

UGO LIMA SILVA

**EFEITOS DE DIFERENTES FONTES DE CARBONO E RELAÇÕES C:N NA
QUALIDADE DA ÁGUA E NO DESEMPENHO DE *Oreochromis niloticus*
CULTIVADA COM TECNOLOGIA DE BIOFLOCO**

RECIFE

2016



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

**EFEITOS DE DIFERENTES FONTES DE CARBONO E RELAÇÕES C:N NA
QUALIDADE DA ÁGUA E NO DESEMPENHO DE *Oreochromis niloticus*
CULTIVADA COM TECNOLOGIA DE BIOFLOCO**

Ugo Lima Silva

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Eudes de Souza Correia

Orientador

Prof. Dr. Dario Rocha Falcon

Co-Orientador

Recife

Fevereiro/2016

Ficha catalográfica

S586e Silva, Ugo Lima
Efeitos de diferentes fontes de carbono e relações C:N na
qualidade da água e no desempenho de *Oreochromis
niloticus* cultivada com tecnologia de biofloco / Ugo Lima
Silva. –
Recife, 2016.
125 f. : il.

Orientador: Eudes de Souza Correia.
Tese (Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e
Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Pesca e Aquicultura, Recife, 2016.
Inclui anexo(s) e referências.

1. Piscicultura 2. Flocos microbianos 3. Sistema
heterotrófico I. Correia, Eudes de Souza, orientador II. Título

CDD 639.3

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

Efeitos de diferentes fontes de carbono e relações C:N na qualidade da água e no desempenho de *Oreochromis niloticus* cultivada com tecnologia de biofloco

Ugo Lima Silva

Tese julgada adequada para obtenção do título de Doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e aprovada em 04/02/2016 pela seguinte Banca Examinadora.

Prof. Dr. Eudes de Souza Correia (Orientador)
Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Ronaldo Olivera Cavalli (Membro interno)
Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Alfredo Olivera Gálvez (Membro interno)
Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dr. Luis Otavio Brito da Silva (Membro externo)
Engenheiro de Pesca, Extensionista Rural
Instituto Agronômico de Pernambuco

Prof. Dr. Ranilson Souza Bezerra (Membro externo)
Departamento de Bioquímica e Biofísica
Universidade Federal de Pernambuco

Às minhas filhas, Gabriela e Nara, por existirem;

À minha esposa, Priscila, pelo amor, amizade e companheirismo;

Aos meus pais, Ermírio e Marluce, por todo amor e confiança;

Aos meus irmãos, Iberê e Cuarendy, pela amizade a todo o momento,

DEDICO

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural Pernambuco, em nome do seu coordenador Prof. Alfredo Olivera pelo apoio para realização do Curso.

Ao Departamento de Pesca e Aquicultura da UFRPE, em nome de todos os professores e funcionários, pela ótima acolhida nestes anos de convivência e excelente contribuição para minha formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação pelo apoio, principalmente financeiro durante a execução do projeto de pesquisa.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão de bolsa de doutorado e apoio financeiro ao projeto de pesquisa.

À Estação de Aquicultura Continental Professor Johei Koike, UFRPE, em nome do seu Coordenador e Engenheiro de Pesca Me. Augusto José Nogueira, pelo apoio durante o transporte dos peixes.

À Unidade Acadêmica de Serra Talhada, em nome da Prof^a Kátia Maria Oliveira de Sousa pelo apoio durante a execução dos experimentos.

Aos professores Eudes de Souza Correia e Dario Rocha Falcon, grandes orientadores e amigos, por seus ensinamentos, ajuda e paciência.

Aos professores William Severi, Ronaldo Olivera Cavalli, Maurício Nogueira da Cruz Pessôa, Juliana Vidal, Juliana Santos e Hélio Fernandes de Melo, por suas contribuições bastante relevantes durante a elaboração e execução do projeto de pesquisa.

Aos membros da Banca Examinadora, titulares e suplentes, pelas críticas que contribuirão para melhorar a qualidade deste trabalho.

Aos amigos Raphael Brito, Eduardo Amaral, Rosimar Vieira, Josevânio Vieira, Rayanne Moraes, Lucas Viera e Marília Queiroz pelo compromisso, amizade e dedicação com a qual cuidaram do experimento.

À todos familiares, amigos, colegas, companheiros de estudo e de trabalho que de alguma forma me deram forças e ânimo para iniciar, manter e finalizar mais essa etapa da minha vida profissional.

À minha esposa e grande companheira, Priscila Oliveira, por estar comigo e me apoiar por todo esse período.

À Deus, por me acompanhar, me dando saúde e paz, por me permitir viver e aprender com as inconstâncias da vida.

Resumo

O desenvolvimento de sistemas aquícolas com uso da tecnologia de bioflocos pode contribuir para a produção de pescado em regiões com reduzida disponibilidade de água. Desta forma, a presente tese avaliou a qualidade da água no cultivo de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, bem como desempenho e bem estar dos animais com tecnologia de bioflocos, na fase de alevinagem e de engorda, utilizando diferentes fontes de carbono e relações C:N. No primeiro estudo, adotou-se um delineamento experimental, com duas relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) (10:1 e 20:1) e três fontes de carbono (melaço, açúcar e fécula de mandioca) na fase de alevinagem. A qualidade da água foi analisada diariamente com base na temperatura, oxigênio dissolvido, pH, potencial de oxidação-redução, condutividade, transparência e salinidade. Semanalmente monitorou-se amônia, nitrito, nitrato, fosfato, alcalinidade, sólidos sedimentáveis, turbidez e sólidos suspensos totais. Os melhores resultados na indução dos flocos microbianos foram constatados com adição de melaço e/ou açúcar nas relações C:N 10:1 e 20:1. A indução ao meio heterotrófico provoca constantes variações na qualidade da água que podem prejudicar o crescimento e sobrevivência de alevinos de tilápia. A temperatura ($23,2 \pm 0,8^\circ\text{C}$), o oxigênio dissolvido ($7,1 \pm 0,4 \text{ mg/L}$), pH ($8,1 \pm 0,1$), o potencial de oxidação-redução ($168,2 \pm 25,2 \text{ mV}$), a condutividade ($2,0 \pm 0,1 \text{ mS/cm}$) e a salinidade ($0,3 \pm 0,8 \text{ ‰}$) não diferiram significativamente ($P > 0,05$) entre os tratamentos. A relação C:N e a fonte de carbono influenciaram as variáveis de alcalinidade, sólidos sedimentáveis (SS), turbidez e sólidos suspensos totais (SST), apresentando valores significativamente superiores na relação C:N de 20:1. No segundo estudo, foram avaliados a influência do uso do melaço em diferentes relações carbono:nitrogênio (C:N) e de diferentes fontes de carbono na qualidade da água, desempenho produtivo e saúde da tilápia cultivada com tecnologia de bioflocos, na fase de engorda. Os valores médios de proteína plasmática total ($5,9 \text{ g dL}^{-1}$), albumina ($0,8 \text{ g dL}^{-1}$) e globulina ($5,1 \text{ g dL}^{-1}$) demonstrando o potencial da tecnologia de bioflocos no desenvolvimento do sistema imunológico do peixe. Foram estocados 50 alevinos/ m^3 ($73,2 \pm 2,7 \text{ g}$) em 12 tanques (800 L). Após 107 dias de cultivo, foi possível produzir $14,5 \pm 1,0 \text{ kg/m}^3$ com sobrevivência acima de 95% sem diferenças significativas entre os tratamentos. No terceiro estudo, o melaço pode ser utilizado como fonte de carbono para alcançar relações C:N 10 ou 20:1 no cultivo da tilápia (*O. niloticus*) com tecnologia de bioflocos. O desempenho zootécnico e o bem estar da tilápia foi satisfatório com todas as fontes de carbono demonstrando serem efetivas na manutenção das variáveis físico-químicas da água. A degradação mais rápida do melaço e do açúcar pode ter fornecido níveis mais elevados de carbono como um substrato para a formação dos flocos microbianos. As informações e

conhecimentos sobre as variáveis hematológicas e qualidade de água no cultivo de tilápia com tecnologia de bioflocos podem ser utilizadas pelo aquicultor como ferramenta de avaliação do sistema de criação com prudência ecológica e bem estar animal.

Palavras-chave: piscicultura, flocos microbianos, sistema heterotrófico.

Abstract

The development of aquaculture systems based on biofloc technology can contribute to the fish production in regions with reduced water availability. Thus, this thesis evaluated the quality of water in the Nile tilapia culture, *Oreochromis niloticus*, as well as performance and animal welfare with biofloc technology in the nursery phase and growout, using different carbon sources and relations C:N. In the first study, It was adopted a experimental design, with two relationships carbon (C) and nitrogen (N) (10:1 and 20:1) and three carbon sources (molasses, sugar and cassava starch) in the nursery phase. The water quality was evaluated daily on the basis of temperature, dissolved oxygen, pH, redox potential, conductivity, transparency and salinity. It was monitored weekly up ammonia, nitrite, nitrate, phosphate, alkalinity, settleable solids, turbidity and total suspended solids. The best results in the induction of microbial flocs were observed with added molasses or sugar in the C:N ratios 10:1 and 20:1. Induction to heterotrophic means causes constant changes in water quality that can harm the growth and survival of tilapia fingerlings. The temperature ($23.2 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$), dissolved oxygen ($7.1 \pm 0.4 \text{ mg/L}$), pH (8.1 ± 0.1), the redox potential ($168.2 \pm 25.2 \text{ mV}$), conductivity ($2.0 \pm 0.1 \text{ mS/cm}$) and salinity ($0.3 \pm 0.8 \text{ ‰}$) did not differ significantly between treatments ($P>0.05$). The C:N ratio and carbon source influenced some variables, as alkalinity, settleable solids (SS), turbidity and total suspended solids (TSS) showing values significantly higher in the C:N ratio of 20:1 ($P<0.05$). In the second study, we evaluated the influence of molasses used different C:N ratios and different carbon sources on water quality, productive performance and health of tilapia grown with biofloc technology in the fattening stage. The average values of total plasma protein (5.9 g/dL), albumin (0.8 g/dL) and globulin (5.1 g/dL) demonstrating the potential of biofloc technology in development of the immune system fish. Were stocked 50 fingerlings/ m^3 ($73.2 \pm 2.7 \text{ g}$) in 12 tanks (800 L). After 107 days of cultured, it was possible to produce $14.5 \pm 1.0 \text{ kg/m}^3$ of survival over 95% with no significant differences among the treatments. In the third study, molasses can be used as a carbon source to achieve C:N 10 or 20:1 ratios on tilapia culture with biofloc technology. The animal performance and welfare of tilapia was satisfactory with all carbon sources proving to be effective in maintaining the physical and chemical parameters. The most rapid degradation of molasses and sugar may have provided higher levels of carbon as a substrate for the formation of microbial flocs. Information and knowledge of haematological variables and water quality in tilapia farming with biofloc technology can be used by the fish farmer as an evaluation tool of creation of system of ecological prudence and animal welfare.

Key words: fish culture, microbial floc, heterotrophic system.

Lista de figuras

ARTIGO 1

Página

Figura 1 - Variação temporal dos valores médios diários de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (A), oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) (B), pH (C), potencial de oxiredução-POR (mV) (D), condutividade (mS.cm^{-1}) (E) e transparência (cm) (F) da água durante o cultivo de *O. niloticus* sem renovação de água com adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE) nas relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 10:1 e 20:1 49

Figura 2 - Variação circadiana da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (A), pH (B), oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) (C) e potencial de oxiredução (mV) (D) no final da alevinagem de *O. niloticus*, em cultivo sem renovação de água com adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE) nas relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 10:1 e 20:1 50

Figura 3 - Variação semanal das variáveis de qualidade da água mensuradas no cultivo de *O. niloticus* durante 63 dias sem renovação de água adotando relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 10:1 e 20:1, através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE). A – Alcalinidade total ($\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$), B – Nitrogênio amoniacal total [$\text{mg.L}^{-1} \text{N} (\text{NH}_4+\text{NH}_3)$], C – Nitrogênio do nitrito [$\text{mg.L}^{-1} \text{N} (\text{NO}_2)$], D – Nitrogênio do nitrato [$\text{mg.L}^{-1} \text{N} (\text{NO}_3)$], E – Fósforo do fosfato inorgânico ($\text{mg.L}^{-1} \text{P-PO}_4$), F – Sólidos sedimentáveis (mL.L^{-1}), G – Turbidez (UNT), H – Sólidos suspensos totais (mg.L^{-1}) 52

Figura 4 - A - Fração de sólidos orgânicos e inorgânicos presente no cultivo de *O. niloticus* em função de diferentes fontes de carbono; B - Fração de sólidos orgânicos e inorgânicos presente no cultivo de *O. niloticus* adotando relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) (10:1 e 20:1), através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE). 53

Figura 5 - Evolução do crescimento de tilápia *O. niloticus* cultivada sem renovação de água durante 63 dias, ofertando carboidratos nas relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 10:1 e 20:1, através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE) 54

ARTIGO 2

Página

Figura 1 - Valores de nitrogênio amoniacal total - NAT [$\text{mg L}^{-1} \text{N}-(\text{NH}_4+\text{NH}_3)$] (A) e alcalinidade total ($\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$) (B) no cultivo de *O. niloticus* com tecnologia de biofloco adotando relação Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 20:1 através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE) 80

Figura 2 - Variação semanal das variáveis de qualidade da água mensuradas no cultivo de *O. niloticus* durante 107 dias sem renovação de água adotando relação Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 20:1, através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE) 80

Figura 3 - Crescimento de tilápia *Oreochromis niloticus* cultivada com tecnologia de biofloco com adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE) na relação Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 20:1 durante 107 dias..... 83

Figura 4 - Valores médios de leucócitos totais (células μL^{-1}), proteína plasmática total (g dL^{-1}), albumina (g dL^{-1}) e globulina (g dL^{-1}) plasmáticos de tilápia do Nilo cultivadas com tecnologia de biofloco adotando relação C:N de 20:1 através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE) 84

ARTIGO 3

Figura 1 - Variação semanal das variáveis de qualidade da água mensuradas no cultivo de *O. niloticus* durante 107 dias com tecnologia de biofloco. 10M e 20M adição de melaço nas relações C:N de 10 e 20:1, respectivamente; 0M sem adição de melaço 105

Figura 2 - Valores médios de leucócitos totais (células μL^{-1}), proteína plasmática total (g dL^{-1}), albumina (g dL^{-1}) e globulina (g dL^{-1}) plasmáticos de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* cultivadas com tecnologia de biofloco adotando relação C:N de 10:1 (10M) e 20:1 (20M) através da adição de melaço; 0M sem adição de melaço. Letras distintas entre colunas diferem-se significativamente pelo teste de Tukey ($P<0,05$)..... 108

Lista de tabelas

Página

Tabela 1 - Apresentação esquemática das características dos níveis de intensificação dos viveiros, produtividades aproximadas e fatores limitantes dos sistemas de cultivo	21
Tabela 2 - Composição centesimal (% , como matéria seca) de bioflocos formados em diferentes estudos em aquicultura.	25
Tabela 3 - Diferentes fontes de carbono e relações C:N aplicada em tecnologia de bioflocos.....	25

ARTIGO 1

Tabela 1 - Valores médios ($\pm$ DP) das variáveis físico-químicas da água no cultivo sem renovação de água de <i>O. niloticus</i> durante 63 dias, adotando relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 10:1 e 20:1, através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE).....	51
Tabela 2 - Médias ($\pm$ DP) do desempenho de <i>O. niloticus</i> (300 alevinos.m ⁻³) cultivada durante 63 dias sem renovação de água ofertando carboidratos nas relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 10:1 e 20:1, através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE).....	53

ARTIGO 2

Tabela 1 - Composição centesimal (%) determinada das rações comerciais e fontes de carbono utilizadas durante o cultivo de tilápia <i>Oreochromis niloticus</i> com tecnologia de bioflocos	75
Tabela 2 - Valores médios $\pm$ desvio padrão (amplitude entre parênteses) das variáveis de qualidade da água do cultivo de tilápia com tecnologia de bioflocos no semiárido pernambucano e faixas de conforto recomendadas por pesquisadores	78
Tabela 3 - Valores médios $\pm$ desvio padrão das variáveis da qualidade da água no cultivo de <i>O. niloticus</i> com tecnologia de bioflocos durante 107 dias adotando relação C:N 20:1 e adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE)	79

Tabela 4 - Composição centesimal determinada (% em base seca) de bioflocos produzidos no cultivo de tilapia fertilizados utilizando diferentes fontes de carbono após 107 dias 82

Tabela 5 - Médias $\pm$ desvio padrão do desempenho zootécnico de *O. niloticus* cultivada em tecnologia de biofoco com adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE) na relação Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 20:1 após 107 dias..... 82

Tabela 6 - Valores médios $\pm$ desvio padrão de eritrócitos, hematócrito, hemoglobina, volume corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) de tilápia do Nilo cultivadas com tecnologia de biofoco adotando relação C:N de 20:1 através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE)..... 84

ARTIGO 3

Tabela 1 - Valores médios $\pm$ desvio padrão das variáveis físico-químicas da qualidade da água monitoradas no cultivo de tilápia *Oreochromis niloticus*, na fase de engorda, com tecnologia de biofoco durante 107 dias (amplitude - mínimo e máximo, entre parênteses) 104

Tabela 2 - Composição centesimal de bioflocos produzidos após 107 dias no cultivo de tilapia fertilizados com melaço nas relações C:N 10 e 20:1 106

Tabela 3 - Desempenho zootécnico (média $\pm$ desvio padrão) de tilápia *Oreochromis niloticus* na fase de engorda com tecnologia de biofoco cultivados durante 107 dias. 10M e 20M adição de melaço nas relações C:N de 10 e 20:1, respectivamente; 0M sem adição de melaço 107

Tabela 4 - Valores médios $\pm$ desvio padrão de eritrócitos, hematócrito, hemoglobina, volume corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* cultivadas com tecnologia de biofoco adotando diferentes manejo na relação C:N. 0M - sem adição de melaço; 10M e 20M com adição de melaço nas relações C:N de 10 e 20:1, respectivamente 107

Sumário

Página

Dedicatória

Agradecimentos

Resumo

Abstract

Lista de figuras

Lista de tabelas

1 - Introdução	15
2 - Objetivos	17
2.1 - Objetivo geral	17
2.2 - Objetivos específicos.....	17
3 - Revisão de literatura.....	18
3.1 - Aquicultura brasileira	18
3.2 - Tilapicultura brasileira.....	19
3.3 - Sistemas aquícolas de cultivo	20
3.4 - A tecnologia de biofloco	23
3.5 - Qualidade da água e os microrganismos	26
3.6 – Parâmetros hematológicos dos peixes	29
4 - Referências bibliográficas	32
5 - Artigos científicos	40
5.1 - Artigo científico I	40
5.1.1 - Normas da Aquaculture International.....	64
5.2 - Artigo científico II.....	70
5.2.1 - Normas da Revista Caatinga.....	92
5.3 - Artigo científico III.....	97
5.3.1 - Normas do Boletim do Instituto de Pesca.....	116
5 - Considerações finais.....	125

1 - Introdução

A aquicultura, definida como cultivo de organismos aquáticos, é o setor da produção animal que mais cresce hoje no mundo (FAO, 2014). Na produção aquícola continental, destaca-se a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) que é uma das espécies de peixe de grande importância na piscicultura além do destaque na aquicultura mundial e é a espécie mais cultivada no Brasil (FAO, 2013).

A adoção da tilápia como espécie alvo da piscicultura brasileira foi decorrente de sua rusticidade, rentabilidade, crescimento e grande aceitação no mercado nacional e internacional que, aliados às condições edafo-climáticas das diversas regiões do Brasil e, de forma especial da Região Nordeste, possibilitaram o desenvolvimento do setor (KUBITZA, 2015).

Sistemas de cultivo sem ou mínima renovação de água baseado na tecnologia de bioflocos, econômica e tecnologicamente, poderão propiciar melhorias de rentabilidade dos piscicultores. A tecnologia de bioflocos (BFT) surge como uma alternativa aos sistemas convencionais de aquicultura, porém é necessário o desenvolvimento de pesquisas que visem um melhor reaproveitamento da água e dos microrganismos nela existentes (KRUMMENAUER et al., 2011).

Essa tecnologia é caracterizada pelo estímulo do crescimento de microrganismos heterotróficos aeróbios através do manejo da relação carbono e nitrogênio por adição de fontes ricas em carbono orgânico (açúcar, melão, amidos, etc.) à água, mantendo-se constante aeração e mistura do ambiente de cultivo (WASIELESKY et al., 2006; EMERENCIANO et al., 2007; AVNIMELECH, 2009).

Pesquisas demonstram que a adição de carboidratos em viveiros melhora a eficiência de retenção dos compostos nitrogenados, tendo efeitos positivos sobre a produção. Além do controle do nitrogênio, este processo leva à produção de proteínas microbianas que são uma fonte efetiva de proteína para os peixes (AVNIMELECH, 2000), deste modo reduzindo a demanda por proteína no alimento suplementar (AVNIMELECH, 1999). A habilidade para o

controle das concentrações de nitrogênio está na manipulação da relação entre a quantidade de carbono orgânico e nitrogênio inorgânico (C:N), e tem sido utilizada com frequência para indicar a qualidade e quantidade dos flocos microbianos (AVNIMELECH, 1999; CRAB et al., 2007).

O manejo da qualidade da água é uma importante ferramenta dos sistemas de cultivo, em sistemas intensivos de produção de peixes, o controle e o manejo de um conjunto de variáveis físicas, químicas, biológicas e tecnológicas determinam a qualidade da água do cultivo e, consequentemente seu sucesso, bem como a composição da água que é devolvida para o meio ambiente (BOYD e TUCKER, 1998; GROSS et al., 2003). Um dos maiores problemas de qualidade da água em sistemas intensivos é o acúmulo de formas de nitrogênio inorgânico na água, pois mesmo em baixas concentrações, amônia (NH_3) e nitrito (NO_2) são altamente tóxicos para os animais (AVNIMELECH, 1999).

A tecnologia de bioflocos é um sistema alternativo para o cultivo de tilápia no semiárido pernambucano tornando-se importante pelo fato de reutilizar a água de cultivos subsequentes reduzindo as necessidades por água já que se trata de uma região com carência hídrica. Desta forma, pesquisas sobre sistemas de cultivo sem ou mínima renovação de água baseado no sistema BFT durante a alevinagem e engorda de tilápia são necessárias. Em face aos diversos fatores inerentes ao sucesso dos cultivos, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos que investiguem a influência dos nutrientes (carbono e nitrogênio), bem como os fatores inerentes à dinâmica da qualidade da água dos ambientes de cultivo, poderá desenvolver alternativas para produção de peixes em regiões com limitada disponibilidade de água.

O domínio de técnicas para a produção de tilápia do Nilo em meio heterotrófico, oferece uma alternativa aos aquicultores brasileiros para atender às exigências de preservação de recursos naturais, otimização do uso de rações e eliminação dos riscos de introdução de patógenos, além de redução dos efluentes do cultivo.

2 - Objetivos

2.1 - Objetivo geral

Avaliar a influência de diferentes fontes de carbono e relações C:N na qualidade da água e no desempenho da tilápia *O. niloticus* cultivada com tecnologia de bioflocos.

2.2 - Objetivos específicos

Avaliar o desempenho zootécnico da tilápia cultivada com tecnologia de bioflocos nas fases de alevinagem e engorda.

Monitorar as variáveis físico-químicas de qualidade da água durante o cultivo de tilápia com tecnologia de bioflocos nas fases de alevinagem e engorda.

Avaliar os parâmetros hematológicos da tilápia cultivada com tecnologia de bioflocos na fase de engorda.

3 - Revisão de literatura

3.1 - Aquicultura brasileira

O aumento no consumo mundial de pescado tem ocorrido devido às pessoas estarem tendo uma maior consciência da importância de uma alimentação saudável, passando a consumir alimentos com baixos teores de gorduras e essa mudança no hábito alimentar da população tem proporcionado o aumento da demanda mundial de peixe (FAO, 2014). No entanto, a degradação ambiental aliada à extração desenfreada dos recursos naturais tem provocado grande desequilíbrio nas populações, afetando os estoques pesqueiros em águas continentais e nos mares diminuindo a produção de pescado e tirando o sustento de várias famílias ribeirinhas (ARANA, 1999).

Em virtude da explosão demográfica e da estagnação da pesca no seu limite máximo de captura, o cultivo de organismos aquáticos deverá atender às necessidades do consumo de proteína animal pelo homem. Espera-se que a aquicultura contribua significativamente para a segurança alimentar e diminuição da pobreza no planeta, proporcionando possíveis alternativas que se colocam para enfrentar o desafio apontado anteriormente (ARANA, 1999).

O crescimento da aquicultura tem sido fundamental para suprir essa demanda na produção de pescado. Entre as vertentes da aquicultura está a piscicultura que proporciona uma atividade econômica e rentável podendo contribuir para a preservação do meio ambiente, se forem utilizadas técnicas adequadas de manejo através do conhecimento da espécie de cultivo, como o seu hábito alimentar, habitat, reprodução, comportamento e rusticidade (GARUTTI, 2003).

O Brasil reúne condições ambientais favoráveis para a produção de peixes, devido ao seu grande potencial hídrico (mar, estuários, rios, grandes reservatórios e lagos naturais) e espécies com alta prolificidade onde pode ser empregada a piscicultura em diferentes sistemas de cultivo, tornando o país um promissor produtor mundial de pescado (FAO, 2014; KUBITZA, 2015).

Estima-se que o Brasil reúna, ao todo, mais de 5 milhões de hectares em áreas de reservatório com potencial para a criação de peixes em tanques rede (KUBITZA, 2011). Na região Nordeste, o cultivo em tanques rede é predominante e cresceu rapidamente devido à forte demanda por alimentos na forma de proteína animal e a grande quantidade de reservatórios públicos sob controle da união (FIGUEIREDO JÚNIOR e VALENTE JÚNIOR, 2008; MPA, 2012).

3.2 - Tilapicultura brasileira

Há mais de 70 espécies de tilápias identificadas, sendo a grande maioria da África. Apenas quatro delas se destacaram na aquicultura mundial, todas do gênero *Oreochromis*: a tilápia do Nilo *O. niloticus*; a tilápia de Moçambique *O. mossambicus*; a tilápia azul ou tilápia áurea *O. aureus* e a tilápia Zanzibar *O. urolepis hornorum* (FAO, 2014).

No Brasil, a primeira introdução da tilápia aconteceu em 1971 pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra a Seca), a espécie era a *Tilapia rendalli* utilizada para povoamentos de açudes do Nordeste, a qual, devido ao baixo desempenho em termos de crescimento e ganho de peso, foi substituída gradativamente pela tilápia do Nilo (*O. niloticus*) (GODOY, 2006).

A tilápia conquistou um importante espaço no mercado internacional e em mercados locais de pescados. Isso é fruto tanto da excelente relação custo/benefício para os consumidores, excelente desempenho em ganho de peso e crescimento e por possuírem boas características organolépticas e nutricionais, como carne saborosa com baixo teor de gordura (0,9 g/100 g de carne) e calorias (172 kcal/100 g de carne), ausência de espinhos em forma de “Y” (mioceptos) e rendimento de filé de aproximadamente 35 a 40% em exemplares com peso médio de 450 a 500 g (GODOY, 2006; KUBITZA, 2011).

O cultivo de tilápias, incluindo tilápia do Nilo e algumas outras espécies de ciclídeos, é o tipo mais comum de aquicultura no mundo. Foram produzidas em 2012 aproximadamente 4,2

milhões de toneladas de tilápia pela aquicultura mundial (FAO, 2014). A tilapicultura brasileira demonstra uma tendência de aumento na produção ao longo dos anos, alcançando 326.722 toneladas em 2012 (FAO, 2014).

A produção da aquicultura brasileira cresceu a uma média anual de acima de 10%, alcançando uma produção de 707.461 toneladas em 2012, destacando-se como 12º maior produtor mundial. A piscicultura continental representou 87,3% da produção total quando passou a produzir 611.343 toneladas (FAO, 2014). A partir de 2005, a tilápia (*O. niloticus*) passou a ser o principal organismo aquático cultivado no Brasil, seguido do camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*), carpa comum (*Cyprinus carpio*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) (FAO, 2014). A produção de tilápias, em 2012, foi de 326.722,2 toneladas, representando 46,2%% do total proveniente da aquicultura brasileira (MPA, 2012).

3.3 - Sistemas aquícolas de cultivo

A tilapicultura pode ser realizada em diferentes fases (larvicultura, alevinagem e engorda), segundo Kubitza (2011), sistemas de cultivo podem ser desenvolvidos com uso das diferentes unidades de produção (viveiros, açudes, tanques rede e raceway).

Sistemas aquícolas diferem-se por suas intensificações, desde cultivo extensivo de peixes em grandes represas e barragens com pouca ou nenhuma ração até cultivos super intensivos sustentado por ração, aeração e tratamento para reciclagem de água (AVNIMELECH, 1999). De acordo com Tacon e De Silva (1997), na década de 90, os cultivos se processavam principalmente nos sistemas semi-intensivo e intensivo, sendo o primeiro mais utilizado, representando mais de 80%, uma vez que envolve um menor custo de implantação, bem como de operação, onde os nutrientes são supridos por uma combinação de dietas artificiais e organismos vivos, produzidos endogenamente no viveiro.

Uma visão global dos sistemas de cultivo quanto a intensificação dos cultivos podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Apresentação esquemática das características dos níveis de intensificação dos viveiros, produtividades aproximadas e fatores limitantes dos sistemas de cultivo.

Tipo de viveiros	Intervenção	Produtividade (kg/ha/ano)	Fatores limitantes
	Alimentação mínima com		Limitada pela produção
Uso mínimo de ração	grãos e resíduos de fazendas e indústrias	< 2.000	primária e cadeia alimentar eficiente
Viveiros alimentados	Alimentação com dietas completas peletizadas	2.000 – 4.000	Oxigênio ao amanhecer
	Aeração noturna ou		Acúmulo de lodo, anaerobiose
Aeração noturna	emergencial com aeradores (~ 1-5 HP/ha)	4.000 – 10.000	no fundo do viveiro
Viveiros aerados e misturados	Aeração contínua (20-150 HP/ha), oxigênio puro	20.000 – 100.000	Controle da qualidade da água
intensivamente	completamente misturado		

Adaptado de Avnimelech (2009).

O uso de alimentos e rações, e o consequente manejo nutricional dos peixes, definirão a severidade do impacto ambiental causado pela piscicultura, em proporção direta com a intensificação dos sistemas de produção. Em sistemas intensivos, alimentos industrializados (rações) são a fonte principal ou exclusiva de nutrientes para os peixes, e podem representar até 70% dos custos de produção (LOVELL, 1998 apud CYRINO et al., 2010). Devido ao alto custo com alimentação, existe uma pressão considerável para a redução dos excessos de nutrientes nas formulações das dietas, principalmente os de valor mais elevado. Como proteína é o nutriente mais caro, é necessário o seu uso racional para viabilizar economicamente a criação.

O aumento da produtividade é a meta principal dos piscicultores e a formulação de dietas de impacto ambiental mínimo deve ser uma realidade, uma vez que piora a qualidade da água

nos sistemas de produção e afeta negativamente o desempenho dos peixes e, por consequência, a produtividade e rentabilidade dos sistemas (TACON e FORSTER, 2003).

À medida que o sistema de criação se intensifica vem junto uma série de impactos ao meio ambiente. Sistemas intensivos podem acarretar no acúmulo de excretas dos peixes, consequentemente grande concentração de nutrientes liberando substâncias tóxicas prejudiciais ao cultivo, potencializando os riscos ambientais ao meio ambiente caso esses efluentes sejam lançados (CYRINO et al., 2010).

Sistemas extensivos são praticados em reservatórios de pequenas ou grandes dimensões, naturais ou artificiais. Neste sistema, a densidade é baixa, a alimentação é restrita ao alimento natural, não se utiliza fertilizantes e não há controle sobre a reprodução. A produtividade é baixa e varia de 100 a 1.000 kg/ha/ano. O sistema de cultivo semi-intensivo é caracterizado pela maximização da produção de fontes de alimento natural endógenas a partir da fertilização com adubos orgânicos ou químicos. Pode-se utilizar também alimentos artificiais, a produtividade pode alcançar valores entre 1.000 e 3.500 kg/ha/ano. Os viveiros são construídos para o cultivo de peixes e é feito um controle para impedir espécies invasoras (NASCIMENTO e OLIVEIRA, 2010).

