

UFRRJ
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

TESE

**Desempenho zootécnico de juvenis de camarão de
água doce *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de
bioflocos**

Emanuela Paula Melo

2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

Desempenho zootécnico de juvenis de camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos

EMANUELA PAULA MELO

Sob a Orientação da Professora

Lidia Miyako Yoshii Oshiro

e Co-orientação do Professor e Pesquisador

Marcelo Maia Pereira

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal.

Seropédica, RJ
Setembro de 2018

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M528d Melo, Emanuela Paula , 1983-
Desempenho zootécnico de juvenis de camarão de
água doce *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de
bioflocos / Emanuela Paula Melo. - 2018.
106 f.: il.

Orientadora: Lidia Miyako Yoshii Oshiro.
Coorientador: Marcelo Maia Pereira.
Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,
2018.

1. Melação de Cana-de- Açúcar. 2. Resíduo de
Cervejaria. 3. Sistema Heterotrófico. I. Oshiro, Lidia
Miyako Yoshii , 1955-, orient. II. Pereira, Marcelo
Maia , 1982-, coorient. III Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia. IV. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

EMANUELA PAULA MELO

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Produção Animal.

TESE APROVADA EM 28/09/2018



Lidia Miyako Yoshii Oshiro. Dr^a. UFRRJ
(Presidente)



Leonardo Rocha Vidal Ramos. Dr. UFRRJ



Karina Annes Keunecke. Dr^a UFRRJ



Alejandra Filippo Gonzalez Neves dos Santos. Dr^a UFF



Róberson Sakabe Dr. UFF

Dedico aos meus queridos pais, Verônica e Manoel e aos meus irmãos por todo incentivo e confiança. Ao meu querido e amado esposo Luis Paulo, por toda dedicação, carinho, amor e por sempre acreditar em mim. Amo vocês!!!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus**, por ter me dado discernimento e sabedoria para continuar seguindo em frente.

A minha orientadora **Dra. Lidia Miyako Yoshii Oshiro**, pela amizade, incentivo, confiança e orientação desde a época de graduação. Por ter me orientado mesmo aposentada. Obrigada por tudo!

Aos meus amados pais, **Manoel e Verônica**, pelos seus ensinamentos e por sempre me mostrarem que o caminho dos estudos era o mais correto. Amo vocês!

As minhas irmãs, **Daniela e Rafaela**, pelos momentos felizes durante as férias e pelas nossas conversas alegres e divertidas. Amo vocês!

A minha amiga, **Graciane** sempre tão divertida e alegre, obrigada por está sempre por perto, mesmo longe!

A minha amiga **Carol**, que mesmo com um bebê de colo ficou quase um mês na EBM me ajudando e fazendo companhia.

Ao meu esposo, **Luis Paulo**, pela compressão, dedicação, amor e conforto nas horas difíceis. Por sempre está disposto a ajudar na execução dos experimentos, muitos dos seus finais de semanas foram comigo na EBM. Você foi uma peça fundamental na construção desse trabalho, sem você talvez não conseguisse chegar até o fim. Eu te amo infinitamente!

Aos meus amigos, **Dr Tiago Viana da Costa** e **Dra. Michelle Midori Senna Fugimura**, mesmo longe nunca me esqueceram, obrigada pelas palavras de incentivo e conversas prazerosas.

A minha amiga, **Msc. Helaine dos Reis Flor** e seu marido **Leonardo**. A **Flor** mesmo grávida do pequeno João, a cada quinze dias vinha à EBM me auxiliar nas biometrias. Obrigada Flor e Leo pelo apoio e companhia!

Aos estagiários, **Lorena, Mariana, Germano e André**, graduandos em zootecnia, mesmo por pouco tempo contribuíram muito para a realização do experimento.

A **Dona Cristiane** e seu **Josequias** pela amizade, compreensão e contribuição antes e durante a execução dos experimentos. Obrigada por tudo!

Ao **Sr. Casemiro** pela amizade, construção e manutenção das instalações da EBM. Pela colaboração nas horas difíceis.

Aos Pesquisadores da **FIPERJ (RJ)**, **Luzia Triani** e **Giselle Eler Amorim Dias** pelo auxílio nas análises microbiológicas e bromatológicas do bioflocos.

Ao meu co-orientador **Dr Marcelo Maia Pereira** pela colaboração nas análises estatísticas.

A **Capes** pela Bolsa concedida e ao **Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**.

Aos amigos, de longe e aos de perto que sempre entenderam a minha ausência.

A todos, que direta e indiretamente contribuíram na execução desse trabalho.

Muito obrigada a todos!!

A persistência é o caminho do êxito.
Charles Chaplin

RESUMO GERAL

MELO, Emanuela Paula Melo. **Desempenho zootécnico de juvenis de camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos**. 2018. 106f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

A tecnologia de bioflocos surgiu como alternativa para promover uma aquicultura ambientalmente amigável e sustentável, melhorando a qualidade de água e os índices de produção. Diversos estudos já foram realizados com camarões peneídeos criados em bioflocos, entretanto estudos com o camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* são escassos. Portanto, o objetivo geral desse estudo foi avaliar o desempenho zootécnico de juvenis do camarão de água doce *M. rosenbergii* no sistema de bioflocos e obter informações, que possibilitem aprimorar as técnicas para a produção comercial dessa espécie em sistema heterotrófico. Assim, foram realizados três experimentos na Estação de Biologia Marinha da UFRRJ, Mangaratiba, RJ (EBM). Os juvenis de *M. rosenbergii* foram adquiridos da Fazenda Santa Helena em Silva Jardim, RJ, trazidos para EBM e aclimatados durante 7 dias em tanques com água doce tratada, sob aeração contínua e alimentados com dieta comercial de 35% PB. No primeiro experimento foi avaliada a influência das densidades de estocagem (150 e 250 m²) e de fontes de carbono orgânico (melaço de cana-de-açúcar, resíduo de cervejaria) no desempenho dos juvenis *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos, durante um período 43 dias. Os resultados demonstraram que é possível estocar os animais em densidades de 150 m² e utilizar o resíduo de cervejaria como fonte de carbono orgânico para melhorar a qualidade de água e os índices zootécnicos. No segundo experimento foram avaliadas três diferentes dietas comerciais (30, 35 e 40% PB) na alimentação do *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos, afim de verificar a possibilidade da utilização de rações com menores níveis de proteína bruta na dieta dos juvenis, ao longo de 44 dias. Os resultados demonstraram a possibilidade de reduzir o nível proteico da dieta comercial do camarão *Macrobrachium rosenbergii* de 40 para 30% PB em sistema de bioflocos, entretanto são necessários mais estudos quanto ao monitoramento da qualidade da água, para melhorar os índices de produção. Já, no terceiro experimento foi avaliado o efeito do uso de substratos artificiais em associação com o cultivo do *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos, durante 44 dias. A adição de substratos artificiais em sistema de bioflocos não melhoraram o processo de nitrificação da água e composição centesimal do tecido do camarão *M. rosenbergii*. A degradação da qualidade de água e os elevados níveis de sólidos suspensos totais no sistema de bioflocos na presença de substratos artificiais, não permitiram melhoria na sobrevivência e conversão alimentar do camarão, quando comparado aos sistemas de água clara, sistemas de água clara na presença de substratos artificiais e sistemas de bioflocos.

Palavras-chave: Melaço de Cana-de-Açúcar. Resíduo de Cervejaria. Sistema Heterotrófico.

GENERAL ABSTRACT

MELO, Emanuela Paula Melo. **Zootechnical performance of juvenile freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* in biofloc system**. 2018. 106f. Thesis (Doctorate in Animal Science. Animal Science Institute, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2018.

Biofloc technology has become available as an alternative to promote a sustainable and environmentally friendly aquaculture, thus improving water quality and production indexes. Several studies have been performed with focus on penaeidae shrimp rearing in biofloc systems, however, few studies are focused on the freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii*. Therefore, the general aim of this study is to assess the zootechnical performance of juvenile freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* in biofloc system and collect information, that makes possible to improve commercial production technics on this species in heterotrophic systems. In order to achieve that, three experiments were performed at the Marine Biological Station of Federal University of Rio de Janeiro, Mangaratiba, RJ (MBS). The juveniles of *M. rosenbergii* were purchased from Farm Santa Helena, located in Silva Jardim, Rio de Janeiro, then, the juveniles were brought to the MBS and acclimated for 7 days in cisterns with treated freshwater, under continuous aeration and fed with commercial diets of 35% CP. In the first experiment the influences of stocking densities (150 e 250 m²), and sources of organic carbon (sugarcane molasses, brewery residue) were assessed regarding the performance of *M. rosenbergii* juveniles in biofloc systems, during a period of 43 days. The results demonstrate that it is possible to stock the animals in densities of 150m² and use brewery residue as a source of organic carbon in order to improve water quality and zootechnical performance. In the second experiment, three commercial diets were evaluated (30, 35 e 40% CP) for feeding *M. rosenbergii* in biofloc systems, during 44 days, in order assess the possibility of using food with lower crude protein levels in the diets of juveniles. Results demonstrate that it is possible to reduce protein levels in commercial diets of *Macrobrachium rosenbergii* prawns from 40 to 30% CP in biofloc systems, however, further studies are needed regarding water quality monitoring, to improve the productivity indexes. In the third experiment, the effect of using artificial substrate for the rearing of *M. rosenbergii* in biofloc systems was assessed for 44 days. The addition of artificial substrate in biofloc systems do not improve the process of water nitrification and centesimal composition of the tissue of prawn *M. rosenbergii*. The decrease in water quality and the high levels of total suspended solids in biofloc systems with artificial substrates, do not improve survival and feed conversion of prawns, when compared with clear water systems, clear-water systems with artificial substrate, and biofloc systems.

Key words: Sugarcane Molasses. Brewery Residue. Heterotrophic Systems.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1. Ciclo do nitrogênio em flocos microbianos. A adição de fonte de carbono orgânico juntamente com os compostos nitrogenados é convertida em floco microbiano, que podem ser consumidos pelos animais cultivados.....19

Figura 2. Ciclo do nitrogênio em cultivos tradicionais com adição de substratos artificiais para o crescimento do perifíton ou biofilme.....22

CAPÍTULO I: INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM E FONTES DE CARBONO ORGÂNICO NO CULTIVO DO CAMARÃO DE ÁGUA DOCE *Macrobrachium rosenbergii* NO SISTEMA DE BIOFLOCOS

Figura 1. Sistema de recirculação utilizado durante os 43 dias de estudo.....37

Figura 2. Juvenil de *Macrobrachium rosenbergii* utilizado no estudo.....38

Figura 3. Sólidos Sedimentados no cone Inhoff (mL L^{-1}) dos tanques macrocosmos fertilizados com melaço de cana-de-açúcar e resíduo cervejaria.....40

CAPÍTULO II: EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS PROTÉICOS NO CULTIVO DO CAMARÃO DE ÁGUA DOCE *Macrobrachium rosenbergii* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

Figura 1. Unidades experimentais utilizadas durante 44 dias de experimento (A-B).....63

Figura 2. Pesagem dos juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* durante as biometrias.....65

Figura 3. Concentração de Sólidos Suspensos Totais (mg L^{-1}) dos tratamentos fertilizados com resíduo de cervejaria.....66

CAPÍTULO III: AVALIAÇÃO DO USO DE SUBSTRATO ARTIFICIAL NO CULTIVO DE JUVENIS DE CAMARÃO DE ÁGUA DOCE *Macrobrachium rosenbergii* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

Figura 1. Unidades experimentais utilizadas durante 44 dias de experimento. Água clara (A), Água clara + Substrato artificial (B), Bioflocos (C), Bioflocos + Substrato artificial (D).....85

Figura 2. Sólidos Sedimentados no cone Inhoff (mL L^{-1}) nos diferentes tratamentos durante 44 dias de estudo.....88

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM E FONTES DE CARBONO ORGÂNICO NO CULTIVO DO CAMARÃO DE ÁGUA DOCE *Macrobrachium rosenbergii* NO SISTEMA DE BIOFLOCOS

- Tabela 1.** Composição centesimal da dieta comercial fornecida aos juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* durante 43 dias de estudo.....39
- Tabela 2.** Parâmetros de qualidade da água do cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* no sistema de cultivo em água clara, sistema de cultivo em bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria e sistema de cultivo em bioflocos fertilizado com melaço de cana-de-açúcar.....42
- Tabela 3.** Composição e densidade média dos microrganismos presentes no bioflocos do cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em sistemas de bioflocos com diferentes fontes de carbono orgânico coletados no 6º, 13º, 20º, 27º, 34º, 41º dias de estudo.....43
- Tabela 4.** Composição centesimal do floco microbiano do cultivo de juvenis *Macrobrachium rosenbergii* em sistemas de bioflocos.....44
- Tabela 5.** Composição centesimal do tecido do camarão *Macrobrachium rosenbergii* cultivados nos diferentes sistemas de cultivo e densidades de estocagem.....44
- Tabela 6.** Resultados da análise de variância dos índices zootécnicos dos juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* cultivado em diferentes sistemas de cultivo e densidades durante 43 dias de estudo.....45
- Tabela 7.** Índices zootécnicos dos juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* cultivado em diferentes sistemas de cultivo e densidades durante 43 dias de estudo.....46

CAPÍTULO II: EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS PROTÉICOS NO CULTIVO DO CAMARÃO DE ÁGUA DOCE *Macrobrachium rosenbergii* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

- Tabela 1.** Percentual de carbono (C) e nitrogênio (N) das fontes de carbono orgânico e rações utilizadas no cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos.....64
- Tabela 2.** Composição centesimal das dietas comerciais fornecidas aos juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em cultivo de bioflocos durante 44 dias de estudo.....65
- Tabela 3.** Parâmetros de qualidade da água do cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos alimentados com diferentes dietas comerciais e níveis proteicos.....68
- Tabela 4.** Composição e densidade média dos microrganismos presentes no floco microbiano do cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos com diferentes dietas comerciais e níveis proteicos, coletados aos 5º, 12º, 19º, 26º, 33º, 40º dias de estudo.....69
- Tabela 5.** Composição centesimal do floco microbiano do cultivo de juvenis de *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos com diferentes dietas comerciais e níveis proteicos.....69
- Tabela 6.** Composição centesimal do tecido do camarão *Macrobrachium rosenbergii* cultivado nos diferentes tratamentos em sistema de bioflocos.....70
- Tabela 7.** Índices zootécnicos do cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos alimentados com diferentes dietas comerciais níveis proteicos bruta, durante 44 dias de estudo.....70

CAPÍTULO III: AVALIAÇÃO DO USO DE SUBSTRATO ARTIFICIAL NO CULTIVO DE JUVENIS DE CAMARÃO DE ÁGUA DOCE *Macrobrachium rosenbergii* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

Tabela 1. Composição centesimal da dieta comercial fornecida aos juvenis de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> durante 44 dias de estudo.....	86
Tabela 2. Percentuais de carbono (C) e nitrogênio (N) das fontes de carbono orgânico e da dieta comercial utilizada no cultivo de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> em sistema de bioflocos.....	87
Tabela 3. Parâmetros de qualidade da água do cultivo de juvenis de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> em sistema de água clara e bioflocos na ausência ou presença de substratos artificiais.....	90
Tabela 4. Sólidos sedimentáveis e concentração do floco microbiano do cultivo de juvenis de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> em sistema de bioflocos na ausência ou presença de substratos artificiais.....	91
Tabela 5. Composição e densidade média dos microorganismos presentes nos substratos artificiais e bioflocos do cultivo de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> em sistema de água clara e bioflocos, coletados aos 8°, 15°, 22°, 29°, 36°.....	92
Tabela 6. Composição centesimal do floco microbiano do cultivo de juvenis de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> em sistemas de bioflocos na ausência ou presença de substratos artificiais.....	93
Tabela 7. Composição centesimal do tecido do camarão <i>Macrobrachium rosenbergii</i> em sistema de água clara e bioflocos na ausência e presença de substratos artificiais.....	93
Tabela 8. Índices zootécnicos do cultivo de juvenis de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> em sistema de água clara e bioflocos na ausência ou presença de substratos artificiais.....	94

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	17
2.2 Sistema de Bioflocos ou Heterotrófico.....	18
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
CAPÍTULO I : INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM E DE FONTES DE CARBONO ORGÂNICO NO CULTIVO DO CAMARÃO DE ÁGUA DOCE <i>Macrobrachium rosenbergii</i> NO SISTEMA DE BIOFLOCOS	32
RESUMO	33
ABSTRACT	34
1 INTRODUÇÃO.....	35
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
2.1 Local do Estudo	37
2.2 Manejo Experimental	37
2.3 Análise Estatística	41
3 RESULTADOS	42
4 DISCUSSÃO.....	47
4.1 Parâmetros de Qualidade de Água.....	47
4.2 Composição Microbiológica do Bioflocos	47
4.3 Composição Centesimal do Bioflocos.....	48
4.4 Composição Centesimal do Tecido do Camarão <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	49
4.5 Desempenho Zootécnico do Camarão <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	49
5 CONCLUSÃO.....	52
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
CAPÍTULO II : DIFERENTES NÍVEIS PROTÉICOS NA DIETA DO CAMARÃO DE ÁGUA DOCE <i>Macrobrachium rosenbergii</i> EM SISTEMA DE BIOFLOCOS	59
RESUMO	60
ABSTRACT	61
1 INTRODUÇÃO.....	62
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	63
2.1 Local de Estudo	63
2.2 Manejo Experimental	63
2.3 Análise Estatística	67
4 DISCUSSÃO.....	71
4.1 Parâmetros de Qualidade da Água.....	71
4.2 Composição Microbiológica do Bioflocos	71
4.3 Composição Centesimal do Bioflocos.....	72
4.4 Composição Centesimal do Tecido do Camarão <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	73
4.5 Desempenho Zootécnico do Camarão <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	73
5 CONCLUSÃO.....	75
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
CAPÍTULO III : SUBSTRATO ARTIFICIAL NO CULTIVO DE JUVENIS DE CAMARÃO DE ÁGUA DOCE <i>Macrobrachium rosenbergii</i> EM SISTEMA DE BIOFLOCOS	81
RESUMO	82
ABSTRACT	83
1 INTRODUÇÃO.....	84

2 MATERIAL E MÉTODOS.....	85
2.1 Local de Estudo	85
2.2 Manejo Experimental	85
2.3 Análise Estatística	89
3 RESULTADOS	90
4 DISCUSSÃO	95
4.1 Parâmetros de Qualidade da Água.....	95
4.2 Sólidos Sedimentáveis e Concentração dos Sólidos Suspensos Totais do Bioflocos	95
4.3 Composição Microbiológica do Perifíton e Bioflocos	96
4.4 Composição Centesimal do Bioflocos.....	96
4.5 Composição Centesimal do Tecido do Camarão <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	97
4.6 Desempenho Zootécnico do Camarão <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	98
5 CONCLUSÃO.....	100
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106

1 INTRODUÇÃO GERAL

O camarão *Macrobrachium rosenbergii* é uma espécie de camarão de água doce, originária do sul e sudeste asiático, parte da Oceania e algumas ilhas do Oceano Pacífico (NEW, 2002). No Brasil, possui várias denominações sendo conhecido como lagostim de água doce, camarão azul, camarão da Malásia, gigante da Malásia, pitu havaiano.

Essa espécie apresenta várias características, que o torna uma espécie potencialmente viável para o cultivo comercial, tais como: a reprodução em cativeiro, fácil manutenção, manejo simples, alta taxa de sobrevivência, rara incidência a doenças e boa aceitação no mercado consumidor (NEW, 1995).

A tecnologia de cultivo de camarões de água doce é bastante simples, quando comparada com a carcinicultura marinha, podendo ser implantada em fazendas de pequeno, médio e grande porte, localizadas próximas ao interior ou no litoral (VALENTI, 1996). A produção de *M. rosenbergii* é realizada em sistema extensivo e semi-intensivo, com troca parcial ou total da água, o que gera uma grande descarga de efluentes no meio ambiente.

Devido ao desenvolvimento crescente da aquicultura, atualmente busca-se técnicas de manejo para reduzir os danos causados ao meio ambiente, sendo um dos maiores problemas a deterioração da qualidade da água. Uma alternativa para minimizar os impactos negativos dos efluentes e prevenir a disseminação de doenças é a utilização de cultivos de camarão em sistemas super-intensivos sem renovação de água ou tecnologia de bioflocos. Além disso, o cultivo de *M. rosenbergii* pode ser potencializado, em sistemas super-intensivos, gerando biomassa em menor tempo.

O bioflocos é formado por agregados de microorganismos que compreendem principalmente, algas, protozoários e matéria orgânica. A tecnologia de bioflocos baseia-se no ajuste da relação carbono e nitrogênio (C:N), onde compostos nitrogenados são convertidos em proteína microbiana, fornecendo uma fonte alimentar suplementar aos animais cultivados, além disso, essa tecnologia melhora a qualidade e reduz as trocas de água, evitando a eutrofização e despejo de resíduos tóxicos no ambiente (AHMAD et al., 2017).

O sistema de bioflocos tem sido desenvolvido em sistemas intensivos ou super-intensivos, em que são empregadas altas densidades de estocagem, para diversas espécies de camarão, como *Farfantepenaeus paulensis*, *Farfantepenaeus brasiliensis*, *Litopenaeus vannamei*, *Litopenaeus schmitti* (FÓES et al., 2011; EMERENCIANO et al., 2012; SILVA et al., 2013; FRÓES et al., 2013; FUGIMURA et al., 2015; GANDINI et al., 2017).

Apesar da sua ampla distribuição pelo mundo e com tecnologia de produção desenvolvida, *M. rosenbergii* apresenta poucos estudos com tecnologias sustentáveis, assim estudos que gerem informações para subsidiar técnicas de produção sustentável são necessários, seja para o cultivo comercial, ou para reduzir o impacto ambiental. Além disso, a escassez de água e a forte dependência pela farinha de peixe são outros fatores que contribuem para o uso de tecnologias mais amigáveis com o meio ambiente. Segundo De Schryver et al. (2008), a tecnologia de bioflocos reduz em torno de 30% os custos com troca de água, além de melhorar a eficiência da proteína fornecida aos animais, sendo duas vezes maior quando comparada aos cultivos tradicionais, tornando a tecnologia de bioflocos uma alternativa para o crescimento da aquicultura.

Pérez-Fuentes et al. (2013) verificaram que o cultivo do camarão *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos reduziu o uso da água quando comparado ao cultivo tradicional, enquanto os tanques de cultivos tradicionais usaram 596 m³ de água para a manutenção da qualidade de água, os com tecnologia de bioflocos utilizaram apenas 44 m³ para repor as perdas por evaporação.

Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho zootécnico de juvenis do camarão de água doce *M. rosenbergii* no sistema de bioflocos, obtendo informações que possibilitem aprimorar as técnicas para a produção comercial dessa espécie em sistema heterotrófico. Os objetivos específicos foram obtidos através de três capítulos.

Capítulo I: Avaliar o efeito das fontes de carbono (melaço de cana-de-açúcar e resíduo de cervejaria) e das densidades de estocagem (150 e 250 m²) sobre o desempenho de juvenis de *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos, comparando os índices zootécnicos (ganho de peso, sobrevivência, taxa de crescimento específico, produtividade e conversão alimentar aparente), além disso, avaliar a composição centesimal do camarão *M. rosenbergii*.

Capítulo II: Avaliar o efeito de diferentes níveis proteicos na dieta do camarão de água doce *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos, comparando os parâmetros de qualidade, composição centesimal e microbiana dos bioflocos, composição centesimal e índices zootécnicos dos camarões.

Capítulo III: Avaliar o efeito do substrato artificial no cultivo de juvenis de *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos, comparando os parâmetros de qualidade da água, composição centesimal e índices zootécnicos dos camarões.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Macrobrachium rosenbergii*

A introdução do camarão *Macrobrachium rosenbergii*, no Brasil para fins comerciais ocorreu na década de 70 (PINHEIRO e HEBLING, 1998), através do Departamento de Oceanografia da UFPE, que importou pós-larvas do Havaí, com a permissão da extinta SUDEPE. O camarão apresentou boa adaptação às condições ambientais do país, o que favoreceu sua criação (NEW et al., 2010). Essa atividade vem conquistando novos e importantes mercados, levando o camarão à mesa do consumidor, desmistificando costumes dos brasileiros (VALENTI e MORAES-RIODALES, 2004).

O camarão de água doce *M. rosenbergii*, conhecido popularmente como gigante da Malásia, é uma das mais importantes espécies de crustáceo produzida na aquicultura continental em muitos países tropicais e subtropicais ao redor do mundo (THANH et al., 2009). São conhecidas aproximadamente 210 espécies deste gênero (SHORT, 2004), dos quais 45 são registrados nas Américas e destes, 18 no Brasil (MELO, 2003).

Dentro dessas espécies o camarão *M. rosenbergii* é o camarão mais importante para cultivos comerciais, por ser uma espécie economicamente viável, apresentando tamanho grande, rápido crescimento, reproduz-se facilmente em cativeiro, produz grande número de larvas, é mais dócil e tolerante às variações do ambiente (NEW, 1995). Além disso, sua tecnologia de produção é bastante conhecida, com boa aceitabilidade no mercado nacional e internacional, devido sua alta qualidade em termos de sabor e textura da carne.

A produção mundial do camarão *M. rosenbergii* em 2013 foi de 571.152 t (FAO, 2015), reduzindo para 216. 829 t em 2014, sendo a China responsável por cerca de 59% de toda a produção, com destaque para os camarões *M. rosenbergii* e *Macrobrachium nipponense* (FAO, 2016). Na última década, os maiores produtores de crustáceos foram China, Indonésia, Índia, Vietnã, Filipinas, Bangladesh, Coreia do Sul, Noruega, Chile, Egito, Japão, Myanmar, Tailândia, com o Brasil ocupando a 14ª posição (FAO, 2016).

A produção brasileira em 2014 foi estimada em 100 t, com produção estabilizada desde 2008 e maior pico produtivo em 2006 (373 toneladas). O Brasil é o 11º produtor mundial do camarão *M. rosenbergii* (FAO, 2016). No Brasil, os estados com maior produção são: Espírito Santo (76,4%), Pernambuco (15,3%), Rio de Janeiro (5,6%) e Sergipe (2,7%) (IBAMA, 2008).

O crescimento na produção dulcícola deve-se ao desenvolvimento de tecnologias de cultivo (VALENTI e TIDWELL, 2006), que permitiram cultivar animais em densidades de estocagem elevadas, além do aumento dos gastos com energia, fertilizantes e ração comercial (MORAES-RIODALES et al., 2006).

No Brasil são encontradas três espécies de camarões nativos de importância econômica: *Macrobrachium acanthurus*, *Macrobrachium amazonicum*, conhecidos vulgarmente como camarão canela e *Macrobrachium carcinus* conhecido popularmente como pitu ou lagosta (COELHO et al., 1981), porém, ainda não se dispõem de tecnologia de cultivo desenvolvida.

O camarão *M. rosenbergii* é onívoro e alimenta-se de plantas, animais vivos ou em estado de decomposição, além de aceitar dietas artificiais (PERÉZ-FUENTES et al., 2013) Na natureza, essa espécie habita rios, lagos e reservatórios que se comunicam com águas salobras, onde o desenvolvimento larval se completa (FUJIMURA e OKAMOTO, 1970) Possuem preferência por temperaturas que variam entre 28 a 31°C (NEW, 2002), temperaturas abaixo de 16°C e acima de 42°C não são recomendadas (HERRERA et al.,

1998). Podem atingir 32 cm e pesar 500 g, sendo despescados com peso variando entre 20 e 50 g (VALENTI, 1996).

