; WILLIAMS, W. Experimental nitrite toxicity in rainbow trout and Chinook salmon. Transactions of the American Fisheries Society, n. 103, 1974. p. 389-390.

SURESH, A.V.; LIN, C.K. Tilapia culture in saline waters: a review. **Aquaculture**, v.106, p.201-226, 1992.

TAW, N. Biofloc Technology Expanding At White Shrimp Farms - Biofloc Systems Deliver High Productivity With Sustainability. **Global Aquaculture Alliance** (GAA), p.20-22, May/June, 2010.

TEIXEIRA, E. A. et al. Sistemas de produção na piscicultura. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.30, n. 3/4, p. 86-99, jul./dez. 2006.

TELLES, D. A. Água na agricultura e pecuária. In: REBOUCAS, A. C da; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso Conservação**. São Paulo: Escrituras Ed. e Distribuidora de Livros Ltda, 2002. p. 305-337.

TIMMONS, M. B.; EBELING, J. M.; WHEATON FW, SUMMERFELT, S. T.; VINCI, B. J. Sistemas de recirculación para la acuicultura. Fundación Chile; 2002.

THIAGO, G. C.; GIANESELLA, S. M. F. O uso da água pela aquicultura: estratégias e ferramentas de implementação de gestão. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v.29, n01, p. 01-07, 2003.

THURSTON, R.; RUSSO R.; LURDTKE, R.; SMITH, C.; MEYN, C.; CHAKOUMAKOS, K.; WANG, K.; BROWN, C. Chronic toxicity of ammonia to rainbow trout. Transaction of the American Fisheries Society, n. 113, p. 56-73, 1984.

UGALDE, U.O.; CASTRILLO, J. I. **Single Cell Proteins from Fungi and Yeasts**. s.d. Disponível em: <<http://www.sc.ehu.es/qpwugmau/principal/RevUgalde.PDF>>. Acesso em 09/01/2013.

VAN WYK, P.; SCARPA, J. Water quality requirements and management. In: VAN WYK, P. et al (eds) Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, p.141-162. 1999.

WASIELESKY, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A.; BROWDY, C.L. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v.258, p.396–403, 2006b.

WASIELESKY, W.; EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E.; SOARES, R.; CAVALLI, R.; ABREU, P. C. Cultivos em meios com flocos microbianos: um novo caminho a ser percorrido. **Panorama da Aquicultura**, v.16, n.96, p.14-23, julho/agosto, 2006a.

WUHRMANN, K.; WORKER, H. Experimentelleuntersuchungenuber die ammoniak – und blausaurevergiftung. Schuweis. Z. Hydrol., n. 11, p. 210-244, 1948.

ZAR, J. H. 1996 Biostatistical analysis. New Jersey: Pretince Hall. 662p.