No sistema intensivo, a densidade de estocagem é alta, por isso faz-se necessário o fornecimento de uma ração balanceada. Com adubação podem-se alcançar produtividades de até 3.500 kg/ha/ano. Já no sistema de cultivo super intensivo usam-se tanques de pequeno porte, geralmente de alvenaria, com grande fluxo de água para renovação total da água em um curto período de tempo para garantir aos peixes um fornecimento de oxigênio dissolvido suficiente, e eliminar os dejetos metabólicos, não existe alimento natural e os peixes são alimentados somente com rações que atendam as exigências nutricionais da espécie cultivada (NASCIMENTO e OLIVEIRA, 2010).

3.4 - A tecnologia de biofloco

Autores datam o início do sistema BFT nos anos 1970 pelo Instituto Francês de Investigação para a Exploração do Mar no Oceanic Center of Pacific, com diferentes espécies de peneídeos (EMERENCIANO et al., 2013). Entretanto é na década de 1980 e início da década de 1990, Israel e EUA (Waddell Mariculture Center) começaram pesquisas em sistemas BFT com tilápia e camarão branco *L. vannamei*, respectivamente, em sistemas com mínima ou nenhuma renovação de água. As preocupações ambientais e custos das terras foram os principais agentes causadores que promoveram tal pesquisa (AVNIMELECH et al., 1994; McINTOSH, 1999)

Nos últimos 10 anos vêm-se desenvolvendo pesquisas em cultivos intensivos que combinam o tratamento de água com a reciclagem de alimento artificial não consumido, utilizando-se viveiros de suspensão ativa – *Active Suspension Ponds* (ASP) (AVNIMELECH et al., 1994; CHAMBERLAIN e HOPKINS, 1994; BURFORD et al., 2003; AVNIMELECH, 2006) ou sistemas de cultivo sem renovação de água através do estímulo de uma biota predominantemente aeróbica e heterotrófica – *Zero Exchange, Aerobic, Heterotrophic Culture Systems* (ZEAH) (McINTOSH, 1999; McNEIL, 2000;; McGRAW, 2002; ERLER et al., 2005; WASIELESKY et al., 2006; AVNIMELECH, 2009). Estes sistemas têm em comum a predominância de bactérias aeróbicas heterotróficas que colonizam partículas de resíduos orgânicos e absorvem o nitrogênio, fósforo e outros nutrientes da água (CHAMBERLAIN et al., 2001a).

Atualmente, sistemas de cultivo baseado na tecnologia de biofloco estão se expandindo com êxito no cultivo em larga escala de camarão e tilápia por vários países do mundo e diferentes continentes como Ásia, América Latina e América Central, bem como em estufas de pequena escala nos EUA, Coreia do Sul, Brasil, Itália e China (EMERENCIANO et al., 2013).

Minimizar a renovação de água é uma parte essencial da aquicultura moderna e ambientalmente responsável. Mínimas trocas de água beneficiam o produtor reduzindo a possibilidade de introduzir compostos tóxicos, patógenos, vetores de doenças ou outros

organismos indesejáveis na fazenda, além de reduzir as descargas de nutrientes e de matéria orgânica das fazendas (FAO/NACA/UNEP/WB/WWF, 2006).

Sistemas sem ou mínimas trocas de água, baseados na tecnologia de bioflocos, consistem em estimular a formação de uma biota predominantemente aeróbica e heterotrófica a partir da fertilização com fontes ricas em carbono orgânico, manejo da relação C:N e aeração com constante do ambiente de cultivo (WASIELESKY et al., 2006; EMERENCIANO et al., 2007; AVNIMELECH, 2009). Este sistema de cultivo apresenta diversas vantagens, como reduções do uso de água e menor risco de introdução e disseminação de doenças, bem como a possibilidade do uso de dietas com níveis reduzidos de proteína. A adoção de sistemas de cultivo com tecnologia de biofoco 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 e em sua dependência por óleo e farinha de peixe (DeSCHRYVER et al., 2008).

Além disso, o uso da tecnologia de biofoco permite o controle do nitrogênio inorgânico, através do manejo da relação C:N por meio da adição de carboidratos (fonte de energia), que induz a remoção desse nitrogênio pelos microrganismos presentes nos bioflocos para a conversão em biomassa microbiana, fonte efetiva de proteína para peixes e camarões (AVNIMELECH, 1999; BURFORD et al., 2004; SAMOCHA et al., 2007). Deste modo, o alimento suplementar pode reduzir a demanda por proteína, contribuindo com quase 50% da exigência protéica de tilápia (AVNIMELECH, 2007).

Os bioflocos são compostos por uma variedade de microrganismos (fitoplâncton, bactérias, rotíferos, oligoquetos, protozoários), restos de ração, células mortas, fezes e detritos (AZIM e LITTLE, 2008; RAY et al., 2010a,b; EMERENCIANO et al. 2013). A composição nutricional dos bioflocos pode ser influenciada de acordo com a condição do meio ambiente, fonte de carbono aplicado, nível do sólidos suspensos, salinidade, densidade, intensidade de luz, comunidades de fitoplâncton e bactérias e ração, bem como o tempo de formação destes

agregados microbianos (EMERENCIANO et al., 2013). Desta forma, as partículas de bioflocos podem variar os teores de proteína, lipídeos, fibras e cinzas (Tabela 2).

Tabela 2. Composição centesimal (% , como matéria seca) de bioflocos formados em diferentes estudos em aquicultura.

Proteína bruta	Extrato etéreo	Fibra bruta	Cinzas	Referências
16-18	1,5 - 2,4	-	53-56	Fugimura et al. (2015)
41,1	1,0	-	6,1	Long et al. (2015)
9,3-24,0	0,6-2,5	1,1-4,5	-	Liu et al. (2014)
24,7	0,6	2,4	47,3	Emerenciano et al. (2013)
40-50	10-25	-	25-30	Widanarni et al. (2012)
38,8	<0,1	16,2	24,7	Kuhn et al. (2009)
37,9-38,4	3,2	6,3-5,7	13,4-11,8	Azim e Little (2008)

Muitos produtos têm sido utilizados como fontes de carbono em sistemas de biofloco, incluindo grãos, melação, bagaço de cana-de-açúcar, e feno picado, entre outros, esses materiais devem ser de baixo custo e conveniente (Tabela 3).

Tabela 3. Diferentes fontes de carbono e relações C:N aplicada em tecnologia de biofloco.

Fonte de carbono	Espécie	Relação C:N	Referências
Melaço	Tilápia	15:1	Widanarni et al. (2012)
Amido de milho	Tilápia	15:1	Avnimelech e Kochba (2009)
Acetato e glicerol	Tilápia	10 - 15:1	Schryver e Verstraete (2009)
Açúcar (glicose) e farinha de mandioca	Camarão	7:1	Avnimelech (1999)
Glicose	-	20:1	

A escolha da fonte de carbono orgânico utilizado na fertilização do sistema agrícola em bioflocos é importante, pois influencia a composição nutricional dos bioflocs e deve considerar fatores como custos, disponibilidade local e biodegradabilidade (FUGIMURA et al., 2015). As bactérias heterotróficas em sistemas de biofloco podem agir sobre a matéria orgânica rapidamente, e dentro de poucas horas assimilando-a (HARGREAVES, 2013).

Pesquisas demonstram resultados satisfatórios em termos de produção e eficiência de incorporação do nitrogênio no animal cultivado, através do consumo da ração e da biomassa microbiana estimulada a partir da adição de fontes de carbono orgânico, como açúcar, melaço e amido de mandioca (AVNIMELECH, 1999; BURFORD et al., 2003). Emerenciano et al. (2007) induziram o meio heterotrófico utilizando farelo de trigo como substrato e melaço contendo 5,6% proteína bruta, 81,6% carboidrato e 12% de cinzas. Atualmente, o melaço vem sendo utilizado como promotor de crescimento bacteriano em viveiros de cultivo de camarão no Brasil e no mundo.

O melaço é um subproduto do processo de refino do açúcar e possui, geralmente, 17 a 25% de água e um teor de açúcar de 45 a 50% (NAJAFPOUR e SHAN, 2003). Além de ser mais barato que a glicose, o melaço contém elementos minerais e vitaminas que podem ser usados como potencializadores do crescimento das bactérias (SQUIO e ARAGÃO, 2004).

3.5 - Qualidade da água e os microrganismos

O manejo da qualidade da água é uma importante ferramenta para o sucesso dos sistemas de cultivo, pois tem influência direta na reprodução, crescimento e sobrevivência dos organismos aquáticos, especialmente em sistemas semi-intensivos e intensivos (CHIEN, 1992). Um dos maiores problemas de qualidade da água em sistemas intensivos é o acúmulo de formas tóxicas de nitrogênio inorgânico na água (AVNIMELECH, 1999). Animais aquáticos, como peixes e camarões, excretam amônia, que pode se acumular no viveiro. Mesmo em baixas concentrações,

amônia e nitrito (NH_3 e NO_2) são altamente tóxicos para os animais e, portanto, devem ser removidos do sistema (BOYD e TUCKER, 1998; GROSS et al., 2003).

Vários processos microbianos podem ser utilizados para reduzir os níveis de amônia nos ambientes de cultivo. Estes processos incluem a nitrificação, denitrificação, mineralização, fotossíntese e o crescimento de bactérias heterotróficas (BRUNE et al., 2003). 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).

Ao contrário das algas, populações microbianas são mais estáveis e independem de condições luminosas (SCHROEDER, 1978; AVNIMELECH, 2006). A habilidade para o controle das concentrações de nitrogênio está na manipulação da relação entre a quantidade de carbono orgânico e nitrogênio inorgânico (C:N), e tem sido utilizada com frequência para indicar a qualidade dos substratos orgânicos de viveiros de aquicultura (AVNIMELECH, 1999; CRAB et al., 2007).

Para aperfeiçoar a produção e, conseqüentemente, a retenção dos nutrientes na biomassa bacteriana, Burford et al. (2003) informam que a relação C:N deve situar-se acima de 10:1. Schneider et al. (2005) sugerem que a relação C:N requerida no substrato é de aproximadamente 15 g C/g N. Segundo Wasielesky et al. (2006) e Emerenciano et al. (2007), a relação C:N ideal para formação do floco microbiano, com predomínio de bactérias heterotróficas, deve situar-se entre 14 e 30:1. No entanto, misturas balanceadas de carbono e nitrogênio numa relação de 20:1 são, aparentemente, mais facilmente assimiladas (CHAMBERLAIN et al., 2001b).

A relação C:N na água está vinculada à disponibilidade e competição por carbono orgânico e amônia. Para uma alta relação C:N, bactérias heterotróficas competem com as autotróficas por oxigênio dissolvido e espaço. Quando há uma baixa relação C:N, as bactérias autotróficas são privilegiadas (MICHAUD et al., 2006). Portanto, informações sobre uma ótima relação C:N e N:P são pré-requisitos para se entender as atividades microbianas e para o desenvolvimento de um protocolo racional de fertilização de ambientes para cultivo de organismos aquáticos.

O papel desempenhado pelos organismos componentes do alimento natural no balanço nutricional dos viveiros é importantíssimo, pois vários estudos têm demonstrado que o alimento natural pode representar a principal fonte nutricional mesmo quando são fornecidas rações comerciais (ANDERSON et al., 1987; REYMOND e LANGARDERE, 1990; SOARES et al., 2005; WASIELESKY et al., 2006). Nos sistemas de cultivo, o alimento natural é composto por: microorganismos (bactérias, protozoários, microalgas); zooplâncton; invertebrados bentônicos; material vegetal e detritos (matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição).

O incremento de alimento natural pode ser estimulado através do uso de fertilizantes inorgânicos e/ou orgânicos, que aumentam a disponibilidade de nutrientes no meio aquático. O uso de fertilizantes inorgânicos promove o incremento das algas e os fertilizantes orgânicos suplementam as fontes de carbono, beneficiando o crescimento de bactérias, de organismos bentônicos e do fitoplâncton (BOYD, 1982). A produção de peixe e camarão pode ser consideravelmente incrementada através da aplicação de fertilizantes, podendo aumentar os níveis de produção pela combinação entre fertilizações e alimentação artificial (COLMAN e EDWARDS, 1987; SCHROEDER et al., 1990; BOYD, 2001; BOYD e TUCKER, 1998; CORREIA et al., 2003; SILVA et al., 2008).

Os principais problemas encontrados nos programas de fertilização utilizados são: inconstância das relações C:N:P; aplicações de doses excessivas de fertilizantes, causando crescimento excessivo de algas indesejáveis; deficiência de outros macro e micro nutrientes

essenciais ao fitoplâncton; uso de fertilizantes de má qualidade, e a deposição do fósforo no sedimento de fundo dos viveiros, que chega a ser de 70 a 90% do fósforo adicionado ao viveiro como fertilizante ou alimento (KUBITZA, 2003).

2.6 - Parâmetros hematológicos dos peixes

Com a intensificação dos sistemas de produção aquícolas fundamentada, exclusivamente, no rápido crescimento do animal não é suficiente para manter a atual produtividade sem afetar o meio ambiente e a resistência orgânica dos peixes, gerando tanto impactos ambientais como econômicos para toda cadeia produtiva.

Para tanto pesquisas científicas vem agregando diferentes áreas de conhecimento com intuito de auxiliar o entendimento sobre nutrição, saúde e responsabilidade ambiental. Áreas como a hematologia e a imunologia têm auxiliado a nutrição, o manejo e a adequação dos sistemas de produção com intuito de propiciar estratégias para mitigar os efeitos do estresse e aumentar a resistência imunológica dos peixes, permitindo que o mesmo mantenha o equilíbrio orgânico, necessário nas diferentes e inevitáveis situações adversas a que estão expostos, nos atuais sistemas intensivos de produção.

Dessa maneira, a análise e o controle da higidez do peixe vêm como mais uma ferramenta para o sucesso e biossegurança dos sistemas de cultivo, além da manutenção da qualidade da água como mencionado anteriormente.

Para condução de pesquisas com peixes, características hematológicas tem sido utilizadas como importantes ferramentas para estabelecer e avaliar a higidez dos peixes. Há uma variação morfológica quali-quantitativa dos elementos sanguíneos de peixes, frente a condições endógenas, como o sexo, o estágio de maturação gonadal, o peso, o comprimento, o estado nutricional, a atividade muscular intensa ou doenças; ou condições exógenas, como a temperatura, a concentração de O₂ e CO₂ na água, o ciclo sazonal, o estresse, os poluentes, etc. (RANZANI-PAIVA, 2006). A simplicidade da maioria das técnicas de amostragem de sangue,

provavelmente é responsável pelo crescente aumento do uso da hematologia como meio de estabelecer o estado de saúde dos peixes.

O sangue é um tecido líquido que tem por função transportar material necessário para a vida de todas as células e levar os metabólitos descartados para os órgãos de excreção. É composto de um meio líquido, o plasma, onde se mantêm em suspensão os elementos figurados pertencentes a três classes de glóbulos: glóbulos vermelhos (eritrócitos ou hemácias), glóbulos brancos (linfócitos, monócitos, neutrófilos, basófilos, eosinófilos e célula granulocítica especial - CGE) e os trombócitos (semelhantes às plaquetas dos mamíferos) (RANZANI-PAIVA, 2006).

Em sistemas extensivos de produção os peixes estão constantemente expostos a fatores estressores, porém convivem relativamente bem em função do estresse característico deste sistema ser menos intenso. Entretanto, nos sistemas intensivos de produção, os peixes são constantemente expostos a agentes estressores que podem determinar alterações da condição fisiológica, com diminuição da resistência orgânica. Segundo Barton e Iwana (1991), o estresse pode afetar a resistência a doenças, crescimento, reprodução, sobrevivência e condição geral de saúde dos animais. Em função desses possíveis efeitos negativos, especial atenção tem sido dada à forma de se amenizar essas consequências. Consequentemente, o conhecimento qualitativo da nutrição de peixes é de suma importância, pois afeta diretamente a composição do sangue, funções imune e endócrinas e reações bioquímicas dos peixes (LALL et al., 1990).

A resposta do organismo a qualquer demanda que cause alteração da condição fisiológica do animal, além do estado normal de repouso, foi definido como estresse por Selye (1973). Os peixes nem sempre adoecem e morrem quando são desafiados por agentes estressores. Normalmente, se adaptam ao estresse, por um período de tempo finito (BARTON e IWANA, 1991). Durante este período, os peixes podem parecer normais, porém, estão depletando reservas, redirecionando energia em função das exigências extras impostas e, causando um desequilíbrio metabólico.

Devido a variedade de problemas encontrados atualmente pela piscicultura e os diversos fatores inerentes ao sucesso dos programas de alimentação e fertilização adotados até então, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos que investiguem a influência dos nutrientes (carbono e nitrogênio), bem como os fatores inerentes a dinâmica dos ambientes de cultivo, visando desenvolver alternativas para produção de peixes em regiões com limitado aporte de água.

O domínio de técnicas para a otimização da produção de tilápias na tecnologia dos bioflocos, oferece uma alternativa aos aquicultores brasileiros para atender as exigências de preservação de recursos naturais, eliminando os riscos de introdução de patógenos, além de reduzir os efluentes do cultivo. Sistemas de cultivo baseado na tecnologia dos bioflocos, econômica e tecnologicamente, poderão propiciar melhorias de rentabilidade dos piscicultores através do incremento de produção e redução do uso de rações, assim como da taxa de crescimento dos peixes a partir de estratégias de indução de alimento natural.

4 - Referências bibliográficas

ANDERSON, R.K.; PARKER, P.L.; LAWRENCE, A.A. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ tracer study of the utilization of presented feed by a commercially important shrimp *Penaeus vannamei* in a pond growout system. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.18, p.148-155, 1987.

ARANA, L.V. **Aquicultura e o Desenvolvimento Sustentável**: Subsídios para a Formulação de Políticas de Desenvolvimento da Aquicultura Brasileira. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 1999. 310 p.

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

AVNIMELECH, Y. Controle de nitrogênio e reciclagem de proteína: viveiros de suspensão ativada. **Revista da ABCC**, Recife, v. 2, n. 2, p. 19-21, agosto, 2000.

AVNIMELECH, Y. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. **Aquacultural Engineering**, v.34, 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, US, 182p, 2009.

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

AVNIMELECH, Y.; KOCHBA, M. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using N-^{15} tracing. **Aquaculture**, v.287, p.163-168, 2009.

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

BARTON, B.A.; IWAMA, G.K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of cortivosteroids. **Annual Review of Fish Diseases**, v.1, p.3-26, 1991.

BOYD, C.E. **Manejo da qualidade de água na aquicultura e no cultivo do camarão marinho**. Tradução Josemar Rodrigues. Recife: ABCC, 2001. 157p.

BOYD, C.E. **Water quality management for pond fish culture**. Amsterdam: Elsevier, 1982. 318p.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Pond aquaculture water quality management**. Kluwer, Norwell, MA. 1998.

BRUNE, D.E.; SCHWARTZ, G.; EVERSOLE, A.G.; COLLIER, J.A.; SCHWEDLER, T.E. Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems. **Aquacultural Engineering**, v.28, p.65-86, 2003.

BURFORD, M.A.; THOMPSON, P.J.; McINTOSH, R.P.; BAUMAN, R.H.; PEARSON, D.C. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture**, v.219, p.393-411, 2003.

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

CHAMBERLAIN, G.; AVNIMELECH, Y.; McINTOSH, R.P.; VELASCO, M. Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C:N - I: Nutrient transformation and water quality benefits. **Global Aquaculture Advocate**, April, p. 53-56, 2001a.

CHAMBERLAIN, G.; AVNIMELECH, Y.; McINTOSH, R.P.; VELASCO, M. Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C:N – III: Practical applications. **Global Aquaculture Advocate**, October, p. 50-54, 2001b.

CHAMBERLAIN, G.W.; HOPKINS, J.S. Reducing water use and feed cost in intensive ponds. **World Aquaculture**, v. 25, p. 29-32, 1994.

CHIEN, Y.H. Water quality requirements and management for marine shrimp culture. In: WYBAN, J. (Ed.) **Proceedings of the special session on shrimp farming**. World Aquaculture Society. Baton Rouge, LA. USA. p. 144-156, 1992.

COLMAN, J.; EDWARDS, P. Feeding pathways and environmental constraints in waste-fed aquaculture: balance and optimization. In: MORIARTY, D.J.W.; PULLIN, R.S.V. (Eds.), **Detritus and Microbial Ecology in Aquaculture**. Manila, Philippines: ICLARM Conference Proceedings 14, International Center for Living Aquatic Resources Management, 1987. p.240-281.

CORREIA, E.S.; PEREIRA, J.A.; SILVA, A.P.; HOROWITZ, A.; HOROWITZ, S. Growth of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in fertilized ponds with reduced levels of formulated feed. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.34, n.2, p.184-191, 2003.

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.

CYRINO, J.E.P.; BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J.K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.68-87, 2010 (supl. especial).

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.

EMERENCIANO, M.G.C.; WASIELESKY, W.; SOARES, R.B.; BALLESTER, E.C.; IZEPP, 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.

EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZON, G. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. **INTECH**, p.301-328, 2013.

ERLER, D.; SONGSANGJINDA, P.; KEAWTAWEE, T.; CHAIYAKUM, K. Preliminary investigation into the effect of carbon addition on growth, water quality and nutrient dynamics in zero-exchange shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. **Asian Fisheries Science**, v.18, p.195-204, 2005.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture - SOFIA**. Roma, Itália: FAO, 2014. 153p.

FAO. **Fishery Information, Data and Statistics Unit. FishStat plus**: universal software for fishery statistical time series. Version 2.3. Rome, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp>. 01 Dez. 2013.

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

FIGUEIREDO JÚNIOR, C. A.; VALENTE JÚNIOR, A. S. Cultivo de tilápias no Brasil: origens e cenário atual. 2008. **Anais...** Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural - SOBER. Disponível em <<http://www.sober.org.br/palestra/9/178.pdf>> Acesso em 05 Jul. de 2013.

FUGIMURA, M.M.S.; FLOR, H.R.; MELO, E.P.; COSTA, T.V.; WASIELESKY JR., W.; OSHIRO, L.M.Y. Brewery residues as a source of organic carbon in *Litopenaeus schmitti* white shrimp farms with BFT systems. **Aquaculture International**, v.23, p.509-522, 2015.

GARUTTI, V. **Piscicultura ecológica**. São Paulo: Editora UNESP, 2003. 332p.

GODOY C.E.M. Produção da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L, 1758), linhagem Chitralada, de pequeno porte, em tanques-rede visando o atendimento de comunidades carentes. **Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura**. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2006. 57f.

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.

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.

KRUMMENAUER D.; PEIXOTO, S.; CAVALLI, R.O.; WASIELESKY, W.; POERSCH, L.H. Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in southern brazil at different stocking densities. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.42, n.5, p.726-733, 2011.

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

KUBITZA, F. **Tilápia: Tecnologia e Planejamento na Produção Comercial/Jundiaí**. 2ª edição, Jundiaí: F. Kubitza, 2011. 316p.

KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil: principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. **Panorama da Aquicultura**, v.25, n.150, p.10-23, 2015.

KUHN, D.D.; BOARDMAN, G.D.; LAWRENCE A.L.; MARSH, L.; FLICK JR., G.L. Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v.303, p.28-33, 2009.

LALL, S.P.; OLIVIER, G.; WEERAKOON, D.E.M.; HINES, J.A. 1990. The effect of vitamin C deficiency and excess on immune response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). In: TAKEDA, M., WATANABE, T. International Symposium of Feeding and Nutrition in Fish, 3., 1990, Tokyo: **Proceedings...** Tokyo: Japan Translation Center, 1990. p.427-441.

LIU, L.; HU, Z.; DAI, X.; AVNIMELECH, Y. Effects of addition of maize starch on the yield, water quality and formation of bioflocs in an integrated shrimp culture system. **Aquaculture**, v.418-419, p.79-86, 2014.

LONG, L.; YANG, J.; LI, Y.; GUAN, C.; WU, F. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.448, p.135-141, 2015.

McGRAW, W.J. Utilization of heterotrophic and autotrophic bacteria in aquaculture. **Global Aquaculture Advocate**, December, p.82-83, 2002.

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

McNEIL, R. Zero exchange, aerobic, heterotrophic systems: key considerations. **The Global Aquaculture Advocate**, v.3, p.72–76, 2000.

MICHAUD, L.; BLANCHETON, J.P.; BRUNI, V.; PIEDRAHITA, R. Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters. **Aquacultural Engineering**, v.34, p.224-233, 2006.

MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura, 2012. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura no Brasil, 2010**. Disponível em: <www.mpa.gov.br/.../300-boletim-estatistico-da-pesca-e-aquicultura-2010>. Acesso em 25 Jul. 2013.

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

NASCIMENTO, F.L.; OLIVEIRA, M.D. **Noções básicas sobre piscicultura e cultivo em tanques-rede no Pantanal**. 1ª Ed. Corumbá: EMBRAPA Pantanal, 2010. 28p.

RANZANI-PAIVA, M.J.T. **Hematologia de peixes**: técnicas hematológicas e pesquisa de hemoparasitos, Instituto de Pesca; UNESP-Botucatu: Faculdade de Veterinária e Zootecnia, 2006, 44p.

RAY, A.J.; SEABORN, G.; LEFFLER, J.W.; WILDE, S.B.; LAWSON, A.; BROWDY, C.L. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. **Aquaculture**, v.310, p.130-138, 2010a.

RAY, A.J.; LEWIS, B.L.; BROWDY, C.L.; LEFFLER, 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, p.89-98, 2010b.

REYMOND, H.; LANGARDERE, J.P. Feeding rhythms and food of *Penaeus japonicus* Bate (Crustacea, Penaeidae) in salt water ponds: role of halophilic entomofauna. **Aquaculture**, v.81, p.125-143, 1990.

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.

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

SCHROEDER, G.L. Autotrophic and heterotrophic production of microorganisms in intensely-manured fish ponds, and related fish yields. **Aquaculture**, v.14, p.303-325, 1978.

SCHROEDER, G.L.; WOHLFARTH, G.; ALKON, A.; HALEVY, A.; KRUEGER, H. The dominance of algal-based food webs in fish ponds receiving chemical fertilizers plus organic manures. **Aquaculture**, v.86, n.2/3, p.219-230, 1990.

SCHRYVER, P.; VERSTRAETE, W. Nitrogen removal from aquaculture pond water by heterotrophic nitrogen assimilation in lab-scale sequencing batch reactors. **Bioresource Technology**, v.100, p.1162–1167, 2009.

SELYE, H. Homeostasis and heterostasis. **Perspectives in Biology and Medicine**, v.16, p.441-445, 1973.

SILVA, U.L.; CAMPOS, S.S.; CORREIA, E.S. Efeitos de fertilizantes orgânicos e inorgânicos na abundância macro e meiobentos e na qualidade da água do cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Atlântica**, v.31, n.1, p.23-33, 2008.

SOARES, R.; PEIXOTO, S.; WASIELESKY, W.; D'INCAO, F. Feeding rhythms and diet of *Farfantepenaeus paulensis* under pen culture in Patos Lagoon estuary. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.322, p.167-176, 2005.

SQUIO, C.R.; ARAGÃO, G.M.F. Estratégias de cultivo para produção dos plásticos biodegradáveis poli (3-hidroxibutirato) e poli (3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato) por bactérias. **Química Nova**, v.27, n.4, p.615-622, 2004.

TACON, A.G.J.; DE SILVA, S.S. Feed preparation and feed management strategies within semi-intensive fish farming systems in the tropics. **Aquaculture**, v.151, p.379-404, 1997.

TACON, A.G.J.; FORSTER, I.P. Aquafeeds and the environment: policy implications. **Aquaculture**, v.226, p.181-189, 2003.

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, 2006.

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

5 - Artigos científicos

5.1 - Artigo científico I

Artigo científico a ser encaminhado à Revista **Aquaculture International**.

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

INFLUÊNCIA DE FONTES DE CARBONO E RELAÇÕES C:N NA QUALIDADE DA ÁGUA DO CULTIVO DE *Oreochromis niloticus* SEM RENOVAÇÃO DE ÁGUA

Ugo Lima Silva, Dario Rocha Falcon, Maurício N. da Cruz Pessôa, Eudes de Souza Correia

U. L. Silva, M. N. C. Pessôa, D. R. Falcon

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, José Tomé de Souza Ramos, 56909-535, Serra Talhada, PE, Brasil.

e-mail: ugolimas@gmail.com

E. S. Correia

Laboratório de Sistemas de Produção Aquícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, PE, Brasil

Resumo

O desenvolvimento da tecnologia de bioflocos pode contribuir para a produção de pescado em regiões com reduzida disponibilidade de água. Assim, compreender a dinâmica da qualidade da água é indispensável para o sucesso do cultivo. O presente trabalho avaliou a qualidade da água no cultivo, sem renovação de água, de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, na fase de alevinagem, utilizando diferentes fontes de carboidratos e relações C:N. Adotou-se um delineamento experimental, com arranjo fatorial 2 x 3, envolvendo duas relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) (10:1 e 20:1) e três fontes de carbono (açúcar, melão e fécula de mandioca). A temperatura ($23,2 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido ($7,1 \pm 0,4 \text{ mg.L}^{-1}$), pH ($8,1 \pm 0,1$), potencial de oxidação-redução ($168,2 \pm 25,2 \text{ mV}$), condutividade ($2,0 \pm 0,1 \text{ mS.cm}^{-1}$) e salinidade ($0,3 \pm 0,8 \text{ ‰}$) foram semelhantes entre os tratamentos ($P > 0,05$). A relação C:N e a fonte de carbono influenciaram as variáveis de alcalinidade, sólidos sedimentáveis (SS), turbidez e sólidos suspensos totais (SST) apresentando valores significativamente superiores na relação C:N de 20:1 ($P < 0,05$). Os

melhores valores para formação dos flocos microbianos foram constatados com a utilização de melaço e de açúcar na relação C:N 20:1, uma vez que alcançou estabilização do ambiente entre 6 e 7 semanas de cultivo. Iniciar um sistema sem renovação de água para indução ao meio heterotrófico provoca constantes variações na qualidade da água que podem prejudicar o desempenho de alevinos de tilápia.

Palavras-chave: piscicultura, flocos microbianos, alevinagem.

Abreviações

BFT – Tecnologia de biofloco.

CV – Cavalo vapor.

ME – Melaço.

AC – Açúcar.

FE – Fécula de mandioca.

ΔN – Nitrogênio da ração convertida em amônia.

$Q_{\text{Ração}}$ – Quantidade de ração ofertada.

$\%N_{\text{Ração}}$ – Percentual de nitrogênio inserido na ração.

$\%N_{\text{Excreção}}$ – Percentual de amônia excretada na água.

$\%C$ – Percentual de carbono presente nas fontes de carboidratos.

$\Delta \text{Carboidrato}$ – Carboidrato ofertado.

SS – Sólidos sedimentáveis.

ANOVA – Análise de variância.

POR – Potencial de oxiredução.

ME10 – Melaço na relação C:N de 10:1.

ME20 – Melaço na relação C:N de 20:1.

AC10 – Açúcar na relação C:N de 10:1.

AC20 – Açúcar na relação C:N de 20:1.

FE10 – Fécula de mandioca na relação C:N de 10:1.

FE20 – Fécula de mandioca na relação C:N de 20:1.

NAT – Nitrogênio amoniacal total.

SST – Sólidos suspensos totais.

FCA – Fator de conversão alimentar.

DP – Desvio padrão.

Introdução

A aquicultura atualmente é o setor da produção animal que mais cresce no mundo. Entre as suas principais vertentes, a piscicultura se destaca como atividade econômica rentável. Além disso, se forem utilizadas técnicas adequadas de manejo pode contribuir para sustentabilidade da atividade (FAO 2012).