A criação de camarões de água doce divide-se em três fases: larvicultura, berçário e engorda ou recria (VALENTI, 1998; VALENTI, 2002a). Na larvicultura é realizada a obtenção e o crescimento das larvas até realizarem a metamorfose e chegarem à fase de pós-larvas (PL). No berçário as PL são estocadas em tanques ou viveiros por um período 15 a 60 dias, até atingirem o estágio de juvenil. Na engorda ou recria os juvenis permanecem em viveiros de água doce com fundo de terra até atingirem tamanho comercial (VALENTI, 2002b).

Atualmente, a tecnologia de criação para *M. rosenbergii* já é bem dominada e vem sendo adaptada de acordo com as diferentes características regionais, geo-climáticas e socioeconômicas, além disso, a produção pode ser realizada em propriedades de pequeno, médio ou grande porte, localizadas próximas ao litoral ou no interior (VALENTI, 1996). Em sistema semi-intensivo, a produção varia de acordo com o local e nível de tecnologia, atingido patamares de 500 a 5.000 kg ha ano⁻¹ (NEW et al., 2010), sendo o sistema mais empregado no mundo, inclusive no Brasil (VALENTI, 1998).

A aquicultura é um dos setores que mais crescem no mundo, portanto o estudo visando à exploração comercial do camarão *M. rosenbergii* tem-se desenvolvido rapidamente nas últimas décadas, visto que o mesmo apresenta alto potencial para o cultivo (BERTINI e VALENTI, 2010).

Vários estudos sobre essa espécie já foram realizados, relacionados com à nutrição por Posadas et al. (2002), Barros e Valenti (2003), Coyle e Tidwell (2003), Thomaz et al. (2004), Indulkar e Belsare (2004), Mitra et al. (2005) e Luana et al. (2007). Já estudos sobre a reprodução e desenvolvimento embrionário foram realizados por O'Donovan et al. (1984), Santos e Pinheiro (2000), Cavalli et al. (2001), Meeratona et al. (2006), Habashy et al. (2012). Trabalhos sobre cultivo em cativeiro foram realizados por: Lobão et al. (1996), Asaduzzaman et al. (2010) e El-Sherif e Ali Mervat (2009). Além disso, pesquisas sobre densidades de estocagens, uso de substratos artificiais e qualidade de água foram realizadas por vários pesquisadores (VALENTI et al., 1993; VALENTI e MALLASEN 2002; COYLE et al., 2003; CHEN e CHEN 2003; CHENG et al., 2003; MANUSH et al., 2004; CUVIR-ARALAR et al., 2007; ASADUZZAMAN et al., 2008; MAMUN et al., 2010; HASAN et al., 2013; TULY et al., 2014; CHAVEZ et al., 2015; BOOCK et al., 2016).

Apesar de vários estudos terem sido realizados com o camarão *M. rosenbergii*, pesquisas sobre a produção, desempenho e nutrição em sistema heterotrófico são escassas na literatura, portanto investigações na área são necessárias e fundamentais para o desenvolvimento de novas tecnologias e sucesso na produção camaroneira dulcícola.

2.2 Sistema de Bioflocos ou Heterotrófico

Os sistemas de cultivo super-intensivos de organismos aquáticos, atualmente apresentam-se com uma inovação na aquicultura mundial, pois a produção dos animais ocorre em um ambiente sem renovação de água e com uma comunidade de microrganismos aeróbicos e heterotróficos (Zero Exchange, Aerobic, Heterotrophic Systems - “ZEAH”) (EMERENCIANO et al., 2007). Essa prática apresenta diversas vantagens em relação aos sistemas de cultivos tradicionais, entre elas estão: uso de menores áreas de cultivo que permitem o aumento da produtividade pelo uso de altas densidades de estocagens; redução do uso da água, consequentemente menor descarga de resíduos no meio ambiente; redução do nível proteico das rações a partir do aproveitamento da produtividade natural pelos animais, além disso, redução dos custos de produção. Contudo, essa tecnologia apresenta algumas desvantagens que está nos altos custos de instalação e operação, gastos com energia (controle

da aeração no sistema), risco de surgimento de microrganismos tóxicos (cianobactérias) (SAMPAIO et al., 2010). Porém, esses custos são compensados pelas altas densidades de estocagens utilizadas nos cultivos de camarões (DECAMP et al., 2007).

A formação do bioflocos é realizada através do ajuste da relação carbono e nitrogênio (C:N), devendo-se manter entre 15:1 e 20:1, assim ocorre o crescimento das bactérias heterotróficas e a sucessão ecológica até a formação do floco microbiano (SAMPAIO et al., 2010). O aumento da relação C:N através da adição de fontes de carbono orgânico permitem a conversão de concentrações tóxicas de nitrogênio inorgânico em proteína microbiana (AZIM e LITTLE, 2008), no qual está disponível como alimento natural para os organismos aquáticos 24 horas por dia (AVNIMELECH, 2007) (Figura 1).

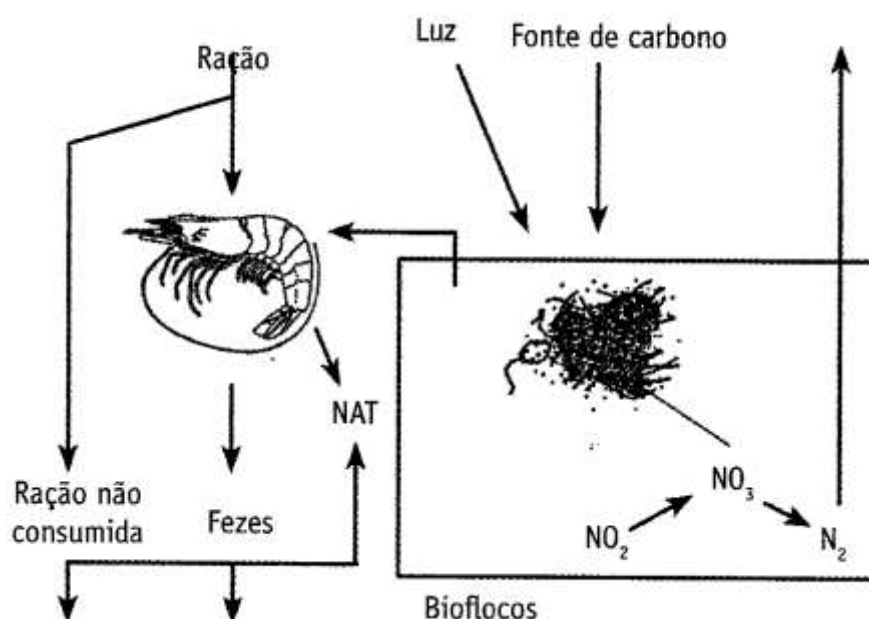


Figura 1. Ciclo do nitrogênio em flocos microbianos. A adição de fonte de carbono orgânico juntamente com os compostos nitrogenados é convertida em floco microbiano, que podem ser consumidos pelos animais cultivados (Adaptado de LARA et al., 2012).

O bioflocos é formado principalmente por microalgas, bactérias, cianobactérias, nematóides, protozoários, ciliados, leveduras (BECERRA-DÓRAME et al., 2012), fezes, exoesqueletos e restos de organismos mortos (EMERENCIANO et al., 2007).

Várias fontes de carbono já foram utilizadas para promover a proliferação de bactérias heterotróficas como: melaço, farinha de milho, farinha de trigo, glicose, dextrose, acetato, glicose, sorgo, amido, entre outras (EMERENCIANO et al., 2012).

Na literatura, o melaço é uma das fontes de carbono mais utilizadas em cultivos heterotróficos (BURFORD et al., 2004; EMERENCIANO et al., 2007; BECERRA-DÓRAME et al., 2012; EMERENCIANO et al., 2012; BALLESTER et al., 2010; AZEVEDO et al., 2013; MELO et al., 2015), provavelmente pelo seu baixo custo e facilidade de aquisição. Portanto, a escolha da fonte de carbono deve-se levar em consideração produtos que sejam de baixo custo e provenientes de resíduos-agroindustriais locais (DUBE et al., 2007; CRAB et al., 2012; AHMAD et al., 2017).

A qualidade nutricional do floco microbiano é influenciada pela fonte de carbono adicionada via meio de cultivo, portanto a escolha do substrato orgânico é de primordial

importância na composição do floco em termos de proteínas, lipídios, cinzas e fibras; além disso, poderá influenciar na digestibilidade e palatabilidade dos animais cultivados (CRAB et al., 2009). Becerra-Dórame et al. (2012) obtiveram níveis de 35% de proteína bruta, 6,5% de lipídio, 41,1% de cinzas, 34,9% de carboidrato na composição do bioflocos usando melaço de cana-de-açúcar como fonte de carbono orgânico. Já Ballester et al. (2010) usando o mesmo substrato verificaram que o floco microbiano contém 30,4% de proteína bruta, 4,7% de lipídio bruto, 8,3% de fibra, 39,2% de cinza e 29,1% de extrato livre de nitrogênio. Azim et al. (2008) relataram que o floco microbiano cultivado com farinha do trigo, continha mais de 50% de proteína bruta, 2,5% de lipídio bruto, 4% de fibra, 7% de cinza.

O bioflocos é uma importante fonte alimentar suplementar para os camarões, quando consumidos podem contribuir significativamente na demanda proteica desses animais, sendo bastante vantajoso pela possibilidade do uso de rações com menores níveis proteicos (CORDOVA et al., 2002; BURFORD et al., 2004; BALLESTER et al., 2010; XU et al., 2012; XU e PAN 2012), além de diminuir os custos com alimentação e o uso de farinha de peixe (WASIELESKY et al., 2006; BALLESTER et al., 2010).

A contribuição do bioflocos na alimentação dos animais aquáticos já foi comprovada em diversos estudos. Avnimelech (2007) verificou que os flocos microbianos podem contribuir em cerca de 50% da exigência proteica de tilápias (*Oreochromis mossambicus*). Azim e Little (2008), alimentando tilápias do Nilo com ração de 24% e 35% PB em sistema heterotrófico não observaram diferenças significativas no crescimento, produção e conversão alimentar, evidenciando a contribuição das comunidades microbianas na nutrição dos organismos aquáticos quando o nível proteico da ração é reduzido.

Burford et al. (2004) concluíram que mais de 29% do alimento consumido pelo camarão branco *Litopenaeus vannamei*, pode ser oriundo das partículas floculadas presente em meio heterotrófico. Wasielesky et al. (2006) relataram que o floco microbiano melhorou a sobrevivência, o crescimento, ganho de peso e a conversão alimentar do camarão *L. vannamei* em sistemas super-intensivos. Xu e Pan (2012) reportaram que o bioflocos além de fornecerem uma nutrição microbiana suplementar in situ, também são capazes de produzirem enzimas extracelulares que melhoram a digestão e absorção dos alimentos, consequentemente o desempenho zootécnico dos animais.

Outra questão que tem gerado grande preocupação é o uso de altas densidades de estocagem nos cultivos aquícolas, devido principalmente aos cultivos tradicionais produzirem efluentes com altos teores de nutrientes. No entanto, animais criados em sistemas super-intensivos podem se beneficiar da produtividade natural, pela maior disponibilidade de alimento, o que poderá influenciar o comportamento e consequentemente reduzir o canibalismo das espécies estocadas em altas densidades (SILVA et al., 2013). Os cultivos em tecnologia de bioflocos podem ser realizados em menores áreas, principalmente por utilizarem elevadas densidades de estocagem, podendo serem instalados distante do litoral (SAMPAIO et al., 2010).

A produtividade de uma fazenda de camarão é dependente da densidade de estocagem, por isso é extremamente importante a potencialização dos cultivos, com intuito de reduzir os custos e garantir retorno econômico (FRÓES et al., 2013). Gandini et al. (2017) relataram, para que um sistema produtivo seja rentável é necessário utilizar altas densidades de estocagem de camarões, assim, o conhecimento de uma densidade ideal aumentará a produtividade dos animais cultivados. A densidade de estocagem ideal pode variar em muitos aspectos como: espécie, fase de vida, sistema de cultivo e manejo empregado ou devido aos parâmetros ambientais (WASIELESKY et al., 2001).

Alguns autores têm mencionado que o crescimento e a sobrevivência dos camarões diminui com o aumento densidade de estocagem, comprovando a existência de uma relação inversa entre o crescimento e a densidade, isso deve-se provavelmente ao canibalismo,

disputa por alimento e espaço no ambiente de cultivo (PRETO et al., 2005, KRUMMENAUER et al., 2011, FRÓES et al., 2013). Entretanto, Ballester et al. (2007) observaram que o uso de substratos artificiais em viveiros do camarão *Farfantepenaeus paulensis* reduziram os efeitos negativos da superpopulação, com aumento da área disponível para o camarão, esses autores ainda constataram que o biofilme colonizado no substrato forneceu alimento suplementar e melhorou as taxas de crescimento do animal.

Na literatura, diferentes densidades de estocagens foram testadas para camarões cultivados em sistemas super-intensivos de produção. Silva et al. (2013) estudando o efeito das altas densidades de estocagens sobre o crescimento e sobrevivência do camarão *L. vannamei* em sistema de bioflocos, atestaram que o mesmo pode ser cultivado em densidades de 450 camarões m⁻², até o camarão atingir aproximadamente 12 g. Esses autores ainda relataram que a qualidade da água não é causa da relação inversa entre o crescimento e a densidade de estocagem, mas que esse efeito é comportamental. Froés et al. (2013) obtiveram sobrevivências de 89,89 e 91,33%, nas densidades 1.667 e 1.111 camarões m⁻³ com peso médio inicial de 1,23 e 6,32 g, respectivamente, com o camarão *L. vannamei* cultivados em meio heterotrófico. Krummenauer et al. (2011) avaliando as densidades de estocagens de 150, 300 e 450 camarões m⁻² em sistemas super-intensivos, também obtiveram elevadas sobrevivências 92, 81,2 e 75%., respectivamente para o camarão *L. vannamei*, porém observou-se que a densidade mais elevada influenciou na sobrevivência do camarão. Fóes et al. (2011) relataram que as altas densidades de 1.388, 2.778, 4.166 e 5.556 camarões m⁻³ não interferiram na sobrevivência de pós-larvas de *F. paulensis* quando cultivadas em bioflocos. Assim, o cultivo de camarões em elevadas densidades de estocagem no sistema de bioflocos apresenta-se como uma realidade. Esses bons resultados estão relacionados com o uso de alta tecnologia como o incremento do oxigênio dissolvido, utilização de larvas livres de patógenos e de rações desenvolvidas especificamente para esses sistemas de produção (KRUMMENAUER et al., 2011).

O biofilme ou perifíton é outra tecnologia de cultivo que tem despertado interesse, por servir como fonte de alimento natural para os animais cultivados, melhorar a qualidade de água, controlar os sólidos em suspensão na água, melhorar o desempenho e reduzir o canibalismo dos animais (KUMAR et al., 2017).

Na aquicultura, diferentes materiais já foram utilizados como substrato para o crescimento do perifíton ou biofilme, como canos de bambu, tubos de pvc, folhas plásticas, telhas de cerâmica (KHATOON et al., 2007), telas de polietileno (BALLESTER et al., 2003), materiais personalizados como Aquamats® (KUMAR et al., 2017) e geotêxtil de polietileno *Bidim*® (DOMINGOS e VINATEA, 2008).

O biofilme é representado principalmente por cianobactérias filamentosas, bactérias heterotróficas, diatomáceas, protozoários ciliados e nematóides (BALLESTER et al., 2007). A presença desses microrganismos autotróficos e heterotróficos podem melhorar a qualidade da água (BALLESTER et al., 2007), a partir da imobilização dos compostos nitrogenados realizada por bactérias nitrificantes. Os substratos artificiais fornecem uma área adicional para o crescimento das bactérias quimioautotróficas, permitindo o aumento das taxas de remoção de nitrogênio amoniacal (ARNOLD et al., 2009). Níveis elevados de nitrito em tanques de cultivos, após picos de amônia, demonstram o processo de nitrificação realizado pelas bactérias quimioautotróficas (EBELING e TIMMONS, 2007) (Figura 2).

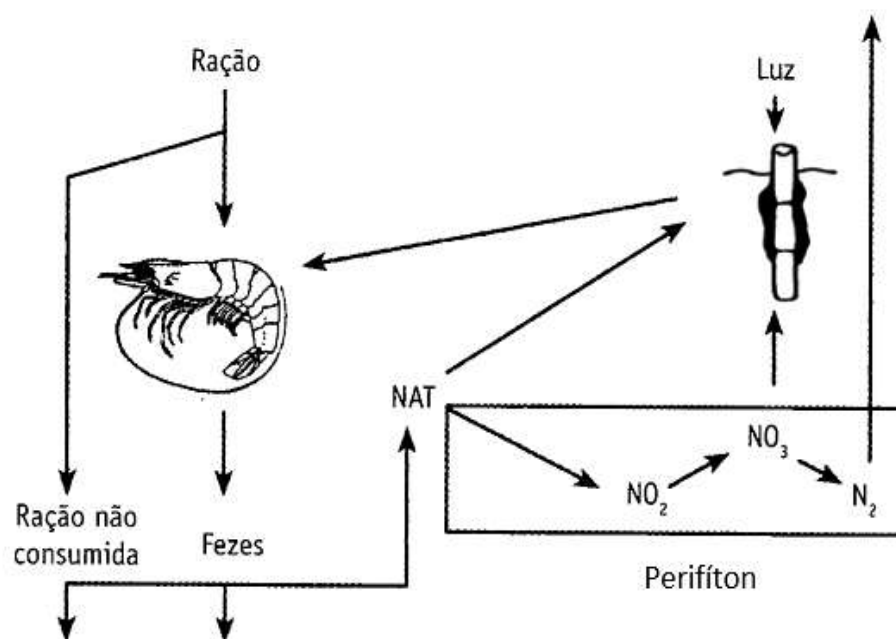


Figura 2. Ciclo do nitrogênio em cultivos tradicionais com adição de substratos artificiais para o crescimento do perifíton ou biofilme (Adaptado de LARA et al., 2012).

A influência positiva do biofilme sobre o desempenho de camarões já foi documentada em diversos estudos. Tuly et al. (2014) confirmaram que o crescimento, a sobrevivência, a produtividade e lucratividade em cultivos com *M. rosenbergii* melhoraram com o uso de substratos, esses autores ainda afirmaram que os bons índices de desempenho do camarão provavelmente deveriam ser provenientes do crescimento do perifíton ou biofilme aderidos aos substratos de bambu, no qual forneceram alimento suplementar e refúgio aos animais. Anand et al. (2013) avaliaram o efeito da suplementação dietética do perifíton com inclusão de até 6% na dieta do camarão *Penaeus monodon* e concluíram que o perifíton estimula as atividades enzimáticas digestivas do camarão, além de melhorar o crescimento, conversão alimentar, sobrevivência e o coeficiente de eficiência proteica. Ballester et al. (2003) avaliando o uso de telas de polietileno em cultivos do camarão *F. paulensis* em gaiolas, constataram que o biofilme colonizado no substrato promoveu ganho de peso (0,58 g), significativamente superior ao tratamento controle sem biofilme (0,50 g). Kumar et al. (2017) concluíram que o perifíton desenvolvido no aquamat® melhorou a saúde do camarão *L. vannamei*, a partir da redução da população de bactérias patogênicas do gênero *Vibrio* presentes na coluna d'água, e além disso, reportaram que o aquamat® fornece um biofilme rico em proteínas (24,97%), lipídios (2,67%) e cinzas (37,5%).

Nesse contexto, a fim de promover uma aquicultura sustentável, alguns estudos têm proposto a combinação da tecnologia de bioflocos juntamente com a adição de substratos artificiais, potencializando a produção de camarões na aquicultura. Arnold et al. (2009) investigando o uso de substratos artificiais em sistema heterotrófico constataram que os substratos aumentam o crescimento e a produtividade do camarão *P. monodon*, além de melhorar a qualidade de água. Schweitzer et al. (20013) analisando o uso de substrato artificial em diferentes densidades de estocagem no sistema de bioflocos com o camarão *L. vannamei* obtiveram sobrevivência maior nos tratamentos com substratos (93,9%), quando comparado aos sem substratos (42,5%), mostrando que os substratos não só aumentaram área superficial dos tanques como também reduziram a densidade relativa de estocagem. Ferreira et al. (2015)

verificaram que o aumento da área total dos tanques em 200% ($7,5 \text{ mL}^{-1}$) e 400% ($4,8 \text{ mL}^{-1}$) no cultivo do *L. vannamei* com tecnologia de bioflocos proporcionam o controle dos sólidos suspenso sedimentáveis quando comparados ao grupo controle ($82,1\% \text{ mL}^{-1}$), e além disso, o estudo concluiu que o biofilme aderido aos substratos serviram de fonte de alimento para os camarões, o que otimizou o desempenho final desses animais. No entanto, esses autores afirmaram que o biofilme não apresenta efeito significativo na remoção do nitrogênio amoniacal presente na água de cultivo. Portanto, são necessários mais estudos, quanto ao uso de substratos artificiais em meio heterotrófico.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, I.; RANI, A. B.; VERMA, A. K.; MAQSOOD, M. Biofloc technology: an emerging avenue in aquatic animal healthcare and nutrition. **Aquaculture International**, v. 25, n. 3, p. 1215-1226, 2017.
- ANAND, P. S.; KOHLI, M. P. S.; ROY, S. D.; SUNDARAY, J. K.; KUMAR, S.; SINHA, A.; KUMAR SUKHAM, M. Effect of dietary supplementation of periphyton on growth performance and digestive enzyme activities in *Penaeus monodon* **Aquaculture**, v. 392, p. 59-68, 2013.
- ARNOLD, S. J.; COMAN, F. E.; JACKSON, C. J.; GROVES, S. A. High-intensity, zero water-exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: an evaluation of artificial substrates and stocking density. **Aquaculture**, v. 293, n. 1-2, p. 42-48, 2009.
- ASADUZZAMAN, M.; RAHMAN, M. M.; AZIM, M. E.; ISLAM, M. A.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J.; VERRETH, J. A. J. Effects of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. **Aquaculture**, v. 306, n. 1-4, p. 127-136, 2010.
- ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J.; HUQUE, S.; SALAM, M. A.; AZIM, M. E. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. **Aquaculture**, v. 280, n. 1-4, p. 117-123, 2008.
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, n. 1-4, p. 140-147, 2007.
- AZIM, M. E. 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.
- AZIM, M. E.; LITTLE, D. C.; BRON, J. E. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C: N ratio in feed and the implications for fish culture. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 9, p. 3590-3599, 2008.
- BALLESTER, E. L. C.; ABREU, P. C.; CAVALLI, R. O.; EMERENCIANO, M.; DE ABREU, L.; WASIELESKY JR, W. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, n. 2, p. 163-172, 2010.
- BALLESTER, E. L. C.; MARZAROTTO, S. A.; SILVA DE CASTRO, C.; FROZZA, A.; PASTORE, I.; ABREU, P. C. Productive performance of juvenile freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* in biofloc system. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 9, p. 4748-4755, 2017.

BALLESTER, E. L. C.; WASIELESKY, W. J.; CAVALLI, R. O.; SANTOS, M. H. S.; ABREU, P. C. O. V. D. Influência do biofilme no crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em sistema de berçário, **Atlântica**, v. 25, n. 2, p. 117- 122, 2003.

BARROS, H. P. e VALENTI, W. C. Food intake of *Macrobrachium rosenbergii* during larval development. **Aquaculture**, v. 216, p. 165-176, 2003.

BECERRA-DORAME, M. J.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; RIVAS-VEGA, M. E.; LOPEZ-ELIAS, J. A.; PORCHAS-CORNEJO, M. A. Production response and digestive enzymatic activity of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) intensively pregrown in microbial heterotrophic and autotrophic-based systems. **The Scientific World Journal**, 2012.

BERTINI, G. e VALENTI, W. C. Polo de biotecnologia da mata atlântica: relatos de pesquisas e outras experiências vividas no vale do Ribeira, In: BERTINI, G. & VALENTI, W. C. (Ed). **Importância econômica dos Camarões-de-água-doce**, Unesp, Jaboticabal, 2010. cap. 08.

BOOCK, M. V.; DE ALMEIDA MARQUES, H. L.; MALLASEN, M.; BARROS, H. P.; MORAES-VALENTI, P.; VALENTI, W. C. Effects of prawn stocking density and feeding management on rice–prawn culture. **Aquaculture**, v. 451, p. 480-487, 2016.

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, n. 1-4, p. 525-537, 2004.

CAVALLI, R. O.; TAMTIN, M.; LAVENS, P.; SORGELOOS, P. Variations in lipid classes and fatty acid content in tissues of wild *Macrobrachium rosenbergii* de Man/ females during maturation. **Aquaculture**, v. 193, p. 311- 324, 2001.

CHAVEZ, H. M. Effects of Artificial Substrate on Growth Performance, Survival and Production of Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man 1879) in Cages in Laguna de Bay, Philippines. **Asian Fisheries Science**, v. 28, n. 4, p. 154-16, 2015.

CHEN, S. M. e CHEN, J. C. Effects of pH on survival, growth, molting and feeding of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 218, n. 1-4, p. 613-623, 2003.

CHENG, W.; CHEN, S. M.; WANG, F. I.; HSU, P. I.; LIU, C. H.; CHEN, J. C. Effects of temperature, pH, salinity and ammonia on the phagocytic activity and clearance efficiency of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* to *Lactococcus garvieae*. **Aquaculture**, v. 219, n. 1-4, p. 111-121, 2003.

COELHO, P. A.; PORTO, M. R.; SOARES, C. M. A. **Cultivo de camarões do gênero *Macrobrachium* bate (Decapoda, Palaemonidae) no Brasil**. Rio Grande do Norte: Emparn, n. 6, 1981.

COYLE, S. e TIDWELL, J. Effect of different feeds and feeding technologies on prawn production. **World Aquaculture**, 2003.

COYLE, S.; TIDWELL, J. H.; VANARNUM, A.; BRIGHT, L. A. A comparison of two feeding technologies in freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii*, raised at high biomass densities in temperate ponds. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 14, n. 1-2, p. 125-135, 2003.

CRAB, R.; AVNIMELECH, Y.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, v. 270, n. 1-4, p. 1-14, 2007.

CRAB, R.; CHIELENS, B.; WILLE, M.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 4, p. 559-567, 2010.

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

CUVIN-ARALAR, M. L. A.; ARALAR, E. V.; LARON, M.; ROSARIO, W. Culture of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) in experimental cages in a freshwater eutrophic lake at different stocking densities. **Aquaculture Research**, v. 38, n. 3, p. 288-294, 2007.

DE SCHRYVER, P.; CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOON, N.; VERSTRAETE, W. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. **Aquaculture**, v. 277, n. 3-4, p. 125-137, 2008.

DECAMP, O.; CONQUEST, L.; CODY, J.; FORSTER, I.; TACON, A. G. Effect of shrimp stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 38, n. 3, p. 395-406, 2007.

DOMINGOS, J. A. S. e VINATEA, L. Efeito do uso de diferentes quantidades de substratos artificiais na engorda do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), em um sistema de cultivo semi-intensivo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 1, 2008.

DUBE, M. A.; TREMBLAY, A. Y.; LIU, J. Biodiesel production using a membrane reactor. **Bioresource. Technology**, v. 98, p. 639-647, 2007.

EBELING, J. M. e TIMMONS, M. B. Stoichiometry of ammonia-nitrogen removal in zero-exchange systems. **World aquaculture**, v. 38, n. 2, p. 22- 27, 2007.

EL-SHERIF, M. S. e ALI MERVAT, A. M. Effect of Rearing Sytems (Mono - and Poly – Culture) on the performance of Freshwater Prawn (*M. rosenbergii*) Juveniles. **Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 4, n. 3, p 117-128, 2009.

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

EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E. L.; CAVALLI, R. O.; WASIELESKY, W. Biofloc technology application as a food source in a limited water Exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1871) **Aquaculture Research**, v. 43, n. 3, p. 447- 457, 2012.

FAO, **Food and Agricultural Organization of the United Nations**: The state of world fisheries and aquaculture. Rome: FAO, 2016, 200 p.

FAO. **Fishstat J**, version 2.11.4. Rome: FAO (2015).

FAO. **Fishstat P**, version 2.30. Rome. FAO (2016).

FERREIRA, L. M.; LARA, G.; WASIELESKY JR, W.; ABREU, P. C. Biofilm versus biofloc: Are artificial substrates for biofilm production necessary in the BFT system?. **Aquaculture international**, v. 24, n. 4, p. 921-930, 2016.

FÓES, G. K.; FRÓES, C.; KRUMMENAUER, D.; POERSCH, L.; WASIELESKY, W. J. Nursery of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in biofloc technology culture system: survival and growth at different stocking densities. **Journal of Shellfish Research**, v. 30, n. 2, p. 367-373, 2011.

FRÓES, C.; FÓES, G.; KRUMMENAUER, D.; POERSCH, L. H.; JUNIOR, W. W. Densidade de estocagem na engorda de camarão-branco cultivado em sistema de bioflocos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 8, p. 878-884, 2003.

FUGIMURA, M. M. S.; FLOR, H. R.; MELO, E. P. DE.; COSTA, T. V.; WASIELESKY, 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, n. 2, p. 509-522, 2015.

GANDINI, F. A.; JÚNIOR, J. R. D. O. N.; MEDEIROS, C. S.; OSHIRO, L. M. Y.; SANT'ANA, N. FARIA. Avaliação de diferentes fontes de carboidratos para o sistema de bioflocos e crescimento do camarão branco. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, n. 4, p. 831-843, 2017.

HABASHY, M. M.; SHARSHAR, K. M.; HASSAN, M. M. S. Morphological and histological studies on the embryonic development of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea, Decapoda). **The Journal of Basic & Applied Zoology**, v. 65, p. 157-165, 2012.

HASAN, M. N.; RAHMAN, M. S.; HOSEN, M. F.; BASHAR, M. A. Effects of addition of tilapia on the abundance of periphyton in freshwater prawn culture ponds with periphyton substrates. **Journal of the Bangladesh Agricultural University**, v. 10, n. 2, p. 313-324, 2013.

HERRERA, F. D.; URIBE, E. S.; RAMIREZ, L. F. B.; MORA, A. G. Critical thermal maxima and minima of *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda: Palaemonidae). **Journal of Thermal Biology**, v. 23, n. 6, p. 381-385, 1998.

IBAMA. 2008. Estatística da Pesca 2006. **Brasil**: grandes regiões e unidades da Federação. IBAMA, Brasília. 174 p.

INDULKAR S.T. e BELSARE S. G. Live and inert foods for postlarvae of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **The Israeli Journal of Aquaculture**, v. 56, n.1, p. 45-50, 2004.

KHATOON, H.; YUSOFF, F.; BANERJEE, S.; SHARIFF, M.; BUJANG, J. S. Formation of periphyton biofilm and subsequent biofouling on different substrates in nutrient enriched brackish water shrimp ponds. **Aquaculture**, v. 273, n. 4, p. 470-477, 2007.

PEIXOTO, S.; CAVALLI, R. O.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. 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.

KUMAR, V. S.; PANDEY, P. K.; ANAND, T.; BHUVANESWARI, R.; KUMAR, S. Effect of periphyton (aquamat) on water quality, nitrogen budget, microbial ecology, and growth parameters of *Litopenaeus vannamei* in a semi-intensive culture system. **Aquaculture**, v. 479, p. 240-249, 2017.

LARA, G.; KRUMMENAUER, D.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Sistemas de Bioflocos: Processos de assimilação e remoção do nitrogênio. **Panorama da Aquicultura**. v. 22, n. 133, 2012.

LOBÃO, V. L.; ROVERSO, E. A.; LACE, M.; HORTENCIO, E. Ciclo de muda e crescimento em *Macrobrachium amazonicum* Heller, 1962 e *Macrobrachium rosenbergii* De man (Decapoda Palaemonidae). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 23, p. 31-45, 1996.

LUANA, M.; GRAZIANI, C.; VILLARROEL, E.; LEMUS, M.; CÉSAR LODEIROS, C.; SALAZAR, G. Evaluación de tres dietas con diferente contenido proteico en el cultivo de postlarvas del langostino de río *Macrobrachium rosenbergii*. **Zootecnia Tropical**, v. 25, n. 2, 2007.

MAMUN, M. A. A.; HOSSAIN, M. A.; HOSSAIN, M. S.; ALI, M. L. Effects of different types of artificial substrates on nursery production of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) in recirculatory system. **Journal of the Bangladesh Agricultural University**, v. 8, n. 2, p. 333-340, 2010.

MANUSH, S. M.; PAL, A. K.; CHATTERJEE, N.; DAS, T.; MUKHERJEE, S. C. Thermal tolerance and oxygen consumption of *Macrobrachium rosenbergii* acclimated to three temperatures. **Journal of Thermal Biology**, v. 29, n. 1, p. 15-19, 2004.

MARTINEZ-CORDOVA, L. R.; CAMPAÑA-TORRES, A.; PORCHAS-CORNEJO, M. A. The effects of variation in feed protein level on the culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone) in low-water exchange experimental ponds. **Aquaculture Research**, v. 33, n. 12, p. 995-998, 2002.

MEERATANA, P.; WITHYACHUMNARNKUL, B.; DAMRONGPHOL, P.; WONGPRASERT, K.; SUSEANGTHAM, A.; SOBHON, P. Serotonin induces ovarian

maturation in giant freshwater prawn broodstock, *Macrobrachium rosenbergii* de Man. **Aquaculture**, v. 260, p. 315-325, 2006.

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

MELO, G. A. S. Família Palaemonidae. In: MELO, G. A. S. (ed.). **Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil**. São Paulo: Loyola, p. 317-398, 2003.

MITRA, G.; MUKHOPADHYAY, P. K.; CHATTOPADHYAY, D. N. Nutrition and Feeding in Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) Farming, **Aqua Feeds: Formulation & Beyond**, v. 2, n. 1, 2005.

MORAES-RIODADES, P. M. C.; KIMPARA, J. M.; VALENTI, W. C. Effects of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* culture intensification on ponds hydrology. **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Carlos, v. 18, p. 311-319, 2006.

NEW, M. B. **Farming freshwater prawns**: A manual for the culture of giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). FAO Fisheries Technical Paper, n. 428, 2002, 212p.

NEW, M. B. Status of freshwater farming: a review. **Aquaculture Research**, v. 26, n. 1, p. 1-54, 1995.

NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R.; KUTTY, M. N. **Freshwater prawns**: Biology and Farming. 1. ed. Oxford: Wiley-blackwell, 2010.

O'DONOVAN, P.; ABRAHAM, M.; COHEN, D. The ovarian cycle during the intermoult in ovigerous *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 36, p. 347-358, 1984.

PÉREZ-FUENTES, J. A.; PÉREZ-ROSTRO, C. I.; HERNÁNDEZ-VERGARA, M. P. Pond-reared Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii* with the biofloc system. **Aquaculture**, v. 400-401, p. 105-110, 2013.

PINHEIRO, M. A. A. e HEBLING, N. J. Biologia de *Macrobrachium amazonicum* (De Man, 1879). In VALENTI, W. C. (Ed.). **Carcinicultura de água doce**: Tecnologia para Produção de Camarões, São Paulo: FAPESP, 1998, p. 21-46.

POSADAS, B. C.; WALTERS, S. C.; LONG, R. D. Effects of using different protein levels on freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* pond production. **World Aquaculture**, 2002.

PRETO, A. D. L.; CAVALLI, R. O.; PISSETTI, T. L.; ABREU, P. C. O. V. D.; WASIELESKY, W. J. F. B. Efeito da densidade de estocagem sobre o biofilme e o desempenho de pós-larvas do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivadas em gaiolas. **Ciência Rural**, n. 35, n. 6, p.1417-1423, 2005.

RAY, A. J. e LOTZ, J. M. Comparing a chemoautotrophic-based biofloc system and three heterotrophic-based systems receiving different carbohydrate sources. **Aquacultural engineering**, v. 63, p. 54-61, 2014.

SAMPAIO, L.; TESSER, M. B.; WASIELESKY, W. J. Avanços da maricultura na primeira década do século XXI: piscicultura e carcinocultura marinha. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, supl. spe, p. 102-111, 2010.

SANTOS, M. J. M. e PINHEIRO, M. A. A. Ablação ocular no camarão *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae): efeitos sobre a reprodução, pigmentação epidérmica e atividade alimentar. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 17, n. 3, p. 667 - 680, 2000.

SCHVEITZER, R.; ARANTES, R.; BALOI, M. F.; COSTÓDIO, P. F. S.; ARANA, L. V.; SEIFFERT, W. Q.; ANDREATTA, E. R. Use of artificial substrates in the culture of *Litopenaeus vannamei* (Biofloc System) at different stocking densities: Effects on microbial activity, water quality and production rates. **Aquacultural engineering**, v. 54, p. 93-103, 2013.

SHORT, J. W. A revision of Australian river prawn, *Macrobrachium* (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). **Hydrobiologia**, vol. 525, p. 1-110, 2004.

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

THANH, N. M.; PONZONI, R. W.; NGUYEN, H. N.; VU, N. T.; BARNES, A.; MATHER, P. B. Evaluation of growth performance in a diallel cross of three strains of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in Vietnam. **Aquaculture**, v. 287, p. 75-83, 2009.

THOMAZ, L. A.; OSHIRO, L. M. Y.; BAMBOZZI, A. C.; SEIXAS FILHO, J. T. Desempenho Larval do Camarão-d'Água-Doce (*Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879) Submetido a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1934-1941, 2004 (Supl. 2).

TULY, D. M.; ISLAM, M. S.; HASNAHENA, M.; HASAN, M. R.; HASAN, M. T. Use of artificial substrate in pond culture of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*): a new approach regarding growth performance and economic return. **Journal of Fisheries**, v. 2, n. 1, p. 53-58, 2014.

VALENTI, W. C. Aquicultura sustentável. In: Congresso de Zootecnia, 12., 2002. Vila Real, Portugal. **Anais...** Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos, 2002a. p. 111-118.

VALENTI, W. C. **Carcinicultura de água doce**: Tecnologia para produção de camarões. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais renováveis, 1998. 383p.

VALENTI, W. C. Criação de camarões de água doce. In: Congresso de Zootecnia, 12., 2002. Vila Real, Portugal, **Anais...** Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos, 2002b, p. 229-237.

VALENTI, W. C. **Criação de Camarões em Águas Interiores**. Boletim Técnico do CAUNESP, n. 2, Jaboticabal: FUNEP, 1996. 81p.

VALENTI, W. C. e MALLASEN, M. Concentrações de amônia, nitrito e nitrato em larvicultura do camarão *Macrobrachium rosenbergii* (De Man), realizada em sistema fechado com água salobra natural e artificial. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 24, n. 1, p. 1185-1189, 2002.

VALENTI, W. C. e MORAES-RIODALES, P. M. C. Moorphototypes in male Amazon River Prawns, *Macrobrachium amazonicum*. **Aquaculture**, v. 236, n. 1-4, p. 297-307, 2004.

VALENTI, W. C.; MELLO, J. D. T. C. D.; CASTAGNOLLI, N. The effect of stocking density on *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) growth curves in earthen ponds (Crustacea, Palaemonidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 10, n. 3, p. 427-438. 1993.

VALENTI, W.C. e TIDWELL, J. H. Economics and management of freshwater prawn culture in western hemisphere. In: LEUNG, P. S. and ENGLE, C. (Ed.). **Shrimp Culture: Economics, Market, and Trade**. Blackwell Science, Oxford, 2006, 443p.

WASIELESKY JR, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A. L.; 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.

WASIELESKY, W.; POERSCH, L. H.; JENSEN, L.; BIANCHINI, A. Effect of stocking density on growth of pen reared pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Crustacea, Penaeidae). **Náuplius**, v. 9, p. 163-167, 2001.

XU, W. J. e PAN, L. Q. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. **Aquaculture**, v. 356, p. 147-152, 2012.

XU, W. J.; PAN, L. Q.; ZHAO, D. H.; HUANG, J. Preliminary investigation into the contribution of bioflocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. **Aquaculture**, v. 350, p. 147-153, 2012.

CAPÍTULO I

INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM E DE FONTES DE CARBONO ORGÂNICO NO CULTIVO DO CAMARÃO DE ÁGUA DOCE *Macrobrachium* *rosenbergii* NO SISTEMA DE BIOFLOCOS

RESUMO

A tecnologia de bioflocos apresenta como vantagem o uso de altas densidades de estocagem, e assim, o estudo de uma densidade ideal poderá incrementar os índices de produtividade dos animais por unidade de área. Além disso, a escolha da fonte de carbono orgânico é extremamente importante na formação do floco microbiano e alguns aspectos devem ser considerados na escolha: custo, biodegradabilidade, disponibilidade local e assimilação eficiente pelas bactérias. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito das fontes de carbono, melaço de cana-de-açúcar e resíduo de cervejaria e das densidades de estocagem 150 e 250 juvenis m^{-2} e composição centesimal sobre o desempenho zootécnico de juvenis do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial, 3x2, com seis tratamentos e quatro repetições cada: TAC150 - sistema de cultivo em água clara, com densidade de 150 juvenis m^{-2} ; TAC250 - sistema de cultivo em água clara, com densidade de 250 juvenis m^{-2} ; TRC150 - sistema de cultivo em bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria, com densidade de 150 juvenis m^{-2} ; TRC250 - sistema de cultivo em bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria, com densidade de 250 juvenis m^{-2} ; TMC150 - sistema de cultivo em bioflocos fertilizado com melaço de cana-de-açúcar, com densidade de 150 juvenis m^{-2} ; TMC250 - sistema de cultivo em bioflocos fertilizado com melaço de cana-de-açúcar, com densidade de 250 juvenis m^{-2} , totalizando 24 unidades experimentais. Os animais foram estocados em tanques de polietileno de 100 L, com peso médio inicial de $0,10 \pm 0,01$ g. O experimento durou 43 dias. A composição centesimal do tecido do *M. rosenbergii* diferiu entre os sistemas de cultivo, sendo a proteína bruta e o lipídio superior nos sistemas de cultivo em água clara e bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria ($p < 0,05$). As cinzas foram superiores no sistema de cultivo fertilizado com melaço ($p < 0,05$). O desempenho zootécnico no geral foi superior nos sistemas de água clara e sistema de bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria ($p < 0,05$). A sobrevivência e a produtividade diferiram significativamente entre as densidades de estocagem ($p < 0,05$). Os resultados demonstraram que é possível utilizar o resíduo de cervejaria para promover a formação de bioflocos, melhorar o desempenho dos animais e a qualidade de água. Recomenda-se utilizar a menor densidade de estocagem (150 m^2), para reduzir a competição por alimento e o canibalismo entre os animais.

Palavras-chaves: Floco Microbiano. Melaço-de-Cana-de-Açúcar. Resíduo de Cervejaria.

ABSTRACT

Biofloc technology has the advantage of using high stocking densities, and thus, the research on an ideal density may improve productivity of animals per unit of area. Beyond that, the choice of the source of organic carbon is extremely important for the microbial floc formation and some aspects should be considered for the choice: cost, biodegradability, local available and efficient assimilation by the bacterias. The aim of this study was to evaluate the effect of the sources of carbon, sugarcane molasses and brewery residue, and the stocking densities of 150 and 250 juveniles m^{-2} and centesimal composition over the zootechnical performance of juveniles of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in biofloc system. The experimental design was completely randomized in factorial arrangement 3x2, with six treatments and four replications each: TAC150 - clear-water culture system, with density of 150 juveniles m^{-2} ; TAC250 - clear-water culture system with density of 250 juveniles m^{-2} ; TRC150 - biofloc culture system fertilized with brewery residue, with density of 150 juveniles m^{-2} ; TRC250 - biofloc culture system fertilized with brewery residue, with density of 250 juveniles m^{-2} ; TMC150 - biofloc culture system fertilized with sugarcane molasses, with density of 150 juveniles m^{-2} ; TMC250 - biofloc culture system fertilized with sugarcane molasses, with density of 250 juveniles m^{-2} ; total of 24 experimental unities. The animals were stocked in 100L polyethylene tanks, with initial mean weight of 0.10 ± 0.01 g. The experiment lasted for 43 days. The centesimal composition of the tissue of *M. rosenbergii* differed between the culture systems, being the crude protein and higher lipid in clear-water culture systems, and biofloc fertilized with brewery residue ($p < 0.05$). Ash were higher in the culture system fertilized with sugarcane molasses ($p < 0.05$). The zootechnical performance was, in general, higher in the clear-water culture system and the biofloc system fertilized with brewery residue ($p < 0.05$). Survival and productivity differed significantly between stocking densities ($p < 0.05$). The results showed that it is possible to use brewery residue to perform the biofloc formation, improve animal performance and water quality. It is recommended to use the lowest stocking density (150 m^{-2}) to reduce competition for food and cannibalism among the animals.

Key words: Microbial Floc. Sugarcane Molasses. Brewery Residue.

1 INTRODUÇÃO

O camarão *Macrobrachium rosenbergii* é um dos crustáceos mais produzidos na aquicultura de água doce, principalmente em países tropicais e sub-tropicais ao redor do mundo (THANH et al., 2009), sendo sua produção voltada para o sistema semi-intensivo, que varia de acordo com o local e nível de tecnologia, atingindo patamares 500 a 5.000 kg ha ano⁻¹ (NEW et al., 2010). Por sua produção gerar descargas de matéria orgânica e compostos nitrogenados no meio ambiente, atualmente existe a preocupação pelo uso de tecnologia responsável e ambientalmente correta, o sistema de cultivo em bioflocos surge como uma alternativa para minimizar os efeitos negativos causados pela aquicultura, por ser realizado com pouca ou sem renovação de água e pelo aproveitamento da produtividade natural presente no ambiente de produção (WASIELESKY et al., 2006). A tecnologia de bioflocos baseia-se no controle da qualidade da água, a partir da adição de uma fonte de carbono orgânico no meio de cultivo (CRAB et al., 2012).

Os bioflocos são formados principalmente por microalgas, protozoários, bactérias, restos de ecdises, animais mortos e fezes. Quando formados são capazes de assimilar os compostos nitrogenados presentes na água e convertê-los em proteína microbiana, fornecendo uma fonte de alimentação suplementar aos animais (EMERENCIANO et al., 2007).

A tecnologia de bioflocos apresenta como vantagem uso de menores áreas e maiores densidades de estocagem (WASIELESKY et al., 2006), no entanto, as densidades de estocagem variam de acordo com a espécie, fases de vida, sistema de cultivo e técnicas de manejo empregadas ou ainda devido aos parâmetros ambientais (WASIELESKY et al., 2001). Assim, o estudo da densidade em sistema de bioflocos podem aumentar a produtividade e acelerar o crescimento dos animais por unidade de área. Otoshi et al. (2007) afirmaram que para garantir a viabilidade econômica em sistema de bioflocos é necessário que a densidade de estocagem seja elevada (camarões por m³). O emprego de altas densidades de estocagens em sistemas sem renovação de água vem apresentando bons resultados para camarões peneídeos, com sobrevivência acima de 85%, em densidades de 300 camarões m⁻², com ciclos de 90 a 120 dias (SAMPAIO et al., 2010). Pérez-Fuentes et al. (2013) obtiveram taxas de sobrevivência de 85,31% com o *M. rosenbergii* criado em meio ao floco microbiano, na densidade de 37 animais m⁻², sendo considerada uma densidade elevada em relação a recomendada para sistemas semi-intensivo que variam de 4 a 20 indivíduos m⁻² (VALENTI et al., 2010).

A escolha da fonte de carbono a ser utilizada em sistema de bioflocos é de primordial importância, portanto alguns aspectos devem ser considerados como: custo, biodegradabilidade, disponibilidade local e assimilação eficiente pelas bactérias (EMERENCIANO et al., 2012). Além disso, devem ser considerados produtos com baixo valor econômico como resíduos de produção industrial (DUBE et al., 2007).

De acordo com Valério Geron et al. (2007), o resíduo de cervejaria é um subproduto da indústria de cerveja que apresenta altos níveis de proteína (31,69%), rico em carboidratos totais (60,22%), extrato etéreo (5,46%), fibra em detergente neutro (59,65%) e ácido (24,82%). Portanto, esse subproduto industrial apresenta-se vantajoso para ser utilizado como fonte de carbono orgânico em sistemas de bioflocos, já que apresenta elevados teores de carboidrato, nutriente importante para o crescimento das bactérias heterotróficas que convertem compostos nitrogenados em proteína microbiana.

Várias fontes de carbono já foram utilizadas para promover o crescimento das bactérias heterotróficas como: melaço, farinha de milho, farinha de trigo, glicose, dextrose, acetato, glicose, sorgo, amido, entre outras (EMERENCIANO et al., 2012). Dentro desse

contexto, o resíduo de cervejaria apresenta grande potencial para utilização como fonte de carbono orgânico no cultivo do camarão *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos, já comprovado para as espécies *Litopenaeus schmitti* e *Litopenaeus vannamei*, como viável para manutenção da qualidade de água e formação do floco microbiano (FUGIMURA et al., 2015; GANDINI et al., 2017).

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito das fontes de carbono (melaço de cana-de-açúcar e resíduo de cervejaria), das densidades de estocagem (150 e 250 m²) e composição centesimal sobre o desempenho de juvenis de *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do Estudo

O estudo foi realizado na Estação de Biologia Marinha da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (EBM/UFRRJ), em Itacuruçá, Mangaratiba, RJ, Brasil.

2.2 Manejo Experimental

O período experimental teve duração de 43 dias, realizado no período entre 3 de abril a 15 de maio de 2015. Foram avaliados três sistemas de cultivos (água clara, bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria, bioflocos fertilizado com melaço de cana-de-açúcar) e duas densidades de estocagens (150 e 250 juvenis m^{-2}).

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2, com seis tratamentos e quatro repetições cada: **TAC150** - cultivo em água clara, com densidade de 150 juvenis m^{-2} ; **TAC250** - água clara, com densidade de 250 juvenis m^{-2} ; **TRC150** - bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria, com densidade de 150 juvenis m^{-2} ; **TRC250** - bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria, com densidade de 250 juvenis m^{-2} ; **TMC150** - bioflocos fertilizado com melaço de cana-de-açúcar, com densidade de 150 juvenis m^{-2} ; **TMC250** - bioflocos fertilizado com melaço de cana-de-açúcar, com densidade de 250 juvenis m^{-2} , totalizando 24 unidades experimentais.

Para a execução do experimento, foram montados três sistemas independentes de cultivo com recirculação de água. Os sistemas consistiram em um tanque de polietileno de 2000 L (área de fundo de 1,88 m^2) denominado macrocosmo, mantido com volume útil de 1200 L, ao qual foram interligados oito unidades experimentais (tanques de polietileno de 100 L, volume útil de 70 L e área de fundo de 0,23 m^2), denominadas microcosmos (Figura 1).



Figura 1. Sistema de recirculação utilizado durante os 43 dias de estudo.

Cada sistema de cultivo foi equipado com uma bomba submersa com vazão de 1950 L h^{-1} , permitindo uma recirculação de aproximadamente de 65 vezes dia^{-1} . No fundo de cada

macro e microcosmo foi montado um sistema de aeração ligado a um compressor de ar do tipo blower, no qual forneceu aeração forte e constante, sendo necessários para garantir os níveis adequados de oxigênio dissolvido e manter os flocos microbianos em suspensão na coluna d'água. Foram utilizados aquecedores submersos nos macrocosmos para manter a temperatura entre 28 ° e 31°C, dentro da faixa de conforto para o cultivo de *M. rosenbergii* (NEW, 2002).

Os juvenis de *M. rosenbergii* foram adquiridos da Fazenda Santa Helena em Silva Jardim, RJ, trazidos para EBM e aclimatados durante 7 dias em tanques de 500 L, com água doce tratada, sob aeração contínua e alimentados com dieta comercial de 35% PB (Nutriave-Propescado Camarão) (Figura 2). Após a aclimação, esses foram distribuídos aleatoriamente nos tanques microcosmos onde foram adicionados 35 e 58 camarões ($0,10 \pm 0,01$ g) nas densidades 150 e 250 juvenis m^{-2} , respectivamente.



Figura 2. Juvenil de *Macrobrachium rosenbergii* utilizado no estudo.

Com o intuito de promover a melhoria dos índices zootécnicos dos tratamentos com bioflocos, foi reutilizada 100% da água proveniente de uma criação de *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria e outra com melaço de cana-de-açúcar (duração de 30 dias) (KRUMMENAUER et al., 2012). A fertilização orgânica foi realizada como base no nível de nitrogênio amoniacal total (N-AT). Quando a concentração desse composto nitrogenado atingiu o nível $\geq 1 \text{ mg L}^{-1}$, a fonte de carbono foi adicionada com base na relação C:N-AT de 6:1, onde 6 g de carbono são necessários para converter 1 g de amônia total (N-AT) em proteína microbiana (AVNIMELECH, 1999).

As seguintes fórmulas foram utilizadas para calcular a quantidade de carbono fertilizante orgânico necessário para mobilizar o nitrogênio amoniacal:

$$\text{N-AT (g)} = \text{Volume do Tanque (L)} * \text{N-AT (mg L}^{-1}) / 1000.$$

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

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

Os animais foram alimentados com dieta comercial de 35% PB (Nutriave-Propescado Camarão), fornecida em bandejas teladas, na proporção de 10 a 14% da biomassa de cada microcosmo, dividida em 2 porções iguais ao dia (9 h e 18 h), sendo reajustada de acordo com biometrias a cada 15 dias e observação de consumo. A composição centesimal da dieta comercial foi analisada no laboratório de Tecnologia do Pescado da FIPERJ (Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro) (Tabela 1) (AOAC, 2000; FOLCH et al., 1957).

Tabela 1. Composição centesimal da dieta comercial fornecida aos juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* durante 43 dias de estudo.

Nutriente	Composição centesimal aproximada(%)
Proteína Bruta	35,02
Lipídio	8,4
Cinzas	11,76
Matéria seca	93,66

Quando necessário foi adicionada água doce dechlorada com ácido ascórbico (1 ppm) nos tanques macrocosmos fertilizados com melaço de cana-de-açúcar e resíduo de cervejaria, para repor as perdas por evaporação. Para a manutenção do pH em acima de 7,0 quando necessário foi adicionada 0,05 g L⁻¹ de hidróxido de cálcio (Ca (OH)₂) nos tanques macrocosmos (FURTADO et al., 2014).

Diariamente foi realizada a limpeza dos tanques microcosmos do sistema de cultivo em água clara, através da sifonagem, retirando os restos de ração, fezes, ecdises e animais mortos, renovando-se 50% da água de cultivo, com água tratada e dechlorada.

Diariamente foram registradas a temperatura da água, oxigênio dissolvido e pH com o auxílio do multiparâmetro (AKSO - Modelo AK88), sendo aferidos duas vezes ao dia (08 e 15 h) A cada dois dias foram tomadas amostras dos tanques macrocosmos para análises de amônia total (N-AT) e nitrito (NO₂-N), e uma vez por semana para análises de nitrato (NO₃-N), fosfato (P-PO₄). As análises foram realizadas com o auxílio de um fotômetro multiparâmetro (HANNA-Modelo HI83203).

Os sólidos sedimentáveis foi aferido duas vezes por semana, utilizando-se o cone graduado (Inhoff). Foi coletada uma amostra de 1 L dos tanques macrocosmos e esperou-se 20 minutos para sedimentação do floco microbiano (AVNIMELECH, 2007) (Figura 3). A concentração de sólidos suspensos totais (mg L⁻¹) foi analisada aos 9º, 16º, 23º, 30º e 37º dias de estudo, seguindo a metodologia de gravimetria de volatilização (STRICKLAND e PARSONS, 1972).