A produção da aquicultura brasileira, que é composta principalmente de tilápias (*Oreochromis* sp.), camarão (*Litopenaeus vannamei*) e algumas espécies nativas (*Colossoma macropomum* e seus híbridos), é a segunda maior da América do Sul. Na produção aquícola brasileira, destaca-se a espécie *Oreochromis niloticus* (FAO 2013). De acordo com Avnimelech (2009), a tilápia pode ser produzida em diferentes sistemas de cultivo, adaptando-se ao sistema super-intensivo baseado na tecnologia de biofloco (BFT).

O sistema BFT associa sistemas de cultivo com mínimas trocas de água, estimulando a formação de uma biota predominantemente aeróbica e heterotrófica a partir da fertilização com fontes ricas em carbono orgânico e aeração constante do ambiente (Wasielesky et al. 2006; Avnimelech 2009).

As fontes de carbono aplicadas em BFT são geralmente subprodutos derivados da indústria alimentar animal e/ou humano, existindo considerações para a sua seleção, tais como: o custo, disponibilidade local, biodegradabilidade e eficiência de assimilação pelas bactérias. As fontes

comumente utilizadas são o melaço, glicerol, açúcar e farelos vegetais (trigo, milho, arroz e mandioca) (Emerenciano et al. 2013).

Com o sistema de cultivo BFT, os entraves para a expansão da produção aquícola restritos às pressões exercidas no meio ambiente causadas pelas descargas de efluentes nos corpos d'água podem ser mitigados (DeSchryver et al. 2008). O uso da BFT permite o controle do nitrogênio inorgânico por meio da adição de carboidratos como fonte de energia, induzindo a remoção desse nitrogênio pelos microrganismos presentes no bioflocos que convertem em biomassa microbiana, que constitui fonte efetiva de alimento para peixes (Avnimelech 1999).

Pesquisas demonstram resultados satisfatórios na produção e eficiência de incorporação de nitrogênio no animal cultivado, através do consumo da ração e da biomassa microbiana (flocos microbianos) que é estimulada a partir da adição de fontes de carbono orgânico (Avnimelech 1999; Burford et al. 2003; Emerenciano et al. 2013). Atualmente, o melaço tem sido utilizado como promotor de crescimento bacteriano no cultivo de tilápias (Avnimelech, 1999; Crab et al. 2007; Crab 2009) e camarão (Wasielesky et al. 2006; Emerenciano et al. 2007).

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

O manejo da qualidade da água é fundamental para o sucesso dos sistemas de cultivo, principalmente os semi-intensivos e intensivos. Um dos maiores problemas de qualidade da água em sistemas intensivos é o acúmulo de formas tóxicas de nitrogênio inorgânico (Avnimelech 1999). Animais aquáticos, como os peixes, excretam amônia, que pode se acumular no ambiente de cultivo. Mesmo em baixas concentrações, a amônia e o nitrito (NH_3 e NO_2) são altamente tóxicos para os animais aquáticos (Boyd e Tucker 1998; Gross et al. 2003).

Os ajustes da relação C:N na água são a chave para o controle do nitrogênio inorgânico e o consequente desenvolvimento dos flocos microbianos, o que indica a disponibilidade e

competição por carbono orgânico e amônia (Avnimelech 2009, 2014; Nootong et al. 2011; Emerenciano et al. 2013). Em uma condição de alta relação C:N, as bactérias heterotróficas competem com as autotróficas por oxigênio dissolvido e espaço, porém, quando há uma baixa relação C:N, os organismos autotróficos são privilegiados (Michaud et al. 2006).

Para otimizar a produção e, conseqüentemente, a reciclagem dos nutrientes, Burford et al. (2003) indicam que a relação C:N deve situar-se acima de 10:1, enquanto Schneider et al. (2005) sugerem que a melhor relação C:N é de aproximadamente 15:1. Wasielesky et al. (2006) e Emerenciano et al. (2007) verificaram que a relação C:N ideal para formação do floco microbiano, com predomínio de bactérias heterotróficas, deve situar-se entre 14 e 30:1. No entanto, segundo Chamberlain et al. (2001), o balanceamento de carbono e nitrogênio na relação 20:1 é aparentemente mais facilmente assimilado pelos organismos heterotróficos.

Portanto, informações sobre a ótima relação C:N para o manejo de cultivo são pré-requisitos para entender as dinâmicas limnológicas e desenvolver um protocolo racional de fertilização de ambientes para cultivo de organismos aquáticos. Desta forma, o presente trabalho objetivou avaliar a qualidade da água no cultivo de *Oreochromis niloticus*, na fase de alevinagem, sem renovação de água utilizando diferentes fontes de carboidrato e relações C:N.

Material e métodos

Localização e instalações experimentais

O experimento foi conduzido nas instalações da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. Localizada nas coordenadas de latitude 07°59'31" Sul, e de longitude 38°17'54" Oeste.

Foram utilizados tanques circulares de fibra de vidro com capacidade de 1000 L e volume útil de 800 L. Os tanques foram abastecidos com água filtrada em 200 µm e aerados individualmente com quatro pedras de aeração.tanque⁻¹, alimentadas por um compressor radial (2

CV). Os tanques foram locados numa estufa recoberta com Sombrite® 75%, com iluminação natural e cobertos com telas para evitar o escape dos animais.

Desenho e procedimentos experimentais

Adotou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado num esquema fatorial 2 x 3, com duas relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) (10:1 e 20:1) e adição de três fontes de carboidratos (melaço-ME, açúcar-AC e fécula de mandioca-FE) com quatro repetições.

Para manter a alcalinidade total da água de cultivo em torno de 150 mg.L⁻¹ de CaCO₃ foi empregado calcário dolomítico. Não foram efetuadas trocas de água, realizando somente a reposição das perdas por evaporação. Toda a água utilizada foi proveniente de poço artesiano no próprio local.

As fontes de carbono foram adicionados diariamente para indução do meio heterotrófico, sendo as quantidades calculadas com base nas relações de carbono:nitrogênio (C:N) estabelecidas, na quantidade de nitrogênio da ração convertida em amônia (ΔN) e no conteúdo de carbono no produto (%C), de acordo com as Equações 1 e 2, sendo $\Delta \text{Carbono} = [\Delta N \times (C:N)] \times \%C^{-1}$ (1) e $\Delta N = Q_{\text{Ração}} \times \%N_{\text{Ração}} \times \%N_{\text{Excreção}}$ (2); onde, $Q_{\text{Ração}}$ é a quantidade de ração ofertada diariamente; $\%N_{\text{Ração}}$ é o percentual de nitrogênio inserido no sistema ($\% \text{Proteína bruta} \times 6,25^{-1}$), $\%N_{\text{Excreção}}$ é o percentual de amônia na água, diretamente da excreção ou indiretamente pela degradação microbiana de resíduos de nitrogênio orgânico, e %C é o percentual de carbono presente nas fontes de carboidratos (0,22, 0,31 e 0,46 g.g⁻¹ de carbono para o melaço, açúcar e fécula de mandioca, respectivamente).

A quantidade de carbono adicionado em cada unidade experimental, para atender às relações C:N de cada tratamento, foi calculado com base nas Equações 1 e 2, de acordo com Avnimelech (1999), sendo $\Delta \text{Carboidrato} = [(Q_{\text{Ração}} \times 0,072 \times 0,5) \times (C:N)] \times \%C^{-1}$.

Material biológico e manejo alimentar

Os alevinos de *O. niloticus* masculinizados foram obtidos numa piscicultura comercial e estocados nos tanques experimentais na densidade de 300 alevinos.m⁻³, com peso médio de 1,68 ± 0,05 g.

A composição centesimal da dieta comercial ofertada apresentou umidade (10%), proteína bruta (45,5%), extrato etéreo (8,1%), fibra bruta (2,7%), matéria mineral (16%). Os peixes foram alimentados *ad libitum* quatro vezes ao dia (07:30, 10:30, 13:30 e 16:30 h), numa taxa de alimentação que variou de 4 a 3% durante o cultivo.

Avaliação da qualidade da água

A temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹), condutividade elétrica (mS.cm⁻¹), pH e potencial de oxiredução (POR) (mV) foram monitoradas diariamente nos períodos da manhã (08:00 h) e a tarde (17:00h) através de uma sonda multiparâmetro (YSI ProPlus). A transparência (cm) foi avaliada com disco de Secchi e a salinidade com o uso de refratômetro ótico. Ao final do cultivo foram avaliadas as variações circadiana das variáveis físico químicas da água, como de temperatura, oxigênio dissolvido, pH e POR.

As amostras de água foram coletadas semanalmente para análises de nitrogênio amôniacal total (NAT) (mg.L⁻¹ N - (NH₄+NH₃)), nitrito (mg.L⁻¹ N-NO₂), nitrato (mg.L⁻¹ N-NO₃), fosfato inorgânico (mg.L⁻¹ P-PO₄), alcalinidade (mg.L⁻¹ CaCO₃), turbidez (UNT), sólidos sedimentáveis (mL.L⁻¹) e sólidos suspensos totais (g.L⁻¹). O NAT, o nitrito, o nitrato, o fosfato inorgânico e a alcalinidade foram mensurados por meio de fotômetro (YSI 9500). Os sólidos sedimentáveis (SS) e a turbidez foram mensurados através de cones de sedimentação de Imhoff e turbidímetro, respectivamente. A partir das análises de sólidos suspensos totais (SST) foram analisadas as frações orgânicas (sólidos fixos - SF) e inorgânicas (sólidos voláteis - SV) de acordo com APHA (1995).

Desempenho produtivo

O acompanhamento do crescimento foi realizado quinzenalmente, através de biometrias com amostras equivalentes a 10% da população inicial de cada parcela experimental. Todos os peixes foram pesados no início e no final dos 63 dias de cultivo, utilizando uma balança de precisão ($\pm 0,01$ g).

Ao final do experimento, determinou-se o peso médio final, biomassa final, fator de conversão alimentar aparente e sobrevivência.

Análise estatística

Todos os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homocedasticidade de Bartlett, ao nível de significância de 5%. Constatando-se a normalidade da amostra e a homogeneidade das variâncias foi aplicada a Análise de Variância (ANOVA Two-way) para a determinação de diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos.

Quando necessário, foi aplicado o teste de Tukey para comparação das médias entre os tratamentos, ao nível de significância de 5%. Essas análises estão de acordo com Zar (1996) e foram processadas utilizando o software SyEAPRO v.2.

Resultados

Variáveis de qualidade da água

As variações temporal dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água estão apresentados na Figura 1. Os valores médios ($\pm$ DP) de temperatura ($23,2 \pm 0,8^\circ\text{C}$), oxigênio dissolvido ($7,1 \pm 0,4$ mg.L⁻¹), pH ($8,1 \pm 0,1$), potencial de oxiredução ($168,2 \pm 25,2$ mV), condutividade ($2,0 \pm 0,1$ mS.cm⁻¹) e salinidade ($0,3 \pm 0,8$ ‰) não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos. A transparência da água nos tratamentos com fécula de mandioca (FE10) apresentaram valores significativamente superiores aos demais tratamentos ($P < 0,05$).

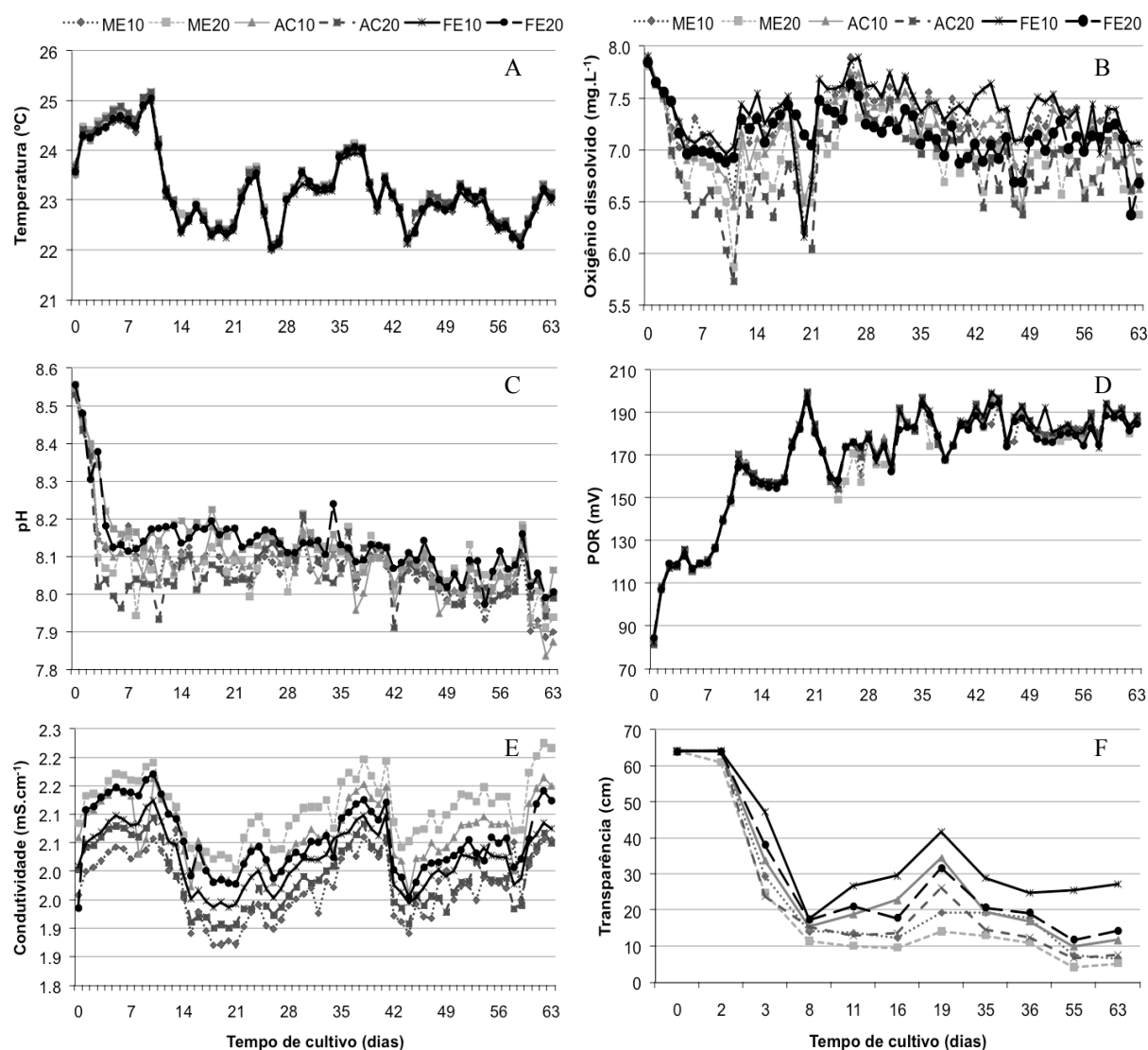


Figura 1. Variação temporal dos valores médios diários de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (A), oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) (B), pH (C), potencial de oxidação - POR (mV) (D), condutividade (mS.cm^{-1}) (E) e transparência (cm) (F) da água durante o cultivo de *O. niloticus* sem renovação de água com adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE) nas relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 10:1 e 20:1.

Na Figura 2 são apresentadas as variações circadiana das variáveis físico químicas da água, como de temperatura, oxigênio dissolvido, pH e potencial de oxidação (POR) ao final dos 63 dias de cultivo sem renovação de água durante alevinagem de tilápia.

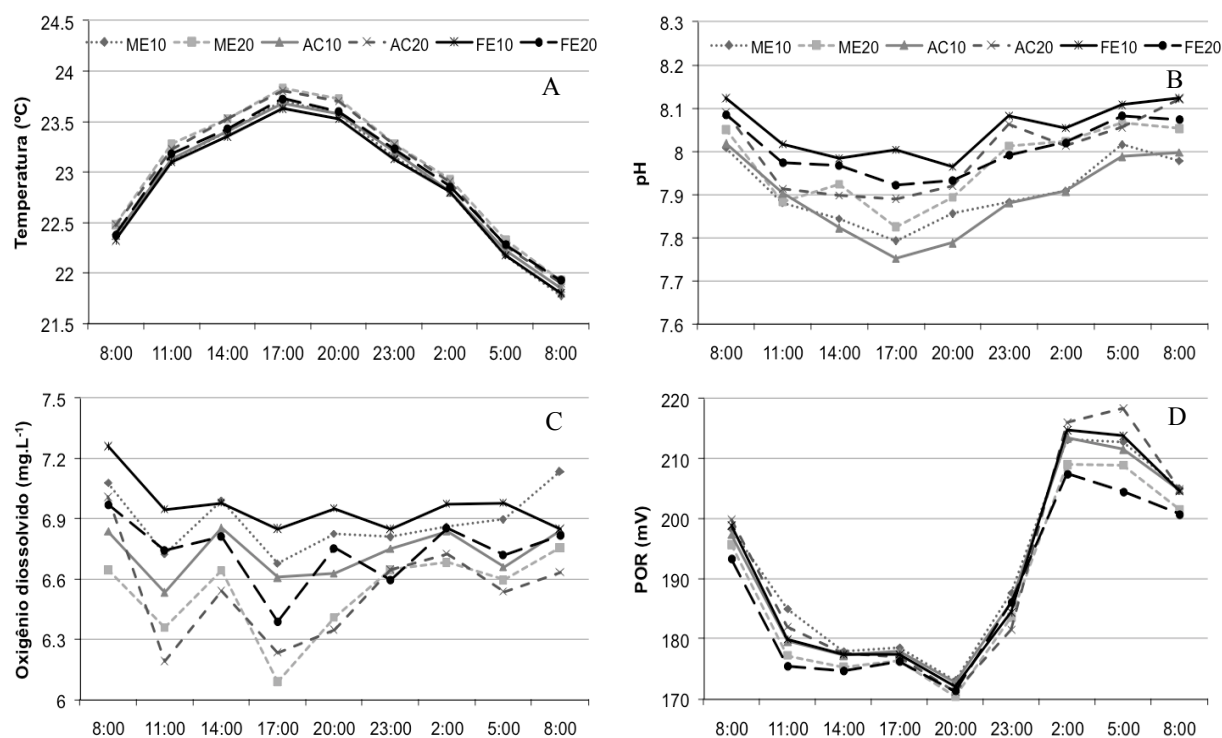


Figura 2. Variação circadiana da temperatura (°C) (A), pH (B), oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹) (C) e potencial de oxiredução (mV) (D) no final da alevinagem de *O. niloticus*, em cultivo sem renovação de água com adição de melão (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE) nas relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) (10:1 e 20:1).

As variáveis de qualidade da água mensuradas semanalmente durante 63 dias de cultivo de *O. niloticus* sem renovação de água estão sumarizadas na Tabela 1 e Figura 3.

O nitrogênio amoniacal total (NAT), nitrogênio do nitrito (N-NO₂) e fósforo do fosfato inorgânico (P-PO₄) não diferem entre os tratamentos ($P>0,05$). A relação C:N e as fontes de carbono influenciaram os resultados de alcalinidade, sólidos sedimentáveis (SS), turbidez e sólidos suspensos totais (SST) apresentando valores significativamente superiores na relação C:N de 20:1 ($P<0,05$) (Tabela 1). No presente estudo 67% dos sólidos suspensos foi atribuído a fração orgânica enquanto que 33% foram sólidos inorgânicos (Figura 4A). A aplicação de diferentes fontes de carbono para indução ao meio heterotrófico apresentaram diferentes frações orgânicas e inorgânicas (Figura 4B).

Tabela 1. Valores médios ($\pm$ DP) das variáveis físico-químicas da água no cultivo sem renovação de água de *O. niloticus* durante 63 dias, adotando relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) (10:1 e 20:1), através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE).

Variáveis	Relações C:N	Fontes de carbono						
		ME	AC	FE				
Alcalinidade (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	10:1	225,0±18,1Aa ¹	233,2±32,6Aa	198,0±17,0Aa				
	20:1	301,8±11,2Ba	272,7±34,6Bab	223,7±5,7Bb				
NAT (mg.L ⁻¹)	10:1	1,74±0,15	1,98±0,79	1,61±0,38				
	20:1	2,04±0,28	1,98±0,34	1,90±0,36				
N-NO ₂ (mg.L ⁻¹)	10:1	0,59±0,03	0,47±0,15	0,54±0,39				
	20:1	0,71±0,14	0,47±0,05	1,07±0,54				
N-NO ₃ (mg.L ⁻¹)	10:1	12,44±1,15A	13,64±3,39A	13,56±1,28A				
	20:1	9,26±1,07B	6,81±0,59B	11,34±0,17B				
P-PO ₄ (mg.L ⁻¹)	10:1	6,66±0,95	5,69±0,89	6,63±0,31				
	20:1	6,55±1,61	5,92±1,20	7,61±1,41				
SS (mL.L ⁻¹)	10:1	162,27±70,76Aa	80,28±17,66Aab	3,55±1,13Ab				
	20:1	201,83±80,43Ba	124,18±32,74Bab	5,06±2,06Bb				
Turbidez (UNT)	10:1	107,76±4,72Aa	86,01±15,06Aa	40,17±7,13Ab				
	20:1	195,63±39,49Ba	150,72±26,88Ba	57,81±3,79Bb				
SST (mg.L ⁻¹)	10:1	255,28±34,18Aab	278,71±46,40Aa	154,91±33,88Ab				
	20:1	435,56±90,21Ba	357,72±29,42Bab	214,73±13,28Bb				
ANOVA two-way								
Fatores	Alcal. ²	NAT	N-NO ₂	N-NO ₃	P-PO ₄	SS	Turbidez	SST
C:N	P<0,001	n.s.	n.s.	P<0,001	n.s.	P<0,05	P<0,001	P<0,001
Fontes de Carbono	P<0,001	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	P<0,001	P<0,001	P<0,001
Interação	n.s. ³	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	P<0,05	n.s.

¹Em cada variável, médias na mesma linha ou coluna com letras minúsculas ou maiúsculas, respectivamente, são diferentes significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05); ²Alcalinidade; ³Não significativo (P>0,05); Ausência de letras nas médias não diferem significativamente; NAT – Nitrogênio amoniacal total; N-NO₂ – Nitrogênio do nitrito; N-NO₃ – Nitrogênio do nitrato; P-PO₄ – Fósforo do fosfato inorgânico; SS – Sólidos sedimentáveis; SST – Sólidos suspensos totais.

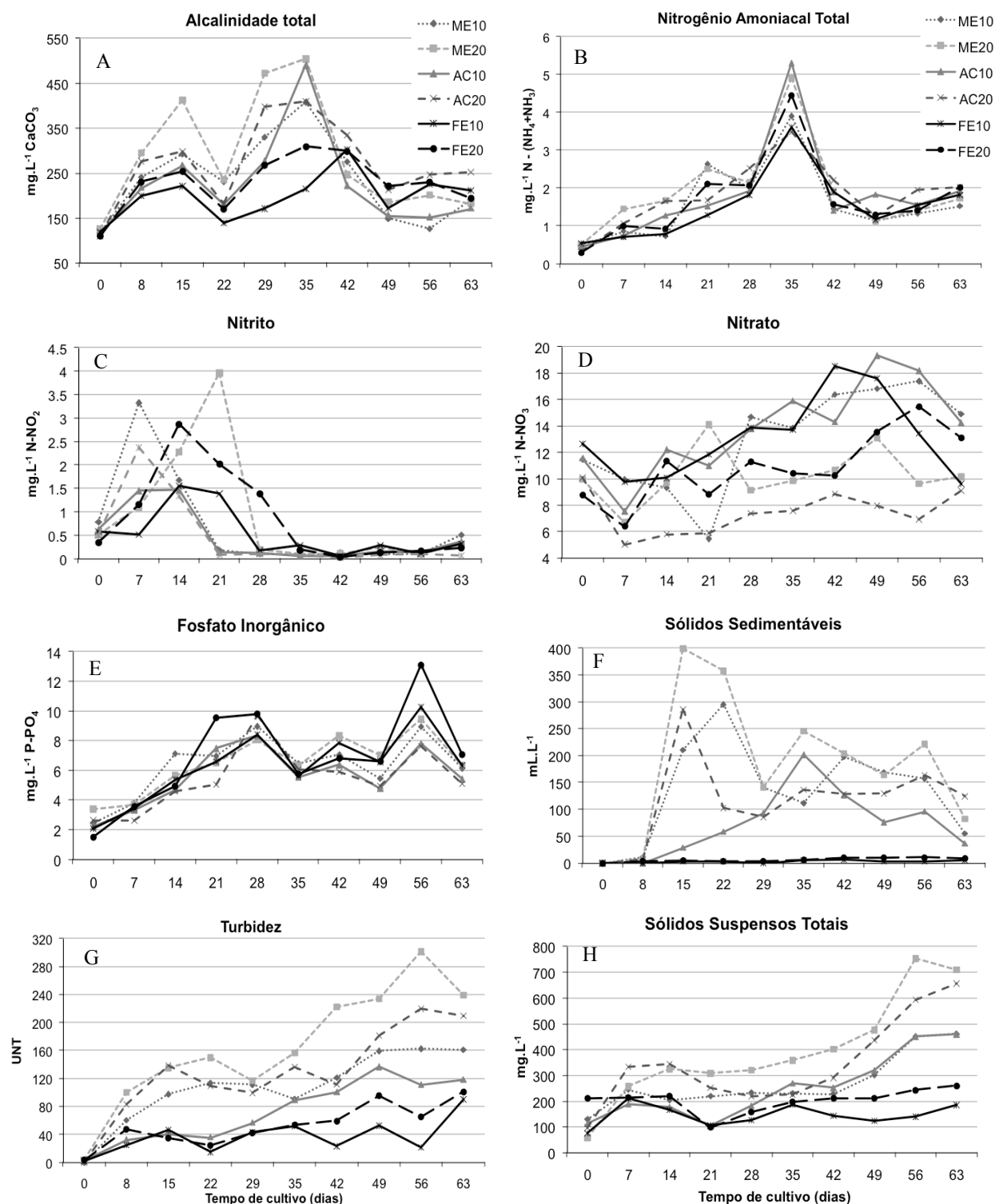


Figura 3. Variação semanal das variáveis de qualidade da água mensuradas no cultivo de *O. niloticus* durante 63 dias sem renovação de água adotando relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) (10:1 e 20:1), através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE). A – Alcalinidade total ($\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$), B – Nitrogênio amoniacal total ($\text{mg.L}^{-1} \text{N-NH}_4 + \text{NH}_3$), C – Nitrogênio do nitrito ($\text{mg.L}^{-1} \text{N-NO}_2$), D – Nitrogênio do nitrato ($\text{mg.L}^{-1} \text{N-NO}_3$), E – Fósforo do fosfato inorgânico ($\text{mg.L}^{-1} \text{P-PO}_4$), F – Sólidos sedimentáveis (mL.L^{-1}), G – Turbidez (UNT), H – Sólidos suspensos totais (mg.L^{-1}).

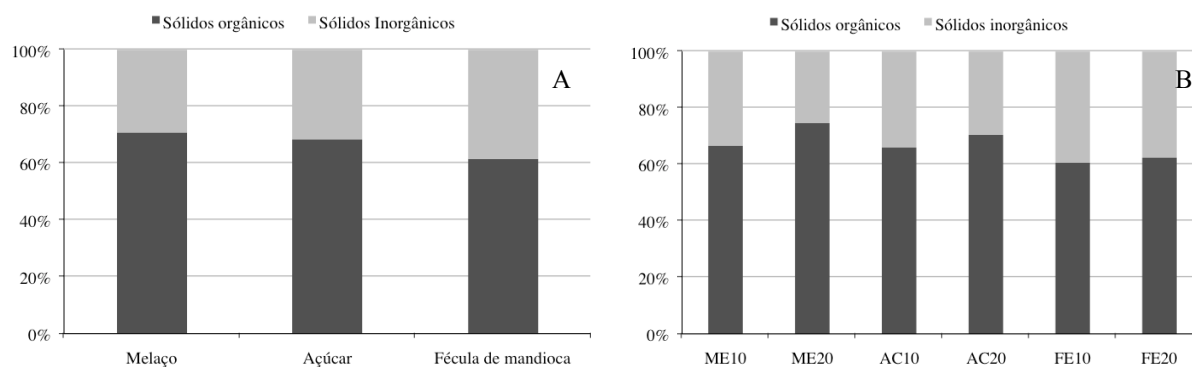


Figura 4. A - Fração de sólidos orgânicos e inorgânicos presente no cultivo de *O. niloticus* em função de diferentes fontes de carbono; B - Fração de sólidos orgânicos e inorgânicos presente no cultivo de *O. niloticus* adotando relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) (10:1 e 20:1), através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE).

Desempenho produtivo da tilápia

Os resultados de desempenho produtivo da tilápia estão apresentados na Tabela 2. O peso inicial e final, biomassa final, fator de conversão alimentar aparente e sobrevivência não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($P > 0,05$).

Tabela 2. Médias ($\pm$ DP) do desempenho de *O. niloticus* (300 alevinos.m⁻³) cultivada durante 63 dias sem renovação de água ofertando carboidratos nas relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) (10:1 e 20:1), através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE).

Variáveis	C:N 10:1			C:N 20:1		
	ME	AC	FE	ME	AC	FE
Peso Inicial (g)	1,71 $\pm$ 0,02	1,75 $\pm$ 0,06	1,69 $\pm$ 0,04	1,63 $\pm$ 0,05	1,69 $\pm$ 0,06	1,62 $\pm$ 0,04
Peso final (g)	14,74 $\pm$ 0,49	14,17 $\pm$ 1,22	13,42 $\pm$ 3,11	13,19 $\pm$ 0,71	15,68 $\pm$ 2,28	13,79 $\pm$ 1,39
Biomassa final (Kg.m ⁻³)	1,40 $\pm$ 0,47	1,44 $\pm$ 0,21	0,84 $\pm$ 0,25	1,15 $\pm$ 0,31	1,35 $\pm$ 0,14	1,29 $\pm$ 0,25
FCA ¹	1,71 $\pm$ 0,47	1,63 $\pm$ 0,50	2,48 $\pm$ 1,49	2,52 $\pm$ 1,24	1,59 $\pm$ 0,18	1,69 $\pm$ 0,43
Sobrevivência (%)	31,52 $\pm$ 7,36	34,17 $\pm$ 8,61	22,50 $\pm$ 11,21	29,31 $\pm$ 10,89	29,17 $\pm$ 7,32	31,80 $\pm$ 10,37

¹Fator de conversão alimentar aparente (FCA) = (Quantidade de ração ofertada).(Ganho de biomassa)⁻¹. Ausência de letras nas médias não diferem significativamente ($P > 0,05$).

A relação do peso médio (g) em função do tempo de cultivo dos alevinos de tilápia *O. niloticus* ao longo do experimento sem renovação de água pode ser visualizado na Figura 5. Durante o período experimental houve crescimento dos peixes passando de 1,68 para 14,17 g como pode ser observado na Figura 5.

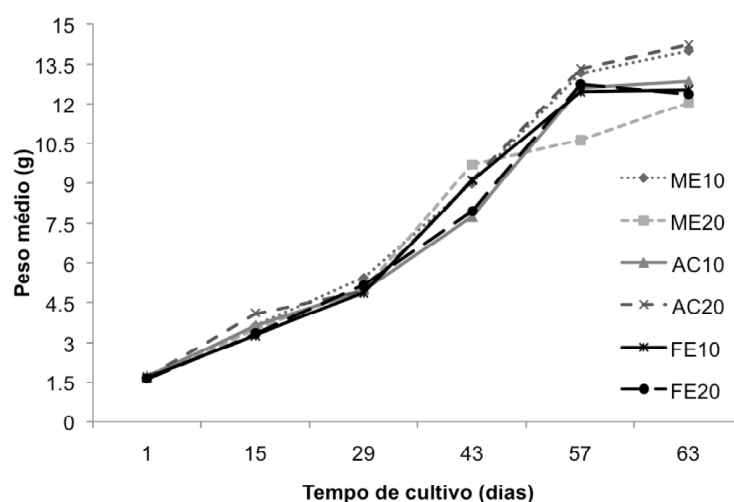


Figura 5. Evolução do crescimento de tilápia *O. niloticus* cultivada sem renovação de água durante 63 dias, ofertando carboidratos nas relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) (10:1 e 20:1), através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE).