Figura 3. Sólidos Sedimentados no cone Inhoff (mL L^{-1}) dos tanques macrocosmos fertilizados com melaço de cana-de-açúcar e resíduo de cervejaria.

Para verificar a composição dos microrganismos presentes no bioflocos, amostras de 50 mL da água dos tanques macrocosmos com bioflocos foram tomadas aos 6°, 13°, 20°, 27°, 34°, 41° dias de estudo e fixadas em formol a 4%. As análises preliminares do zooplâncton foram realizadas com o auxílio da câmara de Sedgewick Rafter, consistindo na tomada de três sub-amostras de 1 mL e observações de cinco campos em cada uma das sub-amostras. A contagem e identificação do zooplâncton foram realizadas em microscópio óptico (CH30, Olympus) com 400 e 100 x de aumento. As microalgas foram contadas e identificadas com o auxílio da câmara de Neubauer com aumento de 400 x, sendo realizadas análises preliminares de quatro sub-amostras. Adicionou-se lugol (2%) nas amostras para facilitar a visualização dos microrganismos, que foram identificados em níveis de gênero, com o auxílio de chaves de identificação (BRANCO, 1978; HUTCHINSON, 1967; KUDO, 1966; NEEDHAM, 1973).

Ao final de 43 dias, foi realizada a contagem e pesagem individual dos animais de cada unidade experimental. A água de cultivo dos tanques macrocosmos foi filtrada (malha de 50 μm) para coleta do bioflocos, secos em estufa a 60°C até atingirem peso constante e congelados em seguida. As amostras do bioflocos seco e dos camarões foram analisados para determinação da composição centesimal quanto aos níveis de proteína bruta, lipídio, cinzas e umidade (AOAC, 2000; FOLCH et al., 1957) no laboratório de Tecnologia do Pescado da FIPERJ (Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro).

A avaliação do desempenho dos juvenis de *M. rosenbergii* foi calculada a partir dos seguintes índices zootécnicos: ganho de peso, sobrevivência, taxa de crescimento específico, conversão alimentar aparente e produtividade. As seguintes fórmulas foram utilizadas:

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

Sobrevivência (SOB) (%) = (número final de animais/número inicial de animais) *100

Taxa de crescimento específico (TCE) (%/dia) = [(média de peso final – média de peso inicial) * 100] /dias de experimento

Conversão alimentar aparente (CAA) = Quantidade de ração fornecida (g) /Ganho de Biomassa (g)

Produtividade (PROD) (kg/ha) = biomassa (kg) * 10.000 m² (ha) /área de cultivo utilizada (m²)

2.3 Análise Estatística

Os resultados de desempenho zootécnico e composição centesimal do tecido do camarão *M. rosenbergii* foram analisados pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de Cochran. Os dados em percentagem (sobrevivência e a taxa de crescimento específico) foram transformados em arco-seno da raiz quadrada (SAMPAIO, 2010). Posteriormente, os dados foram analisados pela Análise de Variância (ANOVA - two way). As diferenças significativas entre as médias dos tratamentos foram verificadas pelo teste de Tukey e consideradas significativas ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa estatístico SAS (2008), versão 9.2.

3 RESULTADOS

Os parâmetros de qualidade de água (média \pm desvio padrão) monitorados durante o período do presente estudo podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros de qualidade da água do cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* no sistema de cultivo em água clara, bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria e bioflocos fertilizado com melaço de cana-de-açúcar.

Sistemas de cultivo			
Parâmetros	AC	RC	MC
Temperatura manhã (°C)	24,38 \pm 1,11	24,31 \pm 1,03	24,29 \pm 1,05
Temperatura tarde (°C)	26,37 \pm 0,98	25,93 \pm 0,90	25,74 \pm 0,96
Oxigênio dissolvido manhã (mg L ⁻¹)	7,13 \pm 0,56	6,97 \pm 0,60	7,06 \pm 0,53
Oxigênio dissolvido tarde (mg L ⁻¹)	6,54 \pm 0,49	6,57 \pm 0,55	6,69 \pm 0,68
pH manhã	7,31 \pm 0,36	6,64 \pm 0,42	8,20 \pm 0,19
pH tarde	7,37 \pm 0,35	6,65 \pm 0,34	8,22 \pm 0,17
Amônia (NAT mg L ⁻¹)	0,14 \pm 0,14	1,70 \pm 1,14	2,09 \pm 1,30
Nitrito (N-NO ₂ mg L ⁻¹)	0,00 \pm 0,00	0,91 \pm 1,41	0,39 \pm 0,85
Nitrato (N-NO ₃ mg L ⁻¹)	0,00 \pm 0,00	8,98 \pm 10,82	14,20 \pm 20,55
Fosfato (P-PO ₃ ⁴ mg L ⁻¹)	3,78 \pm 3,70	10,20 \pm 6,14	4,12 \pm 2,46
Sólidos Sedimentáveis (mL L ⁻¹)	-	58,33 \pm 16,52	74,23 \pm 7,66
Sólidos Suspensos Totais SST (mg L ⁻¹)	-	808,8 \pm 626,55	988,4 \pm 539,96

Sistemas de cultivo - AC: Sistema de cultivo em água clara, RC: Sistema de cultivo em bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria, MC: Sistema de cultivo em bioflocos fertilizado com melaço de cana- de -açúcar fertilizado com melaço de cana- de -açúcar.

Na composição microbiológica do floco microbiano, os protistas autotróficos foram representados pelas clorofíceas *Scenedesmus acuminatus*. Os organismos heterotróficos foram representados principalmente, por protozoários ciliados e esporozoários (*Paramecium* sp., *Vorticella* sp., *Sporozoa* sp.), nematódeos, rotíferos (*Enteroplea* sp., *Philodina* sp., *Ploesoma* sp., *Rotatória* sp.) copépodos (*Mesocyclops* sp.), turbelários (*Mesostoma* sp.) e gastrotricha (*Lepidodermella* sp.). Os copépodos (7,00 org. mL⁻¹) foram encontrados somente nos tratamentos fertilizados com resíduo de cervejaria (Tabela 3).

Tabela 3. Composição e densidade média dos microorganismos presentes no bioflocos do cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em sistemas de bioflocos com diferentes fontes de carbono orgânico coletados no 6°, 13°, 20°, 27°, 34°, 41° dias de estudo.

Taxón	Sistemas de cultivo	
	RC	MC
Clorofícea (10⁴ cels mL⁻¹)		
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	7,58 (0,35 - 15,51)	10,99 (4,17 - 17,81)
Protozoário (org. mL⁻¹)	2606,07(1606,07 - 3606,07)	1231,71(131,71 - 2331,71)
Nematódeo (org. mL⁻¹)	33,44 (13,77 - 53,11)	67,67 (20,75 - 114,59)
Rotífero (org. mL⁻¹)	69,22 (0,99 - 137,45)	2711,90 (711,9 - 4711,9)
Copépoda (org. mL⁻¹)	7,00 (0,57 - 13,43)	A
Turbelária (org. mL⁻¹)	359,33 (3,60 - 715,06)	542,89 (242,89 - 842,89)
Gastrotricha (org. mL⁻¹)	6,33 (0,67 - 13,33)	7,78 (0,78 - 24,65)

A= ausente, Dados são médias (mínimo e máximo). Sistemas de cultivo - RC: Bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria, MC: Bioflocos fertilizado com melação de cana- de-açúcar.

A composição centesimal do bioflocos apresentou valores similares nos sistemas de cultivos em meio heterotrófico. A proteína bruta do bioflocos nos sistemas de cultivo fertilizado com resíduo de cervejaria foi 9,36% superior aos sistemas de cultivo fertilizados com melação de cana-de-açúcar. O lipídio variou de 2,20 a 2,24% na composição centesimal do floco nos sistemas de cultivo com bioflocos, sendo os maiores níveis encontrados nos tratamentos fertilizados com melação de cana-de-açúcar. A composição de cinzas dos flocos microbianos nos tratamentos fertilizados com melação foi 9% superior aos tratamentos fertilizados com resíduo de cervejaria (Tabela 4).

Tabela 4. Composição centesimal do floco microbiano do cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em sistemas de bioflocos.

Sistemas de cultivo	Composição centesimal (%)			
	Proteína Bruta	Lipídio	Cinzas	Umidade
RC	35,73	2,20	23,63	95,11
MC	32,67	2,24	25,86	95,77

Sistemas de cultivo - RC: Bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria, MC: Bioflocos fertilizado com melaço de cana- de-açúcar.

Não houve diferenças significativas na interação dos fatores sistemas de cultivo e densidades de estocagem entre os tratamentos ($p>0,05$). Diferenças significativas foram observadas na composição centesimal do tecido do camarão *M. rosenbergii* em relação ao fator independente sistemas de cultivo ($p<0,05$), exceto para a umidade (Tabela 5). A proteína bruta e o lipídio do tecido do camarão *M. rosenbergii* foram superiores nos sistemas de cultivo de água clara (56,49; 3,76%) e bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria (54,17; 3,52%), inferiores no sistema de cultivo em bioflocos adubado com melaço (30,33; 1,74%), respectivamente. A maior composição de cinzas no tecido do camarão foi verificada no sistema de cultivo em bioflocos fertilizado com melaço (19,30%), seguido pelos sistemas de água clara (17,47%) e bioflocos adubado com resíduo de cervejaria (15,47%). Já a umidade, não diferiu entre os tratamentos ($p>0,05$).

Tabela 5. Composição centesimal do tecido do camarão *Macrobrachium rosenbergii* cultivados nos diferentes sistemas de cultivo e densidades de estocagem.

Composição centesimal (%)	Sistemas de Cultivo			Densidades		Valor p		
	AC	RC	MC	150m ²	250 m ²	SC	D	SC x D
Proteína Bruta	56,49 ^a	54,17 ^a	30,33 ^b	42,72	51,26	0,00	0,12	0,24
Lipídio	3,76 ^a	3,52 ^a	1,74 ^b	2,82	3,19	0,00	0,34	0,06
Cinzas	17,47 ^b	15,57 ^c	19,30 ^a	17,57	17,33	0,00	0,42	0,07
Umidade	93,68	93,70	93,88	93,69	93,81	0,76	0,63	0,39

Letras diferentes na mesma linha apresentam diferenças significativas ($p<0,05$). Sistemas de cultivo - AC: Água clara, RC: Bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria, MC: Bioflocos fertilizado com melaço de cana- de-açúcar. SC: Sistema de cultivo, D: Densidade.

Não houve diferença significativa na interação dos fatores sistemas de cultivo e densidade de estocagem entre os tratamentos ($p>0,05$) (Tabela 6), sendo encontrada apenas diferenças significativas ($p<0,05$) no desempenho zootécnico com relação aos fatores independentes sistemas de cultivo e densidade de estocagem. O desempenho zootécnico foi superior para o camarão *M. rosenbergii* cultivado em sistema de água clara e sistema de bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria, sendo confirmado pelos valores superiores de sobrevivência, conversão alimentar e produtividade (Tabela 7).

Em relação à densidade de estocagem, somente a sobrevivência e a produtividade apresentaram diferenças significativas entre as densidades estudadas ($p < 0,05$). A sobrevivência tendeu a reduzir com o aumento da densidade de estocagem, contudo, a produtividade apresentou uma superioridade com o aumento da densidade. Os demais índices apresentaram resultados semelhantes dentro das densidades de estocagens analisadas (Tabela 7).

Tabela 6. Resultados da análise de variância dos índices zootécnicos dos juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* cultivado em diferentes sistemas de cultivo e densidades durante 43 dias de estudo.

Índices Zootécnicos	Valor p		
	SC	D	SC x D
Sobrevivência (%)	0,00	0,04	0,87
Ganho de peso (g)	0,10	0,97	0,53
Taxa de crescimento específico (% dia⁻¹)	0,06	0,97	0,49
Conversão alimentar aparente	0,00	0,61	0,97
Produtividade (Kg ha⁻¹)	0,00	0,00	0,10

SC: Efeito dos sistemas de cultivo, D: Efeito da densidade de estocagem. SCxD: Efeito da interação sistema de cultivo e densidade de estocagem.

Tabela 7. Índices zootécnicos dos juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* cultivado em diferentes sistemas de cultivo e densidades durante 43 dias de estudo.

Índices Zootécnicos	Sistemas de Cultivo			Densidades	
	AC	RC	MC	150 m ²	250 m ²
Sobrevivência (%)	83,87±2,29 ^a	81,43±3,24 ^a	24,13±2,34 ^b	66,38±8,61 ^a	59,91±8,45 ^b
Ganho de peso (g)	0,22±0,01	0,22±0,01	0,27±0,02	0,24±0,01	0,24±0,02
Taxa de crescimento específico (% dia⁻¹)	0,53±0,02	0,51±0,01	0,64±0,06	0,56±0,03	0,56±0,04
Conversão alimentar	2,55±0,06 ^a	2,85±0,07 ^a	7,44±0,55 ^b	4,18±0,69	4,38±0,75
Produtividade (Kg ha⁻¹)	525,76±47,11 ^a	521,17±42,95 ^a	176,52±19,74 ^b	332,34±41,92 ^b	483,29±62,93 ^a

Letras diferentes na mesma linha apresentam diferenças significativas (p<0,05). Sistemas de cultivo - RC: Bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria, MC: Bioflocos fertilizado com melaço de cana- de-açúcar.

4 DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros de Qualidade de Água

A temperatura média da água manteve-se em níveis aceitáveis para a espécie entre 24,29 a 26,37°C, sendo a faixa de temperatura de 28 a 31°C considerada como ótima para a produção (NEW, 2002). O oxigênio dissolvido permaneceu acima de 6 mg L⁻¹, concentração considerada como ideal para a espécie (NEW, 2002). A faixa de pH ideal para o camarão *M. rosenbergii* está entre 7,0 e 8,5 (NEW, 2002), assim, o pH no presente estudo foi mantido dentro do nível adequado citado na literatura, exceto para o tratamento fertilizado com resíduo de cervejaria. As concentrações reduzidas de pH possivelmente, devem-se a forte respiração dos microrganismos e animais cultivados (WASIELESKY et al., 2006).

Concentrações de amônia durante o estudo acima da recomendada pela literatura (NEW, 2002), foram observadas nos sistemas de bioflocos fertilizados com resíduo de cervejaria (RC) e melaço de cana-de-açúcar (MC). As bactérias heterotróficas presentes no floco microbiano são responsáveis pela conversão da amônia tóxica em proteína microbiana, permitindo melhoria na qualidade da água. Entretanto, Burford et al. (2003) afirmaram que variações nos níveis de amônia em sistemas intensivos aparentemente é um episódio natural, com efeito reduzido na sobrevivência e crescimento de camarões.

O nitrito apresentou valores médios abaixo de 0,91 mg L⁻¹, dentro dos limites exigidos pela espécie. Mallasen e Valenti (2006) sugeriram níveis de nitrito abaixo de 2 mg L⁻¹ para o camarão *M. rosenbergii*, e ainda afirmaram que o aumento de concentrações em até 16 mg L⁻¹, retardam o desenvolvimento, crescimento e causa mortalidade dos animais. O aparecimento de nitrito em sistemas heterotróficos, evidencia a nitrificação e formação do floco microbiano (SERRA et al., 2015).

O nitrato e o fosfato permaneceram dentro das concentrações recomendadas para criações de animais aquáticos, entre 0,5 a 20 mg L⁻¹ (EMERENCIANO et al., 2017). Segundo Melo et al. (2015), a nitrificação resulta na conversão de compostos nitrogenados tóxicos em produtos menos tóxicos, assim provavelmente o nitrato não afetou a saúde dos animais. Elevados níveis de fosfato na presença de agregados microbianos podem ter ocorrido ao lento metabolismo e dificuldade na absorção pelas bactérias heterotróficas (EMERENCIANO et al., 2007).

Os sólidos sedimentáveis e os sólidos suspensos totais nos sistemas de bioflocos fertilizados com resíduo de cervejaria (RC) e com melaço de cana-de-açúcar (MC) mantiveram-se acima dos limites recomendados por Avnimelech et al. (2011), entre 5 - 50 mL L⁻¹, e por Samocha et al. (2007), valores abaixo de 500 mg L⁻¹. Elevadas concentrações de sólidos ocasionam maior desenvolvimento de zooplâncton nos tanques de cultivo, sendo esses responsáveis pelo entupimento das brânquias e consequentemente, pelo estresse dos animais (LÓPEZ- TELLEZ et al., 2009). Entretanto, de acordo com Gaona et al. (2017), níveis entre 100 e 300 mg L⁻¹, são essenciais para a manutenção da qualidade de água, principalmente no período de formação do bioflocos, quando a nitrificação não está estabelecida.

4.2 Composição Microbiológica do Bioflocos

Os elevados níveis de sólidos suspensos e a luz limitada (fotoperíodo natural), provavelmente foram responsáveis pela baixa concentração do fitoplâncton em meio heterotrófico, e além disso, o uso de carbono orgânico proporcionou o crescimento

microbiano, em vez de microalgas (RAJKUMAR et al., 2016). Em ambientes aquáticos com luz incidente o fitoplâncton floresce, sendo uma importante fonte de alimento para o zooplâncton e desenvolvimento de bactérias (WEI et al., 2016).

No presente estudo, os protozoários foram os microrganismos mais abundantes no floco microbiano, bem como nos experimentos realizados por Azim e Little (2008), Ballester et al. (2010) e Emerenciano et al. (2012). De acordo com Thompson et al. (2002), elevadas concentrações de protozoários e rotíferos em sistemas de bioflocos podem melhorar o desempenho dos camarões.

Decamp et al. (2007) observaram concentrações de 200 rotíferos mL⁻¹, e mencionaram que sua abundância pode afetar a comunidade fitoplantônica, por meio do elevado pastejo desses organismos. Já Monroy-Dosta et al. (2013) encontraram concentrações superiores a 115 rotíferos mL⁻¹ em cultivos com tilápias em bioflocos. O tratamento fertilizado com melaço apresentou abundância superior à relatada por esses autores. Nematódeos e copépodos foram pouco abundantes, entretanto, assim como os rotíferos podem ter sofrido o pastoreio dos camarões durante o período experimental (RAJKUMAR et al., 2016).

Loureiro et al. (2012) analisando o uso de protozoários, nematódeos e rotíferos como alimento vivo para o *L. vannamei* criado em sistema de bioflocos, comprovaram que esses microrganismos são predados pelo camarão, sendo considerados uma importante fonte nutricional para peneídeos. Arnold et al. (2005) também reportaram que nematódeos e copépodos desenvolvidos em substratos artificiais são fontes de alimento para *Penaeus esculentus*. Monroy-Dosta et al. (2013) verificaram picos de 125 nematódeos mL⁻¹ em cultivos com tilápias em meio heterotrófico, sendo esse resultado superior ao presente estudo.

Os Gastrotrichas foram identificados como agentes formadores do bioflocos (biofloculação), assim como os protozoários, copépodos e nematódeos (MANAN et al., 2017). Entretanto, não foram encontrados relatos na literatura quanto à presença de turbelários em sistemas com flocos microbianos, como ocorreu no presente estudo. Mas, certamente a variabilidade de microrganismos nos agregados microbianos influenciaram a qualidade nutricional dos bioflocos.

4.3 Composição Centesimal do Bioflocos

O floco microbiano nos sistemas fertilizados com resíduo de cervejaria e melaço apresentaram valores superiores de proteína e lipídio, aos observados por Emerenciano et al. (2007), exceto, para as cinzas que apresentaram percentual superior ao presente estudo (39,3%). Já Silva et al. (2013), obtiveram resultados inferiores de proteína (23,8%) e semelhantes de lipídio (2,48%), contudo as cinzas (55,51%) foram elevadas, quando comparadas com o presente trabalho. Níveis elevados de cinzas podem estar relacionados às elevadas densidades de estocagem e pela quantidade de fezes de camarão acumuladas em sistema de bioflocos (WASIELESKY et al., 2006).

Os nematódeos podem ter contribuído para os altos níveis de proteína e lipídios, já que sua composição possui elevado conteúdo proteico e ácidos graxos essenciais (DE LARA et al., 2007). De acordo com Schlechtriem et al. (2004), o nematódeo (*Panagrellus redivivus*) pode apresentar mais de 50% de proteína em sua biomassa e podem ser usados com alimento vivo para camarões e peixes. Do mesmo modo, Focken et al. (1998) afirmaram que os rotíferos podem atender às exigências energéticas e proteicas do camarão. Além disso, fornecem aminoácidos essenciais e ácidos graxos insaturados (MARTINS et al., 2016). Os protozoários também apresentam uma importante fonte de lipídio para os camarões (SILVA et al., 2008). Segundo Farhadian et al. (2009) a composição centesimal do copépodo *Apocyclops dengizicus* registraram níveis de proteína com variações de 46,81 a 60,49% e lipídio de 17,76 a 19,08%,

e além disso, demonstraram que as propriedades químicas desse organismo variavam de acordo com a microalga fornecida como fonte de alimento.

Os resultados demonstraram que a composição centesimal do bioflocos foi influenciada pela fonte de carbono utilizada, pois foi observado elevado valor proteico do bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria no presente estudo, e além disso, a concentração elevada de sólidos suspensos e do zooplâncton no sistema de criação podem ter contribuído para elevar o valor nutricional do bioflocos (EMERENCIANO et al., 2013). Segundo Fugimura et al. (2014), variações na composição nutricional do bioflocos estão relacionadas com a constituição bioquímica dos organismos desenvolvidos em meios de cultivo fertilizados com diferentes fontes de carbono orgânicos. Portanto, pode-se inferir que o floco microbiano atendeu as exigências proteicas do camarão *M. rosenbergii*, visto que, os níveis de proteína bruta de 32 a 37% recomendados por Zimmermann (1998), foram observados na composição centesimal do bioflocos do presente estudo.

4.4 Composição Centesimal do Tecido do Camarão *Macrobrachium rosenbergii*

Os níveis de proteína bruta e lipídio do tecido do *M. rosenbergii* foram superiores nos tratamentos de água clara e bioflocos adubado com resíduo de cervejaria, no entanto, o tratamento fertilizado com o melaço não seguiu o mesmo padrão. Pérez e Fuentes et al. (2013) observaram concentrações superiores de proteína e lipídio no tecido do camarão *M. rosenbergii* quando criados em tecnologia de bioflocos, e reportaram que o *M. rosenbergii* preferem uma dieta natural do que alimentos comerciais, possivelmente pela fácil digestão. Entretanto no presente estudo, apesar dos níveis de proteína e lipídio não terem diferido nos tratamentos de água clara e bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria, esperava-se que a qualidade nutricional do tecido do camarão fosse maior no tratamento adubado com resíduo de cervejaria, visto que os animais tinham a dieta comercial e o bioflocos disponível 24 horas por dia como fonte de alimento, certamente os elevados níveis de amônia e de sólidos suspensos totais e sedimentáveis nesse tratamento influenciaram a composição centesimal do tecido do camarão *M. rosenbergii*.

No presente estudo a composição de cinzas no tecido do camarão foi elevada entre os tratamentos, concordando com Xu et al. (2012), que afirmaram que o conteúdo de cinzas tende a aumentar, no tecido de camarões criados em sistemas super-intensivos. Rajkumar et al. (2016) investigando a composição bioquímica do *L. vannamei* cultivado em sistema de bioflocos e água clara, observaram que o sistema de bioflocos melhora as propriedades nutricionais dos camarões. Assim, o bioflocos pode ter contribuído no aumento das características químicas no corpo do camarão criado em sistema heterotrófico fertilizado com resíduo de cervejaria, sendo comprovado pela diversidade microbiológica do floco microbiano nesse sistema de produção. Além disso, os protozoários foram o grupo mais representativo desse tratamento, o que pode ter contribuído para melhoria da qualidade nutricional do bioflocos.

4.5 Desempenho Zootécnico do Camarão *Macrobrachium rosenbergii*

A sobrevivência nos sistemas de cultivo em água clara (AC) e de bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria (RC) do presente estudo, foram superiores aos relatados por Valenti et al. (2009), que encontraram taxas variando de 60,5 a 72,4%, cultivando pós-larvas de *M. rosenbergii* em sistemas de recirculação. Já Ballester et al. (2017) mencionaram taxas de sobrevivência para a mesma espécie, de 85,60 e 76,81% em sistema de recirculação e de bioflocos fertilizado com açúcar mascavo, respectivamente, e Perez-Fuentes et al. (2013) obtiveram 85,31% de sobrevivência para o *M. rosenbergii* cultivado em sistema de bioflocos

fertilizado com melaço de cana-de-açúcar, em comparação ao sistema tradicional (85,40%) corroborando com o resultado do presente estudo, quando o sistema de bioflocos foi fertilizado com resíduo de cervejaria.

O ganho de peso e taxa de crescimento foram semelhantes entre os sistemas de cultivo, demonstrando que os sistemas de criação provavelmente não interferiam no ganho de peso e crescimento dos animais cultivados. Resultados que corroboram com o trabalho de Ballester et al. (2017), que não verificaram diferenças significativas no ganho de peso (0,42 e 0,36 g) e crescimento (1,39 e 1,31% dia⁻¹) do camarão *M. rosenbergii* quando criados em sistema de recirculação com filtro biológico e em meio heterotrófico, respectivamente. E de acordo com Ballester et al. (2007), elevadas densidades de estocagem e o comportamento territorial do camarão *M. rosenbergii* podem reduzir o ganho de peso e o crescimento dos animais.

A conversão alimentar aparente dos sistemas cultivados com água clara (AC) e com bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria (RC), apresentaram piores resultados em relação a aqueles analisados por Ballester et al. (2017), que observaram valores de 1,82 e 2,25 utilizando o camarão *M. rosenbergii* em sistema convencional e com tecnologia de bioflocos, respectivamente. Valores semelhantes ao presente estudo foram relatados por Perez - Fuentes et al. (2013), com a mesma espécie em cultivo tradicional e obtiveram conversão alimentar de 2,74 e 2,27 no cultivo com bioflocos fertilizado com melaço. Entretanto, no presente estudo o sistema de cultivo fertilizado com melaço (MC) obteve pior eficiência na conversão alimentar, em relação à verificada por esses autores. Esperava-se que os valores de conversão alimentar nos sistemas com tecnologia de bioflocos fossem melhores que os sistemas de água clara, contudo, a elevada concentração de microrganismos e de sólidos suspensos totais e sedimentáveis nos tratamentos com bioflocos pode ter estressado os animais, o que pode ter reduzido o apetite e a alimentação dos camarões. Além disso, as altas concentrações de amônia podem ter prejudicado a conversão alimentar dos camarões (BALLESTER et al., 2007). Vilani et al. (2016), investigaram o uso de farelo de arroz e melaço como fonte de carbono em tecnologia de bioflocos, concluíram que o farelo de arroz melhorou a conversão alimentar das pós-larvas de *L. vannamei*, e ainda constataram que sistemas heterotróficos adubados com fontes de carbono orgânico complexas e de difícil dissolução apresentam maior formação de agregados microbianos e melhor crescimento dos animais.

A produtividade nos sistema de água clara (AC) e de bioflocos fertilizados com resíduo de cervejaria (RC), no presente estudo apresentou resultados similares aos encontrados por Asaduzzaman et al. (2008), que adicionando farinha de tapioca na água de cultivo para o desenvolvimento do perifíton com diferentes relações C:N (10, 15, 20), encontraram produtividades de 445, 522 e 583 Kg ha⁻¹, respectivamente. Esses autores observaram que a adição de farinha de tapioca melhorou a produtividade, a qualidade da água e o perifíton.