Discussão

Em sistemas intensivos de produção de peixes, o controle e o manejo de um conjunto de variáveis físicas, químicas, biológicas e tecnológicas determinam a qualidade da água do cultivo e, conseqüentemente seu sucesso, bem como a composição da água que é liberada para o meio ambiente. Neste estudo, as variáveis de qualidade da água estiveram dentro dos níveis aceitáveis para o cultivo de tilápia do Nilo, exceto para as variáveis temperatura, nitrogênio amoniacal total (NAT) e nitrito (N-NO_2), que estiveram fora da faixa de conforto recomendada para a espécie ($<0,5 \text{ mg.L}^{-1}$) (Boyd e Tucker 1998).

Apesar do experimento ser realizado no semiárido pernambucano, onde a temperatura ambiental média deveria ser de 32°C, no período experimental, a temperatura noturna foi baixa na região (<22°C), contribuindo para a redução dessa variável da água dos tanques. Este fator somado aos compostos nitrogenados tóxicos foi determinante para que a mesma permanecesse fora da faixa de conforto para a espécie (25 a 29°C) e conseqüentemente, contribuísse para afetar a sobrevivência dos peixes (Boyd e Tucker 1998).

Embora as concentrações médias de NAT e N-NO₂ tenham sido superiores a 1,0 mg N.L⁻¹ e 0,5 mg N.L⁻¹, respectivamente, pode-se observar níveis bem acima da média durante as primeiras semanas de cultivo em todos os tratamentos, período em que foi registrado maior mortalidade de alevionos, com pico de NAT entre a quarta e sexta semanas e de N-NO₂ entre a quinta e sexta semanas.

Vários processos microbianos podem ser utilizados para reduzir os níveis de amônia nos ambientes de cultivo, incluindo nitrificação, denitrificação, mineralização, fotossíntese e o crescimento de bactérias heterotróficas (Brune et al. 2003). A conversão biológica da amônia em nitrito é realizada por bactérias que fazem a oxidação da amônia. Já a subsequente oxidação, de nitrito a nitrato, é realizada por bactérias que oxidam o nitrito.

A presença de nitrato (N-NO₃) em concentrações significativamente superiores na relação C:N 10:1 é devido um provável reflexo da maior eficiência do processo de nitrificação nas reduzidas relações adotadas. Os principais fatores que influenciam a 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). Ao contrário das algas, populações microbianas são mais estáveis e independem de condições luminosas (Schroeder 1978; Avnimelech 2006). A habilidade para o controle das concentrações de nitrogênio está na manipulação da relação entre a quantidade de carbono orgânico e nitrogênio inorgânico (C:N), e tem sido utilizada com frequência para indicar a qualidade dos substratos orgânicos em viveiros de aquicultura (Avnimelech 1999; Crab et al. 2007).

As oscilações das variáveis de qualidade da água durante as seis primeiras semanas de cultivo, somadas à diminuição da temperatura da água, provavelmente contribuíram para o reduzido desempenho produtivo dos peixes, como consequência da exposição cumulativa à fatores estressores, culminando com a diminuição da resistência orgânica. Ressalta-se também que, na fase de alevinagem, os peixes são mais susceptíveis à mudanças bruscas nos parâmetros de água em virtude do seu metabolismo acelerado em comparação com outras fases de desenvolvimento.

A redução do pH e da alcalinidade podem ocorrer devido ao consumo de carbono inorgânico pelas bactérias autotróficas e heterotróficas que formam a biomassa microbiana (Ebeling et al. 2006). Foram observados valores de alcalinidade significativamente superiores ($P < 0,05$) nos tratamentos com relação C:N 20:1 quando comparada com a relação C:N 10:1. Estes resultados podem decorrer devido a um número insuficiente da população de bactérias nitrificantes que consomem alcalinidade. De acordo com Chen et al. (2006), cada grama de NAT oxidada à $N-NO_3$ consome cerca 7,07 g de alcalinidade para produzir 0,17 g de biomassa bacteriana. Por sua vez, Ebeling et al. (2006), estimaram que para cada grama de NAT assimilado em biomassa microbiana, 3,57 g de alcalinidade são consumidos para produzir 8,07 g de biomassa.

A adição de fécula de mandioca na proporção C:N 16:1 foi usada por Nootong et al. (2011), para examinar a eficácia da assimilação mediada por biofloco e o processo de nitrificação em tanques de cultivo sem troca de água. Enquanto Nootong et al. (2011), relataram que sistemas de cultivo de tilápia sem renovação de água necessitam de 6 a 7 semanas para estabilização da completa nitrificação, no presente estudo uma diminuição da concentração de $N-NO_2$ e NAT, e posterior estabilização em níveis reduzidos foi controlada a partir da quinta e sexta semanas, respectivamente. Ao mesmo tempo, observou-se uma tendência de aumento na concentração de $N-NO_3$, com o passar das semanas de cultivo.

O fornecimento de carbono orgânico (melaço, açúcar ou fécula de mandioca) nos tanques de cultivo acelera o crescimento de bactérias heterotróficas e estimula uma absorção mais rápida de nitrogênio, em comparação com sistemas convencionais de cultivo, como águas claras que receberam apenas ração e adotam baixas relações C:N (Avnimelech 1999; Wasielesky et al. 2006; Emerenciano et al. 2007). O carbono orgânico estimula o crescimento de bactérias heterotróficas, que têm uma taxa de crescimento cerca de 10 vezes maior do que as nitrificantes (Schneider et al. 2006; Hargreaves 2013).

Os sólidos em suspensão totais (SST) acumularam significativamente ($P<0,05$) ao longo do tempo de cultivo, quando ofertado melaço ou açúcar em comparação a fécula de mandioca. Durante o cultivo em tecnologia de bioflocos, o nível de SST pode alcançar até 1000 mg.L^{-1} (Avnimelech 2009), embora, de acordo com Avnimelech (2014), ele não deve exceder limites de 600 a 800 mg.L^{-1} .

No presente estudo, os valores máximos de SST chegaram a 750 mg.L^{-1} (ME20), associados a um lento incremento de bioflocos nos tratamentos FE observado nas baixas concentrações de SS, turbidez e SST. Este lento incremento de bioflocos por parte da inclusão de FE pode ser decorrente da sua composição em comparação às outras fontes de carbono. Uma vez que o melaço e o açúcar são carboidratos simples, facilmente assimilados pelas bactérias, enquanto que a fécula de mandioca é composta por carboidratos complexos, polissacarídeos, os quais necessitam ser quebrados para ser assimilado pelas bactérias, culminando em valores significativamente reduzidos de SS e SST ($P<0,05$) no tratamento FE quando comparados aos demais tratamentos.

Foram verificados valores significativamente superiores de sólidos orgânicos com uso de melaço (70%) quando comparados ao uso de fécula de mandioca (64%), concluindo-se que o uso da fécula de mandioca apresentou maiores valores de sólidos inorgânicos (36%) isto pode ser em decorrência do processamento para produção da fécula de mandioca apresentar mais cinzas e minerais.

Segundo Avnimelech (2009), a comunidade microbiana desejada e reservas de alimento estão associados com o SST. No entanto, níveis excessivos de SST não são favoráveis, uma vez que contribuem para o consumo de oxigênio e em níveis muito elevados podem aderir às brânquias dos peixes. Além disso, se a mistura da água não é bem controlada, ou quando a concentração do SST excede a capacidade de mistura do sistema, as partículas sólidas podem ser estabelecidas e acumuladas, criando camadas anaeróbicas (Avnimelech 2009).

O monitoramento da qualidade da água no cultivo sem renovação de água em função de diferentes fontes de carbono e relação C:N apresentado no presente estudo traz subsídios para entender a dinâmica da qualidade da água. Entretanto, futuros experimentos utilizando BFT com águas inicialmente com presença de flocos microbianos, ou seja, o meio heterotrófico maturado precisam ser conduzidas para avaliar o desempenho dos peixes.

Os resultados deste artigo podem ajudar na otimização da produção de tilápia com tecnologia de biofoco no que tange a reciclagem dos alimentos e a diminuição do uso da água, reduzindo a descarga de nutrientes para o meio ambiente, bem como os custos de produção. No entanto, atenção especial é necessária para monitorar o desenvolvimento do sistema para responder rapidamente as mudanças negativas que poderão afetar a homeostase orgânica dos peixes.

Conclusões

Melhores resultados na indução dos flocos microbianos para o desenvolvimento da tecnologia de biofoco foram observados com a inclusão de melaço e açúcar como fonte de carbono nas relações C:N 10:1 e 20:1 e, que a estabilização do ambiente de cultivo iniciou-se a partir da 6^a semana.

O desenvolvimento de BTF através da indução ao meio heterotrófico no meio de cultivo provoca constantes oscilações nas variáveis de qualidade da água ao longo do cultivo, que

podem prejudicar o desempenho de alevinos de tilápia. O uso de bioflocos maturados pode diminuir estas oscilações de qualidade de água e permitir um melhor desempenho dos organismos cultivados.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de doutorado para o primeiro autor. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à FACEPE pelo apoio financeiro.

Referências bibliográficas

APHA (1995) Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 ed. Washington: APHA/AWWA/WEF.

Avnimelech Y (1999) Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176:227–235.

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

Avnimelech Y (2009) Biofloc Technology – A practical guide book. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, 182p.

Avnimelech, Y (2014) Produção de tilápia com uso de tecnologia de bioflocos (BFT). *Panorama da Aquicultura* 24(142):58-63.

Boyd CE, Tucker CS (1998) Pond aquaculture water quality management. Kluwer, Norwell, MA.

Burford MA, Thompson PJ, McIntosh RP, Bauman RH, Pearson DC (2003) Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219:393-411.

Chamberlain G, Avnimelech Y, McIntosh RP, Velasco M (2001) Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C:N - I: Nutrient transformation and water quality benefits. *Global Aquaculture Advocate* 53-56.

Chen S, Ling J, Blancheton JP (2006) Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering* 34:179-197.

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

Crab R, Kochva M, Verstraete W, Avnimelech Y (2009) Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquacultural Engineering* 40:105-112.

Deschryver P, Crab R, Defoirdt T, Boon N, Verstraete W (2008) The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture* 277:125-137.

Ebeling JM, Timmons MB, Bisogni JJ (2006) Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257:346-358.

Emerenciano MGC, Wasielesky W, Soares RB, Ballester EC, Izeppi EM, Cavalli RO (2007) Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase berçário em meio heterotrófico. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 29(1):1-7.

Emerenciano M, Gaxiola G, Cuzon G (2013) Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5772/53902>

FAO (2012) The State of World Fisheries and Aquaculture - SOFIA. Roma, Itália: FAO, 153p.

FAO (2013) Fishery Information, Data and Statistics Unit. FishStat plus: universal software for fishery statistical time series. Version 2.3. Rome. Disponível em: <http://www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp>. 01 Dez. 2013.

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

Gross A, Nemirovsky A, Zilberg D, Khaimov A, Brenner A, Snir E, Ronen Z, Nejdat A (2003) Soil nitrifying enrichments as biofilter starters in intensive recirculation saline water aquaculture. *Aquaculture* 223:51-62.

Hargreaves JA (2013) Biofloc production systems for aquaculture. Southern regional Aquaculture Center, United States Department of Agriculture, National Institute of Food and Agriculture. n.4503, 12p.

Kubitza, F. (2011) Tilápia: Tecnologia e Planejamento na Produção Comercial. Jundiaí: F. Kubitza 2ª edição, 316p.

Michaud L, Blancheton JP, Bruni V, Piedrahita R (2006) Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters. *Aquacultural Engineering* 34:224-233.

Nootong K, Pavasant P, Powtongsook S (2011) Effects of organic carbon addition in controlling inorganic nitrogen concentrations in a biofloc system. *Journal of the World Aquaculture Society* 42(3):339-346.

Schroeder GL (1978) Autotrophic and heterotrophic production of microorganisms in intensely-manured fish ponds, and related fish yields. *Aquaculture* 14:303-325.

Schneider O, Sereti V, Eding EH, Verreth JAJ (2005) Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. *Aquacultural Engineering* 32:379-401.

Schneider O, Sereti V, Machiels MAM, Eding EH, Verreth JAJ (2006) The potential of producing heterotrophic bacterial biomass on aquaculture waste. *Water Research*, 40:2684-2694.

Wasielesky W, Atwood H, Stokes A, Browdy CL (2006) Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 258:396-403.

Zar JH (1996) Biostatistical analysis. New Jersey: Prentice Hall. 662p.

5.1.1 - Normas da *Aquaculture International*

Online Manuscript Submission

Springer now offers authors, editors and reviewers of *Aquaculture International* the option of using our fully web-enabled online manuscript submission and review system. To keep the review time as short as possible (no postal delays!), we encourage authors to submit manuscripts online to the journal's editorial office. Our online manuscript submission and review system offers authors the option to track the progress of the review process of manuscripts in real time. Manuscripts should be submitted to: <http://aqui.edmgr.com>

The online manuscript submission and review system for *Aquaculture International* offers easy and straightforward log-in and submission procedures. This system supports a wide range of submission file formats: for manuscripts - Word, WordPerfect, RTF, TXT and LaTeX; for figures - TIFF, GIF, JPEG, EPS, PPT, and Postscript.

NOTE: By using the online manuscript submission and review system, it is NOT necessary to submit the manuscript also in printout + disk. In case you encounter any difficulties while submitting your manuscript on line, please get in touch with the responsible Editorial Assistant by clicking on "CONTACT US" from the tool bar.

Electronic figures

Electronic versions of your figures must be supplied. For vector graphics, EPS is the preferred format. For bitmapped graphics, TIFF is the preferred format. The following resolutions are optimal: line figures - 600 - 1200 dpi; photographs - 300 dpi; screen dumps - leave as is. Colour figures can be submitted in the RGB colour system. Font-related problems can be avoided by using standard fonts such as Times Roman, Courier and Helvetica.

Colour figures

Springer offers two options for reproducing colour illustrations in your article. Please let us know what you prefer:

1) Free online colour. The colour figure will only appear in colour on **www.springer.com** and not in the printed version of the journal. 2) Online and printed colour. The colour figures will appear in colour on our website and in the printed version of the journal. The charges are EUR 950/USD 1150 per article.

Language

We appreciate any efforts that you make to ensure that the language is corrected before submission. This will greatly improve the legibility of your paper if English is not your first language.

Reviewing Procedure

Aquaculture International is sent to 2 specialist reviewers who remain anonymous unless they specifically choose to confer with the author.

Manuscript Presentation

Manuscripts should all be presented in the accepted scientific format e.a. Introduction, Materials and Methods etc.

There is no separate format for short communication. The journal's language is English. British English or American English spelling and terminology may be used, but either one should be followed consistently throughout the article. Manuscripts should leave adequate margins on all sides to allow reviewers' remarks. Please double-space all material, including notes and references. Quotations of more than 40 words should be set off clearly, either by indenting the left-hand margin or by using a smaller typeface. Use double quotation marks for direct quotations and single quotation marks for quotations within quotations and for words or phrases used in a special sense.

Number the pages consecutively with the first page containing:

running head (shortened title) title author(s) affiliation(s) full address for correspondence, including telephone and fax number and e-mail address

Abstract

Please provide a short abstract of 100 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Key Words

Please provide 5 to 10 key words or short phrases in alphabetical order.

Abbreviations

Abbreviations and their explanations should be collected in a list.

Figures

All photographs, graphs and diagrams should be referred to as a 'Figure' and they should be numbered consecutively (1, 2, etc.). Multi-part figures ought to be labelled with lower case letters (a, b, etc.). Please insert keys and scale bars directly in the figures. Relatively small text and great variation in text sizes within figures should be avoided as figures are often reduced in size. Figures may be sized to fit approximately within the column(s) of the journal.

Provide a detailed legend (without abbreviations) to each figure, refer to the figure in the text and note its approximate location in the margin. Please place the legends in the manuscript after the references.

Tables

Each table should be numbered consecutively (1, 2, etc.). In tables, footnotes are preferable to long explanatory material in either the heading or body of the table. Such explanatory footnotes, identified by superscript letters, should be placed immediately below the table. Please provide a caption (without abbreviations) to each table, refer to the table in the text and note its approximate location in the margin. Finally, please place the tables after the figure legends in the manuscript.

Section Headings

First-, second-, third-, and fourth-order headings should be clearly distinguishable but not numbered.

Appendices

Supplementary material should be collected in an Appendix and placed before the Notes and Reference sections.

Notes

Please use endnotes rather than footnotes. Notes should be indicated by consecutive superscript numbers in the text and listed at the end of the article before the References. A source reference note should be indicated by an asterisk after the title. This note should be placed at the bottom of the first page.

Cross-Referencing

In the text, a reference identified by means of an author's name should be followed by the date of the reference in parentheses and page number(s) where appropriate. When there are more than two authors, only the first author's name should be mentioned, followed by 'et al.'. In the event that an author cited has had two or more works published during the same year, the reference, both in the text and in the reference list, should be identified by a lower case letter like 'a' and 'b' after the date to distinguish the works.

Examples:

Winograd (1986, p. 204) (Winograd 1986; Flores *et al.* 1988) (Bullen and Bennett 1990)

Acknowledgements

Acknowledgements of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the References.

References

1. Journal article: Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 965:325–329
2. Inclusion of issue number (optional): Saunders DS (1976) The biological clock of insects. *Sci Am* 234(2):114–121
3. Journal issue with issue editor: Smith J (ed) (1998) Rodent genes. *Mod Genomics J* 14(6):126–233
4. Journal issue with no issue editor: *Mod Genomics J* (1998) Rodent genes. *Mod Genomics J* 14(6):126–233
5. Book chapter: Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York
6. Book, authored: South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London
7. Book, edited: Smith J, Brown B (eds) (2001) *The demise of modern genomics*. Blackwell, London
8. Chapter in a book in a series without volume titles: Schmidt H (1989) Testing results. In: Hutzinger O (ed) *Handbook of environmental chemistry*, vol 2E. Springer, Berlin Heidelberg New York, p 111
9. Chapter in a book in a series with volume title: Smith SE (1976) Neuromuscular blocking drugs in man. In: Zaimis E (ed) *Neuromuscular junction*. *Handbook of experimental pharmacology*, vol 42. Springer, Berlin

Heidelberg New York, pp593–660

10. Proceedings as a book (in a series and subseries): Zowghi D et al (1996) A framework for reasoning about requirements in evolution. In: Foo N, Goebel R (eds) PRICAI'96: topics in artificial intelligence. 4th Pacific Rim conference on artificial intelligence, Cairns, August 1996. Lecture notes in computer science (Lecture notes in artificial intelligence), vol 1114. Springer, Berlin Heidelberg New York, p 157
11. Proceedings with an editor (without a publisher): Aaron M (1999) The future of genomics. In: Williams H (ed) Proceedings of the genomic researchers, Boston, 1999
12. Proceedings without an editor (without a publisher): Chung S-T, Morris RL (1978) Isolation and characterization of plasmid deoxyribonucleic acid from *Streptomyces fradiae*. In: Abstracts of the 3rd international symposium on the genetics of industrial microorganisms, University of Wisconsin, Madison, 4–9 June 1978
13. Paper presented at a conference: Chung S-T, Morris RL (1978) Isolation and characterization of plasmid deoxyribonucleic acid from *Streptomyces fradiae*. Paper presented at the 3rd international symposium on the genetics of industrial microorganisms, University of Wisconsin, Madison, 4–9 June 1978
14. Patent: Name and date of patent are optional Norman LO (1998) Lightning rods. US Patent 4,379,752, 9 Sept 1998
15. Dissertation: Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California
16. Institutional author (book): International Anatomical Nomenclature Committee (1966) *Nomina anatomica*. Excerpta Medica, Amsterdam
17. Non-English publication cited in an English publication: Wolf GH, Lehman P-F (1976) *Atlas der Anatomie*, vol 4/3, 4th edn. Fischer, Berlin. [NB: Use the language of the primary document, not that of the reference for "vol" etc.!]
18. Non-Latin alphabet publication: The English translation is optional. Marikhin VY, Myasnikova LP (1977) *Nadmolekulyarnaya struktura polimerov* (The supramolecular structure of polymers). Khimiya, Leningrad
19. Published and In press articles with or without DOI: 19.1 In press Wilson M et al (2006) References. In: Wilson M (ed) *Style manual*. Springer, Berlin Heidelberg New York (in press) 19.2. Article by DOI (with page numbers) Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med* 78:74–80. DOI 10.1007/s001090000086 19.3. Article by DOI (before issue publication with page numbers) Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med* (in press). DOI 10.1007/s001090000086 19.4. Article in electronic journal by DOI (no paginated version) Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *Dig J Mol Med*. DOI 10.1007/s801090000086
20. Internet publication/Online document

Doe J (1999) Title of subordinate document. In: The dictionary of substances and their effects. Royal Society of Chemistry. Available via DIALOG. [http://www.rsc.org/dose/title of subordinate document](http://www.rsc.org/dose/title%20of%20subordinate%20document). Cited 15 Jan 1999

20.1. Online database Healthwise Knowledgebase (1998) US Pharmacopeia, Rockville. <http://www.healthwise.org>. Cited 21 Sept 1998

Supplementary material/private homepage Doe J (2000) Title of supplementary material. <http://www.privatehomepage.com>. Cited 22 Feb 2000

University site Doe J (1999) Title of preprint. <http://www.uni-heidelberg.de/mydata.html>. Cited 25 Dec 1999

FTP site Doe J (1999) Trivial HTTP, RFC2169. <ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc2169.txt>. Cited 12 Nov 1999

Organization site ISSN International Centre (1999) Global ISSN database. <http://www.issn.org>. Cited 20 Feb 2000

Proofs

Proofs will be sent to the corresponding author. One corrected proof, together with the original, edited manuscript, should be returned to the Publisher within three days of receipt by mail (airmail overseas).

Offprints

25 offprints of each article will be provided free of charge. Additional offprints can be ordered by means of an offprint order form supplied with the proofs.

Page Charges and Colour Figures

No page charges are levied on authors or their institutions. Colour figures are published at the author's expense only.

Copyright

Authors will be asked, upon acceptance of an article, to transfer copyright of the article to the Publisher. This will ensure the widest possible dissemination of information under copyright laws.

Permissions

It is the responsibility of the author to obtain written permission for a quotation from unpublished material, or for all quotations in excess of 250 words in one extract or 500 words in total from any work still in copyright, and for the reprinting of figures, tables or poems from unpublished or copyrighted material.

Springer Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer now provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink. To publish via Springer Open Choice, upon acceptance please visit <http://www.springer.com/openchoice> to complete the relevant order form and provide the required payment information. Payment must be received in full before publication or articles will publish as regular subscription-model articles. We regret that Springer Open Choice cannot be ordered

for published articles.

Additional Information

Additional information can be obtained from:

Aquaculture International

Springer P.O. Box 17 3300 AA Dordrecht The Netherlands Fax: 78-6576377 Internet: <http://www.springer.com/>

<http://www.springer.com/journal/10499>

5.2 - Artigo científico II

Artigo científico a ser encaminhado à **Revista Caatinga**.

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

INFLUÊNCIA DE FONTES DE CARBONO NOS PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS DE TILÁPIA CULTIVADA COM TECNOLOGIA DE BIOFLOCO¹

UGO LIMA SILVA^{2,3*}, DARIO ROCHA FALCON², MAURÍCIO N. DA CRUZ PESSÔA²,
EUDES DE SOUZA CORREIA³

¹Capítulo de tese de doutorado no Programa de Pós graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura do primeiro autor. Apoio financeiro: CNPq e FACEPE.

²Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n, José Tomé de Souza Ramos, 56909-535, Serra Talhada, PE, Brasil. *E-mail: ugolimas@gmail.com

³Departamento de Pesca e Aquicultura, Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, PE, Brasil.

RESUMO

Melaço, açúcar e fécula de mandioca foram testadas como fontes de carbono na engorda de tilápia, *Oreochromis niloticus*, com tecnologia de bioflocos. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos (melaço - ME, açúcar - AC e fécula de mandioca - FE) e quatro repetições. Os alevinos com peso médio de $72,5 \pm 0,9$ g foram povoados numa densidade 50 alevinos m^{-3} em tanques com 800 L. A utilização da fécula de mandioca influenciou significativamente ($P < 0,05$) os valores de alcalinidade, fosfato inorgânico, sólidos sedimentáveis e suspensos. Após 107 dias de cultivo o peso médio dos peixes foi de 289,8 g com sobrevivência de 95,9%. O bom desempenho zootécnico e o bem estar da tilápia foram satisfatórios com uso das fontes de carbono. A degradação mais rápida do melaço e do açúcar pode ter fornecido níveis mais elevados de carbono como um substrato para a formação dos flocos microbianos.

Palavras-chave: *Oreochromis niloticus*. Qualidade da água. Desempenho produtivo. Bem estar.

USE OF CARBON SOURCE DIFFERENT IN TILAPIA CULTURE WITH BIOFLOC TECHNOLOGY

ABSTRACT

The carbon sources as molasses, sugar and cassava starch were tested in tilapia culture, *Oreochromis niloticus*, with biofloc technology, in growout phase. It was adopted a completely randomized design with three treatments (molasses - ME, sugar - AC and cassava starch - FE) and four replicates. The fingerlings with mean weight of 72.5 ± 0.9 g were stocked at a density of 50 fingerlings m^{-3} in tanks with 800 L of working volume. The use of cassava starch influenced significantly ($P < 0.05$) values alkalinity, inorganic phosphate, settleable and suspended solids. After 107 culture days the fish average weight was 289.8 g with a survival of 95.9%. The growth performance and welfare of tilapia was satisfactory in all carbon sources. The most rapid degradation of molasses and sugar may have provided higher levels of carbon as a substrate for the formation of microbial flocs.

Keywords: *Oreochromis niloticus*. Water quality. Growth performance. Welfare.

INTRODUÇÃO

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 bioflocos (BFT) pode promover o desenvolvimento de sistemas lucrativos e sustentáveis na produção de alimentos (AVNIMELECH, 2009; HARGREAVES, 2013).

Nos sistemas de cultivo com mínima ou nenhuma troca água, há um acúmulo de matéria orgânica e consequente diminuição do oxigênio dissolvido, sendo necessária uma aeração constante, estimulando a floração da biomassa aeróbica e heterotrófica, a partir da fertilização com fontes ricas em carbono orgânico no ambiente de cultivo (WASIELESKY et al., 2006; DE SCHRYVER et al., 2008; CRAB et al., 2012). Neste contexto, a tecnologia de bioflocos é um intrigante e complexo sistema, que envolve a interação de bactérias, algas, zooplâncton e peixes no dinâmico ecossistema para manutenção da qualidade da água (AVNIMELECH, 2009; HARGREAVES, 2013).

Em sistemas sem renovação de água, a composição dos bioflocos pode variar de acordo com a espécie produzida e seus hábitos alimentares, assim como a qualidade da água entre outras variáveis (AVNIMELECH, 2007). Os bioflocos são compostos por uma variedade de microrganismos e outros compostos (AZIM e LITTLE, 2008; RAY et al., 2010a,b;

EMERENCIANO; GAXIOLA; CUZON, 2013; EMERENCIANO et al., 2013). Muitos produtos têm sido utilizados como fontes de carbono em BFT, incluindo grãos, açúcar, melaço, bagaço de cana de açúcar, feno picado, entre outros. Esses materiais devem ser de baixo custo, disponibilidade e conveniente (AVNIMELECH, 2009; HARGREAVES, 2013; SERRA et al., 2015).

Nos sistemas BFT, a formação dos bioflocos é induzida através da manipulação da relação de carbono:nitrogênio, mantendo essa relação entre 15 e 20:1 para manutenção da qualidade da água (AVNIMELECH, 2009; CRAB et al., 2012). Uma das fontes de carbono utilizada é o melaço de cana de açúcar, que pode se apresentar na forma líquida viscosa e não cristalizável, tendo uma composição favorável, pois contém pouco nitrogênio, cinzas ou fibras (UGALDE e CASTRILLO, 2013). Outra fonte é o açúcar que é obtido da cana de açúcar ou da beterraba açucareira. Eles são localizados no formato de monossacarídeos, dissacarídeos ou polissacarídeos, enquanto que as féculas são amidos constituídos essencialmente por dois polímeros: a amilose e a amilopectina (LENINGER; NELSON; COX, 1993).

A intensificação dos sistemas de produção aquícolas fundamentada, exclusivamente, no rápido crescimento do animal não é suficiente para manter a atual produtividade sem afetar o meio ambiente e a resistência orgânica dos peixes, gerando tanto impactos ambientais como econômicos para toda cadeia produtiva.

O estresse pode afetar a resistência à doenças, crescimento, reprodução, sobrevivência e condição geral de saúde dos peixes, que nem sempre adoecem e morrem quando são desafiados. Normalmente, se adaptam ao estresse por um período de tempo finito. Durante este período, os peixes podem parecer normais, porém, estão depletando reservas, redirecionando energia em função das exigências extras impostas e, causando um desequilíbrio metabólico (BARTON e IWANA, 1991). Dessa maneira, a análise e o controle da higidez do peixe vêm como mais uma ferramenta para o sucesso e biossegurança dos sistemas de cultivo.

O presente trabalho objetivou avaliar a qualidade da água de cultivo, bem como desempenho zootécnico e bem estar de tilápia do Nilo cultivada com tecnologia de biofloco ofertando diferentes fontes de carbono orgânico (melaço, açúcar e fécula de mandioca) para indução ao meio heterotrófico.

MATERIAL E MÉTODOS

Instalações experimentais

O sistema experimental de cultivo da tilápia *O. niloticus*, durante a fase de engorda, foi desenvolvido na Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil, durante um período de 107 dias.

Foram utilizados tanques circulares de fibra de vidro com capacidade de 1000 L, e volume útil de 800 L. 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 µm.

Os tanques foram aerados individualmente com uso de pedras porosas através sistemas de aeração suprido por um compressor radial de 2 CV. Os tanques foram instalados numa área externa com iluminação natural, cobertos com tela Sombrite® 75% para reduzir a insolação, e com telas para evitar o escape dos animais.

Desenho e procedimentos experimentais

Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e quatro repetições, através do fornecimento de fontes de carbono (melaço - ME, açúcar - AC e fécula de mandioca - FE) na relação carbono:nitrogênio (C:N) de 20:1. Durante o período experimental duas vezes por semana foi determinado a alcalinidade, e utilizou-se calcário dolomítico quando necessário, a fim de manter a alcalinidade em torno de 150 mg L⁻¹ de CaCO₃.

Na indução do meio heterotrófico foram utilizadas diferentes fontes de carbonos (melaço, açúcar e fécula de mandioca) (Δ Carbono) adicionadas diariamente aos tratamentos durante os primeiros 10 dias, sendo calculadas com base nas relações de carbono:nitrogênio (C:N) requeridas, na quantidade de nitrogênio da ração convertida em amônia (Δ N) e no conteúdo de carbono no carboidrato (%C), de acordo com as Equações 1 e 2:

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

$$\Delta\text{N} = Q_{\text{Ração}} \times \%N_{\text{Ração}} \times \%N_{\text{Excreção}} \text{ (Equação 2).}$$

Onde: $Q_{\text{Ração}}$ é a quantidade de ração ofertada diariamente; $\%N_{\text{Ração}}$ é a quantidade de nitrogênio inserido no sistema ($\% \text{Proteína bruta } 6,25^{-1}$), e; $\%N_{\text{Excreção}}$ é o fluxo de amônia na água, diretamente da excreção ou indiretamente pela degradação microbiana de resíduos de nitrogênio orgânico.

A quantidade de carbono (Δ Carbono) adicionada em cada unidade experimental para atender as requeridas relações C:N nos tratamentos será calculada usando-se as Equações 1 e 2, as quais foram adaptadas de estudos realizados por Avnimelech (1999) e está expressa na equação 3.

$$\Delta\text{Carbono} = [(Q_{\text{Ração}} \times \%N_{\text{Ração}} \times \%N_{\text{Excreção}}) \times (\text{C:N})] (\%C^{-1}) \text{ (Equação 3).}$$

Após 10º dia de cultivo, a cada três dias, foram adicionados as fontes carbono (melaço, açúcar e fécula de mandioca) numa proporção de 20 g de carbono para cada 1 g de nitrogênio amoniacal total na água, mantendo a relação de 20:1.

As análises das concentrações de carbono do melaço, açúcar e fécula de mandioca apresentaram valores de 0,22, 0,31 e 0,46 g g⁻¹, respectivamente. A composição centesimal das fontes de carbono estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Composição centesimal (%) determinada das rações comerciais e fontes de carbono utilizadas durante o cultivo de tilápia *Oreochromis niloticus* com tecnologia de bioflocos.

Nutrientes	Diâmetro da ração		Fontes de Carbono		
	1,7 mm	2 a 4 mm	Melaço	Açúcar	Mandioca
Umidade	10	10	-	-	-
Proteína bruta	40,5	32,5	4,5	0,4	0,6
Extrato etéreo	7,5	6,5	5,1	0,0	0,0
Fibra bruta	5,9	6,9	1,2	0,5	0,8
Matéria mineral	16,1	10,5	2,3	0,0	0,1

Monitoramento da qualidade da água

O monitoramento da qualidade da água foi realizado com base nas variáveis físico-químicas da água: temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L⁻¹), condutividade elétrica (MS cm⁻¹) e o pH, as quais foram mensurados diariamente pela manhã (07:00 h) e à tarde (17:00 h), através de multiparâmetro (YSI® ProPlus, Yellow Springs Instrument Company, Yellow Springs, Ohio, USA). A salinidade foi aferida semanalmente utilizando refratômetro de salinidade.

Durante o cultivo, semanalmente, foram coletadas amostras de 1 (um) litro de água e transferidas para cones de Imhoff e após 20 minutos de descanso (sem agitação do cone), foi lido o volume correspondente ao volume de sólidos decantáveis (mL L⁻¹). Quando necessário foi instalado um tanque de decantação com volume de 50 L para remoção de sólidos suspensos de acordo com descrito por Ray et al. (2010b).

Amostras de água de cada tanque foram coletadas semanalmente para análises de nitrito (mg L⁻¹ N - NO₂), nitrato (mg L⁻¹ N - NO₃), fosfato inorgânico (mg L⁻¹ P - PO₄) e, cada três dias alcalinidade (mg L⁻¹ CaCO₃) e nitrogênio amônia total [mg L⁻¹ N - (NH₄+NH₃)], utilizando fotômetro (YSI® 9500, Yellow Springs Instrument Company, Yellow Springs, Ohio, USA). Os

sólidos suspensos totais (mg L^{-1}) e a turbidez (UNT) foram analisados segundo a APHA (1995) e uso de turbidímetro, respectivamente.

Composição centesimal dos bioflocos

O biofloco produzido nos tanques de cultivo, assim como as dietas utilizadas durante a fase de engorda de tilápia foram analisados químico-bromatologicamente, no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), para determinação da proteína bruta, fibra bruta, extrato etéreo, umidade e matéria mineral de acordo com o protocolo da AOAC (2007).

Desempenho produtivo e manejo alimentar da tilápia

Os alevinos masculinizados de *O. niloticus* com peso médio de $72,5 \pm 0,9$ g foram provenientes da AAT InternationalTM, Paulo Afonso, BA, Brasil. Os peixes foram estocados numa densidade de 50 alevinos m^{-3} e alimentados *ad libitum* com dietas comerciais (Guabi®, Guabi Nutrição Animal, Campinas, SP, Brasil) (Tabela 1) ofertadas três vezes ao dia, 08:00, 12:00 e 16:00 horas.

Todos os peixes foram pesados no início e ao final do período experimental. As biometrias foram realizadas quinzenalmente com amostras equivalentes a 20% da população de cada parcela experimental, utilizando balança digital com precisão de $\pm 0,01$ g (BEL Engineering®).

Ao final do experimento, foram determinados os parâmetros de desempenho produtivo dos peixes através da determinação do peso final, ganho de peso diário, conversão alimentar aparente, produtividade e sobrevivência.

Parâmetros hematológicos

Para a realização das análises hematológicas foram retirados seis peixes/unidade experimental ao final do período de cultivo. Os peixes foram anestesiados (óleo de cravo diluído a 5% em álcool P.A., e utilizado 1 mL L^{-1} de água) e, após completa dessensibilização, foi realizada coleta de sangue por punção da veia caudal, com seringa de 1 mL banhada com o anticoagulante EDTA a 3%.

A contagem do número de eritrócitos foi realizada pelo método do hemocitômetro em câmara de Neubauer, utilizando-se Azul de Toluidina Merck® a 0,01% diluído em solução fisiológica 0,9%. A concentração de hemoglobina foi determinada pelo método da cianometahemoglobina, utilizando-se kit comercial Hemoglobina LabTest® para determinação colorimétrica. O hematócrito foi obtido utilizando-se o método do microhematócrito e em

seguida determinada a proteína plasmática total utilizando refratômetro de mão. As variáveis acima apresentadas foram avaliadas utilizando-se as técnicas descritas por Jain (1986). Foram determinados o volume globular médio (VGM) e a concentração de hemoglobina globular média (CHGM), úteis na classificação morfológica das anemias e avaliação da resposta eritropoiética.

Os mesmos peixes foram novamente sangrados sem anticoagulante, em seguida o sangue foi centrifugado para separação do plasma e determinação da albumina, utilizando-se kit comercial de Albumina LabTest®. A determinação dos valores de globulinas foi realizada através da diferença entre a proteína plasmática total e a albumina.

Análise estatística

Os testes de Pearson e de Cochran ao nível de significância de 5%, foram efetuados para verificar a normalidade da amostra e a homogeneidade das variâncias, respectivamente. O teste de análise de variância - Anova 1 Critério foi executado para verificar se houve diferenças entre os tratamentos.

Quando necessário, a análise de variância foi complementada pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. As análises estão de acordo com Zar (1996) e foram processadas utilizando o software SyEAPRO v.2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Vinatea (2004), vários fatores climáticos, bióticos e abióticos interligam entre si influenciando o metabolismo dos sistemas aquícolas. Para garantir o sucesso do cultivo deve-se procurar um equilíbrio dinâmico de todos os parâmetros físicos, químicos, biológicos e tecnológicos da água. Os valores das variáveis físico-químicas de qualidade da água monitoradas no cultivo de tilápia com tecnologia de bioflocos durante 107 dias estão sumarizados na Tabela 2 e foram satisfatórios para bom crescimento dos peixes segundo recomendações (Tabela 2).

Os valores médios das variáveis de qualidade da água temperatura, pH, oxigênio dissolvido, potencial de oxidação-redução, condutividade e salinidade não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($P > 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios $\pm$ desvio padrão (amplitude entre parênteses) das variáveis de qualidade da água do cultivo de tilápia com tecnologia de biofloco no semiárido pernambucano e faixas de conforto recomendadas por pesquisadores.

Variáveis	Valores		Referências
	Monitorados*	Recomendações	
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	24,9 $\pm$ 1,1 (21,2 – 27,3)	25,0 – 29,0	Boyd e Tucker (1998)
pH	6,6 $\pm$ 3,3 (5,7 – 7,6)	7,0 – 9,0	Avnimelech (2009)
Oxigênio dissolvido (mg L^{-1})	5,0 $\pm$ 0,5 (3,5 – 6,8)	> 4,0 4,0 – 15,0	Avnimelech (2009) Boyd e Toker (1998)
POR (mV)	183,8 $\pm$ 11,3 (156,1 – 225,3)	> 100,0 < 320,0	Avnimelech (2009) Li et al. (2014)
Condutividade (mS cm^{-1})	3,6 $\pm$ 0,2 (3,1 – 4,5)	< 1,0	Sá (2012)
Salinidade (‰)	2,7 $\pm$ 0,9 (1,0 – 5,2)	0,0 – 18,0	Sá (2012)

*Valores médios entre os diferentes tratamentos experimentais.

Um fator limitante na produção aquícola é o oxigênio dissolvido, componente essencial que afeta tanto a vida dos peixes quanto processos biológicos e químicos dos viveiros. Apesar de registros no experimento de concentrações de oxigênio de 3,5 mg L^{-1} , os valores médios foram mantidos acima de 4,0 mg L^{-1} , suprida por meio de aeração mecânica que proporcionou a mistura constante da água imprescindível no sistema BFT.

O potencial oxiredução (POR) pode ser útil no manejo de viveiros para evitar a produção de substâncias tóxicas (LEHMANN e VINATEA, 2008). Segundo Avnimelech e Ritvo (2003), o surgimento de doenças pode estar relacionado com acúmulo de substâncias tóxicas de origem anaeróbica quando são registrados valores negativos de POR. No presente estudo o POR registrou valores acima de 150 mV indicam um ambiente aeróbico. Os resultados do estudo de Li et al. (2014) mostraram que parâmetros hematológicos como a glicose e a proteína plasmática podem ser alterados com aumento dos níveis de POR, indicando que valores acima 300 mV começam a estressar os peixes.

Segundo Molle e Cadier (1992), 1,0 mS cm^{-1} equivale a 0,6 g L^{-1} à 25 $^{\circ}\text{C}$. Desta forma, a condutividade média do cultivo (3,6 mS cm^{-1}) equivaleria a 2,4 ‰, próximos aos resultados apresentados (2,7 ‰). Os principais elementos responsáveis pela condutividade elétrica da

água são íons inorgânicos dissolvidos ou sua salinidade. Na classificação dos ambientes aquáticos apresentada por Esteves (2011) a salinidade média registrada durante o cultivo (2,7 ‰) classificaria o sistema como oligohalino que varia entre 0,5 e 3,0 ‰.

A grande quantidade de aquíferos subterrâneos com elevada salinidade e condutividades características do semiárido brasileiro, onde o estudo foi realizado pode trazer grandes benefícios para que tilápia expresse todo seu potencial genético para o crescimento corporal, pois a concentração iônica no sangue de tilápia do Nilo é próxima de 1,1 g para cada 100 mL, isto representa uma salinidade de 11 ‰, a qual a concentração os fluidos corporais desse peixe é isotônica (SÁ, 2012).

Os valores das variáveis físico-químicas de qualidade da água de cultivo de tilápia em tecnologia de bioflocos monitoradas semanalmente estão sumarizados na Tabela 3, Figuras 1 e 2. A alcalinidade, o fosfato inorgânico, os sólidos sedimentáveis e os sólidos suspensos totais apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($P < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios $\pm$ desvio padrão das variáveis da qualidade da água no cultivo de *O. niloticus* com tecnologia de bioflocos durante 107 dias adotando relação C:N 20:1 e adição de melado (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE).

Variáveis	Fontes de carbono		
	ME	AC	FE
Alcalinidade ($\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$)	152,3 $\pm$ 14,4 ^a	120,6 $\pm$ 18,4 ^a	191,9 $\pm$ 23,6 ^b
NAT (mg L^{-1})	1,9 $\pm$ 0,7 ^a	1,7 $\pm$ 0,5 ^a	2,1 $\pm$ 0,4 ^a
N-NO ₂ (mg L^{-1})	0,6 $\pm$ 0,1 ^a	0,6 $\pm$ 0,2 ^a	0,3 $\pm$ 0,1 ^a
N-NO ₃ (mg L^{-1})	72,4 $\pm$ 10,5 ^a	89,3 $\pm$ 15,9 ^a	89,6 $\pm$ 4,3 ^a
P-PO ₄ (mg L^{-1})	10,5 $\pm$ 2,5 ^a	11,7 $\pm$ 1,7 ^a	15,8 $\pm$ 0,9 ^b
SS (mL L^{-1})	40,7 $\pm$ 11,9 ^a	35,3 $\pm$ 7,8 ^a	24,7 $\pm$ 1,7 ^b
Turbidez (UNT)	287,4 $\pm$ 66,6 ^a	261,9 $\pm$ 52,1 ^a	245,4 $\pm$ 20,5 ^a
SST (mg L^{-1})	1144,1 $\pm$ 268,5 ^a	1081,8 $\pm$ 143,5 ^a	853,3 $\pm$ 63,3 ^b

Em cada variável, médias na mesma linha com letras distintas sobrescritas são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$); NAT – Nitrogênio amoniacal total; N-NO₂ – Nitrogênio do nitrito; N-NO₃ – Nitrogênio do nitrato; P-PO₄ – Fósforo do fosfato inorgânico; SS – Sólidos sedimentáveis; SST – Sólidos suspensos totais.

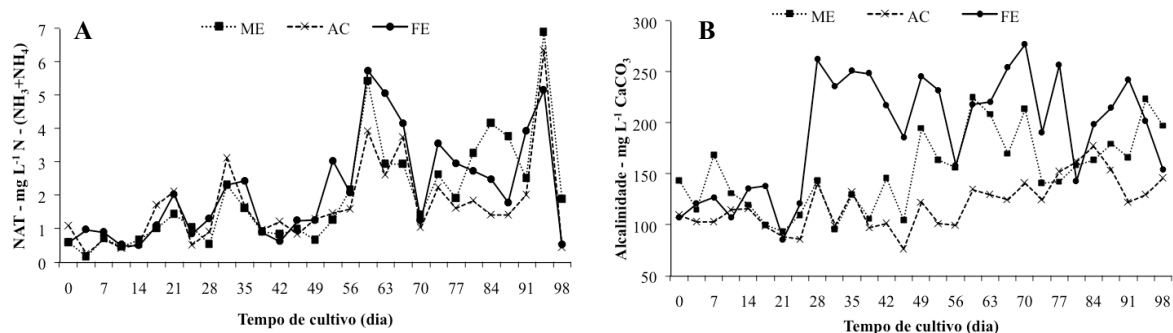


Figura 1. Valores de nitrogênio amoniacal total - NAT [mg L⁻¹ N-(NH₄+NH₃)] (A) e alcalinidade total (mg L⁻¹ CaCO₃) (B) no cultivo de *O. niloticus* com tecnologia de bioflocos adotando relação Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 20:1 através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE).

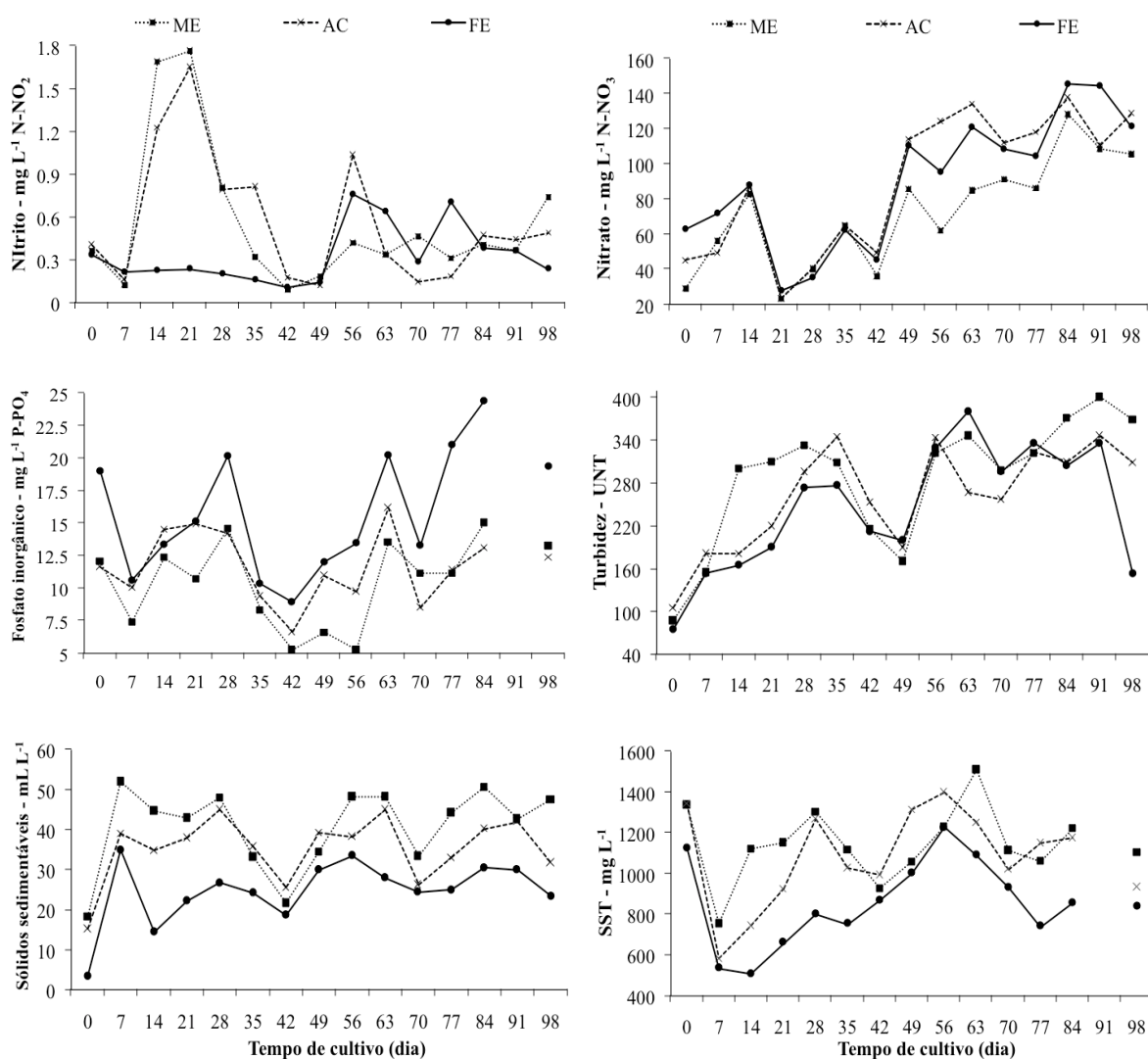


Figura 2. Variação semanal das variáveis de qualidade da água mensuradas no cultivo de *O. niloticus* durante 107 dias sem renovação de água adotando relação Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 20:1, através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE).

Como recomendado por Avnimelech (2009), no presente estudo a alcalinidade esteve acima de $50 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$, entretanto precisa ser está entre 100 e 150 mg L^{-1} de CaCO_3 para manutenção do fornecimento de carbono inorgânico para os processos de nitrificação e assimilação das bactérias nitrificantes e heterotróficas (HARGREAVES, 2013). Isto foi possível com emprego de calcário dolomítico determinado com base nas análises de alcalinidade total realizadas a cada três dias (Figura 1B). Os valores de alcalinidade foram significativamente elevados com uso de fécula de mandioca quando comparado aos demais tratamentos. Isso pode ser consequência da menor formação de flocos microbianos representados por valores significativos reduzidos de sólidos suspensos e sedimentáveis ($P < 0,05$) (Tabela 3).

O percentual de amônia tóxica (N-NH_3) sobe com o aumento da temperatura, porém é significativamente baixa com o aumento da salinidade e redução do pH (BOYD e TUKER, 1998). Segundo El-Shafai, El-Gohary e Nasr (2004), a concentração de amônia não ionizável deve ser mantida abaixo de $0,1 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NH}_3$ para evitar efeitos deletérios para a tilápia. No presente estudo os valores de N-NH_3 não ultrapassaram concentrações de $0,04 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NH}_3$.

De acordo com Pillay e Kutty (2005), os níveis de amônia e nitrito no ambiente aquícola são preocupantes e ganham importância principalmente em sistemas de cultivo intensivos, como a tecnologia de biofoco, pois a presença desses compostos demanda atenção mesmo em baixas concentrações, como inferiores a $0,5 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NH}_3$ e $1,0 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_2$. Apesar de valores altos de nitrito registrados na 14ª e 21ª dia cultivo nos tratamentos ME e AC (Figura 2), as médias entre os tratamentos permaneceram dentro do recomendado devido a ambiente de cultivo já está colonizado com bactérias heterotróficas e nitrificantes. O nitrato teve uma tendência de incremento no sistema em todos tratamentos (Figura 2), esse nutriente tende a aumentar e acumular principalmente em decorrência da alimentação, numa taxa de acumulação de cerca de 25 g kg^{-1} de ração, podendo alcançar concentrações entre 135 e $158 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_3$, depois de 6 a 7 meses de operação (HARGREAVES, 2013).

O fosfato inorgânico apresentou valores médios significativamente maiores no tratamento FE quando comparado aos demais ($P < 0,05$) (Tabela 3, Figura 2). A concentração de flocos microbianos, avaliada através dos sólidos sedimentáveis, são recomendados até 100 mL L^{-1} em viveiros de peixes (AVNIMELECH, 2009). O uso de tanques de decantação foi suficiente para a manutenção dos sólidos sedimentáveis abaixo de 50 mL L^{-1} em todos os tratamentos. Os sólidos suspensos apesar de atingirem valores acima do sugerido por Avnimelech (2009) ($< 1000 \text{ mg L}^{-1}$) nos tratamentos com aporte de melão (ME) e açúcar (AC) não comprometeram o desempenho dos peixes. As concentrações de sólidos suspensos e

sedimentáveis foram significativamente menores no tratamento FE quando comparado aos tratamentos AC e ME (Tabela 3, Figura 2), isso pode ser devido a maior dissolubilidade destas fontes de carbono e consequentemente maior disponibilidade de carbono orgânico para as bactérias heterotróficas formarem os flocos microbianos.

Ao final do cultivo a qualidade nutricional dos bioflocos estão registradas na Tabela 4, apresentando um reduzido percentual de proteína bruta com uso de fécula de mandioca (29,2%) quando comparado as fontes de melaço (31,8%) e açúcar (35,2%) corroborando com o menor consumo de alcalinidade pelas bactérias para formação de biomassa microbiana no tratamento FE.

Tabela 4. Composição centesimal determinada (% em base seca) de bioflocos produzidos no cultivo de tilapia fertilizados utilizando diferentes fontes de carbono após 107 dias.

Composição centesimal (% MS)*	Fontes de carbono		
	ME	AC	FE
Proteína bruta	31,8	35,2	29,2
Extrato etéreo	14,9	9,6	1,1
Fibra bruta	24,5	19,6	19,5
Matéria mineral	21,9	36,4	48,3

A avaliação de desempenho produtivo da tilápia foi realizada por meio das variáveis sumarizadas na Tabela 5.

Tabela 5. Médias $\pm$ desvio padrão do desempenho zootécnico de *O. niloticus* cultivada com tecnologia de biofloco com adição de melaço (ME), açúcar (AC) ou fécula de mandioca (FE) após 107 dias.

Variáveis	Fontes de carbono		
	ME	AC	FE
Peso inicial (g)	72,1 $\pm$ 2,9	71,8 $\pm$ 2,0	73,6 $\pm$ 1,9
Peso final (g)	276,3 $\pm$ 35,7	287,7 $\pm$ 23,6	305,3 $\pm$ 32,6
GPD ¹ (g dia ⁻¹)	1,9 $\pm$ 0,3	2,0 $\pm$ 0,2	2,2 $\pm$ 0,3
FCA ²	1,5 $\pm$ 0,2	1,4 $\pm$ 0,2	1,4 $\pm$ 0,1
Sobrevivência (%)	96,7 $\pm$ 3,8	93,1 $\pm$ 12,1	98,1 $\pm$ 3,7
Produtividade (kg m ⁻³)	13,4 $\pm$ 2,2	13,4 $\pm$ 2,3	14,9 $\pm$ 1,8

¹Ganho de peso por dia. ²Fator de conversão alimentar aparente (FCA) = (Quantidade de ração ofertada) (Ganho de biomassa)⁻¹. Ausência de letras nas médias não diferem significativamente entre os tratamentos (P>0,05).

As variáveis peso final, sobrevivência, ganho de peso diário, fator de conversão alimentar e produtividade não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos (Tabela 5).

Neste experimento, os valores de fator de conversão alimentar (FCA) (1,4) estão dentro dos padrões atuais para cultivos comerciais, demonstrando um melhor resultado do que o FCA apresentado por Azim e Little (2008), onde obtiveram índices entre 3,4 e 3,5 cultivando tilápia de 100 a 140 g durante 84 dias com tecnologia do bioflocos.

Ao final do cultivo, a sobrevivência média de 95,9% foi reflexo das boas condições ambientais. O reuso de água de cultivos anteriores pode trazer benefícios em relação a manutenção das variáveis físicas, químicas e biológicas da água, bem como o valor nutricional representado pela composição centesimal dos flocos microbianos (Tabela 3). Os resultados alcançados neste estudo corroboram com Widanarni et al. (2012), que observaram uma sobrevivência de 93% para cultivo de tilápia em diferentes densidades de estocagem em tecnologia de bioflocos.

O crescimento quinzenal dos peixes foi similar entre os tratamentos e alcançou peso médio final de 289,8 g (Tabela 5, Figura 3). Estes valores estão dentro dos padrões atuais para cultivos comerciais para a tilápia.

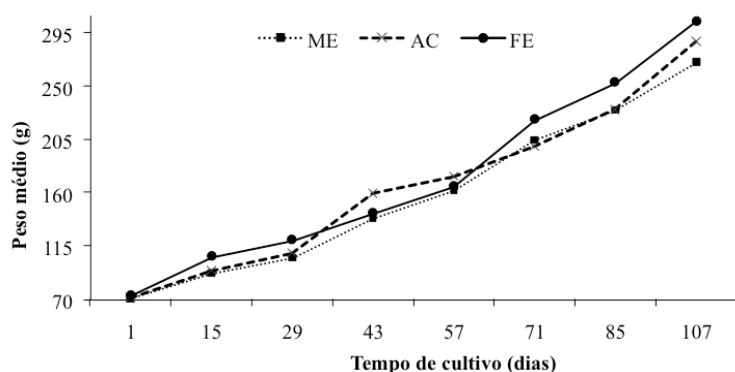


Figura 3. Crescimento de tilápia *Oreochromis niloticus* cultivada com tecnologia de bioflocos com adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE) na relação Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 20:1 durante 107 dias.

Uma característica essencial do sistema BFT para produção de tilápia é o fato de alcançar biomassa entre 20 e 30 kg m⁻³ (AVNIMELECH 2009, 2014). Hargreaves (2013) recomenda uma biomassa máxima de tilápia na ordem de 15 kg m⁻³, quando são estocados entre 20 e 25 peixes m⁻³. Nesse estudo a produtividade atingiu média de 13,9±0,9 kg m⁻³, entre os tratamentos.

Os parâmetros sanguíneos de tilápias cultivadas com tecnologia de bioflocos estão apresentados na Tabela 6 e Figura 4.

Tabela 6. Valores médios $\pm$ desvio padrão de eritrócitos, hematócrito, hemoglobina, volume corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) de tilápia do Nilo cultivadas com tecnologia de bioflocos adotando relação C:N de 20:1 através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE).

Variáveis	Fontes de carbono		
	ME	AC	FE
Eritrócito (10^6 cél μL^{-1})	2,0 $\pm$ 0,2	1,9 $\pm$ 0,1	2,0 $\pm$ 0,2
Hematócrito (%)	26,5 $\pm$ 3,9	26,0 $\pm$ 3,5	24,8 $\pm$ 3,7
Hemoglobina (g dL^{-1})	7,0 $\pm$ 0,9	6,8 $\pm$ 0,9	6,7 $\pm$ 0,7
VCM (fl)	133,7 $\pm$ 23,9	130,8 $\pm$ 15,1	123,0 $\pm$ 20,7
CHCM (%)	26,7 $\pm$ 3,9	26,6 $\pm$ 4,5	27,5 $\pm$ 3,7

¹Em cada variável, ausência de letras nas médias não diferem significativamente entre os tratamentos. VCM = Hematócrito (n° de eritrócitos) $^{-1}$ x 10. CHCM = Taxa de Hemoglobina (Hematócrito) $^{-1}$ x 100.

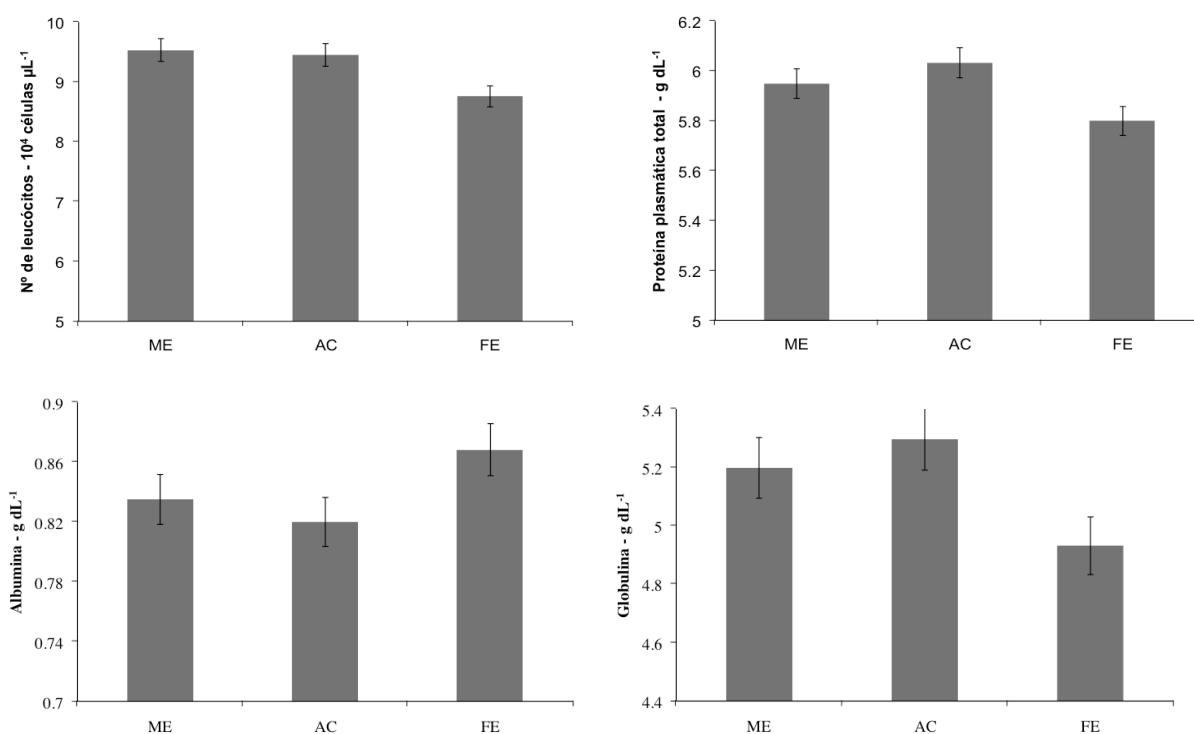


Figura 4. Valores médios de leucócitos totais (células μL^{-1}), proteína plasmática total (g dL^{-1}), albumina (g dL^{-1}) e globulina (g dL^{-1}) plasmáticos de tilápia do Nilo cultivadas com tecnologia de bioflocos adotando relação C:N de 20:1 através da adição de melaço (ME), açúcar (AC) e fécula de mandioca (FE).

Com relação ao bem estar das tilápias submetidas aos diversos tratamentos, os valores médios dos parâmetros hematológicos não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$) (Tabela 6, Figura 4). De acordo com Ranzani-Paiva et al. (2013), as oscilações dos valores hematológicos em peixes são influenciadas pela temperatura, oxigênio dissolvido, salinidade e pH, assim como por estresse, ciclo sazonal e fatores endógenos, como o sexo, estágio de maturação gonadal, estado nutricional e doenças.

Os resultados apresentaram valores médios da proporção de hematócrito no sangue das tilápias de 26% entre os tratamentos (Tabela 6), condizente com Azim e Little (2008) que relataram uma proporção de hematócrito em tilápia cultivada em BFT de 27%. Indicadores de higidez em termos de hematócrito no sangue e os níveis de cortisol no plasma foram comparados e não há aumento do estresse dos peixes devido à presença de bioflocos (AZIM e LITTLE, 2008).

As proteínas do soro podem ser divididas em dois grandes grupos: as globulinas e as albuminas, desta forma a detecção de alterações no soro dos peixes pode ser verificada pelas análises de proteína total, albumina e globulina (ZHOU et al., 2010). Os valores médios de proteína plasmática total ($5,9 \text{ g dL}^{-1}$), albumina ($0,8 \text{ g dL}^{-1}$) e globulina ($5,1 \text{ g dL}^{-1}$), foram similares aos resultados relatados por Zhou et al. (2010) para proteína plasmática total ($5,7 \text{ g dL}^{-1}$), albumina ($0,4 \text{ g dL}^{-1}$) e globulina ($5,2 \text{ g dL}^{-1}$) quando avaliaram o uso de probiótico, como imunoestimulantes para tilápia, demonstrando o potencial da tecnologia de biofloco no desenvolvimento do sistema imunológico do peixe.