O desempenho inferior do *M. rosenbergii* em sistema fertilizado com melaço de cana-de-açúcar (MC), no presente estudo, corroborou com os resultados de Gaona et al. (2017), onde os autores avaliaram o efeito de diferentes níveis de sólidos suspensos totais, na qualidade da água e no desempenho de *L. vannamei* em sistema de bioflocos, durante 42 dias, obtendo sobrevivência de 20,73%, conversão alimentar de 5,28 e concentrações de sólidos suspensos acima de 600 mg L⁻¹, tal como no presente estudo. Níveis elevados de sólidos podem ter prejudicado o desempenho do camarão.

As densidades de estocagens interferiram na sobrevivência e na produtividade do camarão *M. rosenbergii* no presente estudo, concordando com Negrini et al. (2017), que trabalharam com o camarão *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos nas densidades (50, 100, 150, 200, 250 m²) e constataram a redução da taxa de sobrevivência com o incremento da densidade de estocagem dos animais, observando que a densidade de 50 camarões m⁻²

apresentou a maior taxa de sobrevivência (73%), embora no presente estudo a sobrevivência de 66,38% foi obtida na densidade de 150 m², e os resultados foram próximos aos citados por esses autores. Curvin-Alar et al. (2007) obtiveram sobrevivências de 55,3; 54; 52,7 e 36,9%, nas respectivas densidades 15, 30, 60, 90 camarões m⁻², quando o camarão *M. rosenbergii* foi criado em gaiolas experimentais em um lago eutrófico. Apesar das densidades serem inferiores àquelas utilizadas em nosso estudo, as taxas de sobrevivências nas duas densidades estudadas foram superiores as relatadas pela literatura.

Os resultados do presente estudo indicaram que a sobrevivência foi inversamente proporcional à densidade de estocagem, com taxas mais elevadas na menor densidade estudada. Taxas de sobrevivência reduzidas em altas densidades podem estar relacionadas ao aumento das interações comportamentais negativas, como por exemplo, o canibalismo, e além disso, o acúmulo de sedimentos pode ocasionar o enterramento dos camarões em zonas anaeróbias provocando grande mortalidade dos animais (ARNOLD et al., 2005).

A densidade de 250 camarões m⁻² demonstrou uma forte relação com a produtividade e à medida que se elevou a densidade de estocagem houve aumento da produtividade, porém a sobrevivência reduziu significativamente. O mesmo padrão foi reportado por Silva et al. (2013) e Krummenauer et al. (2011), em cultivos com o camarão *L. vannamei* em sistema de bioflocos. Já Curvin-Alar et al. (2007), verificaram maior produtividade do camarão *M. rosenbergii* nas densidades de 30, 60 e 90 camarões m⁻² (694, 880, 1089 g m⁻²) e menor nas densidades 15 e 30 camarões m⁻² (450, 694 g m⁻²) após 150 dias de cultivo em lago eutrófico. Esses resultados equivalentes a Kg ha⁻¹ foram inferiores aos do presente estudo, todavia, os animais foram estocados com 0,40 g de peso inicial em gaiolas na presença de substratos artificiais durante 5 meses, e provavelmente esses fatores podem ter contribuído para os elevados níveis de produção.

Apesar da densidade de estocagem ter influenciado a sobrevivência e a produtividade, as altas densidades não tiveram efeito significativo sobre o ganho de peso e crescimento. A baixa eficiência da conversão alimentar nas densidades estudadas, pode estar relacionada com as reduzidas taxas de sobrevivência, que como consequência diminuiu a produtividade e elevou a conversão alimentar (GANDINI et al., 2017).

5 CONCLUSÃO

Dentre as densidades testadas recomenda-se utilizar a menor densidade de estocagem (150 m²), para reduzir a competição por alimento, o territorialismo e canibalismo entre os animais. Os sistemas de cultivo com água clara e bioflocos fertilizado com resíduo de cervejaria, no geral apresentaram melhores índices zootécnicos e composição centesimal do tecido do camarão *M. rosenbergii*, portanto é possível utilizar o resíduo de cervejaria como fonte de carbono orgânico para promoção de bactérias heterotróficas em meio ao bioflocos, bem como, para promover o melhor aproveitamento da água e evitar descargas de efluentes no meio ambiente, além de, permitir a suplementação da dieta dos animais. Os altos níveis de amônia e a elevada concentração dos sólidos suspensos totais e sedimentáveis podem ter prejudicado o desempenho do camarão *M. rosenbergii* cultivado em sistema fertilizado com o melaço.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. **Official methods of analysis**. 17. ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, 2000.
- ARNOLD, S. J., SELLARS, M. J., CROCOS, P. J.; COMAN, G. J. Response of juvenile brown tiger shrimp (*Penaeus esculentus*) to intensive culture conditions in a flow through tank system with three-dimensional artificial substrate. **Aquaculture**, v. 246, n. 1-4, p. 231-238, 2005.
- ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J.; HUQUE, S.; SALAM, M. A.; AZIM, M. E. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. **Aquaculture**, v. 280, n. 1-4, p. 117-123, 2008.
- AVNEMELECH, Y. Tilapia Production Using Biofloc Technology: Saving Water, Waste Recycling Improves Economics. **Global Aquaculture Advocate**, may/june. 2011.
- AVNEMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, n. 176, v. 3-4, p. 227-235, 1999.
- AVNEMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, n. 1-4, p. 140-147, 2007.
- AZIM, M. E. 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.
- BALLESTER, E. L. C.; ABREU, P. C.; CAVALLI, R. O.; EMERENCIANO, M.; DE ABREU, L.; WASIELESKY JR, W. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, n. 2, p. 163-172, 2010.
- BALLESTER, E. L. C.; MARZAROTTO, S. A.; SILVA DE CASTRO, C.; FROZZA, A. PASTORE, I.; ABREU, P. C. Productive performance of juvenile freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* in biofloc system. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 9, p. 4748-4755, 2017.
- BRANCO, S. M. **Hidrologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 2. ed. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978. 620 p.
- 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**, 219, v. 1-4, p. 393-411, 2003.
- CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. **Aquaculture**, v. 356-357, p. 351-356, 2012.

CUVIN-ARALAR, M. L. A.; ARALAR, E. V.; LARON, M.; ROSARIO, W. CULTURE OF *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) in experimental cages in a freshwater eutrophic lake at different stocking densities. **Aquaculture Research**, v. 38, n. 3, p. 288-294, 2007.

DE LARA, R.; CASTRO, T.; CASTRO, J.; CASTRO, G. Cultivo del nematodo *Panagrellus redivivus* (Goodey, 1945) en un medio de avena enriquecida con *Spirulina* sp. **Revista de biología marina y oceanografía**, v. 42, n. 1, p. 29-36, 2007.

DECAMP, O.; CONQUEST, L.; CODY, J.; FORSTER, I.; TACON, A. G. Effect of shrimp stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 38, n. 3, p. 395-406, 2007.

DUBE, M. A.; TREMBLAY, A. Y.; LIU, J. Biodiesel production using a membrane reactor. **Bioresource. Technology**, v. 98, p. 639-647, 2007.

EMERENCIANO M.; GAXIOLA G.; CUZON G. Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. In: MATOVIC, M. D. (Ed). In: **Biomass Now: Cultivation and Utilization**. Canadá: InTech, 2013. cap.12 p. 301-328.

EMERENCIANO, M. G. C.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MIRANDA-BAEZA, A. Biofloc technology (BFT): a tool for water quality management in aquaculture. In: TUTU, H. (Ed) **Water Quality**. InTechOpen, 2017, cap. 5, p. 91-109.

EMERENCIANO, M. G. C.; WASIELESKY JR, W.; SOARES, R. B.; BALLESTER, E. C.; IZEPPI, E. M.; CAVALLI, R. O. Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2007.

EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E. L.; CAVALLI, R. O.; WASIELESKY, W. Biofloc technology application as a food source in a limited water Exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1871) **Aquaculture Research**, v. 43, n. 3, p. 447- 457, 2012.

FARHADIAN, O.; YUSOFF, F. M.; MOHAMED, S. Nutritional values of *Apocyclops dengizicus* (Copepoda: Cyclopoida) fed *Chaetoceros calcitrans* and *Tetraselmis tetrahele*. **Aquaculture research**, v. 40, n. 1, p. 74-82, 2009.

FOCKEN, U.; GROTH, A.; COLOSO, R. M.; BECKER, K. Contribution of natural food and supplemental feed to the gut content of *Penaeus monodon* Fabricius in a semi-intensive pond system in the Philippines. **Aquaculture**, v. 164, n. 1-4, p. 105-116, 1998.

FOLCH, J. M.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal Biological Chemistry**, v. 226, n. 497-507, 1957.

FUGIMURA, M. M. S.; FLOR, H. R.; MELO, E. P. DE.; COSTA, T. V.; WASIELESKY, 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, n. 2, p. 509-522, 2015.

- FURTADO, P. S.; GAONA, C. A.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Application of different doses of calcium hydroxide in the farming shrimp *Litopenaeus vannamei* with the biofloc technology (BFT). **Aquaculture international**, v. 22, n. 3, p. 1009-1023, 2014.
- GANDINI, F. A.; JÚNIOR, J. R. D. O. N.; MEDEIROS, C. S.; OSHIRO, L. M. Y.; SANT'ANA, N. FARIA. Avaliação de diferentes fontes de carboidratos para o sistema de bioflocos e crescimento do camarão branco. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, n. 4, p. 831-843, 2017.
- GAONA, C. A. P.; DA PAZ SERRA, F.; FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Biofloc management with different flow rates for solids removal in the *Litopenaeus vannamei* BFT culture system. **Aquaculture international**, v. 24, n. 5, p. 1263-1275, 2016.
- GAONA, C. A. P.; DE ALMEIDA, M. S.; VIAU, V.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY JR, W. Effect of different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) BFT culture system during biofloc formation. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 3, p. 1070-1079, 2017.
- HUTCHINSON, G. E. **A treatise on limnology**, Vol. 2: Introduction to lake biology and the limnoplankton. New York, London and Sydney: John Wiley & Sons Inc, 1967. 1115 p.
- KRUMMENAUER, D.; SEIFERT JR.; C. A.; POERSCH, L. H.; FOES, G. K.; LARA, G. R.; WASIELESKY JR, W. Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: análise da reutilização da água. **Atlântica**, Rio Grande, v. 34, n. 2, p. 103-111, 2012.
- KRUMMENAUER, D.; PEIXOTO, S.; CAVALLI, R. O.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. 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.
- KUDO, R. R. **Protozoologia**. 1.ed. México, Espanha, Argentina, Chile: Compania Editorial Continental, S.A, 1966. 905 p.
- LÓPEZ-TÉLLEZ, N. A.; VIDAL-MARTÍNEZ, V. M.; OVERSTREET, R. M. Seasonal variation of ectosymbiotic ciliates on farmed and wild shrimps from coastal Yucatan, Mexico. **Aquaculture**, v. 287, n. 3-4, p. 271-277, 2009.
- LOUREIRO, C. K.; JUNIOR, W. W.; ABREU, P. C. The use of protozoan, rotifers and nematodes as live food for shrimp raised in bft system. **Atlântica**, n. 34, v. 1, p. 5-12, 2012.
- MALLASEN, M e VALENTI, W. C. Effect of nitrite on larval development of giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 261, n. 4, p. 1292-1298, 2006.
- MANAN, H.; MOH, J. H. Z.; KASAN, N. A.; SURATMAN, S.; IKHWANUDDIN, M. Identification of biofloc microscopic composition as the natural bioremediation in zero water exchange of Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, culture in closed hatchery system. **Applied Water Science**, v. 7, n. 5, p. 2437-2446, 2017.

MARTINS, T. G.; ODEBRECHT, C.; JENSEN, L. V.; D'OCA, M. G.; WASIELESKY JR, W. The contribution of diatoms to bioflocs lipid content and the performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a BFT culture system. **Aquaculture research**, v. 47, n. 4, p. 1315-1326, 2016.

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

MONROY-DOSTA, M. D. C.; LARA-ANDRADE, D.; CASTRO-MEJÍA, J.; CASTRO-MEJÍA, G.; COELHO-EMERENCIANO, M. G. Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. **Revista de biología marina y oceanografía**, v. 48, n. 3, p. 511-520, 2013.

NEEDHAM, P. R. **Guías para el reconocimiento de algas e invertebrados dulceacuícualas**. 5. ed. 1973. 224 p.

NEGRINI, C.; CASTRO, C. S. D.; BITTENCOURT-GUIMARÃES, A. T.; FROZZA, A., ORTIZ-KRACIZY, R.; CUPERTINO-BALLESTER, E. L. Stocking density for freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda, Palaemonidae) in biofloc system. **Latin american journal of aquatic research**, v. 45, n. 5, p. 891-899, 2017.

NEW, M. B. **Farming freshwater prawns: A manual for the culture of giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*)**. FAO Fisheries Technical Paper.nº 428. Rome, FAO. 2002. 212p.

NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R.; KUTTY, M. N. **Freshwater prawns: Biology and Farming**. 1. ed. Oxford: Wiley-blackwell, 2010.

OTOSHI, C. A.; SCOTT, M. S.; NAGUWA, F. C.; MOSS, S. M. Shrimp Behavior May Affect Culture Performance at Super-Intensive Stocking densities. **Global Aquaculture Advocate**, v. 10, n. 12 p. 67-69, 2007.

PÉREZ-FUENTES, J. A.; PÉREZ-ROSTRO, C. I.; HERNÁNDEZ-VERGARA, M. P. Pond-reared Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii* with the biofloc system. **Aquaculture**, v. 400-401, p. 105-110, 2013.

RAJKUMAR, M.; PANDEY, P. K.; ARAVIND, R.; VENNILA, A.; BHARTI, V.; PURUSHOTHAMAN, C. S. Effect of different biofloc system on water quality, biofloc composition and growth performance in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Aquaculture Research**, v. 47, n. 11, p. 3432-3444, 2016.

SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S., SPEED, M., ALI, A. M.; BURGER, J. M.; ALMEIDA, R. V.; BROCK, D. L. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquacultural Engineering**, v. 36, n. 2, p. 184-191, 2007.

SAMPAIO, L. S.; TESSER, M. B.; WASIELESKY JÚNIOR.; W. Avanços da maricultura na primeira década do século XXI: piscicultura e carcinocultura marinha. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 102-11, 2010.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística Aplicada à experimentação animal**. 3. ed. reimpressão. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2010. 264 p.

SCHLECHTRIEM, C.; RICCI, M.; FOCKEN, U.; BECKER, K. Mass produced nematodes *Panagrellus redivivus* as live food for rearing carp larvae: preliminary results. **Aquaculture Research**, v. 35, p. 547-551, 2004.

SERRA, F. P.; GAONA, C. A.; FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture international**, v. 23, n. 6, p.1325-1339, 2015.

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

SILVA, C. F.; BALLESTER, E.; MONSERRAT, J.; GERACITANO, L.; WASIELESKY, W. JR.; ABREU, P. C. Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents. **Aquaculture Nutrition**, v. 14, n. 6, p. 507-514, 2008.

STICKLAND, J. H. D. e PARSONS, T. R. **A practical handbook of seawater analysis**. 2. ed. Canada: Fishery Research Board, 1972. 311 p.

THANH, N. M.; PONZONI, R. W.; NGUYEN, H. N.; VU, N. T.; BARNES, A.; MATHER, P. B. Evaluation of growth performance in a diallel cross of three strains of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in Vietnam. **Aquaculture**, v. 287, p. 75-83, 2009.

THOMPSON, F. L.; ABREU, P. C.; WASIELESKY, W. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. **Aquaculture**, v. 203, n. 3-4, p. 263-278, 2002.

VALENTI, W. C.; MALLASEN, M.; BARROS, H. P. Sistema de recirculação e rotina de manejo para larvicultura de camarões de água doce *Macrobrachium rosenbergii* em pequena escala. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, p. 141-151, 2009.

VALENTI, W.C.; NEW, M. B.; SALIN, K. R.; YE, J. Grow-out systems-monoculture. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R.; KUTTY, M. N. **Freshwater prawns: Biology and farming**. 1. ed. Oxford: Wiley-blackwell, 2010. p. 154-179.

VALÉRIO GERON, L. J.; ZEOULA, L. M.; FERRIANI BRANCO, A.; ARNOUD ERKE, J.; PIRES DO PRADO, O. P.; JACOBI, G. Caracterização, fracionamento proteico, degradabilidade ruminal e digestibilidade in vitro da matéria seca e proteína bruta do resíduo de cervejaria úmido e fermentado. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 29, n. 3, 2007.

VILANI, F. G.; SCHVEITZER, R.; FONSECA ARANTES, R., NASCIMENTO VIEIRA, F.; ESPÍRITO SANTO, C. M.; SEIFFERT, W. Q. Strategies for water preparation in a biofloc

system: Effects of carbon source and fertilization dose on water quality and shrimp performance. **Aquacultural Engineering**, v. 74, p.70-75, 2016.

WASIELESKY JR, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A. L.; 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.

WASIELESKY, W.; POERSCH, L. H.; JENSEN, L.; BIANCHINI, A. Effect of stocking density on growth of pen reared pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Crustacea, Penaeidae). **Náuplius**, v. 9, p. 163-167, 2001.

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

XU, W. J.; PAN, L. Q.; ZHAO, D. H.; HUANG, J. Preliminary investigation into the contribution of bioflocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. **Aquaculture**, v. 350, p. 147-153, 2012.

ZIMMERMANN, S. Manejo de Alimentos e Alimentação dos Camarões. In: VALENTI, W. C. (Ed). **Carcinicultura de Água Doce**: Tecnologia para a Produção de Camarões. Brasília: IBAMA/FAPESP, 1998. cap. 12. p. 239-267.

CAPÍTULO II

DIFERENTES NÍVEIS PROTÉICOS NA DIETA DO CAMARÃO DE ÁGUA DOCE *Macrobrachium rosenbergii* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

RESUMO

A produção aquícola está ameaçada pela destruição do meio ambiente, causada principalmente pelo despejo de resíduos tóxicos nos corpos d'água, além da dependência do óleo e farinha de peixe para produzir dietas comerciais. Assim, a tecnologia de bioflocos surge como alternativa para preservar o meio ambiente e os recursos naturais. A tecnologia de bioflocos apresenta-se vantajosa, pois é possível reduzir o conteúdo proteico das dietas comerciais, já que, os animais são beneficiados pela produtividade natural disponível no ambiente de criação 24 horas por dia, além disso, o bioflocos melhora o desempenho zootécnico dos animais. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de diferentes níveis proteicos na dieta do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos, comparando os parâmetros de qualidade, composição centesimal e microbiana dos bioflocos, composição centesimal e índices zootécnicos dos camarões. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos e cinco repetições: TB30 - bioflocos + dieta comercial 30% PB; TB35 - bioflocos + dieta comercial 35% PB e TB40 - bioflocos + dieta comercial 40% PB; totalizando 15 unidades experimentais. Os animais foram estocados em tanques de polietileno de 500 L, com peso médio inicial de $0,11 \pm 0,1$ g. O experimento durou 44 dias. Não houveram diferenças significativas nos parâmetros de qualidade da água, índices zootécnicos, composição microbiológica do bioflocos e na composição centesimal do bioflocos e do tecido do camarão ($p > 0,05$). Os resultados demonstraram que é possível reduzir o nível proteico da dieta comercial do camarão *Macrobrachium rosenbergii* de 40 para 30% PB em sistema de bioflocos. Entretanto, são necessários mais estudos quanto ao monitoramento da qualidade da água, afim de melhorar os índices de produção.

Palavras-chaves: Meio Ambiente. Produção Aquícola. Produtividade Natural.

ABSTRACT

Aquaculture production has been threatened by the destruction of the environment, mainly caused by the waste of toxic residues into water bodies, beyond the production of commercial diets reliant on fish oil and fish meal. Thus, biofloc technology rises as an alternative to preserve the environment and natural resources. The biofloc technology is profitable since, it makes possible to reduce protein contents from commercial diets, seeing that animals are benefitted by the natural productivity available in the rearing environment 24 h per day, besides, biofloc improves the zootechnical performance of animals. The aim of this study was to evaluate the effect of different protein levels in the diet of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in bioflocs system, comparing the quality parameters, centesimal and microbial composition of the bioflocs, centesimal composition and zootechnical indexes of the prawns. The experimental design was completely randomized with three treatments and five replications: TB30 - bioflocs + commercial diets 30% CP; TB35 - bioflocs + commercial diet 35% CP and TB40 - bioflocs + commercial diet 40% CP; total of 15 experimental units. The animals were stocked in 500 L polyethylene tanks, with initial mean weight of 0.11 ± 0.1 g. The experiment lasted for 44 days. No significant differences were found in the parameters of water quality, zootechnical indexes, microbiological composition of the bioflocs and the centesimal composition of bioflocs and prawn tissue ($p > 0.05$). The results demonstrate that it is possible to reduce from 40 to 30% the protein level of the commercial diet for prawns *Macrobrachium rosenbergii* in bioflocs system. However, further studies are needed regarding the monitoring of water quality, in order to improve production indexes.

Key words: Environment. Aquaculture production. Natural Productivity.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o crescimento da produção aquícola está limitado devido às ameaças causadas ao meio ambiente, pela descarga de dejetos nos corpos d'água e pela dependência do óleo e da farinha de peixe na produção de dietas comerciais (DE SCHRYVER et al., 2008). Afim de preservar o meio ambiente e os recursos naturais esse crescimento deve-se apresentar de forma sustentável e amigável (CRAB et al., 2012). A tecnologia de Bioflocos (Biofloc Technology - BFT) surge como alternativa sustentável para sistemas de cultivo aquícolas com troca zero ou mínima de água (DE SCHRYVER et al., 2008; CRAB et al., 2012). Os bioflocos produzidos por esse sistema melhoram a qualidade da água, através do controle dos compostos nitrogenados, além disso, são fonte de alimento suplementar para os animais cultivados (BALESTER et al., 2010).

Segundo Avnimelech (1999), o controle do nitrogênio inorgânico é realizado pelo ajuste da relação carbono: nitrogênio (C:N), através da adição de uma fonte de carbono orgânica via sistema de cultivo, o que permite o crescimento de bactérias e outros microrganismos capazes de utilizar carboidratos (açúcares, amido e celulose) como fonte de energia para produzir proteína microbiana.

Os animais criados em sistemas com troca zero de água são beneficiados pela produtividade natural (flocos microbianos) disponível 24 horas por dia (AVNIMELECH, 2007), melhorando a produção por hectare, reduzindo o conteúdo proteico das dietas comerciais e consequentemente os custos com alimentação. Além disso, o consumo do bioflocos melhora as taxas de crescimento e reduz a conversão alimentar dos animais cultivados (MARTÍNEZ-CÓRDOVA et al., 2015).

Segundo Azim e Little (2008), o flocos microbiano pode conter elevados níveis de proteína bruta, assim como, ácidos graxos essenciais e aminoácidos. Martínez-Córdova et al. (2015) relataram que os teores de proteína e lipídio do bioflocos variam de 14 a 50% e 1,2 a 9%, respectivamente. Buford et al. (2004) relataram que mais de 29% do alimento consumido pelo camarão *Litopenaeus vannamei* deve-se ao flocos microbiano presente em meio heterotrófico.

Vários autores já verificaram que a redução dos níveis da proteína dietética, não interfere no desempenho dos camarões, comprovando que o bioflocos fornece uma fonte suplementar de proteína, contribuindo para a nutrição dos organismos cultivados. (MARTÍNEZ-CÓRDOVA et al., 2002; BALLESTER et al., 2010; XU et al., 2012; MELO et al., 2015). Segundo Zimmermann (1998), o camarão *Macrobrachium rosenbergii* na fase de juvenil apresenta exigência nutricional de 32 a 37% de proteína bruta, 4 a 8% de fibra bruta e de lipídio, assim, pode-se inferir que os níveis de proteína dos bioflocos podem contribuir para redução dos custos com alimentação.

Portanto, o objetivo desse estudo avaliar o efeito de diferentes níveis proteicos na dieta do camarão de água doce *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos, comparando os parâmetros de qualidade, composição centesimal e microbiana dos bioflocos, composição centesimal e índices zootécnicos dos camarões.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de Estudo

O estudo foi realizado na Estação de Biologia Marinha da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (EBM/UFRRJ), em Itacuruçá, Mangaratiba, RJ, Brasil.

2.2 Manejo Experimental

Foram avaliadas três diferentes dietas comerciais na alimentação de *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos: dieta comercial 30, 35 e 40% PB. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três tratamentos e cinco repetições: **TB30%** - bioflocos + dieta comercial 30% PB; **TB35%** - bioflocos + dieta comercial 35% PB e **TB40%** - bioflocos + dieta comercial 40% PB; totalizando 15 unidades experimentais.

As unidades experimentais foram tanques de polietileno de 500 L (volume útil de 350 L, área de fundo de 0,71 m²), no fundo de cada tanque montou-se um sistema de aeração ligado a um compressor de ar do tipo blower, que forneceu aeração forte e constante permitindo a suspensão do floco na coluna d'água (Figura 1 A-B). Para manter a temperatura da água dentro da faixa de conforto (28 a 31°C) para o cultivo de *M. rosenbergii* utilizou-se aquecedores submersos com termostato. Quando necessário adicionou-se água doce de clorada com ácido ascórbico (1 ppm) aos tanques para repor as perdas por evaporação e manutenção do nível de água durante o período de estudo. Para a manutenção do pH em acima de 7,0 quando necessário foi adicionada 0,05 g L⁻¹ de hidróxido de cálcio (Ca (OH)₂) nas unidades experimentais (FURTADO et al., 2014).



Figura 1. Unidades experimentais utilizadas durante 44 dias de experimento (A-B).

Os juvenis de *M. rosenbergii* foram adquiridos da Fazenda Santa Helena em Silva Jardim, RJ, trazidos para EBM e aclimatados durante 7 dias em tanques de 500 L, com água doce tratada, sob aeração contínua e alimentados com dieta comercial de 35% PB (Nutriave-Propescado Camarão). Após o período de aclimação, 107 camarões (0,11±0,1 g) foram distribuídos nas unidades experimentais em uma densidade de 150 juvenis m⁻², onde permaneceram por 44 dias (período de 24 de outubro a 6 de dezembro de 2015).

A indução da formação do bioflocos iniciou-se no dia em que os animais foram distribuídos nos respectivos tratamentos. Para a formação do bioflocos e manutenção da qualidade da água foram inoculadas as microalgas *Scenedesmus acuminatus* (7,63 x 10⁹

células mL⁻¹), sendo obtidas do Laboratório de Algologia da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ).

Durante os três primeiros dias de experimento, a formação do floco microbiano consistiu na fertilização orgânica com resíduo de cervejaria, sendo o cálculo realizado com base na quantidade de carbono e nitrogênio do resíduo de cervejaria e das dietas comerciais ofertadas aos animais, para manter uma relação de C:N de 20:1 (AVNIMELECH, 1999). O farelo de trigo foi adicionado na proporção de 5% do resíduo de cervejaria como substrato para formação do floco microbiano. As percentagens de carbono e nitrogênio presentes, no resíduo de cervejaria, farelo de trigo e rações foram obtidas pela análise de espectrometria de massa com o analisador elementar CNH-Modelo PE-2400, Perkin (Laboratório de Análise de Solo, Planta e Resíduos/UFRRJ), que permitiu o cálculo da fertilização orgânica durante o período experimental (Tabela 1).

Tabela 1. Percentual de carbono (C) e nitrogênio (N) das fontes carbono orgânico e dietas comerciais utilizadas no cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos.

Nutriente	% C	% N
Resíduo de Cervejaria	45	3,5
Farelo de Trigo	42	2,8
Dieta comercial 30% PB	40	5,23
Dieta comercial 35% PB	41	5,49
Dieta comercial 40% PB	43	5,79

Após a indução inicial de formação do bioflocos, a fertilização orgânica foi realizada, através do controle do nível de amônia (N - AT), quando as concentrações desse composto nitrogenado atingiram o nível ≥ 1 mg L⁻¹, foi adicionada a fonte de carbono, considerando que de 6 g de carbono são necessários para mobilizar 1 g de amônia total (N- AT) em biomassa microbiana (AVNIMELECH, 1999).

Através das seguintes fórmulas, calculou-se a quantidade de fertilizante orgânico necessários para mobilizar o nitrogênio amoniacal:

$$\text{N-AT (g)} = \text{Volume do Tanque (L)} * \text{N-AT (mg L}^{-1}\text{)} / 1000$$

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

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

Os juvenis de *M. rosenbergii* foram arraçoados com três dietas comerciais e diferentes níveis de proteína bruta: 30, 35 e 40% PB (Nutriave-Propescado Camarão), fornecidas em bandejas teladas duas vezes ao dia (09:00 e 18:00 h), na proporção de 10 a 14% da biomassa de cada unidade experimental. A composição centesimal da dieta comercial foi analisada no laboratório de Tecnologia do Pescado da FIPERJ (Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro) (Tabela 2) (AOAC, 2000; FOLCH et al., 1957). A cada 15 dias todos animais foram pesados para o ajuste da dieta fornecida, de acordo com as biometrias e observação do consumo (Figura 2).



Figura 2. Pesagem dos animais utilizados durante 44 dias de experimento.

Tabela 2. Composição centesimal das dietas comerciais fornecidas aos juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em cultivo de bioflocos durante 44 dias de estudo.

Nutriente	30% PB	35% PB	40% PB
Proteína bruta	30,03	35,02	40,43
Lipídio	7,4	8,4	8,7
Cinzas	13,76	11,76	8,0
Matéria Seca	93,11	93,66	93,70

Os parâmetros de qualidade de água como temperatura, oxigênio dissolvido e pH foram mensurados através do multiparâmetro (AKSO - Modelo AK88), sendo registrados duas vezes ao dia (08:00 e 15:00 h). Além disso, amostras da água das unidades experimentais foram coletadas a cada dois dias para análises de amônia total (N-AT) e nitrito (NO₂-N), e uma vez por semana para análises de nitrato (NO₃-N), fosfato (P-PO₄). As análises foram realizadas com o auxílio de um fotômetro multiparâmetro (HANNA-Modelo HI83203). Os sólidos sedimentáveis foram avaliados duas vezes por semana, através do cone graduado Inhoff (mL L⁻¹). Foi coletada uma amostra de 1 L das unidades experimentais e esperou-se 20 minutos para sedimentação do floco microbiano (AVNIMELECH, 2007). A concentração de sólidos suspensos totais (mg L⁻¹) foi analisada aos 13º, 20º, 27º, 34º, 41º dias de estudo, seguindo a metodologia de gravimetria (STRICKLAND e PARSONS, 1972) (Figura 6).



Figura 3. Concentração de Sólidos Suspensos Totais (mg L^{-1}) dos tratamentos fertilizados com resíduo de cervejaria.

Amostras de 50 mL de água dos tanques de cultivos foram tomadas aos 5°, 12°, 19°, 26°, 33°, 40°, dias de estudo e fixadas com formol a 4%, para posterior avaliação da composição microbiológica presente no bioflocos. As análises preliminares do zooplâncton foram realizadas com o auxílio da câmara de Sedgewick Rafter, que consistiram na tomada de três sub-amostras de 1 mL e observações de cinco campos em cada uma das sub-amostras. A contagem e identificação do fitoplâncton foram realizadas em microscópio óptico (CH30, Olympus) com 400 e 100 x de aumento. As microalgas foram contadas e identificadas com o auxílio da câmara de Neubauer com aumento de 400 x, sendo realizadas análises preliminares de quatro sub-amostras. Adicionou-se lugol (2%) nas amostras para facilitar a visualização dos microrganismos, que foram identificados em níveis de gênero, com o auxílio de chaves de identificação (BRANCO, 1978; HUTCHINSON, 1967; KUDO, 1966; NEEDHAM, 1973).

Ao final de 44 dias, os camarões de cada unidade experimental foram contados e pesados em balança de precisão (0,01 g). Os bioflocos foram filtrados em malha de 50 μm , secos em estufa a 60°C, até atingirem peso constante e congelados em seguida. A composição centesimal dos camarões e do bioflocos foram analisadas quanto aos níveis de proteína bruta, lipídio, cinzas e matéria seca (AOAC, 2000; FOLCH et al., 1957) no laboratório de Tecnologia do Pescado da FIPERJ.

O desempenho zootécnico foi avaliado através dos seguintes índices: peso final, ganho de peso, sobrevivência, taxa de crescimento específico, conversão alimentar aparente e produtividade de cada unidade experimental.

As seguintes fórmulas foram utilizadas para o cálculo dos índices zootécnicos:

Peso final (PF) (g) = Peso médio final

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

Sobrevivência (SOB) (%) = (número final de animais/número inicial de animais) *100

Taxa de crescimento específico (TCE) (%/dia) = [(média de peso final – média de peso inicial) * 100] /dias de experimento

Conversão alimentar aparente (CAA) = Quantidade de ração fornecida (g) /Ganho de Biomassa (g)

Produtividade (PROD) (kg/ha) = Biomassa (kg) * 10.000 m^2 (ha) /área de cultivo utilizada (m^2)

2.3 Análise Estatística

Os resultados de parâmetros de qualidade da água, desempenho zootécnico, composição centesimal do tecido dos camarões e do bioflocos, e a densidade de microorganismos foram analisados pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de Bartlett. Os dados em percentagem (sobrevivência e a taxa de crescimento específico) foram transformados em arco-seno da raiz quadrada. As variáveis dos microorganismos (Clorofícea, Protozoário, Rotífero, Turbelária e Gastrotricha) foram transformadas na função logarítmica ln. (SAMPAIO, 2010). Posteriormente, os dados de qualidade de água, desempenho zootécnico e composição centesimal do tecido dos camarões e bioflocos foram analisados pela Análise de Variância (ANOVA-one way). Enquanto, as densidades dos microorganismos nos dias de amostragem durante o estudo foram submetidas à Análise Variância de medidas repetidas. As diferenças significativas entre as médias dos tratamentos foram verificadas pelo teste de Tukey e consideradas significativas ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa estatístico SAS (2008), versão 9.2.

3 RESULTADOS

Os parâmetros de qualidade de água monitorados durante 44 dias de estudo podem ser observados na Tabela 3. Não foram verificadas diferenças significativas na temperatura (manhã e tarde), oxigênio dissolvido (manhã e tarde), pH (manhã e tarde), amônia, nitrito, nitrato, fosfato, volume do floco e sólidos suspenso totais nos diferentes tratamentos avaliados ($p>0,05$).

Tabela 3. Parâmetros de qualidade da água do cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos alimentados com diferentes dietas comerciais e níveis proteicos.

Parâmetros	Tratamentos			Valor p
	TB30%	TB35%	TB40%	
Temperatura manhã (°C)	28,14±0,16	28,11±0,44	28,57±0,25	0,53
Temperatura tarde (°C)	29,26±0,36	28,86±0,36	29,35±0,10	0,50
Oxigênio dissolvido manhã (mg L ⁻¹)	5,86±0,66	5,84±0,65	5,78±0,00	0,56
Oxigênio dissolvido tarde (mg L ⁻¹)	5,70±0,49	5,72±0,29	5,68±0,02	0,74
pH manhã	6,89±0,06	6,91±0,05	6,88±0,03	0,69
pH tarde	6,86±0,07	6,87±0,05	6,85±0,01	0,94
Amônia (NAT mg L ⁻¹)	4,72±0,13	4,83±0,02	4,85±0,07	0,55
Nitrito (N-NO ₂ mg L ⁻¹)	1,79±0,06	1,83±0,03	1,99±0,08	0,12
Nitrato (N-NO ₃ mg L ⁻¹)	15,49±1,09	13,77±1,75	10,84±1,20	0,13
Fosfato (P-PO ₄ mg L ⁻¹)	8,07±1,09	8,91±0,53	8,32±0,75	0,77
Sólidos Sedimentáveis (mL L ⁻¹)	12,93±1,12	10,47±0,54	10,70±1,00	0,19
Sólidos Suspensos Totais SST (mg L ⁻¹)	513,13±52,78	540,93±36,80	540,53±40,59	0,35

Letras diferentes na mesma linha apresentam diferenças significativas ($p<0,05$). **TB30%**: bioflocos + dieta comercial 30% PB; **TB35%**: bioflocos + dieta comercial 35% PB e **TB40%**: bioflocos + dieta comercial 40% PB.

A composição microbiológica dos bioflocos não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($p>0,05$). As clorofíceas foram representadas pelas microalgas *Scenedesmus acuminatus*. Os organismos heterotróficos foram representados pelos protozoários esporozoários e ciliados (*Sporozoa* sp., *Paramecium* sp., *Vorticella* sp.), rotíferos (*Euchlanis* sp., *Enteroplea* sp., *Brachionus* sp., *Philodina* sp., *Ploesoma* sp.) turbelários (*Mesostoma* sp.) e gastrotricha (*Lepidodermella* sp.) (Tabela 4).

Tabela 4. Composição e densidade média dos microorganismos presentes no floco microbiano do cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos com diferentes dietas comerciais e níveis proteicos, coletados aos 5°, 12°, 19°, 26°, 33°, 40° dias de estudo.

Taxón	Tratamentos			Valor p
	TB30%	TB35%	TB40%	
Clorofíceas (10 ⁴ cels mL ⁻¹)				
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	4, 26 ± 4,10	6,40 ±2,76	6,70 ±3,89	0,45
Protozoário (org. mL ⁻¹)	1120,93±254,43	869,71±355,94	723,22±182,82	0,61
Rotífero (org. mL ⁻¹)	1093,57±214,40	859,44±131,80	792,11±73,69	0,39
Turbelária (org. mL ⁻¹)	82,44±31,11	169,99±107,86	128,33±76,29	0,74
Gastrotricha (org. mL ⁻¹)	102,56±25,93	128,96±81,29	85,67±36,26	0,85

Letras diferentes na mesma linha apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$). **TB30%**: bioflocos + dieta comercial 30% PB; **TB35%**: bioflocos + dieta comercial 35% PB e **TB40%**: bioflocos + dieta comercial 40% PB.

Não foram encontradas diferenças significativas na composição centesimal do floco microbiano entre os tratamentos analisados ($p > 0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5. Composição centesimal do floco microbiano do cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos com diferentes dietas comerciais e níveis proteicos.

Composição centesimal (%)	Tratamentos			Valor p
	TB30%	TB35%	TB40%	
Proteína Bruta	25,74	24,72	25,65	0,64
Lipídio	6,38	6,41	6,84	0,95
Cinzas	7,32	6,92	7,84	0,64
Umidade	94,77	95,95	95,40	0,72

Letras diferentes na mesma linha apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$). **TB30%**: bioflocos + dieta comercial 30% PB; **TB35%**: bioflocos + dieta comercial 35% PB e **TB40%**: bioflocos + dieta comercial 40% PB.

A composição centesimal do camarão *M. rosenbergii* não diferiu entre os tratamentos estudados ($p>0,05$) (Tabela 6).

Tabela 6. Composição centesimal do tecido do camarão *Macrobrachium rosenbergii* cultivado nos diferentes tratamentos em sistema de bioflocos.

Composição centesimal (%)	Tratamentos			Valor p
	TB30%	TB35%	TB40%	
Proteína Bruta	65,38	64,07	63,88	0,73
Lipídio	3,81	3,15	5,81	0,36
Cinzas	15,95	15,73	15,00	0,15
Umidade	94,57	94,83	94,48	0,18

Letras diferentes na mesma linha apresentam diferenças significativas ($p<0,05$). **TB30%**: bioflocos + dieta comercial 30% PB; **TB35%**: bioflocos + dieta comercial 35% PB e **TB40%**: bioflocos + dieta comercial 40% PB.

Os índices zootécnicos dos juvenis de *M. rosenbergii* não diferiram significativamente entre os diferentes tratamentos ($p>0,05$) (Tabela 7).

Tabela 7. Índices zootécnicos do cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos alimentados com diferentes dietas comerciais e níveis proteicos, durante 44 dias de estudo.

Índices Zootécnicos	Tratamentos			Valor p
	TB30%	TB35%	TB40%	
Sobrevivência (%)	38,62±14,01	41,43±10,13	46,73±16,33	0,92
Peso final (g)	0,68±0,11	0,46±0,01	0,58±0,04	0,13
Ganho de peso (g)	0,58±0,11	0,35±0,01	0,48±0,04	0,13
Taxa de crescimento específico (% dia⁻¹)	1,32±0,24	0,81±0,02	1,09±0,08	0,13
Conversão alimentar aparente	5,07±1,88	4,82±0,79	4,38±1,35	0,94
Produtividade (Kg ha⁻¹)	354,18±97,65	283,80±63,25	399,62±118,84	0,71

Letras diferentes na mesma linha apresentam diferenças significativas ($p<0,05$). **TB30%**: bioflocos + dieta comercial 30% PB; **TB35%**: bioflocos + dieta comercial 35% PB e **TB40%**: bioflocos + dieta comercial 40% PB.

4 DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros de Qualidade da Água

A temperatura da água (28 a 31°C) e o oxigênio dissolvido ($> 4 \text{ mg L}^{-1}$) mantiveram-se dentro dos limites recomendados para a espécie (NEW et al., 2002), assim como, o nitrito ($< 2 \text{ mg L}^{-1}$) (MALLASEN e VALENTI, 2006). O nitrato e o fosfato permaneceram dentro das concentrações recomendadas para criações de animais aquáticos, entre 0,5 a 20 mg L^{-1} (EMERENCIANO et al., 2017). Melo et al. (2015) mencionaram que o nitrato é resultado final da nitrificação, sendo considerado menos tóxico para os animais cultivados. Como ocorreu no presente estudo, Melo et al. (2015) observaram altos níveis de fosfato durante o cultivo de *L. vannamei* em sistema de bioflocos, portanto aparentemente, o acúmulo desse composto é comum ocorrer nesses sistemas de produção. Segundo Emerenciano et al. (2007), elevados níveis de fosfato na presença de agregados microbianos podem ocorrer devido ao lento metabolismo e a dificuldade na absorção pelas bactérias heterotróficas.

O pH esteve abaixo de 7,0 limite exigido para a criação do camarão *M. rosenbergii* (NEW 2002), no entanto, níveis reduzidos de pH em tecnologia de bioflocos devem-se à elevada respiração dos microorganismos heterotróficos desenvolvidos no ambiente de criação (WASIELESKY et al., 2006).

Concentrações elevadas de amônia no presente estudo sugerem que a comunidade de bactérias heterotróficas não estava estabelecida (RAY e LOTZ, 2014). Wei et al. (2016) relataram que altos níveis de amônia podem reduzir a sobrevivência e o crescimento do camarão. Já Gaona et al. (2017) investigando os efeitos de diferentes concentrações dos sólidos suspensos totais nos tratamentos: 100-300 mg L^{-1} , 300-600 mg L^{-1} , 600-1000 mg L^{-1} verificaram níveis de amônia de 3,42; 3,33; 2,54 mg L^{-1} , respectivamente, afirmando que provavelmente o período de 42 dias não foi eficiente para o desenvolvimento das bactérias nitrificantes.

Avnimelech et al. (2011) sugerem níveis do volume do floco entre 5 - 50 mL L^{-1} , para manutenção da qualidade da água, portanto, os sólidos sedimentáveis no presente estudo, permaneceram dentro da faixa recomendada para sistema de cultivos com tecnologia de bioflocos. Apesar da concentração dos sólidos suspensos totais terem permanecido pouco acima da proposta por Samocha et al. (2007), aparentemente não interferiram na performance dos camarões, já que, os níveis de oxigênio dissolvido mantiveram-se acima de 5 mg L^{-1} (GAONA et al., 2016).

4.2 Composição Microbiológica do Bioflocos

O fitoplâncton foi pouco abundante entre os tratamentos no presente estudo, tal como, verificado por Rajkumar et al. (2016), onde a luminosidade reduzida e a fertilização da água com carboidratos diminuíram o crescimento do plâncton em meio heterotrófico. Além disso, as clorofíceas são deficientes em ácidos graxos poli-insaturados essenciais (20:5 n-3 e 22:6 n-3), nutrientes importantes na alimentação animal (BROWN et al., 1997).

No presente estudo, os diferentes tratamentos apresentaram elevadas concentrações de protozoários e rotíferos. Concentrações elevadas de protozoários também foram reportadas por Azim e Little (2008), Ballester et al. (2010) e Emerenciano et al. (2012). Ballester et al. (2010) observaram que protozoários consomem rotíferos, demonstrando que esses microorganismos são fundamentais para formação do floco microbiano. Esses autores

registraram concentrações de 34,6 rotíferos mL⁻¹, resultado abaixo do encontrado no presente estudo. Já Decamp et al. (2007) relataram concentrações de 200 rotíferos mL⁻¹ e abundância superior a 6000 protozoários ciliados mL⁻¹ em meio heterotrófico. Loureiro et al. (2012) analisando o conteúdo intestinal do *L. vannamei* encontraram protozoários ciliados e rotíferos, indicando a preferência do camarão por esses organismos. Thompson et al. (2002) também observaram a predação de ciliados pelo camarão *Farfantepenaeus paulensis*, nematódeos e rotíferos desenvolvidos no perifíton.

Gastrotrichas foram identificados como agentes responsáveis pela biofloculação (MANAN et al., 2017). Segundo Garraffoni e Araújo (2010), os gastrotrichas são vermes encontrados em ambientes dulcícolas, geralmente presos a sedimentos, portanto a presença dos agregados microbianos pode ter favorecido o desenvolvimento desses microorganismos. Não foram encontrados relatos na literatura quanto à presença de turbelários em sistemas com flocos microbianos, entretanto, os turbelários são organismos bentônicos comumente encontrados em ecossistemas de água doce, habitando substratos grosseiros e lamados (BRACCINI e LEAL-ZANCHET, 2013). O meio heterotrófico pode ter contribuído para o crescimento desses organismos, visto que é um ambiente rico em matéria orgânica, além disso, os flocos microbianos provavelmente foram substratos para a proliferação desses microorganismos.

De acordo com Wasielesky et al. (2006), os microorganismos presentes no bioflocos podem suplementar a dieta dos camarões, já que, o flocos microbiano possui elevados níveis de proteínas, contribuindo para nutrição dos animais cultivados.

4.3 Composição Centesimal do Bioflocos

No presente estudo, o conteúdo proteico do flocos microbiano foi abaixo do nível recomendado para juvenis de *M. rosenbergii* (32 a 37% PB) e o lipídio atendeu exigência do camarão que varia de 4 a 8% (ZIMMERMANN, 1998). Apesar da proteína do bioflocos ter apresentado níveis abaixo do recomendado, é importante salientar que o flocos microbiano não foi a única fonte de alimento do camarão, já que foram fornecidas dietas comerciais aos animais. Contudo, vale ressaltar que a composição do flocos é extremamente variável de acordo com o sistema de cultivo adotado.

Wei et al. (2016) utilizando glicose, amido e glicerol como fonte de carbono para proliferação de bactérias heterotróficas verificaram níveis de proteína de 41,2; 31,5 e 35,5%, lipídio de 6,1; 8,5 e 4,2% e cinzas de 15; 12,4 e 15,2% nos flocos microbianos, respectivamente. Já Khanjani et al. (2017) obtiveram níveis de proteína bruta de 27,43; 23,1 e 30,73%, lipídio 0,86; 1,14 e 2,18% e cinzas de 39,83; 21,81 e 29,97% dos flocos provenientes de sistemas sem troca de água, adubados com melaço, amido e farinha de trigo, respectivamente. Desse modo, as variações na composição química do bioflocos podem ocorrer devido ao uso de diferentes fontes de carboidratos, influenciando diretamente na qualidade nutricional da comunidade microbiana (WEI et al., 2016).

A composição química do flocos no presente estudo apresentou altos níveis de lipídio, segundo Silva et al. (2008), protozoários heterotróficos são uma importante fonte lipídica para camarões. Já Focken et al. (1998) relatam que os rotíferos podem contribuir significativamente nas exigências energéticas e proteicas do camarão. Além disso, fornecem aminoácidos essenciais e ácidos graxos insaturados (MARTINS et al., 2016).

4.4 Composição Centesimal do Tecido do Camarão *Macrobrachium rosenbergii*

A composição centesimal do tecido do *M. rosenbergii* do presente trabalho foi superior à mencionada por Portella et al. (2013), que obtiveram níveis de proteína de 18,5%, lipídio 1,2% e cinzas 1,3%, quando o camarão foi alimentado com uma dieta de 32% PB durante 120 dias. Já Xu e Pan (2012) investigando a relação C/N (15 e 20) sobre o desempenho do *L. vannamei* em sistema de flocos microbianos e água clara encontraram a seguinte variação na composição química no tecido do camarão, proteína (17,96-18,78%), lipídio (1,80-1,96%), cinzas (2,65-2,85%), sendo esses resultados inferiores ao presente estudo. Entretanto, a composição química do corpo do *L. vannamei* foi semelhante a nosso trabalho, quando foi alimentado com dietas de 24,3; 30,3 ;32,0 ;36,7% PB e cultivado em sistemas super-intensivos (JATOBÁ et al., 2014). Esses últimos autores mencionaram variações na proteína de 72 a 74,1%, lipídio 2,72 a 3,91% e cinzas 12,57 a 13,98%.

Izquierdo et al. (2006) atribuíram o alto teor lipídico no corpo do *L. vannamei* à assimilação de ácido graxos essenciais (PUFA e HUFA) do bioflocos. Embora o presente estudo não tenha realizado essas análises, o tecido de *M. rosenbergii* apresentou níveis elevados de lipídio em todos os tratamentos. O elevado teor de cinzas no corpo do camarão pode estar relacionado com a presença de minerais e oligoelementos, especialmente o fósforo dos flocos (TACON et al., 2002). Os resultados indicam que o floco microbiano influenciou na composição do tecido do *M. rosenbergii*, já que o camarão tende a aumentar os níveis de proteína, lipídio e cinzas no corpo quando criados em meio heterotrófico (XU e PAN, 2012; TACON et al., 2012).

4.5 Desempenho Zootécnico do Camarão *Macrobrachium rosenbergii*

O peso final, o ganho de peso e a taxa de crescimento específico não diferiram entre os tratamentos. Emerenciano et al. (2012) reportaram valores de ganho de peso inferiores ao do presente estudo, quando cultivaram o camarão *Farfantepenaeus brasiliensis* com peso inicial de 3,54 g em tecnologia de bioflocos, alimentados com ração (0,19 g), sem ração (0,21 g) e grupo controle (0,15 g). Contudo, as taxas de sobrevivências (67- 84,8%) foram superiores a do presente estudo. Ballester et al. (2010) verificaram pesos finais variando de 0,56 - 0,68 g e ganho de peso de 0,49 - 0,61 g para o camarão *Fafantepenaeus paulensis* criado em sistema heterotrófico e alimentados com dietas com 25, 30, 35, 40 e 45% PB, sendo esses resultados semelhantes ao do presente trabalho, no entanto, os animais tinham peso inicial de 0,072 g, inferior ao nosso estudo (0,11 g). Já, Ballester et al. (2017) estudando o desempenho produtivo do camarão *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos e recirculação encontraram, respectivamente ganho de peso (0,36; 0,42 g) e taxa de crescimento (1,21; 1,39%) semelhantes ao presente estudo. No entanto, a taxa de sobrevivência e a conversão alimentar dos camarões independente do sistema de cultivo utilizado, apresentaram melhores resultados quando comparado ao presente estudo.

Melo et al. (2015) não encontraram diferenças significativas na sobrevivência, peso final, taxa de crescimento específico, produtividade e conversão alimentar dos camarões *L. vannamei* cultivados em sistemas intensivos com flocos microbianos e alimentados com dietas com diferentes níveis proteicos (20, 25, 30, 35% PB). Esses autores afirmaram que a diminuição do nível de proteína da ração de 35 para 25% PB não interfere no desempenho dos animais. Do mesmo modo, Azevedo et al. (2013) avaliando o efeito dos níveis de 30 e 35 PB% na ração e adição de melaço sobre o desempenho de *L. vannamei* em sistemas sem renovação de água verificaram que o peso final, biomassa e sobrevivência não sofreram influência quando o nível proteico da ração foi reduzido de 35 para 30% PB. Xu e Pan (2014) comprovaram que é possível reduzir o nível proteico da ração de 35 para 25% sem

comprometer os índices zootécnicos do *L. vannamei* cultivado em flocos microbianos. No presente estudo, o desempenho zootécnico do camarão *M. rosenbergii* não diferiu entre os tratamentos, pode-se afirmar que é possível reduzir o nível proteico das dietas comerciais do camarão de água doce de 40% para 30% em meio heterotrófico, entretanto mais estudos são necessários quanto ao monitoramento da qualidade da água, afim de melhorar o desempenho do *M. rosenbergii* cultivado em tecnologia de bioflocos.

A elevada conversão alimentar em todos os tratamentos foi relacionada as reduzidas taxas de sobrevivência e produtividade (SILVA et al., 2013; MELO et al., 2015). Ballester et al. (2010) reportaram conversões alimentares com variações de 2,17 a 2,64, contudo, a sobrevivência dos camarões não foi afetada pela baixa eficiência desse índice, quando submetidos a cultura com bioflocos. Azim e Little (2008) atribuíram às condições adversas da qualidade de água como responsáveis pela alta conversão alimentar de tilápias (*Oreochromis niloticus*) criadas em tecnologia de bioflocos, quando comparada ao controle. Os altos níveis de amônia na água também podem ter comprometido o crescimento dos animais. Vários estudos demonstraram que o uso de dietas com baixos teores de proteína e a adição de fontes de carbono para promoção de bactérias heterotróficas melhoram a qualidade de água, com a consequente redução do nitrogênio amoniacal no meio de cultura (BALLESTER et al., 2010; XU et al., 2012; XU e PAN 2014; MELO et al., 2015; KUMAR et al., 2017). Os altos níveis de amônia na água podem ter mascarado os resultados reais de desempenho, já que, o animal consumia a proteína disponível na ração e a presente no floco microbiano que variou de 24,72 a 25,74 % PB. Além disso, a elevada concentração de microorganismos encontrados no meio de cultivo e o teor de proteína bruta no tecido do animal indicam alta qualidade nutricional do bioflocos analisado no presente estudo.

Sugere-se o reuso da água de outros ciclos de produção em tecnologia de bioflocos (KRUMMENAUER et al., 2012) ou a fertilização da água com carboidrato (dissacarídeo) de fácil dissolução, como por exemplo o melaço combinado com resíduo de cervejaria para incrementar a tecnologia de bioflocos, a partir do rápido estabelecimento das bactérias heterotróficas, responsáveis pela conversão dos compostos nitrogenados em proteína microbiana. Serra et al. (2015) afirmaram que a combinação de fontes de carbono de fácil dissolução (melaço) com carboidratos, que se degradam lentamente (farelo de arroz), melhora a qualidade da água e o desempenho dos animais cultivados.