A fécula de mandioca apresentou valores inferiores de globulinas e leucócitos podendo inferir uma tendência de menor resistência orgânica com o uso da fécula de mandioca, entretanto necessita-se submeter os peixes cultivados com tecnologia de biofloco a algum tipo de desafio para um melhor entendimento da influência sobre as respostas hematológicas e imunológicas do animal.

Os bioflocos são compostos por uma variedade de microrganismos (fitoplâncton, bactérias, rotíferos, oligoquetos, protozoários), restos de ração, células mortas, fezes, detritos, vitaminas, catenóides e outros compostos imunoestimulantes (AZIM e LITTLE, 2008; RAY et al., 2010 a,b; CRAB et al., 2012; EMERENCIANO et al., 2013 a,b). Diversos estudos indicam que o biofloco pode aumentar a resposta imune em peixes, provavelmente em virtude de sua composição (LONG et al., 2015).

Dessa maneira, um composto que possua capacidade de aumentar a atividade do sistema imune por meio da interação direta entre as células do sistema, ativando-as é considerado imunoestimulante. Onde basicamente o imunoestimulante é composto por componentes

químicos existentes na composição estrutural de bactérias, colônias de fungos e leveduras. Diversos grupos de substâncias determinam efeitos imunoestimulantes em animais terrestres, mas apenas algumas se mostraram eficazes para peixes (VOLPATTI et al., 1998).

Embora os parâmetros proteína plasmática total (PPT), albumina e globulina não diferiram significativamente entre os tratamentos, podemos considerar alguns aspectos que nos levam a inferir que o tratamento com suplementação de fécula de mandioca possui tendência de apresentar menor resistência orgânica. Primeiramente em virtude da fécula de mandioca ser composta por carboidratos complexos, polissacarídeos, os quais necessitam ser quebrados para ser assimilado pelas bactérias, culminando em um lento incremento de bioflocos, com valores significativamente reduzidos de SS e SST quando comparados as demais tratamentos. No que diz respeito a proteína plasmática total, o uso de imunoestimulantes na dieta de peixes aumentam os valores desse parâmetro (SIWICKI; ANDERSON; RUMSEY, 1994; DÜGENCI; ARDA; CANDAN, 2003), bem como Sahoo e Mukherjee (2001) e Misra et al. (2006) relataram aumento das globulinas no sangue de peixes alimentados com dietas suplementadas com imunoestimulante. Segundo Long et al. (2015), o bioflocos estimula a resposta imunológica da tilápia de diversas maneiras, levando a melhora de desempenho produtivo. Obviamente outros estudos se fazem necessários para esclarecer e determinar a ação dessas fontes de carboidrato na formação do bioflocos, avaliar a tecnologia do bioflocos em relação ao comprometimento da resistência orgânica em peixes durante o cultivo, bem como o efeito do bioflocos sobre a resposta imune dos peixes frente a um agente estressor.

A legislação brasileira já engloba a proteção de todos os vertebrados, sendo necessária a formulação de recomendações para a manutenção do bem estar destes animais em cativeiro em diferentes sistemas de cultivo. As informações e conhecimentos sobre as variáveis hematológicas e qualidade de água no cultivo de tilápia com tecnologia de bioflocos podem ser utilizadas pelo aquicultor como ferramenta de avaliação do sistema de criação com prudência ecológica e bem estar animal.

CONCLUSÕES

As fontes de carbono orgânica aportadas não comprometeram as variáveis físico-químicas da qualidade de água do cultivo, como também o desempenho zootécnico e bem estar da tilápia.

A fonte de carbono mais adequada para o cultivo de tilápia com tecnologia de bioflocos pode ser o melaço ou o açúcar, por terem as mesmas propriedades. No entanto, o açúcar é

considerado mais adequado devido a sua fácil aquisição, não dependendo tanto do clima para sua produção, como é o caso da fécula de mandioca e do melaço.

A tecnologia de bioflocos para a produção de tilápia oferece uma alternativa aos aquicultores brasileiros, atendendo às exigências de preservação de recursos naturais, uma vez que é possível alcançar produtividade da ordem de 15 kg m^{-3} , com possibilidade para produção de tilápia em regiões com limitação de água.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo financiamento do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

A.O.A.C. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18 ed. Gaithersburg, MD, USA: AOAC, 2007.

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

AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 176, n. 3-4, p. 227-235, jun. 1999.

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 264, n. 1-4, p. 140-147, abr. 2007.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology**, a practical guide book. 2ª ed. Baton Rouge, US: The World Aquaculture Society, 2009. 182 p.

AVNIMELECH, Y. Produção de tilapia com uso de tecnologia de bioflocos (BFT). **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 142, p. 58-63, mar-abr. 2014

AVNIMELECH, Y.; RITVO, G. Shrimp and fish pond soils: processes and management. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 220, n. 1-4, p. 549-567, abr. 2003.

AZIM, M. E.; LITTLE, D. C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 283, n. 1-4, p. 29-35, out. 2008.

BARTON, B. A.; IWAMA, G. K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of cortivosteroids. **Annual Review of Fish Diseases**, v.1, p. 3-26. 1991.

BOYD C. E.; TUCKER, C. S. **Pond aquaculture water quality management**. 1^a ed. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA. 1998. 685 p.

CRAB, R. et al. Biofloc technology in aquaculture: beneficial affects and future challenges. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 356-357, n.1, p. 351-356, ago. 2012.

DE SCHRYVER, P. R. et al. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 277, n. 3-4, p. 125-137, jun. 2008.

DÜGENCI, K. S.; ARDA, N.; CANDAN, A. Some medicinal plants as immunostimulant for fish. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 88, n.1, p. 99-106, set. 2003.

EL-SHAFAI, S. A.; EL-GOHARY, F. A.; NASR, F. A. Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v.232, n. 1-4, p. 117-127, abr. 2004.

EMERENCIANO, M. et al. Evaluation of biofloc technology in pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* culture: growth performance, water quality, microorganisms profile and proximate analysis of biofloc. **Aquaculture International**, Amsterdam, v. 21, n. 6, p. 1381-1394, dez. 2013.

- 513 EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZON, G. **Biofloc Technology (BFT): A Review for**
514 **Aquaculture Application and Animal Food Industry.** (2013) Disponível:
515 <<http://dx.doi.org/10.5772/53902>>. Acesso em: 15 de jun. 2015.
516
- 517 ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 3ª ed. Rio de Janeiro, Interciência/FINEP.
518 2011, 826 p.
519
- 520 HARGREAVES, J. A. **Biofloc production systems for aquaculture.** Southern regional
521 Aquaculture Center, United States Department of Agriculture, National Institute of Food and
522 Agriculture. n.4503, 2013, 12 p.
523
- 524 JAIN, N. C. **Schalm's veterinary haematology.** Philadelphia: 4th ed. Lea and Febiger. 1986,
525 1221 p.
526
- 527 LEHMANN, M.; VINATEA, L. Metodologia de amostragem de solo para a determinação do
528 potencial redox em viveiros de cultivo de água doce e salgada. **Boletim do Instituto de Pesca,**
529 São Paulo, v. 34, n. 1, p. 131-140, 2008.
530
- 531 LENINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. Carbohydrates. In: LENINGER, A. L.;
532 NELSON, D. L.; COX, M. M. (Ed.). **Principles of biochemistry.** 2. ed. New York: Worth,
533 1993. P. 298-323.
534
- 535 LI, X. et al. Effect of oxidation–reduction potential on performance of European sea bass
536 (*Dicentrarchus labrax*) in recirculating aquaculture systems. **Aquaculture International,**
537 Amsterdam, v. 22, n.4, p. 1263-1282, ago. 2014.
538
- 539 LONG, L. et al. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity,
540 hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis*
541 *niloticus*). **Aquaculture,** Amsterdam, v.448, n.1, p. 135-141, abr. 2015
542
- 543 MISRA, S. et al. Pre- and post-challenge immuno-haematological changes in *Labeo rohita*
544 juveniles fed gelatinised or non-gelatinised carbohydrate with n-3 PUFA. **Fish & Shellfish**
545 **Immunology,** Londres, v. 21, n. 4, p. 346-356, out. 2006.
546

- 547 MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. 1ª ed. Recife: SUDENE, DPG, PRN,
548 DPP, APR. 1992, 511 p.
549
- 550 PILLAY, T. V. R.; KUTTY, M. N. **Aquaculture principles and practices**. 2ª ed. Wiley-
551 Blackwell. 2005, 640 p.
552
- 553 RANZINI-PAIVA, M. J. T. et al. **Métodos para análise hematológica em peixes**. 2ª ed.
554 Maringá: Eduem, 2013, 140 p.
555
- 556 RAY, A. J. et al. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive
557 aquaculture systems and the effects of suspended solids management. **Aquaculture**,
558 Amsterdam, v. 310, n. 1-2, p. 130-138, dez. 2010a.
559
- 560 RAY, A. J. et al. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*)
561 production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture
562 systems. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 299, n. 1-4, p. 89-98, fev. 2010b.
563
- 564 SÁ, M. V. C. **Limnocultura**: limnologia para aquicultura. 1ª ed. Fortaleza: Edição UFC. 2012,
565 218 p.
566
- 567 SAHOO, P. K.; MUKHERJEE, S. C. Effect of dietary 1,3 β -glucan on immune responses and
568 disease resistance of healthy and aflatoxin B₁-induced immunocompromised rohu *Labeo rohita*
569 Hamilton. **Fish & Shellfish Immunology**, Londres, v.11, n. 8, p. 683-695, nov. 2001.
570
- 571 SERRA, F. P. et al. 2015. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during
572 the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture International**,
573 Amsterdam, v. 23, n. 6, p. 1325-1339, dez. 2015.
574
- 575 SIWICKI, A. K.; ANDERSON, D. P.; RUMSEY, G. L. Dietary intake of immunostimulants by
576 rainbow trout affects non-specific immunity and protection against furunculosis. **Veterinary**
577 **Immunology and Immunopathology**, v. 41, n. 1-2, p. 125-139, mai. 1994.
578

- 579 UGALDE, U. O.; CASTRILLO, J. I. **Single cell proteins from fungi and yeasts**. 2013.
580 Disponível em: <<http://sc.ehu.es/qpwugmau/principal/revugalde.PDF>>. Acesso em: mar de
581 2015.
582
- 583 VINATEA, L. A. **Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura**. 2^a ed.
584 Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina. 2004, 231 p.
585
- 586 VOLPATTI, D. et al Non specific immune response in fish fed glucan diets prior to induced
587 transportation stress. **Journal of Applied Ichthyology**, v.14, n. 3-4, p.201-206, dez. 1998.
588
- 589 WASIELESKY, W. et al. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial
590 floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*.
591 **Aquaculture**, Amsterdam, v. 258, n. 1-4, p. 396-403, ago. 2006.
592
- 593 WIDANARNI.; EKASARI, J.; MARYAM, S. Evaluation of Biofloc Technology Application
594 on Water Quality and Production Performance of Red Tilapia *Oreochromis* sp. Cultured at
595 Different Stocking Densities. **Hayati Journal of Biosciences**. v. 19, n.2, p. 73-80, 2012.
596
- 597 ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall. 1996. 662 p.
598
- 599 ZHOU, X. et al. Inhibition ability of probiotic, *Lactococcus lactis*, against *A. hydrophila* and
600 study of its immunostimulatory effect in tilapia (*Oreochromis niloticus*). **International**
601 **Journal of Engineering, Science and Technology**, v. 2, n. 7, p. 73-80, 2010.

5.2.1 - Normas da Revista Caatinga

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO CIENTÍFICO

• **Digitação:** o texto deve ser composto em programa Word (DOC ou RTF) ou compatível e os gráficos em programas compatíveis com o Windows, como Excel, e formato de imagens: Figuras (GIF) e Fotos (JPEG). Deve ter no máximo de 20 páginas, A4, digitado em espaço 1,5, fonte Times New Roman, estilo normal, tamanho doze e parágrafo recuado por 1 cm. Todas as margens deverão ter 2,5 cm. Páginas e linhas devem ser numeradas; os números de páginas devem ser colocados na margem inferior, à direita e as linhas numeradas de forma contínua. Se forem necessárias outras orientações, entre em contato com o Comitê Editorial ou consulte o último número da Revista Caatinga. As notas devem apresentar até 12 páginas, incluindo tabelas e figuras. As revisões são publicadas a convite da Revista. O manuscrito não deverá ultrapassar 2,0 MB.

• **Estrutura:** o artigo científico deverá ser organizado em título, nome do(s) autor(es), resumo, palavras-chave, título em inglês, abstract, keywords, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusão, agradecimentos (opcional), e referências.

• **Título:** deve ser escrito em maiúsculo, negrito, centralizado na página, no **máximo com 15 palavras**, não deve ter subtítulo e abreviações. Com a chamada de rodapé numérica, extraída do título, devem constar informações sobre a natureza do trabalho (se extraído de tese/dissertação) e referências às instituições colaboradoras. O nome científico deve ser indicado no título apenas se a espécie for desconhecida.

Os títulos das demais seções da estrutura (resumo, abstract, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusão, agradecimentos e referências) deverão ser escritos em letra maiúscula, negrito e justificado à esquerda.

• **Autores(es):** nomes completos (sem abreviaturas), em letra maiúscula, um após o outro, separados por vírgula e centralizados na linha. Como nota de rodapé na primeira página, indicar, para cada autor, afiliação completa (departamento, centro, instituição, cidade, país), endereço completo e e-mail do autor correspondente. Este deve ser indicado por um “*”. Só serão aceitos, no máximo, cinco autores. Caso ultrapasse esse limite, os autores precisam comprovar que a pesquisa foi desenvolvida em regiões diferentes.

Para a inserção do(s) nome(s) do(s) autor(es) e do(s) endereço(s) na **versão final do artigo** deve observar o padrão no último número da Revista Caatinga

(<http://caatinga.ufersa.edu.br/index.php/sistema>).

• **Resumo e Abstract:** no **mínimo 100** e no **máximo 250 palavras**.

• **Palavras-chave e Keywords:** em negrito, com a primeira letra maiúscula. Devem ter, no mínimo, três e, no máximo, cinco palavras, não constantes no Título/Title e separadas por ponto (consultar modelo de

artigo).

Obs. Em se tratando de artigo escrito em idioma estrangeiro (Inglês ou Espanhol), o título, resumo e palavras-chave deverão, também, constar em Português, mas com a sequência alterada, vindo primeiro no idioma estrangeiro.

Na primeira versão do artigo submetido, os nomes dos autores e a nota de rodapé com os endereços deverão ser omitidos.

• **Introdução:** no máximo, **550 palavras**, contendo citações atuais que apresentem relação com o assunto abordado na pesquisa. **Citações de autores no texto:** devem ser observadas as normas da ABNT, NBR 10520 de agosto/2002.

Ex: Com 1(um) autor, usar Torres (2008) ou (TORRES, 2008); com 2 (dois) autores, usar Torres e Marcos Filho (2002) ou (TORRES;

MARCOS FILHO, 2002); com 3 (três) autores, usar França, Del Grossi e Marques (2009) ou (FRANÇA; DEL GROSSI; MARQUES,

2009); com mais de três, usar Torres et al. (2002) ou (TORRES et al., 2002).

com orientação em “retrato”

Tabelas: Sempre . Serão numeradas consecutivamente com algarismos arábicos na parte superior. **Não usar linhas verticais.** As linhas horizontais devem ser usadas para separar o título do cabeçalho e este do conteúdo, além de uma no final da tabela. Cada dado deve ocupar uma célula distinta. Não usar negrito ou letra maiúscula no cabeçalho. Recomenda-se que as tabelas apresentem 8,2 cm de largura, não sendo superior a 17 cm (consulte o modelo de artigo), acessando a página da Revista Caatinga <http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema>.

Figuras: Sempre. Gráficos, fotografias ou desenhos levarão a denominação geral de **Figura** sucedida de numeração arábica crescente e legenda na parte inferior. Para a preparação dos gráficos deve-se utilizar “softwares” compatíveis com “Microsoft Windows”. A resolução deve ter qualidade máxima com pelo menos 300 dpi. As figuras devem apresentar 8,5 cm de largura, não sendo superior a 17 cm. A fonte empregada deve ser a Times New Roman, corpo 10 e não usar negrito na identificação dos eixos. As linhas dos eixos devem apresentar uma espessura de 1,5 mm de cor preta. A Revista Caatinga reserva-se ao direito de não aceitar tabelas e/ou figuras com ORIENTAÇÃO na forma “paisagem” ou que apresentem mais de 17 cm de largura. **Tabelas e Figuras devem ser inseridas logo após à sua primeira citação.**

• **Equações:** devem ser digitadas usando o editor de equações do Word, com a fonte Times New Roman. As equações devem receber uma numeração arábica crescente. As equações devem apresentar o seguinte padrão de tamanho: Inteiro = 12 pt Subscrito/sobrescrito = 8 pt Sub-subscrito/sobrescrito = 5 pt Símbolo = 18 pt Subsímbolo = 14 pt Estas definições são encontradas no editor de equação no Word.

• **Agradecimentos:** logo após as conclusões poderão vir os agradecimentos a pessoas ou instituições, indicando, de forma clara, as razões pelas quais os faz.

com orientação em ‘retrato’

• **Referências:** devem ser digitadas em espaço 1,5 cm e separadas entre si pelo mesmo espaço (1,5 cm). Precisam ser apresentadas em ordem alfabética de autores, Justificar (Ctrl + J) - NBR 6023 de agosto/2002 da ABNT. **UM PERCENTUAL DE 60% DO TOTAL DAS REFERÊNCIAS DEVERÁ SER ORIUNDO DE PERIÓDICOS CIENTÍFICOS INDEXADOS COM DATA DE PUBLICAÇÃO INFERIOR A 10 ANOS.**

O título do periódico não deve ser abreviado e recomenda-se um total de 20 a 30 referências. **EVITE CITAR RESUMOS E TRABALHOS APRESENTADOS E PUBLICADOS EM CONGRESSOS E SIMILARES.**

Até 3 (três) autores

Mencionam-se todos os nomes, na ordem em que aparecem na publicação, separados por ponto e vírgula.

Ex: TORRES, S. B.; PAIVA, E. P. PEDRO, A. R. Teste de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de jiló. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 0, n. 0, p. 00-00, 2010.

Acima de 3 (três) autores

Menciona-se apenas o primeiro nome, acrescentando-se a expressão **et al.** Ex: BAKKE, I. A. et al. Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (Willd.) poiret seed germination. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 3, p. 261-267, 2006.

Grau de parentesco HOLANDA NETO, J. P. **Método de enxertia em cajueiro-anão-precoce sob condições de campo em Mossoró-RN.** 1995. 26 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 1995. COSTA SOBRINHO, João da Silva. Cultura do melão. **Cuiabá:** Prefeitura de Cuiabá, 2005.

a) Artigos de Periódicos: Elementos essenciais: AUTOR. Título do artigo. **Título do periódico**, Local de publicação (cidade), n.o do volume, n.o do fascículo, páginas inicial-final, mês (abreviado), ano.

Ex: BAKKE, I. A. et al. Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (Willd.) poiret seed germination. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 3, p. 261-267, set. 2006.

b) Livros ou Folhetos, no todo: Devem ser referenciados da seguinte forma: AUTOR. **Título:** subtítulo. Edição. Local (cidade) de publicação: Editora, data. Número de páginas ou volumes. (nome e número da série) Ex: RESENDE, M. et al. **Pedologia:** base para distinção de ambientes. 2. ed. Viçosa, MG: NEPUT, 1997. 367 p.

OLIVEIRA, A. I.; LEONARDOS, O. H. **Geologia do Brasil.** 3. ed. Mossoró: ESAM, 1978. 813 p. (Coleção mossoroense, 72). **c) Livros ou Folhetos, em parte (Capítulo de Livro):** AUTOR DO CAPÍTULO. Título do capítulo. In: AUTOR DO LIVRO. **Título:** subtítulo do livro. Número de edição. Local de publicação (cidade): Editora, data. Indicação de volume, capítulo ou páginas inicial-final da parte.

Ex: BALMER, E.; PEREIRA, O. A. P. Doenças do milho. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 2, cap. 14, p. 595-634.

d) Dissertações e Teses: (somente serão permitidas citações recentes, PUBLICADAS NOS ÚLTIMOS TRÊS ANOS QUE ANTECEDEM A REDAÇÃO DO ARTIGO). Referenciam-se da seguinte maneira: AUTOR. **Título:** subtítulo. Ano de apresentação. Número de folhas ou volumes. Categoria (grau e área de concentração) - Instituição, local.

Ex: OLIVEIRA, F. N. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.)**. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia: Área de Concentração em Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011.

REGRAS DE ENTRADA DE AUTOR

MODELOS DE REFERÊNCIAS:

e) Artigos de Anais ou Resumos: (DEVEM SER EVITADOS) NOME DO CONGRESSO, n.o., ano, local de realização (cidade). Título... subtítulo. Local de publicação (cidade): Editora, data de publicação. Número de páginas ou volumes. Ex: BALLONI, A. E.; KAGEYAMA, P. Y.; CORRADINI, I. Efeito do tamanho da semente de *Eucalyptus grandis* sobre o vigor das mudas no viveiro e no campo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., 1978, Manaus. **Anais...** Manaus: UFAM, 1978. p. 41-43.

f) Literatura não publicada, mimeografada, datilografada etc.:

Ex: GURGEL, J. J. S. **Relatório anual de pesca e piscicultura do DNOCS**. Fortaleza: DNOCS, 1989. 27 p. Datilografado.

g) Literatura cuja autoria é uma ou mais pessoas jurídicas:

Ex: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:** informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

h) Literatura sem autoria expressa:

Ex: NOVAS Técnicas – Revestimento de sementes facilita o plantio. **Globo Rural**, São Paulo, v. 9, n. 107, p. 7-9, jun. 1994.

i) Documento cartográfico:

Ex: INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (São Paulo, SP). **Regiões de governo do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1994. 1 atlas. Escala 1:2.000.

J) Em meio eletrônico (CD e Internet): Os documentos /informações de acesso exclusivo por computador (on line) compõem-se dos seguintes elementos essenciais para sua referência:

AUTOR. Denominação ou título e subtítulo (se houver) do serviço ou produto, indicação de responsabilidade, endereço eletrônico entre os sinais < > precedido da expressão – Disponível em: – e a data de acesso precedida da expressão – Acesso em:.

Ex: BRASIL. Ministério da Agricultura e do abastecimento. **SNPC – Lista de Cultivares protegidas**. Disponível em: <<http://agricultura.gov.br/scpn/list/200.htm>>. Acesso em: 08 set. 2008. GUNCHO, M. R. A educação à distância e a biblioteca universitária. In: SEMINÁRIO DE BIBLIOTECAS UNIVERSITÁRIAS, 10., 1998, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Tec Treina, 1998. 1 CD-ROM.

UNIDADES E SÍMBOLOS DO SISTEMA INTERNACIONAL ADOTADOS PELA REVISTA

CAATINGA

Grandezas básicas	Unidades	Símbolos	Exemplos
Comprimento	metro	m	
Massa quilograma	quilograma	kg	
Tempo	segundo	s	
Corrente elétrica	amper	A	
Temperatura termodinâmica	Kelvin	K	
Quantidade de substância	mol	mol	
Unidades derivadas			
Velocidade	---	m s^{-1}	343 m s^{-1}
Aceleração	---	m s^{-2}	$9,8 \text{ m s}^{-2}$
Volume	Metro cúbico, litro	M^3, L^*	$1 \text{ m}^3, 1\,000 \text{ L}^*$
Frequência	Hertz	Hz	10 Hz
Massa específica	---	Kg m^{-3}	1.000 kg m^{-3}
Força	newton	N	15 N
Pressão	pascal	pa	$1,013.10^5 \text{ Pa}$
Energia	joule	J	4 J
Potência	watt	W	500 W
Calor específico	---	$\text{J (kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C)}^{-1}$	$4186 \text{ J (kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C)}^{-1}$
Calor latente	---	J kg^{-1}	$2,26.10^6 \text{ J kg}^{-1}$
Carga elétrica	coulomb	C	1 C
Potencial elétrico	volt	V	25 V
Resistência elétrica	ohm	Ω	29Ω
Intensidade de energia	Watts/metros quadrado	W m^{-2}	1.372 W m^{-2}
Concentração	Mol/metro cúbico	Mol m^{-3}	500 mol m^{-3}
Condutância elétrica	siemens	S	300 S
Condutividade elétrica	desiemens/metro	dS m^{-1}	5 dS m^{-1}
Temperatura	Grau Celsius	$^\circ\text{C}$	$25 ^\circ\text{C}$
Ângulo	Grau	$^\circ$	30°
Porcentagem	---	%	45%

Números mencionados em sequência devem ser separados por **ponto e vírgula (;)**. Ex: 2,5; 4,8; 5,3

5.3 - Artigo científico III

Artigo científico a ser encaminhado à Revista **Boletim do Instituto de Pesca**.

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

MELAÇO NO CULTIVO DE TILÁPIA COM TECNOLOGIA DE BIOFLOCO: QUALIDADE DA ÁGUA, DESEMPENHO PRODUTIVO E BEM ESTAR ANIMAL*

MOLASSES IN TILAPIA CULTURE WITH BIOFLOC TECHNOLOGY: WATER QUALITY, PRODUCTIVE PERFORMANCE AND ANIMAL WELFARE

Ugo Lima SILVA^{1,2}, Dario Rocha FALCON¹, Eudes de Souza CORREIA²

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n, José Tomé de Souza Ramos, 56909-535, Serra Talhada, PE, Brasil. E-mail: ugolimas@gmail.com, dario_falcon@yahoo.com

²Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Av. Don Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, PE, Brasil. E-mail: escorreia@uol.com.br

*Apoio financeiro: CNPq e FACEPE.

RESUMO

O presente estudo investigou o efeito da adição de melaço em diferentes relações carbono:nitrogênio (C:N) na qualidade da água, desempenho e bem estar da tilápia cultivada com tecnologia de biofoco. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com aplicação diária de melaço nas relações C:N 10:1 (10M) e 20:1 (20M), e um controle (0M), sem aplicação. Foram estocados 50 alevinos m⁻³ (73,2±2,7 g) em 12 tanques (800 L), os quais foram alimentados três vezes ao dia, a uma taxa de 2,0 a 1,3% da biomassa. Após 107 dias de cultivo, foi possível produzir 14,5±1,0 kg m⁻³ e sobrevivência de 95,9±1,4% sem diferenças significativas entre os tratamentos. O melaço pode ser utilizado como fonte de carbono para alcançar relações C:N 10 ou 20:1 no cultivo do tilápia (*O. niloticus*) com tecnologia de biofoco, demonstrando serem efetivas na manutenção das variáveis físico-químicas da água, proporcionando um bom desempenho e bem estar do animais cultivados.

Palavras-chave: *Oreochromis niloticus*, relação Carbono:Nitrogênio, heterotrófico

ABSTRACT

The present study investigated the effect of molasses addition in different carbon:nitrogen (C:N) ratio on water quality, grown performance and health of tilapia with biofloc technology. It was adopted a completely randomized design with daily application of

molasses in the C:N ratio 10:1 (10M) and 20:1 (20M), and a control (0M) without molasses. Were stocked 50 fingerlings m⁻³ (73.2 ± 2.7 g) in all 12 tanks (800 L) which they were fed three times daily at a feeding rate of 2.0 to 1.3%. After 15 culture weeks, it was possible to produce 14.5±1.0 kg m⁻³ and survival over 95.9±1.4%. Molasses can be used as a carbon source to achieve C:N ratio 10 or 20:1 in the rearing of tilapia (*O. niloticus*) with biofloc technology, proving to be effective in the maintaining water physical and chemical parameters, providing good performance and welfare of the animals.

Key words: *Oreochromis niloticus*, carbon:nitrogen ratio, heterotrophic

INTRODUÇÃO

A partir de 2005, a tilápia (*Oreochromis niloticus*) passou a ser o principal organismo aquático cultivado no Brasil, seguido do camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*), carpa comum (*Cyprinus carpio*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) (FAO, 2013). A produção aquícola brasileira cresceu em média anual de 11%, alcançando uma produção de 707.191 toneladas em 2012, com uma produção de tilápias, de 326.722 toneladas, representando 46,2% do total proveniente da aquicultura no Brasil (FAO, 2014).

Entre os sistemas de produção intensivos utilizados atualmente na aquicultura, o que vem ganhando destaque é o sistema denominado de tecnologia de bioflocos (BFT) (AVNIMELECH, 2009). Embora as pesquisas com tecnologia de bioflocos estejam em curso desde 1990 e cultivos comerciais estejam em vigor desde 2000, as questões-chave da dinâmica do meio heterotrófico ainda são pouco conhecidas (WASIELESKY *et al.*, 2006; DE SCHRYVER *et al.*, 2008; HARGREAVES, 2013).

Neste sistema adotam-se altas densidades de estocagem com pouca ou nenhuma renovação de água, utiliza-se de constantes aeração e agitação da água, propiciando a formação de uma biota predominantemente aeróbia e heterotrófica, que compõem flocos microbianos (bactérias, microalgas, protozoários, rotíferos, fezes, restos alimentares e de animais mortos, entre outros) (AVNIMELECH, 2007; DE SCHRYVER *et al.*, 2008; CRAB *et al.*, 2012).

Além de servir como alimento, os bioflocos são importantes para a manutenção da qualidade da água, pois assimilam o nitrogênio amoniacal disponível na água de cultivo, e juntamente com uma fonte de carbono ofertada (melaço, dextrose, farelos, etc), auxiliam no crescimento populacional de bactérias heterotróficas (WASIELESKY *et al.*, 2006). A escolha

da fonte de carbono orgânico utilizado na fertilização dos sistemas aquícolas baseados na tecnologia de bioflocos é importante, pois influencia a composição nutricional dos flocos microbianos e deve considerar fatores como custos, disponibilidade local e biodegradabilidade (FUGIMURA *et al.*, 2015). O melaço é um subproduto do processo de refino do açúcar (NAJAFPOUR e SHAN, 2003). Além de barato, o melaço contém minerais e vitaminas que podem ser usados como potencializadores do crescimento das bactérias (SQUIO e ARAGÃO, 2004).

As tilápias são bastante tolerantes às condições adversas e sua capacidade de utilização do bioflocos pode proporcionar vantagens econômicas, contribuindo para que o cultivo nesses sistemas seja promissor (AVNIMELECH, 2007). Os flocos microbianos possuem elevados níveis de aminoácidos e outros nutrientes essenciais em níveis satisfatórios (TACON *et al.*, 2002; BURFORD *et al.*, 2004). Contêm também vitaminas e minerais em bons níveis, sendo desnecessária a adição destes fatores de crescimento na ração (CHAMBERLAIN *et al.*, 2001).

O controle das concentrações de amônia através da manipulação entre a relação carbono orgânico e nitrogênio inorgânico (C:N) tem sido utilizado para indicar a qualidade dos substratos orgânicos de viveiros de aquicultura (AVNIMELECH, 1999; CRAB *et al.*, 2012). O carbono acaba sendo um elemento limitante para o desenvolvimento bacteriano e formação do bioflocos. Por isso, devem-se realizar aplicações periódicas de uma fonte rica em carbono (açúcar, melaço, farinhas de trigo e de mandioca, quirera de arroz, resíduos de padaria, entre outras possibilidades) (FUGIMURA *et al.*, 2015). Para aperfeiçoar a produção e, conseqüentemente, a retenção dos nutrientes na biomassa bacteriana, BURFORD *et al.* (2003) relataram que a relação C:N deve situar-se acima de 10:1. O uso do melaço numa relação C:N 15:1 foi utilizado no cultivo de tilápia por WIDANARNI *et al.* (2012). Segundo WASIELESKY *et al.* (2006), a relação C:N ideal para formação do flocos microbiano, com predomínio de bactérias heterotróficas, deve situar-se entre 14 e 30:1.

Além disso, as informações e conhecimentos sobre as variáveis hematológicas no cultivo de tilápia com tecnologia de bioflocos podem ser utilizadas como ferramentas de avaliação da sanidade e higidez do animal, assim a avaliação hematológica está se tornando gradualmente uma prática rotineira por determinar estado de saúde e bem estar do peixe (TAVARES-DIAS *et al.*, 2003; TAVARES-DIAS e MORAES, 2004; AZIM e LITTLE, 2008; LONG *et al.*, 2015).

Portanto, informações sobre uma ótima relação C:N é pré-requisito para se entender as atividades microbianas e para o desenvolvimento de um protocolo racional de fertilização de ambientes para cultivo de organismos aquáticos. Desta forma, objetivou-se avaliar a

influência da adição do melaço em diferentes relações carbono:nitrogênio (C:N) na qualidade da água do cultivo, desempenho produtivo e bem estar da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase engorda, com tecnologia de bioflocos.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e instalações do cultivo

O experimento foi realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada nas coordenadas de latitude 07°59'31" Sul, e de longitude 38°17'54" Oeste, na Mesorregião do Sertão Pernambucano. O sistema de cultivo foi composto por doze tanques de fibra de vidro com capacidade de 1000 L, abastecido com 800 L de água e recobertos com telas de proteção, sem renovação de água sob aeração constante e submetido a fotoperíodo natural.

Procedimentos e delineamento experimental

Adotou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado com três tratamentos e quatro repetições, envolvendo as relações Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 10:1 (10M); 20:1 (20M), através da adição de melaço; e um controle (0M), sem aplicação desta fonte de carbono. Os tanques nos tratamentos 10M e 20M foram abastecidos com água proveniente de cultivo de tilápia com tecnologia de bioflocos anteriores que adotavam a mesma fonte de carbono e relação C:N usado no presente estudo, enquanto que o tratamento controle ocorreu renovação de água semanal. A reposição das perdas por evaporação foram realizadas com água proveniente de poço artesiano da própria Unidade.

Nos primeiros 10 dias de cultivo, as quantidades de melaço adicionadas foram ofertadas diariamente nos tratamentos 10M e 20M, sendo calculadas com base nas relações de carbono:nitrogênio (C:N) requeridas, na quantidade de nitrogênio da ração convertida em amônia (N) e no conteúdo de carbono no melaço (%C), de acordo com Equação 1 e 2:

$$\text{Equação 1: Melaço} = [N \times (C:N)] (\%C)^{-1}.$$

$$\text{Equação 2: } N = QRação \times \%NRação \times \%NExcreção.$$

Onde, QRação é a quantidade de ração ofertada diariamente, %NRação é a quantidade de nitrogênio inserido no sistema (%Proteína bruta (6,25⁻¹)) e %NExcreção é o fluxo de amônia na água (50% do nitrogênio da ração são excretados), diretamente da excreção ou indiretamente pela degradação microbiana de resíduos de nitrogênio orgânico.

O melaço utilizado continha cerca de 22 g g⁻¹ de carbono. A quantidade adicionada em cada unidade experimental para atender as requeridas relações C:N nos tratamentos foram calculadas usando a Equação (3):

$$\text{Equação 3: Melaço} = [(Q_{\text{Ração}} \times \%N_{\text{Ração}} \times 0,5) \times (C:N)] (0,22^{-1}).$$

As equações descritas foram adaptadas de Avnimelech (1999).

Após o 10º dia de cultivo foi adicionado, semanalmente, o melaço numa proporção de 10 e 20 g de carbono para cada 1 g de nitrogênio amoniacal total na água, mantendo as relações 10 e 20:1.

Monitoramento da qualidade da água

As variáveis físico-químicas da água: temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L⁻¹), condutividade elétrica (mS cm⁻¹) e pH foram mensurados diariamente utilizando uma sonda multiparâmetro (YSI ProPlus). A transparência (cm) foi avaliada com disco de Secchi e a salinidade com o uso de refratômetro ótico. As amostras de água foram coletadas semanalmente para análises de nitrogênio amoniacal total (NAT) (mg L⁻¹ N - (NH₄+NH₃)), nitrito (mg L⁻¹ N-NO₂), nitrato (mg L⁻¹ N-NO₃), fosfato inorgânico (mg L⁻¹ P-PO₄), alcalinidade (mg L⁻¹ CaCO₃), turbidez (UNT), sólidos sedimentáveis (SS) (mL L⁻¹) e sólidos suspensos totais (SST) (g L⁻¹). O NAT, o nitrito, o nitrato, o fosfato inorgânico e a alcalinidade foram mensurados por meio de fotômetro (YSI 9500). Os SS e a turbidez foram mensurados através de cones de sedimentação de Imhoff e turbidímetro, respectivamente. As análises de SST estão de acordo com APHA (1995).

Composição centesimal dos bioflocos

O biofoco produzido ao final do período nos tanques de cultivo, assim como o melaço, foram analisados para determinação da composição centesimal de proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e matéria mineral de acordo com o protocolo da AOAC (2007).

Desempenho zootécnico dos peixes

Para o estudo, foram adquiridos alevinos de *O. niloticus* masculinizados e estocados 50 alevinos m⁻³ com peso médio inicial de 73,2±2,7 g, provenientes de uma piscicultura localizado na cidade de Paulo Afonso, BA, Brasil.

A alimentação foi constituída de ração comercial. Inicialmente utilizou-se uma ração contendo 40% de proteína bruta, posteriormente utilizou uma ração contendo 32% de

proteína bruta, fornecida três vezes ao dia (8:00, 12:00 e 16:00h), numa taxa de alimentação variando de 2,0 a 1,3% da biomassa, do início ao final do cultivo.

As biometrias foram realizadas quinzenalmente com amostras equivalentes a 20% da população de cada tanque. Para avaliar o rendimento do cultivo dos peixes submetidos aos três tratamentos, foram adotados os modelos matemáticos para as seguintes variáveis:

a) Sobrevivência (S), expressa em percentagem através da fórmula: $S = 100 \cdot (N^{\circ} \text{ inicial indivíduo} / N^{\circ} \text{ final indivíduo})^{-1}$.

b) Fator de conversão alimentar (FCA), resultado da razão entre a quantidade de alimento fornecido (em peso seco) e a biomassa líquida (em peso vivo), dada pela fórmula: $CA = \text{Quantidade de ração fornecida} / (\text{Ganho de biomassa})^{-1}$.

c) Ganho de peso diário (GPD), expresso em gramas dia^{-1} , através da diferença entre o peso médio final (Pf) e o inicial (Pi) divididos pelo tempo de cultivo em dias: $GPD = (Pf - Pi) / (\text{tempo de cultivo em dias})^{-1}$.

d) Taxa de crescimento específico (TCE), expressa em percentagem por dia, através da fórmula: $TCE = 100 \cdot (\ln Pf - \ln Pi) / (\text{dias})^{-1}$.

e) Biomassa final, expressa em quilogramas por metro cúbico.

Parâmetros hematológicos

Para a realização das análises hematológicas foram retirados seis peixes por unidade experimental ao final do período de cultivo. Os peixes foram anestesiados (óleo de cravo diluído a 5% em álcool P.A., e utilizado 1 mL L^{-1} de água) e, após completa dessensibilização, foi realizada coleta de sangue por punção da veia caudal, com seringa de 1 mL banhada com o anticoagulante EDTA a 3%.

A contagem do número de eritrócitos foi realizada pelo método do hemocítômetro em câmara de Neubauer, utilizando-se Azul de Toluidina Merck® a 0,01% diluído em solução fisiológica 0,9%. A concentração de hemoglobina foi determinada pelo método da cianometahemoglobina, utilizando-se kit Hemoglobina LabTest®. O hematócrito foi obtido utilizando-se o método do microhematócrito e a proteína plasmática utilizando refratômetro de mão. As variáveis acima apresentadas foram avaliadas utilizando-se as técnicas descritas por JAIN (1986). Foram determinados os índices hematimétricos como volume globular médio (VGM) e concentração de hemoglobina globular média (CHGM).

Os mesmos peixes foram novamente sangrados sem anticoagulante. O sangue foi centrifugado para separação do plasma e determinação da albumina, utilizando-se kit

comercial de Albumina LabTest®. A determinação dos valores de globulinas foi realizada através da diferença entre os valores da proteína plasmática total e da albumina.

Análise estatística

Os testes de normalidade de Pearson e de homocedasticidade de Cochran ao nível de significância de 5%, foram efetuados para verificar a normalidade da amostra e a homogeneidade das variâncias, respectivamente. O teste de análise de variância (Anova 1 Critério) foi executado para verificar diferenças entre os tratamentos. Quando necessário, a análise de variância foi complementada pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. As análises estão de acordo com Zar (1996) e foram processadas no software SyEAPRO v.2.

RESULTADOS

Os valores das variáveis de qualidade da água monitorados durante o cultivo de tilápia com tecnologia de biofloco com aporte de melaço em diferentes concentrações estão apresentados na Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1. Valores médios $\pm$ desvio padrão das variáveis físico-químicas da qualidade da água monitoradas no cultivo de tilápia *Oreochromis niloticus*, na fase de engorda, com tecnologia de biofloco durante 107 dias (amplitude - mínimo e máximo, entre parênteses).

Variáveis	Tratamentos		
	0M	10M	20M
Temperatura (°C)	25,5 $\pm$ 1,4 ^a (21,7 - 30,5)	24,9 $\pm$ 1,1 ^a (21,2 - 26,9)	24,9 $\pm$ 1,1 ^a (21,2 - 27,2)
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	4,9 $\pm$ 0,5 ^a (3,5 - 6,5)	5,0 $\pm$ 0,5 ^a (3,7 - 6,7)	5,0 $\pm$ 0,6 ^a (3,5 - 6,6)
pH	7,1 $\pm$ 0,3 ^a (6,2 - 8,0)	6,5 $\pm$ 0,3 ^b (6,0 - 7,3)	6,8 $\pm$ 0,3 ^{ab} (6,2 - 7,4)
Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹)	2,8 $\pm$ 0,2 ^a (2,4 - 3,7)	3,6 $\pm$ 0,2 ^b (3,2 - 4,3)	3,5 $\pm$ 0,2 ^b (3,1 - 4,1)
Transparência (cm)	22,7 $\pm$ 7,4 ^a (11,0 - 37,2)	6,0 $\pm$ 1,3 ^b (4,0 - 7,7)	5,5 $\pm$ 1,4 ^b (4,2 - 8,7)
Salinidade (‰)	1,4 $\pm$ 0,6 ^a (0,7 - 2,2)	2,7 $\pm$ 0,9 ^b (2,0 - 5,2)	2,4 $\pm$ 0,8 ^b (1,3 - 4,3)

Letras distintas na mesma linha diferem significativamente entre os tratamentos ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. 10M e 20M adição de melaço nas relações C:N de 10 e 20:1, respectivamente; 0M sem adição de melaço.

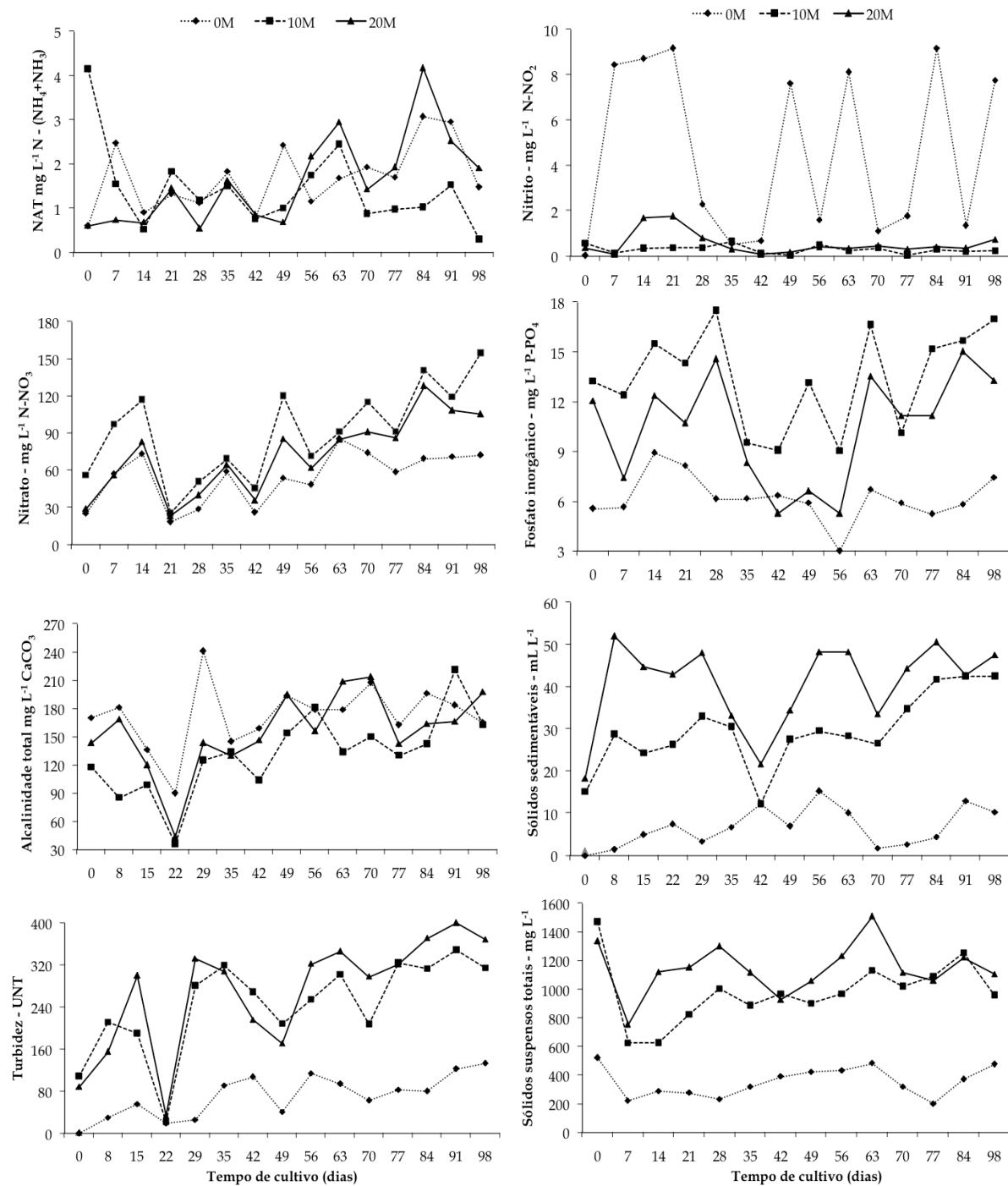


Figura 1. Variação semanal das variáveis de qualidade da água mensuradas no cultivo de *O. niloticus* durante 107 dias com tecnologia de biofilme. 10M e 20M adição de melão nas relações C:N de 10 e 20:1, respectivamente; 0M sem adição de melão.

As variáveis físico químicas da água mensuradas diariamente temperatura (25,1°C) e oxigênio dissolvido (4,9 mg L⁻¹) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 1). Durante o estudo, o pH, a salinidade, a condutividade elétrica e a transparência da água apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (P<0,05) (Tabela 1).

Dentre as variáveis monitoradas semanalmente apenas o nitrogênio amoniacal total (média de 1,6 mg L⁻¹) não foi verificada diferença significativa (P>0,05) entre os tratamentos. O uso do melaço influenciou significativamente as variáveis nitrito, nitrato, fosfato inorgânico, alcalinidade, sólidos sedimentáveis, turbidez e sólidos suspensos totais (P<0,05) (Figura 1). Os valores de nitrito foram significativamente superiores no tratamento 0M (14,9 mg L⁻¹) quando comparados aos tratamentos com uso de melaço 10M (1,0 mg L⁻¹) e 20M (1,8 mg L⁻¹).

O melaço utilizado no presente estudo apresentou em sua composição 4,5% de proteína bruta, 5,1% de extrato etéreo, 1,2% de fibra bruta e 2,3% de matéria mineral. Após 107 dias de cultivo, a análise bromatológica dos flocos microbianos estão apresentados na Tabela 2. Pode-se observar diferença nos valores de extrato etéreo e fibra bruta, entretanto não ocorreu na composição da proteína bruta e na matéria mineral entre os flocos formados em diferentes relações C:N.

Tabela 2. Composição centesimal de bioflocos produzidos após 107 dias no cultivo de tilápia fertilizados com melaço nas relações C:N 10 e 20:1.

Composição Centesimal (% MS)*	Relações C:N	
	10:1	20:1
Proteína bruta	29,9	30,3
Extrato etéreo	5,0	16,9
Fibra bruta	23,3	17,6
Matéria mineral	35,0	36,5

*Determinado.

As médias das variáveis de desempenho zootécnico da tilápia ao final dos 107 dias de cultivo com tecnologia de bioflocos estão apresentados na Tabela 3.

O uso do melaço não influenciou o desempenho zootécnico de tilápia cultivada em diferentes relações C:N. O peso final alcançado no tratamento 0M e 10M foram matematicamente superiores ao tratamento 20M, porém sem diferença significativa (P>0,05).

A sobrevivência da tilápia foi satisfatória para todos os tratamentos, sem diferença significativa ($P>0,05$) entre os mesmos. O FCA, o GPD, a TCE e a biomassa não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$) entre os tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Desempenho zootécnico (média $\pm$ desvio padrão) de tilápia *Oreochromis niloticus* na fase de engorda com tecnologia de bioflocos cultivados durante 107 dias. 10M e 20M adição de melão nas relações C:N de 10 e 20:1, respectivamente; 0M sem adição de melão.

Variáveis	Tratamentos		
	0M	10M	20M
Peso inicial (g)	76,2 $\pm$ 4,6	71,2 $\pm$ 1,3	72,1 $\pm$ 2,9
Peso final (g)	317,1 $\pm$ 16,8	314,8 $\pm$ 23,9	276,3 $\pm$ 35,7
Sobrevivência (%)	94,4 $\pm$ 4,3	96,9 $\pm$ 4,7	96,7 $\pm$ 3,8
FCA ¹	1,4 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,2
GPD ² (g dia ⁻¹)	2,2 $\pm$ 0,1	2,3 $\pm$ 0,2	1,9 $\pm$ 0,3
TCE ³ (% dia ⁻¹)	1,3 $\pm$ 1,0	1,4 $\pm$ 0,1	1,2 $\pm$ 0,1
Biomassa (Kg m ⁻³)	14,9 $\pm$ 0,8	15,3 $\pm$ 1,6	13,4 $\pm$ 2,2

¹Fator de conversão alimentar (FCA); ²Ganho de peso diário (GPD); ³Taxa de crescimento específico (TCE).

Os valores das variáveis hematológicas estão expressas na Tabela 4 e Figura 2.

Tabela 4. Valores médios $\pm$ desvio padrão de eritrócitos, hematócrito, hemoglobina, volume corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* cultivadas com tecnologia de bioflocos adotando diferentes manejo na relação C:N. 0M - sem adição de melão; 10M e 20M com adição de melão nas relações C:N de 10 e 20:1, respectivamente.

Variáveis	Tratamentos		
	0M	10M	20M
Eritrócito (10 ⁶ cél/ μ L)	2,1 $\pm$ 0,5	2,1 $\pm$ 0,4	2,0 $\pm$ 0,2
Hematócrito (%)	25,0 $\pm$ 3,3	25,0 $\pm$ 2,3	26,5 $\pm$ 3,9
Hemoglobina (g/dL)	6,7 $\pm$ 0,5	6,5 $\pm$ 0,4	7,0 $\pm$ 0,9
VCM (fl)	121,7 $\pm$ 37,3	122,1 $\pm$ 30,1	133,7 $\pm$ 23,9
CHCM (%)	27,4 $\pm$ 2,7	26,9 $\pm$ 2,9	26,8 $\pm$ 3,9

Ausência de letras nas médias não diferem significativamente entre os tratamentos ($P>0,05$). VCM = Hematócrito (n° de eritrócitos)⁻¹ x 10. CHCM = Taxa de Hemoglobina (Hematócrito)⁻¹ x 100.

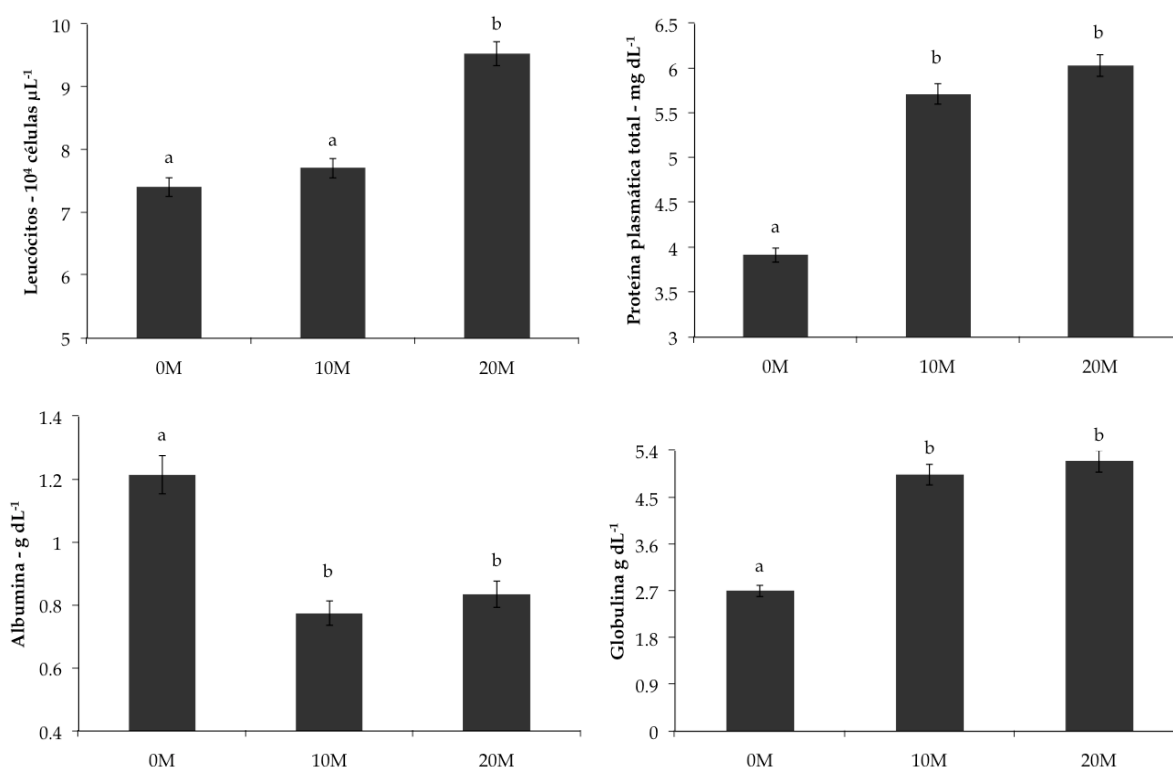


Figura 2. Valores médios de leucócitos totais (células μL^{-1}), proteína plasmática total (g dL^{-1}), albumina (g dL^{-1}) e globulina (g dL^{-1}) plasmáticos de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* cultivadas com tecnologia de bioflocos adotando relação C:N de 10:1 (10M) e 20:1 (20M) através da adição de melaço; 0M sem adição de melaço. Letras distintas entre colunas diferem-se significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

O manejo das diferentes relações C:N com uso de melaço não diferenciou significativamente os resultados de eritrócitos, hematócrito, hemoglobina, volume corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) ($P > 0,05$) (Tabela 4). O uso do melaço no tratamento 20M elevou significativamente a quantidade de leucócitos no sangue ($P < 0,05$) (Figura 2). O manejo das diferentes relações C:N com uso de melaço reduziu a concentração de albumina e aumentou as concentrações de proteína plasmática e globulina significativamente ($P < 0,05$) (Figura 2).

DISCUSSÃO

As tilápias são peixes tropicais, excelentes candidatos a tecnologia de bioflocos, com conforto térmico entre 26 e 30°C. A temperatura acima ou abaixo desta faixa pode afetar o crescimento, a conversão alimentar, a reprodução, a saúde e a tolerância ao manejo

(AVNIMELECH, 2009). Neste estudo, contudo, os valores registrados abaixo do recomendado não comprometeram o desempenho de crescimento do animal. A concentração de oxigênio dissolvido média durante o presente cultivo foi de 5 mg L⁻¹, isso foi devido a boa eficiência do sistema de aeração adotado.

AVNIMELECH (2009) relata que no cultivo de tilápia com tecnologia de biofloco, o pH da água deve ser mantido preferencialmente entre 6,0 e 8,5. Os valores significativamente inferiores de pH ($P < 0,05$) no tratamento 10M quando comparado ao tratamento 0M podem estar relacionados com as maiores taxas de respiração proporcionadas pelos microorganismos presentes neste tratamento. A redução do pH também pode estar associada ao incremento da biomassa microbiana, pois segundo EBELING *et al.* (2006), as bactérias demandam íons carbonato e bicarbonato para o seu desenvolvimento, o que pode ser observado com a redução nos níveis de pH e consequentemente redução da alcalinidade no uso da relação C:N 10:1.

Durante o cultivo, em todos os tanques foi utilizado calcário dolomítico para manutenção da alcalinidade acima de 150 mg L⁻¹ CaCO₃. O mínimo uso da água com tecnologia de biofloco nos tratamentos 10M e 20M, com reposições das perdas de água por evaporação numa região semiárida com altas taxas de evaporação, incrementaram a quantidade íons dissolvidos na água, o que elevou a condutividade elétrica, bem como a salinidade da água nos tanques com fornecimento de melaço. As constantes renovações de água no tratamento sem aporte de carbono elevaram significativamente a transparência da água pois a água de poço utilizada durante as trocas possuía baixa turbidez e isenta de sólidos.

A amônia proveniente da excreção nitrogenada dos peixes e de outros organismos aquáticos, assim como da decomposição microbiana dos resíduos orgânicos na água, pode prejudicar o desempenho, aumentar a incidência de doenças e até mesmo causar a morte direta dos peixes por intoxicação (BOYD e TUCKER, 1998). Os valores reduzidos de nitrito na água com tecnologia de biofloco corroboram com descritos por EBELING *et al.* (2006), pois espera-se que em sistemas heterotróficos quando o meio de cultivo apresenta-se maturado, ou seja, com presença de bactérias heterotróficas e nitrificantes, sejam mantidos baixos níveis de compostos nitrogenados inorgânicos, devido a conversão direta em biomassa microbiana (AZIM e LITTLE, 2008).

A assimilação de nitrogênio amoniacal pelas bactérias heterotróficas para formação dos flocos microbianos presentes no ambiente de cultivo demonstrou baixa eficiência no controle das concentrações de NAT. O controle dos níveis de amônia foi possível no tratamento 0M com as constantes renovações de água, entretanto o nitrito permaneceu com valores

flutuando conforme as trocas de água durante o estudo nesse tratamento, o que pode ter refletido também em valores baixos de nitrito e nitrato.

Em altas concentrações o nitrito torna-se tóxico aos organismos cultivados sugerindo-se valores de nitrito abaixo de 1,0 mg L⁻¹ (BOYD e TUCKER, 1998). Nos tratamentos com aporte de melão, nas relações C:N 10 e 20:1, o nitrito sempre esteve abaixo que as concentrações no tratamento 0M, isso ocorre devido atividade das bactérias nitrificantes. Apesar dos valores de nitrito no tratamento 0M estarem acima do recomendado, isso não afetou a sobrevivência e o desempenho dos animais.

O uso de diferentes fontes de carbono, tais como dextrose, farelo de arroz e melão são eficazes na formação de bioflocos, pois reduzem a concentração de amônia e, conseqüentemente, melhoram a qualidade da água. Entretanto, fontes orgânicas de carbono, como dextrose e melão, dissolvem mais rapidamente do que as fontes que se degradam lentamente, tais como farelo de arroz (SERRA *et al.*, 2015). A indução aos flocos microbianos também foi eficiente usando melão nas relações C:N 10 e 20:1 que apresentaram valores significativamente altos de sólidos suspensos e sedimentáveis. Desta forma, o mínimo uso de água nos tratamentos com oferta de melão elevou as concentrações de fosfato inorgânico e induziu a formação de sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais.

A composição nutricional do biofloco pode ser influenciada de acordo com a condição do meio ambiente, fonte de carbono aplicado, nível do sólidos suspensos, salinidade, densidade, intensidade de luz, comunidades de fitoplâncton e bactérias, e ração, bem como o tempo de formação destes agregados microbianos (EMERENCIANO *et al.*, 2013). Desta forma, as partículas de bioflocos podem variar sua composição nutricional em função do manejo da relação C:N. Os resultados deste estudo foram distintos dos resultados de AZIM e LITTLE (2008), quando cultivaram tilápia em BFT induzido com farinha de trigo, tendo apresentado valores de proteína bruta (38%), extrato etéreo (3%) e matéria mineral (12,5%), bem como dos valores de proteína bruta (40-50%), extrato etéreo (10-25%) e matéria mineral (25-30%) determinados por WIDANARNI *et al.* (2012) no cultivo de tilápia com uso de melão adotando a relação C:N 15:1. Desta forma, mais pesquisas devem se concentrar em um método para gerir a concentração ideal de biofloco e manipulação das comunidades microbianas presentes neste agregado, pois o biofloco é muito dinâmico e muda sua composição nutricional de acordo com diversos fatores.

Os resultados de desempenho zootécnico das tilápias foram satisfatórios e estão condizentes com os dados obtidos por LIMA *et al.* (2015) que avaliaram densidades de estocagem de tilápia com tecnologia de biofloco e concluíram que povoar tanques com 45

peixes m^{-3} permite atingir aproximadamente 17 kg m^{-3} e sobrevivência de 91% com peixes com 400 g, após 128 dias de cultivo, apresentando ganho de peso diário de $2,2 \text{ g dia}^{-1}$, taxa de crescimento específico de $0,9\% \text{ dia}^{-1}$ e fator de conversão alimentar de 1,6.

Segundo Avnimelech (2009), o cultivo intensivo de tilápia na presença de flocos microbianos pode alcançar uma biomassa entre 10 e 40 kg m^{-3} . Portanto os valores encontrados no presente estudo estão dentro dessa faixa, reforçando a eficiência na produção de peixes com uso desta tecnologia.

Deve-se ressaltar que durante o experimento, a reposição de água foi apenas para repor as perdas diárias, equivalente a $0,2\% \text{ dia}^{-1}$ nos tanques com tecnologia de bioflocos. A eficiência do uso da água foi satisfatória no presente estudo (133 L kg^{-1} de peixe), podendo ser reduzida à 100 L kg^{-1} como relata HARGREAVES (2013) em sistema de bioflocos. MILSTEIN *et al.* (2001) registram volumes de água de 800 L kg^{-1} de tilápia em sistema intensivo em águas verdes. Apesar do tratamento 0M apresentar bons resultados, as trocas de água elevaram o consumo de 871 L kg^{-1} de peixe produzido não condizendo com as exigências atuais de uso racional da água, principalmente em regiões com limitações de aporte de água. Desta forma, a adoção de relação C:N 10:1 e 20:1 para o cultivo de tilápia no sistema BFT é uma boa alternativa para desenvolver uma piscicultura rentável e sustentável.

Os estudos sobre hematologia de peixes são necessários para um melhor entendimento a respeito das respostas fisiológicas a um agente patogênico, bem como no auxílio do aumento da produtividade sem afetar a homeostase orgânica dos peixes frente a intensificação dos sistemas produtivos, além de tornar mais clara a importância da hematologia no enfrentamento aos agentes estressores aos quais estão expostos (RANZANI-PAIVA *et al.*, 2004; BARROS *et al.*, 2014; BARROS *et al.*, 2015). Segundo GUIMARÃES (2011), a média de eritrócitos de tilápias cultivadas em viveiro foi $2,1 \times 10^6 \text{ cél. } \mu\text{L}^{-1}$, maior que nas dos tanques-rede ($1,9 \times 10^6 \text{ cél. } \mu\text{L}^{-1}$). É possível supor que tal diferença esteja relacionada com a dinâmica ambiental de cada sistema. Os valores relatados no presente estudo condizem com valores encontrados de eritrócitos nas tilápias cultivadas em viveiros por GUIMARÃES (2011), bem como a concentração de hematócrito de 26,1%, demonstrando que o manejo das relações C:N não comprometeram o bem estar dos peixes.