5 CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que é possível reduzir o nível proteico da dieta comercial do camarão *Macrobrachium rosenbergii* de 40 para 30% PB em sistema de bioflocos. Apesar do baixo desempenho do camarão em meio heterotrófico foi observada elevada diversidade microbiológica no ambiente de criação, consequentemente alta qualidade nutricional dos bioflocos e do tecido do camarão, indicando que os bioflocos podem suplementar uma porção da proteína alimentar em dietas com menores níveis proteicos, reduzindo os custos de produção. Entretanto, a deterioração da qualidade de água causada pelos elevados níveis de nitrogênio amoniacal, podem ter interferido no desempenho zootécnico dos animais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. **Official methods of analysis**. 17. ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, 2000.
- AVINEMELECH, Y. Tilapia Production Using Biofloc Technology: Saving Water, Waste Recycling Improves Economics. **Global Aquaculture Advocate**, may/june. 2011.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, n. 176, v. 3-4, p. 227-235, 1999.
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, n. 1-4, p. 140-147, 2007.
- AZEVEDO, C. M. S. B.; SALES, R. B. S.; ARRUDA, A. M. V.; SIMÃO, B. R.; BRITO, L. O. Desempenho do camarão *Litopenaeus vannamei* em sistema sem renovação de água com diferentes níveis de proteína bruta e adição de melaço. **Arquivos de Ciência do Mar**, n. 46, v. 2, p. 40-46, 2013.
- AZIM, M. E 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.
- BALLESTER, E. L. C.; ABREU, P. C.; CAVALLI, R. O.; EMERENCIANO, M.; DE ABREU, L.; WASIELESKY JR, W. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, n. 2, p. 163-172, 2010.
- BALLESTER, E. L. C.; MARZAROTTO, S. A.; SILVA DE CASTRO, C.; FROZZA, A. PASTORE, I.; ABREU, P. C. Productive performance of juvenile freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* in biofloc system. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 9, p. 4748-4755, 2017.
- BRACCINI, J. A. L. e LEAL-ZANCHET, A. M. Turbellarian assemblages in freshwater lagoons in southern Brazil. **Invertebrate Biology**, v. 132, n. 4, 305-314, 2013.
- BRANCO, S. M. **Hidrologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 2. ed. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978. 620 p.
- BROWN, M. R.; JEFFREY, S. W.; VOLKMAN, J. K.; DUNSTAN, G. A. Nutritional properties of microalgae for mariculture. **Aquaculture**, v. 151, n. 1-4, p. 315-331, 1997.
- 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, n. 1-4, p. 525-537, 2004.

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

DE SCHRYVER, P.; CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOON, N.; VERSTRAETE, W. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. **Aquaculture**, v. 277, n. 3-4, p. 125-137, 2008.

DECAMP, O.; CONQUEST, L.; CODY, J.; FORSTER, I.; TACON, A. G. Effect of shrimp stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 38, n. 3, p. 395-406, 2007.

EMERENCIANO, M. G. C.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MIRANDA-BAEZA, A. Biofloc technology (BFT): a tool for water quality management in aquaculture. In: TUTU, H. (Ed) **Water Quality**. InTechOpen, 2017, cap. 5, p. 91-109.

EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E. L.; CAVALLI, R. O.; WASIELESKY, W. Biofloc technology application as a food source in a limited water Exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1871) **Aquaculture Research**, v. 43, n. 3, p. 447- 457, 2012.

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

FOCKEN, U.; GROTH, A.; COLOSO, R. M.; BECKER, K. Contribution of natural food and supplemental feed to the gut content of *Penaeus monodon* Fabricius in a semi-intensive pond system in the Philippines. **Aquaculture**, v. 164, n. 1-4, p. 105-116, 1998.

FOLCH, J. M.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal Biological Chemistry**, v. 226, n. 497-507, 1957.

FURTADO, P. S.; GAONA, C. A.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Application of different doses of calcium hydroxide in the farming shrimp *Litopenaeus vannamei* with the biofloc technology (BFT). **Aquaculture international**, v. 22, n. 3, p. 1009-1023, 2014.

GAONA, C. A. P.; DA PAZ SERRA, F.; FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY JR, W. Effect of different total suspended solids concentrations on the growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a BFT system. **Aquacultural engineering**, v. 72, p. 65-69, 2016.

GAONA, C. A. P.; DE ALMEIDA, M. S.; VIAU, V.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY JR, W. Effect of different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) BFT culture system during biofloc formation. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 3, p. 1070-1079, 2017.

GARRAFFONI, A. R. e ARAÚJO, T. Q. Chave de identificação de Gastrotricha de águas continentais e marinhas do Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)**, v. 50, n. 33, p. 535-552, 2010.

HUTCHINSON, G. E. **A treatise on limnology**, Vol. 2: Introduction to lake biology and the limnoplankton. New York, London and Sydney: John Wiley & Sons Inc, 1967. 1115 p.

IZQUIERDO, M.; FORSTER, I.; DIVAKARAN, S.; CONQUEST, L.; DECAMP, O.; TACON, A. Effect of green and clear water and lipid source on survival, growth and biochemical composition of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture nutrition**, v. 12, n. 3, p. 92-202, 2006.

JATOBÁ, A.; DA SILVA, B. C.; SILVA, J. S.; NASCIMENTO V. F.; MOURIÑO, J. L. P.; SEIFFERT, W. Q.; TOLEDO, T. M. Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive and biofloc systems. **Aquaculture**, v. 432, p. 365-371, 2014.

KHANJANI, M. H.; SAJJADI, M. M.; ALIZADEH, M.; SOURINEJAD, I. Nursery performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: the effect of adding different carbon sources. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 4, p. 1491-1501, 2017.

KRUMMENAUER, D.; SEIFERT JR.; C. A.; POERSCH, L. H.; FOES, G. K.; LARA, G. R.; WASIELESKY JR, W. Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: análise da reutilização da água. **Atlântica**, Rio Grande, v. 34, n. 2, p. 103-111, 2012.

KUDO, R. R. **Protozoologia**. 1. ed. México, Espanha, Argentina, Chile: Compania Editorial Continental, S. A, 1966. 905 p.

KUMAR, S.; ANAND, P. S. S.; DE, D.; DEO, A. D.; GHOSHAL, T. K.; SUNDARAY, J. K.; LALITHA, N. Effects of biofloc under different carbon sources and protein levels on water quality, growth performance and immune responses in black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius, 1978). **Aquaculture Research**, v. 48, n. 3, p. 1168-1182, 2107.

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

MALLASEN, M. e VALENTI, W. C. Effect of nitrite on larval development of giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 261, n. 4, p. 1292-1298, 2006.

MANAN, H.; MOH, J. H. Z.; KASAN, N. A.; SURATMAN, S.; IKHWANUDDIN, M. Identification of biofloc microscopic composition as the natural bioremediation in zero water exchange of Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, culture in closed hatchery system. **Applied Water Science**, v. 7, n. 5, p. 2437-2446, 2017.

MARTINEZ-CORDOVA, L. R.; CAMPAÑA-TORRES, A.; PORCHAS-CORNEJO, M. A. The effects of variation in feed protein level on the culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone) in low-water exchange experimental ponds. **Aquaculture research**, v. 33, n. 12, p. 995-998, 2002.

MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; EMERENCIANO, M.; MIRANDA-BAEZA, A.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M. Microbial-based systems for aquaculture of fish and shrimp: an updated review. **Reviews in Aquaculture**, v. 7, n. 2, p. 131-148, 2015.

MARTINS, T. G.; ODEBRECHT, C.; JENSEN, L. V.; D'OCA, M. G.; WASIELESKY JR, W. The contribution of diatoms to bioflocs lipid content and the performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a BFT culture system. **Aquaculture research**, v. 47, n. 4, p. 1315-1326, 2016.

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

NEEDHAM, P. R. **Guías para el reconocimiento de algas e invertebrados dulceacuícúolas**. 5. ed. 1973. 224 p.

NEW, M. B. **Farming freshwater prawns**: A manual for the culture of giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). FAO Fisheries Technical Paper, n. 428, 2002, 212p.

PORTELLA, C. D. G.; SANT'ANA, L. S.; VALENTI, W. C. Chemical composition and fatty acid contents in farmed freshwater prawns. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 8, p. 1115-1118, 2103.

RAJKUMAR, M.; PANDEY, P. K.; ARAVIND, R.; VENNILA, A.; BHARTI, V.; PURUSHOTHAMAN, C. S. Effect of different biofloc system on water quality, biofloc composition and growth performance in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Aquaculture Research**, v. 47, n. 11, p. 3432-3444, 2016.

SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALI, A. M.; BURGER, J. M.; ALMEIDA, R. V.; BROCK, D. L. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquacultural Engineering**, v. 36, n. 2, p. 184-191, 2007.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística Aplicada à experimentação animal**. 3. ed. reimpressão. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2010. 264 p.

SERRA, F. P.; GAONA, C. A.; FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture international**, v. 23, n. 6, p. 1325-1339, 2015.

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

SILVA, C. F.; BALLESTER, E.; MONSERRAT, J.; GERACITANO, L.; WASIELESKY, W. JR.; ABREU, P. C. Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents. **Aquaculture Nutrition**, v. 14, n. 6, p. 507-514, 2008.

STICKLAND, J. H. D. e PARSONS, T. R. **A practical handbook of seawater analysis**. 2. ed. Canada: Fishery Research Board, 1972. 311 p.

TACON, A. G. J.; CODY, J. J.; CONQUEST, L. D.; DIVAKARAN, S.; FORSTER, I. P.; DECAMP, O. E. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquaculture nutrition**, v. 8, n. 2, p. 121-137, 2002.

THOMPSON, F. L.; ABREU, P. C.; WASIELESKY, W. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. **Aquaculture**, v. 203, n. 3-4, p. 263-278, 2002.

WASIELESKY JR, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A. L.; 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.

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

XU, W. J. e PAN, L. Q. Dietary protein level and C/N ratio manipulation in zero-exchange culture of *Litopenaeus vannamei*: Evaluation of inorganic nitrogen control, biofloc composition and shrimp performance. **Aquaculture Research**, v. 45, n. 11, 1842-1851, 2014.

XU, W. J. e PAN, L. Q. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. **Aquaculture**, v. 356, p. 147-152, 2012.

XU, W. J.; PAN, L. Q.; ZHAO, D. H.; HUANG, J. Preliminary investigation into the contribution of bioflocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. **Aquaculture**, v. 350, p. 147-153, 2012.

ZIMMERMANN, S. Manejo de Alimentos e Alimentação dos Camarões. In: VALENTI, W. C. (Ed). **Carcinicultura de Água Doce: Tecnologia para a Produção de Camarões**. Brasília: IBAMA/FAPESP, 1998. cap. 12. p. 239-267.

CAPÍTULO III

SUBSTRATO ARTIFICIAL NO CULTIVO DE JUVENIS DE CAMARÃO DE ÁGUA DOCE *Macrobrachium rosenbergii* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

RESUMO

O perifíton aderido aos substratos artificiais é composto por organismos autotróficos e heterotróficos, sendo responsáveis pela melhoria da qualidade da água e pelo incremento da produtividade natural, além do controle dos sólidos suspensos na coluna d'água e aumento das taxas de crescimento dos animais cultivados. Assim como o perifíton, a tecnologia de bioflocos baseia-se na adição de uma fonte de carbono orgânico na água, a fim de promover o crescimento de bactérias heterotróficas que convertem compostos nitrogenados em proteína microbiana, melhorando a qualidade de água e fornecendo uma fonte de alimento suplementar aos animais cultivados. Portanto, o uso tecnologia de bioflocos juntamente com substratos artificiais podem reduzir as concentrações tóxicas de nitrogênio presentes na água e melhorar o desempenho dos animais. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito do substrato artificial no cultivo de juvenis de camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos, comparando os parâmetros de qualidade da água, composição centesimal e índices zootécnicos dos camarões. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições: TAC - água clara, TAC+SA - Água clara + substrato artificial, TB - bioflocos, TB+SA - bioflocos + substrato artificial, totalizando 16 unidades experimentais. Não foram encontradas diferenças significativas na temperatura (manhã e tarde), oxigênio dissolvido (manhã e tarde) e pH (manhã), nos diferentes tratamentos avaliados ($p > 0,05$). Porém, o pH (tarde), a amônia, o nitrito, nitrato e fosfato diferiram entre os tratamentos ($p < 0,05$). O pH (tarde) apresentou maiores concentrações nos tratamentos TAC ($7,06 \pm 0,01$) e TAC+SA ($7,05 \pm 0,03$) que diferiram dos tratamentos TB ($6,84 \pm 0,00$) e TB+SA ($6,81 \pm 0,05$). A amônia, nitrito, nitrato e fosfato apresentaram concentrações superiores nos tratamentos TB ($5,04 \pm 0,11$; $1,51 \pm 0,24$; $12,65 \pm 0,70$; $10,01 \pm 2,31$ mg L⁻¹) e TB+SA ($4,91 \pm 0,06$; $1,62 \pm 0,33$; $16,96 \pm 1,85$; $8,16 \pm 0,57$ mg L⁻¹) e inferiores nos tratamentos TAC ($0,56 \pm 0,16$; $0,70 \pm 0,04$; $5,19 \pm 1,45$; $0,35 \pm 0,06$ mg L⁻¹) e TAC+SA ($0,54 \pm 0,71$; $0,79 \pm 0,08$; $2,78 \pm 1,05$; $0,68 \pm 0,19$ mg L⁻¹), respectivamente. A composição centesimal do tecido do camarão *M. rosenbergii* e os índices zootécnicos não diferiram entre os tratamentos ($p > 0,05$), exceto para a sobrevivência, que foi superior nos tratamentos TAC e TAC+SA ($89,49 \pm 2,09$; $90,65 \pm 2,09$ %) inferior no TB ($37,38 \pm 0,00$ %) ($p < 0,05$). A adição de substratos artificiais em sistema de bioflocos não melhoraram o processo de nitrificação da água e a composição centesimal do tecido do camarão *M. rosenbergii*. A degradação da qualidade de água e os elevados níveis de sólidos suspensos totais em sistema de bioflocos na presença de substratos artificiais não permitiram melhoria na sobrevivência e conversão alimentar do camarão, quando comparado aos sistemas de água clara, sistemas de água clara na presença de substratos artificiais e sistemas de bioflocos.

Palavras-chaves: Bactérias Heterotróficas. Compostos Nitrogenados. Perifíton.

ABSTRACT

The periphyton adhered to the artificial substrates é composed by autotrophic and heterotrophic organisms, which is responsible for improving water quality and natural productivity, besides controlling suspended solids in the water column and increasing growth rate of the rearing of animals. Similar to the periphyton, biofloc technology is based on the addition of an organic carbon source in the water, aiming to promote the growth of heterotrophic bacteria that convert nitrogenous compounds into microbial protein, which improves water quality and supplies an additional food source for the rearing of animals. Therefore, the use of biofloc technology with artificial substrates may reduce toxic nitrogen concentrations in the water and improving animal performance. This study aimed was to evaluate the effect of the artificial substrates in the rearing of juvenile freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* in biofloc systems, comparing parameters of water quality, centesimal composition and prawns zootechnical indexes. The experimental design was completely randomized with four treatments and four replications: TCW - clear water, TCW+AS - clear water + artificial substrate, TB - biofloc, TB+AS - biofloc + artificial substrate, a total of 16 experimental unities. There was no significant difference in temperature (morning and afternoon), dissolved oxygen (morning and afternoon) and pH (morning), in the assessed treatments ($p>0.05$). However, pH (afternoon), ammonia, nitrite, and phosphate differed between treatments ($p<0.05$). The pH (afternoon) showed higher concentrations in treatments TCW (7.06 ± 0.01) and TCW+AS (7.05 ± 0.03), differing from treatments TB (6.84 ± 0.00) e TB+AS (6.81 ± 0.05). Ammonia, nitrite and phosphate showed higher concentrations in treatments TB (5.04 ± 0.11 ; 1.51 ± 0.24 ; 12.65 ± 0.70 ; 10.01 ± 2.31 mg L⁻¹) and TB+AS (4.91 ± 0.06 ; 1.62 ± 0.33 ; 16.96 ± 1.85 ; 8.16 ± 0.57 mg L⁻¹) and lower concentrations in treatments TCW (0.56 ± 0.16 ; 0.70 ± 0.04 ; 5.19 ± 1.45 ; 0.35 ± 0.06 mg L⁻¹) and TCW+AS (0.54 ± 0.71 ; 0.79 ± 0.08 ; 2.78 ± 105 ; 0.68 ± 0.19 mg L⁻¹), respectively. The centesimal composition of tissue of the prawn *M. rosenbergii* and the zootechnical indexes do not differ between treatments ($p>0.05$), except for the survival, which was higher in the treatments TCW and TCW+AS (89.49 ± 2.09 ; 90.65 ± 2.09 %) and lower in the treatment TB (37.38 ± 0.00 %) ($p<0.05$). The addition of artificial substrates in the biofloc system did not improve the process of water nitrification and the centesimal composition of tissue of the prawn *M. rosenbergii*. The decrease of water quality and the high levels of total suspended solids in biofloc system with artificial substrates did not improve the survival and feed conversion of prawns when compared with clear-water system, clear-water system with artificial substrates and biofloc systems.

Key words: Heterotrophic Bacteria. Nitrogenous Compounds. Periphyton.

1 INTRODUÇÃO

O biofilme ou perifíton é composto por uma comunidade microbiana autotrófica e heterotrófica aderida a substratos artificiais ou naturais (FERREIRA et al., 2016). Essa comunidade compõe diatomáceas, cianobactérias filamentosas, protozoários e nematódeos (BALLESTER et al., 2007). Os substratos funcionam como abrigo para os camarões, que podem ser naturais (folhas, galhos) ou artificiais (redes de plástico e tubos de PVC), além disso, os protegem no período de muda do ataque de predadores (CHAVEZ, 2015).

Os biofilmes aderidos aos substratos artificiais melhoram as taxas de crescimento, aumentam a disponibilidade de alimento natural, controlam os sólidos suspensos totais presentes na coluna d'água (FERREIRA et al., 2016), além de melhorar a qualidade de água, através da degradação da matéria orgânica e nitrificação dos compostos nitrogenados (ASADUZZAMAN et al., 2008). Tuly et al. (2014) verificaram que o uso de bambu como substratos artificiais em cultivos com o camarão *Macrobrachium rosenbergii* aumentaram as taxas de sobrevivência, o crescimento e a produtividade dos animais.

Alguns aspectos devem ser considerados para criação de um sistema à base de biofilme ou perifíton dentre eles estão: distribuição do substrato, considerando a profundidade, a circulação da água, disposição dos substratos (flutuante ou não flutuante), direção (vertical, horizontal, transversal, etc.), acúmulo de nutrientes (carbono e nitrogênio), tipo e quantidade (área do substrato) e oxigenação adequada para a comunidade microbiana presente no ambiente de cultivo (MARTÍNEZ-CÓRDOVA et al., 2015).

Asaduzzaman et al. (2008) estudando o controle da relação carbono/nitrogênio (C/N) e o uso de substrato artificial no cultivo de *M. rosenbergii* verificaram, que o de amido de tapioca (fonte de carbono orgânico) adicionado no ambiente de cultivo, promoveu o crescimento da população de bactérias heterotróficas, assim como o aumento da relação C/N (20:1) incrementaram a qualidade e a quantidade do perifíton presente no substrato artificial.

Semelhante ao perifíton a tecnologia de bioflocos baseia-se na adição de uma fonte de carbono orgânico na coluna d'água, afim de promover o crescimento de bactérias heterotróficas (CRAB et al., 2012), essas bactérias convertem os compostos nitrogenados em proteína microbiana, melhorando a qualidade da água e fornecendo uma fonte de alimento suplementar aos animais cultivados. Assim, a tecnologia de bioflocos pode ser utilizada juntamente com a adição de substratos artificiais, já que, os bioflocos presentes na coluna d'água e o perifíton aderido ao substrato artificial são capazes de reduzir as concentrações de tóxicas de amônia e nitrito, promovendo melhoria no desempenho dos animais e na qualidade de água (CRAB et al., 2007, ASADUZZAMAN et al., 2008, ARNOLD et al., 2009).

Embora a eficácia dos substratos artificiais já tenha sido testada no cultivo de *M. rosenbergii* (ASADUZZAMAN et al., 2008, TULY et al., 2014) são necessários mais estudos com substratos artificiais em meio heterotrófico. Diante do exposto, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito do substrato artificial no cultivo de juvenis de camarão de água doce *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos, comparando os parâmetros de qualidade da água, composição centesimal e índices zootécnicos dos camarões.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de Estudo

O estudo foi realizado na Estação de Biologia Marinha da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (EBM/UFRRJ), em Itacuruçá, Mangaratiba, RJ, Brasil.

2.2 Manejo Experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições: **TAC** - água clara, **TAC+SA** - Água clara + substrato artificial, **TB** - bioflocos, **TB+SA** - bioflocos + substrato artificial, totalizando 16 unidades experimentais.

As unidades experimentais consistiram de tanques de polietileno de 500 L e 0,71 m² de área de fundo. Para garantir aeração forte e constante, no fundo de cada tanque montou-se um sistema de aeração ligado a um compressor de ar do tipo blower. Aquecedores submersos foram utilizados para manter a temperatura entre 28 a 31°C, faixa adequada para o cultivo *M. rosenbergii* (Figura 1).

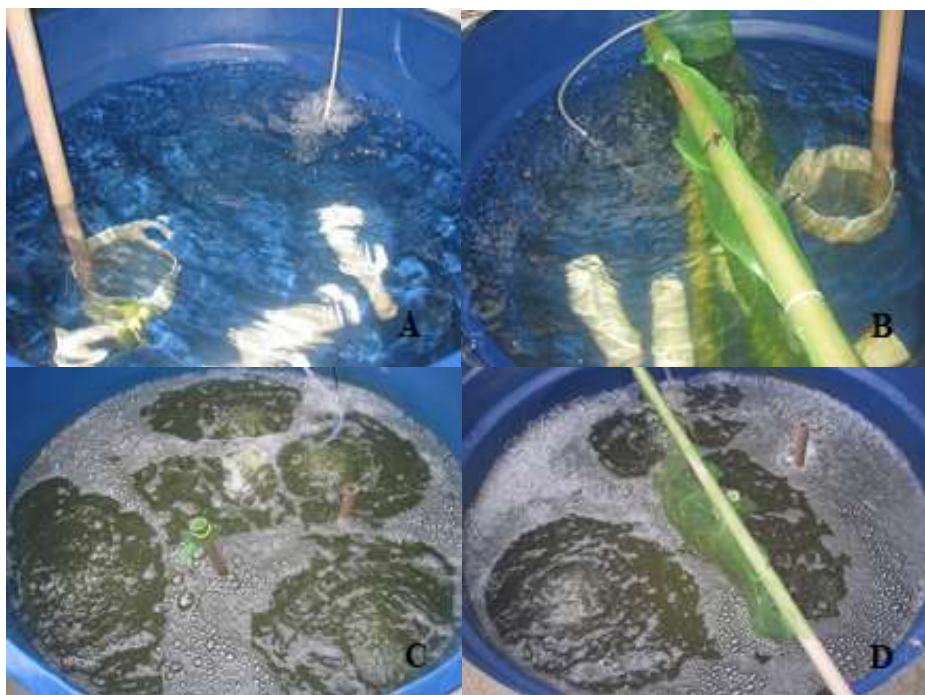


Figura 1. Unidades experimentais utilizadas durante 44 dias de experimento. Água clara (A), Água clara + Substrato artificial (B), Bioflocos (C), Bioflocos + Substrato artificial (D).

Água doce declorada com ácido ascórbico (1 ppm) foi adicionada aos tanques de cultivo com bioflocos, para repor as perdas por evaporação. A limpeza dos tanques com água clara foi realizada diariamente, através de sifonagem retirando os restos de ração, fezes, ecdises e animais mortos, renovando-se 50% da água de cultivo, com água tratada e declorada. Para a manutenção do pH em acima de 7,0 quando necessário foi adicionada 0,05 g L⁻¹ de hidróxido de cálcio (Ca (OH)₂) nas unidades experimentais (FURTADO et al., 2014).

Os juvenis de *M. rosenbergii* foram obtidos da Fazenda Santa Helena, Silva Jardim, RJ. Os animais foram aclimatados durante 7 dias em tanques de 500 L, com água doce tratada, aeração contínua e alimentados com dieta comercial de 35% PB (Nutriave-Propescado Camarão). A composição centesimal da dieta comercial foi analisada no laboratório de Tecnologia do Pescado da FIPERJ (Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro) (Tabela 1) (AOAC, 2000; FOLCH et al., 1957) (Tabela 1).

Depois da aclimação, 107 animais ($0,10 \pm 0,01$ g) foram distribuídos nas unidades experimentais na densidade de 150 juvenis m^{-2} , permanecendo por 44 dias (período de 24 de outubro a 6 de dezembro 2015).

Tabela 1. Composição centesimal da dieta comercial fornecida aos juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* durante 44 dias de estudo.

Nutriente	Composição centesimal aproximada(%)
Proteína Bruta	35,02
Lipídio	8,4
Cinzas	11,76
Matéria seca	93,66

Nos tanques dos tratamentos TAC+SA e TB+SA, foi adicionada uma tela de polietileno da superfície até o fundo do tanque (92 x 50 cm), para promover o crescimento do perifíton, aumentando em 65% a superfície vertical de cada tanque. Em cada tela foram fixados dez pedaços de telas menores (7 x 6 cm), que foram utilizados como amostras para as análises microbiológicas do perifíton.

Inicialmente, para a formação do bioflocos foram inoculadas as microalgas *Scenedesmus acuminatus* ($7,63 \times 10^9$ células mL^{-1}) na água de cultivo, no qual foram adquiridas do Laboratório de Algologia da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ). Durante os três primeiros dias do experimento, a formação do floco microbiano consistiu na fertilização orgânica com resíduo de cervejaria, sendo o cálculo realizado com base na quantidade de carbono e nitrogênio do resíduo de cervejaria e da ração fornecida, buscando atingir uma relação de C:N de 20:1 (AVNIMELECH, 1999). O farelo de trigo foi adicionado na proporção de 5% do resíduo de cervejaria como substrato para formação do bioflocos.

As quantidades de carbono e nitrogênio da ração comercial, resíduo de cervejaria foram determinadas pela análise de espectrometria de massa com o analisador elementar CNHS -Modelo PE-2400, Perkin (Laboratório de Análise de Solo, Planta e Resíduos/UFRRJ), que permitiu o cálculo da fertilização orgânica durante o estudo (Tabela 2).

Tabela 2. Percentuais de carbono (C) e nitrogênio (N) das fontes de carbono orgânico e da dieta comercial utilizada no cultivo de *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos.

Nutriente	% C	% N
Resíduo de Cervejaria	45	3,5
Farelo de Trigo	42	2,8
Dieta comercial 35% PB	41	5,49

Após a indução inicial de formação do bioflocos, a fertilização orgânica foi realizada, através do controle do nível de amônia total (N - AT). Quando as concentrações desse composto nitrogenado atingiram nível $\geq 1 \text{ mg L}^{-1}$, adicionou-se a fonte de, onde 6 g de carbono são necessários para converter 1 g de amônia total em proteína microbiana (AVNIMELECH, 1999).

Utilizou-se as seguintes fórmulas para calcular a quantidade de fertilizante orgânico necessário para mobilizar o nitrogênio amoniacal:

$$\text{N-AT (g)} = \text{Volume do Tanque (L)} * \text{N-AT (mg/L)} / 1000.$$

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

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

A dieta comercial de 35% PB (Nutriave-Propescado Camarão) foi fornecida em bandejas teladas duas vezes ao dia (09:00 e 18:00 h), na proporção de 10 a 14% da biomassa de cada unidade experimental. O ajuste da ração foi realizado a cada 15 dias com base na biometria e observação do consumo.

A qualidade da água foi monitorada diariamente às 08:00 e 15:00 h, através da coleta de dados de temperatura, oxigênio dissolvido e pH, com auxílio do multiparâmetro AKSO - Modelo AK88. Amostras da água de cultivo foram coletadas a cada dois dias para análises da amônia (N-AT) e nitrito ($\text{NO}_2\text{-N}$), e uma vez por semana para análises de nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$), fosfato (P-PO_4). As análises foram realizadas com o auxílio de um fotômetro multiparâmetro (HANNA-Modelo HI83203). Os sólidos sedimentáveis foram medidos duas vezes por semana, através do cone graduado Inhoff (mL L^{-1}). Foi coletada uma amostra de 1 L das unidades experimentais e esperou-se 20 minutos para sedimentação do floco microbiano (AVNIMELECH, 2007) (Figura 2). A concentração de sólidos suspensos totais (mg L^{-1}) foi verificada aos 15º, 22º, 29º, 36º, 43º dias de estudo, seguindo a metodologia de gravimetria (STRICKLAND e PARSONS, 1972)



Figura 2. Sólidos Sedimentados no cone Inhoff (mL L^{-1}) nos diferentes tratamentos durante 44 dias de estudo.