Em relação ao número de leucócitos houve diferença significativa do tratamento 20M em relação aos demais tratamentos, mostrando um número maior de células sanguíneas de defesa. A quantidade de células de defesa altera de maneira dinâmica conforme o estado fisiológico do organismo e o sistema BFT pode levar os peixes ao limite tênue entre o estresse e melhora produtiva, incluindo estimulação sobre a resposta imunológica (CRAB *et al.*, 2012).

A hematologia é uma importante ferramenta para avaliação da resistência orgânica dos peixes. Ao avaliarem os efeitos da tecnologia de bioflocos sobre os parâmetros hematológicos e a resposta imunológica de tilápias nesse sistema, LONG *et al.* (2015) observaram que não houveram diferenças significativas sobre os valores de leucócitos, eritrócitos, hemoglobina ou hematócrito quando comparado ao controle, porém o BFT produziu um efeito estimulador sobre a resposta imunológica, permitindo melhorar o crescimento destes peixes. No presente estudo foram observados diferenças significativas ($P < 0,05$) nos valores de proteína plasmática total e globulinas dos tratamentos 10M e 20M em relação ao tratamento 0M, mostrando indícios do efeito estimulador no sistema imunológico dos peixes. Diversos estudos demonstram que o uso de imunoestimulantes aumenta os valores desses parâmetros (DÜGENCI *et al.*, 2003; MISRA *et al.*, 2006). Considerando o sistema BFT como imunoestimulante, novos estudos devem ser realizados com o intuito de determinar efetivamente como esse sistema influencia o sistema imunológico dos peixes.

De maneira geral para avaliar a higidez e o bem estar animal novas pesquisas em condições adversas são necessárias para elucidar e trazer um melhor entendimento das vias e de mecanismos de BFT sobre o crescimento, a qualidade da água, a hematologia e a resposta imune de animais aquáticos para a discussão da saúde e nutrição com tecnologia de bioflocos.

Em virtude da tecnologia de bioflocos ser um sistema compacto que permite aproveitar instalações já disponíveis, o local do empreendimento torna-se acessível à grandes centros consumidores e nichos específicos de mercado. Isso mostra que a região semiárida do Pajeú, na qual onde foi desenvolvido o estudo, apresenta alternativas para a expansão dessa tecnologia.

CONCLUSÃO

O melaço de cana de açúcar pode ser utilizado como fonte de carbono no cultivo com mínima renovação de água na presença de bioflocos. A adoção da relação C:N de 10:1 foi melhor, se analisar todo o conjunto de parâmetros, proporciona um bom desempenho zootécnico e o bem estar de tilápia, *O. niloticus*, cultivada com tecnologia de bioflocos, alcançando um rendimento de $14,3 \text{ kg m}^{-3}$, além de manter a qualidade de água em condições adequadas para utilização em outros cultivos.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo financiamento do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

AOAC. 2007 *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 18^a ed. AOAC, Gaithersburg, MD, USA.

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

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

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

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

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

BARROS, M.M.; FALCON, D.R.; ORSI, R.O.; PEZZATO, L.E.; FERNANDES, A.C.; GUIMARÃES, I.G.; FERNANDES, A.; PADOVANI, C.R.; SARTORI, M.M.P. 2014 Non-specific immune parameters and physiological response of Nile tilapia fed β -glucan and vitamin C for different periods and submitted to stress and bacterial challenge. *Fish & Shellfish Immunology*, 39: 188-195.

BARROS, M.M.; FALCON, D.R.; ORSI, R. O.; PEZZATO, L. E.; FERNANDES JUNIOR, A. C.; FERNANDES JUNIOR, A.; DE CARVALHO, P.L.P.F.; PAUDOVANI, C.R.; GUIMARÃES, I.G.; SARTORI, M.M.P. 2015 Immunomodulatory Effects of Dietary β -glucan and Vitamin C in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* L., Subjected to Cold-induced Stress or Bacterial Challenge. *Journal of the World Aquaculture Society*, 46: 363-380.

BOYD, C.E. and TUCKER, C.S. 1998 *Pond aquaculture water quality management*. Kluwer, Norwell, MA. 700p.

BURFORD, M.A.; THOMPSON, P.J.; McINTOSH, R.P.; BAUMAN, R.H.; PEARSON, D.C. 2003 Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 219: 393-411.

BURFORD, M.A.; THOMPSON, P.J.; BAUMAN, R.H.; PEARSON, D.C. 2004 The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensive, zero-exchange system. *Aquaculture*, 232: 525-537.

CHAMBERLAIN, G.; AVNIMELECH, Y.; MCINTOSH, R. P.; VELASCO, M. 2001 Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C:N - I: Nutrient transformation and water quality benefits. *Global Aquaculture Advocate*, 4(2): 53-56.

CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE W. 2012 Biofloc technology in aquaculture: beneficial affects and future challenges. *Aquaculture*, 35: 351-356.

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

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

EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZON, G. 2013 Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. *INTECH*, 2: 301-328.

FAO. *Fishery Information, Data and Statistics Unit*. FishStat plus: universal software for fishery statistical time series. Version 2.3. Rome, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp>. 01 Dez. 2013.

FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture - SOFIA*. 2014 Roma, Itália: FAO, 153p.

FUGIMURA, M.M.S.; FLOR, H.R.; MELO, E.P.; COSTA, T.V.; WASIELESKY JR., W.; OSHIRO, L.M.Y. 2015 Brewery residues as a source of organic carbon in *Litopenaeus schmitti* white shrimp farms with BFT systems. *Aquaculture International*, 23: 509-522.

GUIMARÃES, J.M. 2011 *Perfil hematológico de tilápias (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em pernambuco*. Recife, Pernambuco. 45f. (Dissertação de Mestrado em Ciência Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Medicina Veterinária). Disponível em: <http://200.17.137.108/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=853> Acesso em: 26 dez. 2015.

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

JAIN, N.C. 1986 *Schalm's veterinary haematology*. Philadelphia: 4th ed. Lea and Febiger. 1221p.

- 498 LIMA, E.C.R.; SOUZA, R.L.; WAMBACH, X.F.; SILVA, U.L.; CORREIA, E.S 2015 Cultivo
499 da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em sistema de bioflocos com diferentes densidades de
500 estocagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 16(4): 948-957.
- 501 LONG, L.; YANG, J.; LI, Y.; GUAN, C.; WU, F. 2015 Effect of biofloc technology on
502 growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically
503 improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 448: 135-141.
- 504 MILSTEIN, A.; AVNIMELECH, Y.; ZORAN, M.; JOSEPH, D. 2001 Growth performance of
505 hybrid bass and hybrid tilapia in conventional and active suspension intensive ponds. *The*
506 *Israeli Journal of Aquaculture*, 53: 147-157.
- 507 MISRA, S.; SAHU, N.P.; PAL, A.K.; XAVIER, B.; KUMAR, S. 2006 Pre- and post-challenge
508 immuno-haematological changes in *Labeo rohita* juveniles fed gelatinised or non-gelatinised
509 carbohydrate with n-3 PUFA. *Fish & Shellfish Immunology*, 21(4): 346-356.
- 510 NAJAFPOUR, G.D. and SHAN, C.P. 2003 Enzymatic hydrolysis of molasses. *Bioresource*
511 *Technology*, 86: 91-94.
- 512 RANZANI-PAIVA, M.J.T, ISHIKAWA, C.M.; EIRAS, A.C.; SILVEIRA, V.R. 2004 Effects of
513 an experimental challenge with *Mycobacteriu mmarinum* on the blood parameters of nile
514 tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). *Brazilian Archives of Biology and Technology*,
515 47(6): 945-953.
- 516 SERRA, F.P.; GAONA, C.A.P.; FURTADO, P.S.; POERSCH, L.H.; WASIELESKY JR., W.
517 2015 Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and
518 grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture International*, 23(6): 1325-1339.
- 519 SQUIO, C.R. e ARAGÃO, G.M.F. 2004 Estratégias de cultivo para produção dos plásticos
520 biodegradáveis poli (3-hidroxibutirato) e poli (3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato) por
521 bactérias. *Química Nova*, 27(4): 615-622.
- 522 TACON, A.G.J.; CODY, J.J.; CONQUEST, L.D.; DIVAKARAN S.; FORSTER I.P.; DECAMP
523 O.E. 2002 Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white
524 shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition*, 8: 121-137.
- 525 TAVARES-DIAS, M. e MORAES, F.R. 2004 *Hematologia de peixes teleósteos*. Ribeirão Preto,
526 Villimpress Complexo Gráfico, 144p.
- 527 TAVARES-DIAS, M.; SCHALCH, S.E.C.; MORAES, F.R. 2003. Hematological
528 characteristics of Brazilian teleosts. VII. Parameters of seven species collected in Guariba, São
529 Paulo State, Brazil. *Boletim do Institutuo de Pesca*, 29: 109-115.

- 530 WASIELESKY, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A.; BROWDY, C.L. 2006 Effect of natural
531 production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture
532 system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396-408.
- 533 WIDANARNI, EKASARI, J.; MARYAM, S. 2012 Evaluation of biofloc technology
534 application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp.
535 cultured at different stocking densities. *HAYATI Journal of Biosciences*, 19(2): 73-80.
- 536 ZAR, J.H. 1996 *Biostatistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall. 662p.

5.3.1 - Normas do Boletim do Instituto de Pesca

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

(atualizado em agosto de 2015)

As normas do Boletim do Instituto de Pesca podem sofrer alterações. Portanto, não deixe de consultá-las antes de fazer a submissão de um novo artigo ou nota.

O BOLETIM DO INSTITUTO DE PESCA (BIP), ISSN 0046-9939 (impresso) e ISSN 1678-2305 (online), site: <http://www.pesca.sp.gov.br/siteOficialBoletim.php>, está classificado atualmente no WEBQUALIS como B1 nas áreas de Engenharias I e Geografia e como B2 em: Zootecnia/Recursos Pesqueiros; Biodiversidade; Ciências Agrárias I; Ciências Ambientais; Interdisciplinar e Medicina Veterinária. Seu índice de impacto no JCR é 0,474.

Os arquivos eletrônicos contendo o original e demais documentos necessários devem ser encaminhados ao Comitê Editorial do Instituto de Pesca, pelo e-mail: ceipboletim@gmail.com. O BIP é destinado à publicação de documentos originais (artigos científicos e notas científicas), que contribuam para a ampliação do conhecimento nas áreas de pesca (tecnologia de pesca, biologia pesqueira, sociologia e economia pesqueiras), aquicultura, limnologia, ecologia aquática, tecnologia e sanidade do pescado e patologia de organismos aquáticos.

É publicado um volume por ano, com o pertinente número de fascículos. O processo de avaliação utilizado pelo Comitê Editorial do Instituto de Pesca é o sistema por pares “blind review”, ou seja, sigilo sobre a identidade, tanto dos autores quanto dos revisores, que será mantido durante todo o processo. O periódico também aceita e incentiva submissões de artigos redigidos em inglês ou espanhol. Em caso de autores não nativos de países que falem estas línguas, o artigo deverá ser revisado por um especialista que o próprio Comitê Editorial do Instituto de Pesca poderá indicar. Todo trabalho submetido ao Boletim será avaliado preliminarmente pelo Comitê Editorial e, se superar essa primeira triagem, será enviado para dois revisores especialistas na área abordada. A publicação se dará somente com a aprovação do documento pelos revisores, cabendo ao Comitê Editorial do Instituto de Pesca a decisão final do aceite. A seleção dos artigos será baseada na originalidade, qualidade e mérito científico. O Comitê Editorial tomará o cuidado para que os revisores de cada artigo sejam, obrigatoriamente, de instituições distintas daquelas de origem dos autores.

As opiniões emitidas nos trabalhos são de exclusiva responsabilidade de seus autores. O Boletim do Instituto de Pesca reserva-se o direito de realizar pequenas adaptações nos originais visando manter a uniformidade da publicação.

Tipos de documentos publicáveis no BIP

Artigo Científico Trabalho resultante de pesquisa científica, apresentando dados originais obtidos de forma planejada, com base em métodos cientificamente aceitos, rigorosamente controlados e com planejamento estatístico adequado, que possam ser replicados e generalizados. A discussão deve ser criteriosa, com base científica sólida; não deve se limitar a comparações dos resultados com a literatura,

mas apresentar inferências, hipóteses e argumentação sobre o que foi estudado.

Nota Científica Comunicação curta de fato inédito resultante de pesquisa científica, cuja divulgação imediata se justifica, mas com informações insuficientes para constituir um artigo científico. Incluem-se nesta categoria a descrição de uma técnica, o registro da descoberta de uma nova espécie, observações e levantamentos de resultados de experimentos que não podem ser repetidos, e outras situações únicas. Deve ter o mesmo rigor de um Artigo Científico e conter os elementos necessários para avaliação dos argumentos apresentados.

PROCEDIMENTOS EDITORIAIS

Custo de publicação O custo é de R\$ 40,00 (quarenta reais) por página final editorada para publicação. No ato da submissão é requerido um depósito de R\$ 100,00 (cem reais) não reembolsáveis, mas deduzido do custo final dos artigos aprovados.

Os depósitos ou transferências deverão ser efetuados em nome da FUNDAG, no Banco do Brasil: agência 3360-X – conta corrente 4200-5, código de identificação do depósito: 1161. O comprovante de depósito ou transferência deve ser enviado para o e-mail do Comitê Editorial (ceipboletim@gmail.com), junto com o original submetido.

Submissão de trabalho O trabalho deverá ser enviado via e-mail, devidamente identificado, em arquivo do WORD. Em trabalhos que envolvam a manipulação de vertebrados deve ser encaminhado um atestado de que a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Biossegurança da instituição de origem da pesquisa. Após a aprovação do trabalho, deverá ser encaminhado ao Comitê Editorial o documento Cessão de Direitos Autorais e Autorização para Publicação em Meio Eletrônico, contendo apenas a assinatura do autor responsável pela submissão do trabalho, e cujo modelo está em: <http://www.pesca.sp.gov.br/siteOficialBoletim.php>.

Avaliação do trabalho

1. O trabalho submetido será em primeira instância avaliado pelo Comitê Editorial. 2. Após aprovação preliminar pelo Comitê Editorial, e segundo a ordem cronológica de recebimento, o trabalho será enviado a no mínimo dois revisores de reconhecida competência no assunto abordado. Em seguida, se necessário, retornará ao(s) autor(es) para modificações/correções. O retorno do texto poderá ocorrer mais de uma vez, se assim o(s) revisor(es) solicitar(em). 3. O trabalho será aceito para publicação se tiver dois pareceres favoráveis, ou rejeitado quando pelo menos dois pareceres forem desfavoráveis. No caso de pareceres contraditórios entre os revisores, o trabalho será enviado a um terceiro revisor. 4. O trabalho aceito retornará ao(s) autor(es) para ultimar eventuais alterações propostas e realizar rigorosa revisão, antes que o documento seja submetido ao processo de editoração e formatação ao estilo do Boletim. O prazo para devolução dessa versão final revisada será de sete dias.

ATENÇÃO: se o trabalho for rejeitado na avaliação prévia do Comitê Editorial (por inadequação às normas do BIP, por não se enquadrar no escopo temático da revista, por problemas redacionais [impropriedades linguísticas, morfológicas ou sintáticas] ou por falta de qualidade técnica) ou na avaliação final dos revisores “ad hoc”, o depósito não será devolvido, nem poderá ser reutilizado para

outras submissões dos autores.

Disposições finais

Casos omissos serão avaliados pelo Comitê Editorial do Instituto de Pesca.

FORMATAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Instruções gerais

O trabalho deve ser digitado no editor de texto Microsoft Word, de acordo com a seguinte formatação: fonte Book Antiqua, tamanho 11; espaçamento entre linhas: 1,5; tamanho da página: A4; margens esquerda e direita: 2,5 cm; margens superior e inferior: 3,0 cm; número máximo de páginas, incluindo Figura(s) e/ou Tabela(s) e Referências: Artigo Científico: até 25 páginas; Nota Científica: até 15 páginas. As linhas devem ser numeradas sequencialmente, da primeira à última página. As páginas também devem ser numeradas.

Estrutura de Artigo Científico

A estrutura para o Artigo Científico é a seguinte: Título, Autor(es), Endereços institucionais (completos) e eletrônicos, Resumo, Palavras-chave, Título em inglês, Abstract, Key words, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões, Agradecimentos (opcional), Referências.

O Título, o Resumo e as Palavras-chave devem ser traduzidos para o inglês, no caso de artigos redigidos em português ou espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês ou espanhol. Os termos: Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões, Agradecimentos e Referências devem ser alinhados à esquerda e grafados em letras maiúsculas e em negrito.

TÍTULO

Deve ser claro e conciso (não deve se estender por mais do que duas linhas ou dez palavras), redigido em português e inglês ou, se for o caso, em espanhol, inglês e português. Deve ser grafado em letras maiúsculas e centralizado na página. No caso de trabalho desenvolvido com auxílio financeiro, informar na primeira página qual o agente financiador, indicado com asterisco, também apostado ao final do título. Recomenda-se que não seja inserido o nome científico da espécie e a referência ao seu descritor, a não ser que seja imprescindível (no caso de espécies pouco conhecidas).

NOME DO(S) AUTOR(ES)

Deve(m) ser apresentado(s) completo(s) e na ordem direta (prenome e sobrenome), com apenas o sobrenome pelo qual o(s) autor(es) deve(m) ser identificado(s) em caixa alta. A filiação do(s) autor(es), bem como um endereço completo para correspondência e um e-mail deverão ser colocados na primeira página, logo após o nome dos autores, sendo identificado(s) por números arábicos, separados por vírgula quando necessário. Obs: Não serão aceitos trabalhos com mais de seis autores

RESUMO e Palavras-chave

O Resumo deve conter concisamente os objetivos, a metodologia, os resultados obtidos e as conclusões, utilizando no máximo 150 (cento e cinquenta) palavras. Deve ser redigido de forma que o leitor se interesse pela leitura do trabalho na íntegra. Palavras-chave: no mínimo três (3) e no máximo seis (6), redigidas em letras minúsculas e separadas por ponto e vírgula. Não devem repetir palavras que constem

do Título e devem identificar o assunto tratado, permitindo que o artigo seja encontrado no sistema eletrônico de busca.

ABSTRACT e Key words

Devem ser estritamente fiéis ao Resumo e Palavras-chave.

INTRODUÇÃO

Deve ocupar, preferencialmente, no máximo duas páginas, apresentando o problema científico a ser solucionado e sua importância (justificativa para a realização do trabalho), bem como a evolução/situação atual do assunto pesquisado. O último parágrafo deve expressar o objetivo, sendo coerente com o que consta no Resumo.

MATERIAL E MÉTODOS

Deve descrever sucintamente toda a metodologia utilizada, organizada de preferência na ordem de aplicação e de modo que o experimento possa ser reproduzido. Este item pode variar de acordo com a natureza temática do documento, mas em geral deve conter a descrição do procedimento amostral local, frequência, período, instrumento e métodos, outras variáveis relevantes ou o delineamento do experimento, a descrição dos tratamentos e das variáveis, o número de repetições e as características da unidade experimental. Deve informar sobre procedimentos estatísticos e transformações de dados. Deve-se evitar detalhes supérfluos, extensas descrições de técnicas de uso corrente e a utilização de abreviaturas não usuais.

RESULTADOS

Os Resultados devem ser apresentados em separado da Discussão. E isto pode ser feito textualmente ou sob a forma de Tabelas e/ou Figuras. Dados apresentados em Tabelas ou Figuras não devem ser repetidos sistematicamente no texto.

Tabelas: Devem ser numeradas com algarismos arábicos e encabeçadas pelo Título (autoexplicativo). Recomenda-se que os dados apresentados em tabelas não sejam repetidos em gráficos, a não ser quando absolutamente necessário. As tabelas devem ter, no máximo, 16 cm de largura. Deve-se evitar, sempre que possível, tabelas em formato “paisagem”. Abreviaturas também devem ser evitadas, a não ser para unidades de medida. Se necessárias, porém, devem ter seu significado indicado em legenda sob a tabela.

Figuras (gráficos, desenhos, mapas ou fotos): Devem ter, no máximo, 16 cm de largura e 21 cm de altura, ser numeradas com algarismos arábicos, com título autoexplicativo logo abaixo. Palavras em gráficos e mapas devem estar em fonte legível. Recomenda-se não inserir gráficos, mapas ou fotos em tabelas ou quadros. Os gráficos não devem ter linhas de grade nem margens. Tabelas e Figuras devem ser inseridas no item mais apropriado no transcorrer do texto. Os originais de desenhos, mapas e fotos devem ser enviados em arquivos distintos, preferencialmente em formato digital “tif” ou “jpeg”, e permitir redução para 16 cm ou 7,5 cm de largura sem perda de definição.

DISCUSSÃO

A Discussão deve ser elaborada e não apenas uma comparação dos dados obtidos com os disponíveis em literatura. Deve focar e demonstrar as principais ideias e contribuições trazidas pelo trabalho, bem como

comentar se há necessidade de novas pesquisas ou sobre eventuais limitações encontradas. Evitar repetir números já constantes dos resultados. A Discussão deve conter hipóteses e/ou comentários objetivos sobre os resultados, discutidos à luz de observações constantes da literatura especializada.

CONCLUSÃO

A Conclusão deve ser clara, concisa e responder ao objetivo do estudo. Deve, idealmente, ser capaz de propor uma solução (ou caminho de solução) para a demanda/problema, com base nos resultados obtidos.

AGRADECIMENTOS (opcional) Devem ser sucintos, dirigidos a Instituição ou pessoa que tenha efetivamente colaborado para a realização do trabalho. De preferência, não deve ultrapassar cinco linhas.

Estrutura de Nota Científica

A Nota Científica deve seguir ordenação similar à de um Artigo Científico, contendo Título, Autor, Endereços institucional e eletrônico, Resumo, Palavras-chave, Título em inglês, Abstract, Key words, Introdução, Material e Métodos, Resultado(s) e, eventualmente, Discussão, Agradecimento(s) (opcional) e Referências. Resultados e Discussão, neste caso, podem ser apresentados como item único.

A formatação segue o mesmo padrão, mas com no máximo 15 páginas (incluindo Tabelas e Figuras).

Obs: Não serão aceitos trabalhos com mais de seis autores

REFERÊNCIAS (normas para TODOS os tipos de publicação)

Devem ser apresentadas em ordem alfabética do sobrenome dos autores, sem numeração. Devem conter os nomes de todos os autores, ano de publicação, o título do artigo (por extenso) e do periódico (também por extenso), número do volume e/ou edição e número e/ou intervalo de páginas. A exatidão e adequação das referências a trabalhos que tenham sido citados no texto são de responsabilidade do autor. Dissertações e teses devem ser evitadas como referências. Porém, aceita-se quando absolutamente necessárias, mas devem estar disponíveis on-line. Trabalhos de conclusão de graduação e resumos apresentados em congressos não são referências válidas. Observação: inadequações nas referências também acarretarão a recusa do trabalho e a não devolução da taxa de submissão.

Como fazer citações no texto

Usar o sistema autor/data, ou seja, o sobrenome do autor em letras maiúsculas e o ano em que a obra foi publicada. Exemplos: * para um autor: “MIGHELL (1975) observou...”; “Segundo AZEVEDO (1965), a piracema...”; “Estas afirmações foram confirmadas em trabalhos posteriores (WAKAMATSU, 1973)”.

* para dois autores: “RICHTER e EFANOV (1976) pesquisando...” Se o artigo que está sendo submetido estiver redigido em português, utilizar “e” ligando os sobrenomes dos autores. Se estiver redigido em inglês utilizar “and” (RICHTER and EFANOV, 1976), se em espanhol, utilizar “y” (RICHTER y EFANOV, 1976).

* para três ou mais autores: o sobrenome do primeiro autor deve ser seguido da expressão “et al.” (grafada em itálico). Exemplo: “SOARES et al. (1978) constataram...” ou “Tal fato foi constatado na África (SOARES et al., 1978).” * para o mesmo autor, em documentos de anos diferentes, respeitar a ordem cronológica, separando os anos por vírgula. Exemplo: “De acordo com SILVA (1980, 1985)...”

* para citação de vários autores sequencialmente, respeitar a ordem cronológica do ano de publicação e

separá-los por ponto e vírgula. Exemplo: “...nos viveiros comerciais (SILVA, 1980; FERREIRA, 1999; GIAMAS e BARBIERI, 2002)....” * quando for ABSOLUTAMENTE necessário se referir a um autor, ainda que não em razão de uma consulta direta ao trabalho por ele publicado, o nome desse autor deve ser citado em letras minúsculas apenas no texto, indicando-se logo a seguir, entre vírgulas e precedido da palavra latina apud, o nome do autor e ano do trabalho efetivamente consultado no qual aparece a referência ao autor não diretamente lido.

Ex.: “Segundo Gulland, apud SANTOS (1978), os coeficientes...”.

Como fazer citações na listagem de REFERÊNCIAS

1. DE DOCUMENTOS IMPRESSOS # Artigos científicos são listados como segue: * para dois autores, relacionar o documento referido no texto pelo sobrenome dos autores em letras maiúsculas, cada qual seguido das iniciais dos prenomes (separadas por ponto e sem espaço), conectados por “e”, “and” ou “y”, se o texto submetido for redigido em português, inglês ou espanhol, respectivamente. Exemplo: IRSHADULLAH, M. e MUSTAFA, Y. 2012 Pathology induced by Pomporhynchus kashmiriensis (Acanthocephala) in the alimentary canal of naturally infected Chirruh snow trout, Schizothorax esocinus (Heckel). Helminthology, 49: 11-15. * Para mais de dois autores, os nomes devem ser ordenados como citado acima, mas separados por ponto e vírgula. Exemplo: SQUADRONE, S.; PREARO, M.; BRIZIO, P.; GAVINELLI, S.; PELLEGRINO, M.; SCANZIO, T.; GUARISE, S.; BENEDETTO, A.; ABETE, M.C. 2013 Heavy metals distribution in muscle, liver, kidney and gill of European catfish (Silurus glanis) from Italian rivers. Chemosphere, 90: 358-365. As referências devem ser ordenadas alfabeticamente pelo sobrenome do autor principal. Havendo mais de uma obra com o mesmo sobrenome, considera-se a ordem cronológica e, persistindo a coincidência, a ordem alfabética do terceiro elemento da referência. Recordando, após o nome dos autores, inserir o ano da publicação, o título do artigo, o título do periódico (em itálico; e que, repetindo, NÃO DEVE SER ABREVIADO), o volume (também em itálico), o fascículo e o número/intervalo de páginas.

A citação de dissertação e tese, tipos de documentos que se pode utilizar apenas quando ABSOLUTAMENTE necessário e se estiver disponível on line, deve ser feita como segue: BERNADOCHI, L.C. 2012 Captação de sementes em coletores artificiais e cultivo da ostra perliífera Pinctada imbricata (Mollusca: Pteriidae), São Paulo, Brasil. São Paulo. 75f. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesca, APTA). Disponível em: <<http://www.pesca.sp.gov.br/dissertacoes.pg.php>> Acesso em: 22 ago. 2014.

Para livro, também utilizado apenas quando ABSOLUTAMENTE necessário, a citação deve ser: GOMES, F.P. 1978 Curso de estatística experimental. 8a ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 430p.

ENGLE, R.F. e GRANGER, C.W.J. 1991 Long-run economic relationship: readings in cointegration. New York: Oxford University Press. 301p. NEW, M.B.; VALENTI, W.C.; TIDWELL, J.H.; D’ABRAMO, L.R.; KUTTY, M.N. Freshwater prawns: biology and farming. Wiley-Blackwell, Oxford. 544 p.

Capítulo de livro ou publicação em obra coletiva, cita-se: MORAES-VALENTI, P. e VALENTI, W.C. 2010 Culture of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C.; TIDWELL, J.H.; D'ABRAMO, L.R.; KUTTY, M.N. Freshwater prawns: biology and farming. Wiley- Blackwell, Oxford. p. 485-501.

Leis, Decretos, Instruções Normativas e Portarias são incluídas na listagem como segue: BRASIL, 1988 CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Diário Oficial da União, Brasília, 05 de outubro de 1988, no. 191-A, Seção 1, p. 1.

BRASIL, 2000 LEI no. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o Art. 225, § 1o., incisos I, II, III, e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 19 de julho de 2000, no. 138, Seção 1: p. 45.

BRASIL, 1990 DECRETO no. 98.897, de 30 de janeiro de 1990. Dispõe sobre as reservas extrativistas e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 31 de janeiro de 1990, no. 22, Seção 1, p. 2.

BRASIL, 2007 INSTRUÇÃO NORMATIVA no. 02, de 18 de setembro de 2007. Disciplina as diretrizes, normas e procedimentos para formação e funcionamento do Conselho Deliberativo de Reserva Extrativista e de Reserva de Desenvolvimento Sustentável. Diário Oficial da União, 20 de setembro de 2007, no. 182, Seção 1, p. 102. ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2010b PORTARIA no. 77, de 27 de agosto de 2010. Cria o Conselho Deliberativo da Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo/RJ. Diário Oficial da União, Brasília, 01 de setembro de 2010, no. 168, Seção 1: p. 69.

2. DE MEIOS ELETRÔNICOS (periódicos publicados exclusivamente on line; documentos consultados online e em CD-ROM) Exemplos: LAM, M.E. e PAULY. D. 2010 Who is right to fish? Evolving a social contract for ethical fisheries. Ecology and Society, 15(3):16.[online] URL: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss3/art16/>>

CASTRO, P.M.G. (sem data, on line) A pesca de recursos demersais e suas transformações temporais. Disponível em: <<http://www.pesca.sp.gov.br/textos.php>> Acesso em: 3 set. 2014. TOLEDO PIZA, A.R.; LOBÃO, V.L.; FAHL, W.O. 2003 Crescimento de *Achatina fulica* (gigante africano) (Mollusca: Gastropoda) em função da densidade de estocagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 55., Recife, 14-18 jul./2003. Anais... Recife: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. 1 CD-ROM.

INSTRUÇÕES COMPLEMENTARES

1. Fórmula, expressão e equação matemática

Se não apresentar caracteres especiais, pode ser inserida no texto. Exemplo: Ganho de peso = peso final – peso inicial. Caso possua caracteres especiais, deve ser grafada em linha isolada. 2. Unidade de medida Deve ser apresentada segundo o Sistema Internacional de Unidades (SI). Exemplo: 10 m²; 100 peixes m⁻¹; 20 t ha⁻¹.

3. Número de casas decimais

Deve ser padronizado para todo o texto. Por exemplo, grafado o comprimento dos exemplares amostrados

com uma casa decimal, em todo o texto os valores referentes a esse parâmetro devem ser grafados com uma casa decimal.

4. Anexo e apêndice

Devem ser incluídos apenas quando imprescindíveis à compreensão do trabalho. Caberá aos Revisores e Editores julgar a oportunidade de sua publicação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os melhores resultados na indução dos flocos microbianos para o desenvolvimento da tecnologia de bioflocos durante a alevinagem de tilápia foram observados com a inclusão de melão e açúcar como fonte de carbono na relação C:N 10:1 ou 20:1 e, que a estabilização do ambiente de cultivo iniciou-se a partir da 6ª semana.

O desenvolvimento de BTF através da indução ao meio heterotrófico no meio de cultivo provoca constantes oscilações nas variáveis de qualidade da água ao longo do cultivo, que podem prejudicar o desempenho de alevinos de tilápia.

As fontes de carbono orgânica aportadas não influenciaram as variáveis físico-químicas da qualidade de água do cultivo, como também o desempenho zootécnico e bem estar da tilápia durante a fase de engorda com tecnologia de bioflocos.

A tecnologia de bioflocos para a produção de tilápia oferece uma alternativa aos aquicultores brasileiros, atendendo às exigências de preservação de recursos naturais, uma vez que é possível alcançar produtividade da ordem de 15 kg/m³.

O melão de cana de açúcar pode ser utilizado como fonte de carbono no cultivo com mínima renovação de água na presença de bioflocos. A adoção da relação C:N de 10:1 ou 20:1 foi melhor, se analisar todo o conjunto de parâmetros e a eficiência no uso de água, proporciona um bom desempenho zootécnico e o bem estar de tilápia cultivada com tecnologia de bioflocos.