Amostras de 50 mL da água dos tanques bioflocos e dos substratos foram tomadas aos 8°, 15°, 22°, 29°, 36° dias de estudo e fixadas em formol a 4% para posterior avaliação microbiológica.

As análises preliminares do zooplâncton foram realizadas com o auxílio da câmara de Sedgewick Rafter, consistiram na tomada de três sub-amostras de 1mL e observações de cinco campos em cada uma das sub-amostras. A contagem e identificação do zooplâncton foram realizadas em microscópio óptico (CH30, Olympus) com 400 e 100 x de aumento. As microalgas foram contadas e identificadas com o auxílio da câmara de Neubauer com aumento de 400 x, sendo realizadas análises preliminares de quatro sub-amostras. Adicionou-se lugol (2%) às amostras para facilitar a visualização dos microrganismos, que foram identificados em níveis de gênero, com o auxílio de chaves de identificação (BRANCO, 1978; HUTCHINSON, 1967; KUDO, 1966; NEEDHAM, 1973).

Ao final do experimento, os animais de cada unidade experimental foram pesados e contados individualmente em balança de precisão (0,01 g). Os bioflocos foram filtrados em malha de 50 μm , secos em estufa a 60°C, até atingirem peso constante e congelados em seguida. Posteriormente, a composição centesimal dos camarões e bioflocos foram analisadas quanto aos níveis de proteína bruta, lipídio, cinzas e matéria seca (AOAC, 2000; FOLCH et al., 1957) no laboratório de Tecnologia do Pescado da FIPERJ.

Para avaliação do desempenho zootécnico foram calculados os índices: peso final, ganho de peso, sobrevivência, taxa de crescimento específico, conversão alimentar aparente.

Utilizou-se as seguintes fórmulas para os cálculos:

Peso final (PF) (g)

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

Sobrevivência (SOB) (%) = (número final de animais/número inicial de animais) *100

Taxa de crescimento específico (TCE) (%/dia) = [(média de peso final – média de peso inicial) * 100] /dias de experimento

Conversão alimentar aparente (CAA) = Quantidade de ração fornecida (g) /Ganho de Biomassa (g)

2.3 Análise Estatística

Os resultados de parâmetros de qualidade da água, desempenho zootécnico e composição centesimal do tecido do camarão *M. rosenbergii* foram analisados pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de Bartlett. As variáveis de desempenho (peso final, ganho de peso, sobrevivência, taxa de crescimento específico e conversão alimentar aparente) foram transformadas na função logarítmica ln (SAMPAIO, 2010). Posteriormente, os dados foram analisados pela análise de variância (ANOVA-one way). As diferenças significativas entre as médias dos tratamentos foram verificadas pelo teste de Tukey e consideradas significativas ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa estatístico SAS (2008), versão 9.2.

3 RESULTADOS

Os parâmetros de qualidade da água monitorados durante 44 dias de estudo podem ser verificados na Tabela 3. Não foram encontradas diferenças significativas na temperatura (manhã e tarde), oxigênio dissolvido (manhã e tarde), pH (manhã), nos diferentes tratamentos avaliados ($p>0,05$). Porém, o pH (tarde), a amônia, o nitrito, nitrato e fosfato diferiram entre os tratamentos ($p<0,05$). O pH (tarde) apresentou maiores concentrações nos tratamentos TAC ($7,06\pm0,01$) e TAC+SA ($7,05\pm0,03$) que diferiram dos tratamentos TB ($6,84\pm0,00$) e TB+SA ($6,81\pm0,05$). Já, amônia, nitrito, nitrato e fosfato apresentaram concentrações superiores nos tratamentos TB ($5,04\pm0,11$; $1,51\pm0,24$; $12,65\pm0,70$; $10,01\pm2,31$ mg L⁻¹) e TB+SA ($4,91\pm0,06$; $1,62\pm0,33$; $16,96\pm1,85$; $8,16\pm0,57$ mg L⁻¹) e inferiores nos tratamentos TAC ($0,56\pm0,16$; $0,70\pm0,04$; $5,19\pm1,45$; $0,35\pm0,06$ mg L⁻¹) e TAC+SA ($0,54\pm0,71$; $0,79\pm0,08$; $2,78\pm1,05$; $0,68\pm0,19$ mg L⁻¹), respectivamente.

Tabela 3. Parâmetros de qualidade da água do cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de água clara e bioflocos na ausência ou presença de substratos artificiais.

Parâmetros	Tratamentos				Valor p
	TAC	TAC+SA	TB	TB+SA	
Temperatura manhã (°C)	28,28±0,33	27,87±0,11	28,06±0,35	27,65±0,19	0,45
Temperatura tarde (°C)	28,97±0,36	28,64±0,19	29,19±0,31	28,57±0,06	0,47
Oxigênio dissolvido manhã (mg L ⁻¹)	5,65±0,06	5,66±0,39	5,64±0,05	5,79±0,01	0,19
Oxigênio dissolvido tarde (mg L ⁻¹)	5,66±0,05	5,65±0,03	5,61±0,04	5,76±0,02	0,37
pH manhã	7,07±0,02	7,05±0,03	7,54±0,71	6,84±0,07	0,23
pH tarde	7,06±0,01 ^a	7,05±0,03 ^a	6,84±0,00 ^b	6,81±0,05 ^b	0,00
Amônia (NAT mg L ⁻¹)	0,56±0,16 ^b	0,54±0,71 ^b	5,04±0,11 ^a	4,91±0,06 ^a	0,00
Nitrito (N-NO ₂ mg L ⁻¹)	0,70±0,04 ^b	0,79±0,08 ^b	1,51±0,24 ^a	1,62±0,33 ^a	0,00
Nitrato (N-NO ₃ mg L ⁻¹)	5,19±1,45 ^b	2,78±1,05 ^b	12,65±0,70 ^a	16,96±1,85 ^a	0,00
Fosfato (P-PO ₄ mg L ⁻¹)	0,35±0,06 ^b	0,68±0,19 ^b	10,01±2,31 ^a	8,16±0,57 ^a	0,00

Letras diferentes na mesma linha apresentam diferenças significativas ($p<0,05$). TAC: água clara, TAC+SA: Água clara + substrato artificial, TB: bioflocos, TB+SA: bioflocos + substrato artificial.

Os sólidos sedimentáveis e a concentração de sólidos suspensos totais nos sistemas de bioflocos na ausência e na presença de substratos artificiais podem ser observados na tabela 4.

Tabela 4. Sólidos sedimentáveis e concentração do floco microbiano do cultivo de juvenis *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos na ausência ou presença de substratos artificiais.

Parâmetros	Tratamentos	
	TB	TB+SA
Sólidos Sedimentáveis (mL L⁻¹)	9,40±0,29	7,53±0,85
Sólidos Suspensos Totais SST (mg L⁻¹)	583,70±50,49	661±185,20

TB: bioflocos, TB+SA: bioflocos + substrato artificial.

A análise microbiológica do bioflocos e perifíton indicaram a presença de protistas autotróficos, sendo representados pelas clorofíceas *Scenedemus acuminatus*. Os organismos heterotróficos presentes no perifíton e bioflocos foram representados pelos protozoários ciliados (*Paramecium* sp., *Vorticella* sp.) e esporozoários (*Sporozoa* sp.), rotíferos (*Euchlanis* sp., *Enteroplea* sp., *Brachionus* sp., *Philodina* sp., *Ploesoma* sp.), turbelários (*Mesostoma* sp.) e gastrotrichas (*Lepidodermella* sp.) (Tabela 5).

Tabela 5. Composição e densidade média dos microorganismos presentes nos substratos artificiais e bioflocos do cultivo de *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de água clara e bioflocos, coletados aos 8°, 15°, 22°, 29°, 36° dias de estudo.

Taxón	Tratamentos			
	TAC+SA (Substrato)	TB+SA (Substrato)	TB (Bioflocos)	TB+SA (Bioflocos)
Clorofíceas (10^4 cels mL⁻¹)				
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	1,27±1,02	10,85±7,68	6,0±2,93	11,35±7,19
Protozoário (org. mL⁻¹)	1424,64±218,28	402,11±265,33	506,50±39,83	333,00±72,39
Rotífero (org. mL⁻¹)	689,50±266,45	661,89±271,83	935,67±339,88	1221,40±608,96
Turbelária (org. mL⁻¹)	62,42±28,60	462,11±155,99	3,50±1,65	62,22±25,00
Gastrotricha (org. mL⁻¹)	342,50±118,99	332±177,15	88,67±19,80	94,89±60,00

TAC+SA: Água clara + substrato artificial, TB: bioflocos, TB+SA: bioflocos + substrato artificial.

A composição centesimal do bioflocos na ausência e presença de substratos artificiais podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6. Composição centesimal do floco microbiano do cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos na ausência ou presença de substratos artificiais.

Tratamentos	Composição centesimal (%)			
	Proteína Bruta	Lipídio	Cinzas	Umidade
TB	24,74	8,46	8,27	97,00
TB+SA	24,40	8,00	6,47	96,53

TB: bioflocos, **TB+SA:** bioflocos + substrato artificial.

A composição centesimal do tecido do camarão *M. rosenbergii* não diferiu significativamente entre os tratamentos ($p>0,05$)

Tabela 7. Composição centesimal do tecido do camarão *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de água clara e bioflocos na ausência e presença de substratos artificiais.

Composição centesimal (%)	Tratamentos				Valor p
	TAC	TAC+SA	TB	TB+SA	
Proteína Bruta	63,72	64,12	65,55	64,75	0,87
Lipídio	2,65	3,24	3,70	5,21	0,21
Cinzas	17,25	16,72	15,54	15,63	0,10
Umidade	93,96	94,54	94,63	94,73	0,21

Letras diferentes na mesma linha apresentam diferenças significativas ($p<0,05$). **TAC:** água clara, **TAC+SA:** Água clara + substrato artificial, **TB:** bioflocos, **TB+SA:** bioflocos + substrato artificial.

Não houve diferenças significativas para o peso final, ganho de peso, taxa de crescimento específico e conversão alimentar dos juvenis de *M. rosenbergii* cultivados em sistema de água clara e bioflocos na ausência ou na presença de substratos artificiais ($p>0,05$). Entretanto, a sobrevivência diferiu entre os tratamentos ($p<0,05$).

A sobrevivência foi elevada nos tratamentos TAC e TAC+SA ($89,49 \pm 2,09$; $90,65 \pm 2,09$) diferindo do TB e TB+SA ($37,38 \pm 0,00$; $41,43 \pm 12,27$), respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8. Índices zootécnicos do cultivo de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de água clara e bioflocos na ausência ou presença de substratos artificiais.

Índices Zootécnicos	Tratamentos				Valor p
	TAC	TAC+SA	TB	TB+SA	
Sobrevivência (%)	$89,49 \pm 3,59^a$	$90,65 \pm 2,09^a$	$37,38 \pm 0,00^c$	$41,43 \pm 12,27^b$	0,00
Peso final (g)	$0,48 \pm 0,02$	$0,58 \pm 0,14$	$0,51 \pm 0,01$	$0,83 \pm 0,25$	0,38
Ganho de peso (g)	$0,36 \pm 0,09$	$0,47 \pm 0,13$	$0,38 \pm 0,00$	$0,71 \pm 0,25$	0,38
Taxa de crescimento específico (% dia⁻¹)	$0,83 \pm 0,04$	$1,08 \pm 0,30$	$0,87 \pm 0,01$	$1,60 \pm 0,57$	0,38
Conversão alimentar aparente	$2,46 \pm 0,08$	$2,16 \pm 0,30$	$4,53 \pm 0,19$	$4,23 \pm 1,77$	0,19

Letras diferentes na mesma linha apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$). **TAC**: água clara, **TAC+SA**: Água clara + substrato artificial, **TB**: bioflocos, **TB+SA**: bioflocos + substrato artificial.

4 DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros de Qualidade da Água

A temperatura média da água variou de 27,65 a 29,19°C entre os tratamentos, sendo essa faixa de temperatura tolerável para o camarão *M. rosenbergii*, no entanto, a faixa ótima está compreendida entre 28 a 31°C (NEW et al., 2002). O pH no período da manhã nos tratamentos TAC, TAC+SA, TB, exceto TB+SA, permaneceram dentro dos níveis recomendados para a espécie (7 a 8,5), assim como o pH no período tarde para os tratamentos TAC e TAC+SA (NEW et al., 2002). Entretanto, o pH aferido no período da tarde nos tratamentos TB e TB+SA, diferiram dos tratamentos TAC e TAC+SA, sendo esse parâmetro inferior aos tratamentos em meio heterotrófico. Wasielesky et al. (2006), Azim e Little (2008) afirmaram que em sistemas de bioflocos a intensa respiração dos microrganismos heterotróficos podem reduzir os níveis de pH, porém a redução desse parâmetro não demonstrou ser nocivo aos camarões cultivados em bioflocos. O oxigênio dissolvido permaneceu acima de 5 mg L⁻¹, concentração considerada como ideal para a espécie (NEW et al., 2002).

A amônia, nitrito foram significativamente menores nos tratamentos TAC e TAC+SA, a adição dos substratos não influenciaram esses parâmetros, no entanto, estiveram dentro dos limites aceitáveis para a espécie (NEW, 2002; MALLASEN e VALENTI, 2006). O nitrato e o fosfato também não foram influenciados pela presença de substratos artificiais, permanecendo dentro das concentrações recomendadas para criações de animais aquáticos, entre 0,5 a 20 mg L⁻¹ (EMERENCIANO et al., 2017).

O aparecimento de nitrito e nitrato e picos de nitrito após o pico de amônia nos tratamentos TB e TB+SA indicaram que a assimilação do nitrogênio amoniacal ocorreu por nitrificação de bactérias quimioautotróficas (EBELING e TIMMONS, 2007). A superfície adicional dos substratos no tratamento TB+SA, pode ter promovido o crescimento dessas bactérias que foram dominantes sobre as bactérias heterotróficas (ARNOLD et al., 2009). Entretanto, adição de substratos artificiais no tratamento TB+SA, não foi suficiente para promover um efeito significativo na qualidade de água, pois a produção de biomassa microbiana e taxa de crescimento das bactérias quimioautotróficas é cerca de 10 vezes mais lenta do que a realizada por bactérias heterotróficas (HARGREAVES, 2006).

Os altos níveis de fosfato nos tratamentos TB e TB+SA, podem ter ocorrido devido ao lento metabolismo e a dificuldade de assimilação desse composto pelas bactérias heterotróficas e microalgas (EMERENCIANO et al., 2007). Além disso, o acúmulo desse composto é considerado comum em meio heterotrófico (MELO et al., 2015).

4.2 Sólidos Sedimentáveis e Concentração dos Sólidos Suspensos Totais do Bioflocos

Os sólidos sedimentáveis dos flocos microbianos nos tratamentos TB e TB+SA estiveram dentro dos limites recomendados para cultivos em tecnologia de bioflocos, de 5 a 50 mL L⁻¹ (AVNIMELECH et al., 2011). No entanto, a concentração de sólidos suspensos totais nos tratamentos TB e TB+SA foram superiores a 500 mg L⁻¹, concentração acima da sugerida como ideal para camarões criados em meio heterotrófico (SAMOCHA et al., 2007). Azim e Little, Azim et al. (2008) relataram que concentrações elevadas de sólidos suspensos podem reduzir a visibilidade dos camarões, além de influenciar na respiração e no consumo

de alimentos. Provavelmente, os níveis elevados de sólidos interferiram desempenho do *M. rosenbergii* cultivado nos tratamentos TB e TB+SA.

4.3 Composição Microbiológica do Perifíton e Bioflocos

A concentração das microalgas *S. acuminatus* desenvolvidas no perifíton foi considerada baixa nos tratamentos TAC+SA e TB+SA. Além disso, os tratamentos TB+SA e TB também foram pouco abundantes quanto à presença de *S. acuminatus* no floco microbiano. A baixa abundância do fitoplâncton nos tratamentos com bioflocos, provavelmente deve-se à luminosidade reduzida e adição de carbono orgânico, que interferiram no crescimento das microalgas (RAJKUMAR et al., 2016). A baixa concentração de *S. acuminatus* no tratamento TAC+SA, também pode ser devido à baixa luminosidade, já que, o presente estudo foi conduzido em local protegido da luz solar direta.

Os tratamentos TAC+SA e TB+SA promoveram elevado crescimento de protozoários, rotíferos e gastrotrichas, provavelmente pela presença dos substratos. O crescimento de protozoários e rotíferos nos substratos artificiais corroboraram com os trabalhos de Asaduzzaman et al. (2010) e Betancur González et al. (2016).

Os protozoários, rotíferos e gastrotrichas desenvolvidos no bioflocos foram abundantes nos tratamentos TB e TB+SA. A alta concentração de protozoários em meio heterotrófico corroborou com os estudos de Azim e Little (2008), Ballester et al. (2010) e Emerenciano et al. (2012). Ballester et al. (2010) observaram que protozoários consomem rotíferos, demonstrando que esse microorganismos são fundamentais para formação do floco microbiano. Ray et al. (2010a) relataram concentrações de rotíferos de $2,16 \text{ org. mL}^{-1}$, valores inferiores ao presente estudo. Já, Monroy-Dosta et al. (2013) encontraram concentrações superiores a $115 \text{ rotíferos mL}^{-1}$ em sistemas de bioflocos. Os rotíferos geralmente estão associados aos flocos microbianos (LOUREIRO et al., 2012), e além disso, produzem mucilagens importantes para formação de novos flocos (PEREZ, 2010). Os gastrotrichas são vermes encontrados em ambientes de água doce, geralmente aderidos a sedimentos (GARRAFFONI e ARAÚJO, 2010), no entanto, estudos sobre sua diversidade são pouco conhecidos.

Os turbelários foram abundantes tanto nos tratamentos com perifíton como nos de bioflocos, possivelmente pela presença de algas, protozoários e rotíferos que são fonte de alimento para esses microorganismos, e além disso, são organismos que habitam substratos grosseiros e lamosos (BRACCINI e LEAL-ZANCHET, 2013). Não foram encontrados relatos na literatura quanto à presença de turbelários em sistemas com flocos microbianos, entretanto, os turbelários são considerados organismos importantes dentro da comunidade bentônica de ambientes dulcícolas (VARA e LEAL-ZANCHET, 2013). Portanto, meio heterotrófico pode ter contribuído para o crescimento desses microorganismos, visto que é um ambiente rico em matéria orgânica, além disso, os flocos microbianos e os substratos artificiais provavelmente foram substratos para a proliferação desses organismos.

4.4 Composição Centesimal do Bioflocos

Pode-se inferir que os protozoários apresentaram maior contribuição nos teores proteicos e lipídicos dos bioflocos, pois possuem maior proporção de proteína, e além disso, sintetizam ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, melhorando o valor nutritivo dos flocos (ZHUKOVA e KHARLAMENKO, 1999). Assim como os protozoários, os rotíferos também podem ter contribuído nas exigências de proteína e energia do camarão (FOCKEN et al., 1998).

A composição centesimal do bioflocos foi semelhante nos tratamentos TB e TB+SA. Os percentuais de proteína bruta dos bioflocos foram superiores aos relatados por Becerra-Dórame et al. (2012) e Jatobá et al. (2015), sendo mais próximos aos registrados por Silva et al. (2013) e inferiores aos encontrados por Wasielesky et al. (2006, 2007), Azim e Litte, Azim et al. (2008), Ballester et al. (2010), Xu e Pan, Emerenciano et al. (2012). O teor lipídico dos bioflocos do presente estudo, foram superiores aos encontrados por Ballester et al. (2010), Xu e Pan (2012), Silva et al. (2013), Jatobá et al. (2014) e Khanjani et al. (2017), (0,47%; 3,7 a 4,2%; 2,29 a 7,15%, 1,4 a 1,9%; 0,86 a 2,18%), respectivamente.

Já as cinzas apresentaram níveis inferiores aos relatados por Ballester et al. (2010), Xu e Pan (2012), Silva et al. (2013), Jatobá (2014) e Khanjani et al. (2017) e superior ao encontrado por Azim et al. (2008). Wasielesky et al. (2006) afirmaram que os níveis elevados de cinzas no bioflocos está relacionado ao acúmulo de fezes e as altas densidades de estocagem em sistemas super-intensivos de produção.

A qualidade dos flocos microbianos em termos de nutrição do camarão de água doce foi favorável para os camarões, exceto para a proteína bruta, entretanto, os bioflocos são considerados apenas uma fonte suplementar de alimento para esses animais. De acordo com Zimmermann (1998), as exigências nutricionais para o camarão *M. rosenbergii* variam de 32 a 37% de proteína, 4 a 8% de fibra bruta e de lipídio, portanto, os níveis de proteína e lipídio do bioflocos juntamente com o fornecimento da dieta de 35% PB atenderam as exigências nutricionais do *M. rosenbergii*.

4.5 Composição Centesimal do Tecido do Camarão *Macrobrachium rosenbergii*

Os níveis de proteína bruta do tecido do camarão *M. rosenbergii* foram próximos aos analisados por Jatobá et al. (2014) e Khanjani et al. (2017) e superiores aos encontrados por Xu e Pan (2012) e Rajkumar et al. (2016). Wasielesky et al. (2006), Jatobá et al. (2014) relataram que camarões alimentados com ração e flocos microbianos tendem aumentar a deposição de proteína no tecido corporal, devido principalmente a composição proteica da dieta e produtividade natural presente no ambiente de criação. Apesar da composição centesimal do camarão não ter apresentado diferença significativa entre os tratamentos, no presente estudo observou-se uma tendência de acúmulo de proteína e lipídio no tecido do camarão dos tratamentos TAC+SA, TB e TB+SA.

No presente trabalho, o percentual lipídico do tecido do camarão foi considerado alto, sendo superior aos valores encontrados por Xu e Pan (2012), Rajkumar et al. (2016). Os níveis de lipídio no corpo do camarão nos tratamentos TB e TB+SA podem estar relacionados com a absorção de ácidos graxos essenciais e aminoácidos dos flocos consumidos pelo camarão (IZQUIERDO et al., 2006 ; SUPONO et al., 2014). Pode-se inferir que a elevada concentração de protozoários e rotíferos nos tratamentos com bioflocos foram responsáveis pela qualidade nutricional dos agregados microbianos, consequentemente pelos altos níveis lipídicos no tecido do camarão *M. rosenbergii*. O tratamento TAC+SA também apresentou alto nível de lipídio no tecido do camarão, podendo ser atribuído ao consumo dos microorganismos observados no perifíton.

O percentual de cinzas do corpo do *M. rosenbergii* foi elevado variando de 15,54 a 17,25%, corroborando com os estudos de Jatobá et al. (2014) e Khanjani et al. (2017), 12,57 a 13,98% e 11,04 a 11,36%, respectivamente. A presença de fósforo em abundância nos bioflocos , provavelmente foram responsáveis pelos altos teores de cinzas nos tratamentos TB e TB+SA (Xu e Pan, 2012), Khanjani et al. (2017) relataram que as cinzas tendem aumentar no corpo do camarão quando criados em meio heterotrófico. Além disso, as cinzas no tecido do camarão *M. rosenbergii* também foram elevadas nos tratamentos TAC e TAC+SA, o que pode está relacionado aos minerais presentes na ração fornecida aos animais.

4.6 Desempenho Zootécnico do Camarão *Macrobrachium rosenbergii*

A taxa de sobrevivência apresentou diferença significativa entre os tratamentos, no entanto, o substrato artificial não influenciou a sobrevivência do *M. rosenbergii* no tratamento TAC+SA, não sendo observado o mesmo padrão no tratamento TB+SA que obteve melhor sobrevivência quando comparado ao tratamento TB. Os resultados do presente estudo corroboraram com aqueles de Domingos e Vinatea (2008), onde o incremento de 15, 30 e 45% na área de fundo de cercados em viveiros de terra, através do uso de substratos artificiais (*Bidim*[®]) para o camarão *Litopenaeus vannamei* obtiveram sobrevivência de 93,4, 88,8 e 89%, respectivamente, quando comparados ao controle 0% (71,1%). Já, Tuly et al. (2014) investigando o uso de substratos em cultivos com o *M. rosenbergii* em água de poço encontraram taxas de sobrevivência de 62,12% na presença de substratos de bambu e 56,87% na ausência. Asaduzzaman et al. (2008) usando água de poço observaram que a adição de substratos aumentou a sobrevivência do *M. rosenbergii* de 63% para 72%. Tidwell e Coyle (2008) investigando o uso de seis diferentes tipos de substratos artificiais não encontraram diferenças significativas na sobrevivência (80,5 a 70,9%) do camarão de água doce *M. rosenbergii* quando comparado ao controle (58,5%). O presente estudo, apresentou taxas de sobrevivência superiores às relatadas por esses autores, certamente a estabilidade dos parâmetros de qualidade da água nos tratamentos TAC e TAC+SA foram responsáveis pela alta sobrevivência dos camarões.

A sobrevivência foi considerada baixa no tratamento TB+SA, pois esperava-se que o incremento dos substratos artificiais no meio heterotrófico melhorasse a sobrevivência dos animais, já que, as análises microbiológicas do presente estudo tanto do bioflocos como perifíton revelaram uma grande diversidade de microorganismos de elevado valor nutricional. Entretanto, os elevados níveis de sólidos suspensos totais e nitrogênio amoniacal na água de cultivo certamente comprometeram a sobrevivência do *M. rosenbergii* nesses tratamentos. Portanto, sugere-se a reutilização de um inóculo dos flocos microbianos no mínimo de 2,5% para acelerar a formação do bioflocos e promover a melhoria da qualidade da água e dos índices zootécnicos (KRUMMENAUER et al., 2012). Além disso, os níveis de sólidos suspenso totais devem ser controlados por meio de clarificação ou remoção de água para melhorar a qualidade de água em sistema de bioflocos (RAY et al., 2010b, GAONA et al., 2016; 2017).

A associação da tecnologia de bioflocos com adição de substratos artificiais já foi estudada por Arnold et al. (2009), em sistemas super-intensivos verificando que os substratos não apresentaram efeito significativo sobre a sobrevivência do camarão *Penaeus monodon*, entretanto os tratamentos com substratos obtiveram maior sobrevivência (64,8%), quando comparado ao controle (51,9%). Já, Schweitzer et al. (2013) encontraram maiores taxas de sobrevivência para o camarão *L. vannamei* em tanques com substratos e bioflocos (93,9±2,4%), quando comparado aos sem substratos (42,5%). Zhang et al. (2016) cultivando o camarão *L. vannamei* em sistema de bioflocos na presença de substratos artificiais obtiveram sobrevivência superior (84,8%), quando comparada ao controle (66,1%). Ferreira et al. (2016) encontraram sobrevivência superior a 85,6% para o camarão *L. vannamei*, quando usaram substratos artificiais associados com sistema de bioflocos. No presente estudo foi observada melhora na sobrevivência do camarão em sistemas de bioflocos associados com substratos artificiais, quando comparado aos sistemas de bioflocos sem substrato, no entanto, pode-se afirmar que essa melhoria não é expressiva para sistemas de produção em meio heterotrófico.

A presença de substratos artificiais não interferiu no peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico do camarão *M. rosenbergii* nos diferentes tratamentos. Schweitzer et al. (2013) relataram que as taxas de crescimento e peso médio final foram significativamente maiores para o *L. vannamei* criado em sistemas de bioflocos associados

com substratos artificiais (1,30%; 8,9 g) e em densidade mais baixa (1,07%; 7,8 g), respectivamente. As taxas de crescimento e o peso final do presente estudo foram inferiores as encontradas por esses autores. Já, Zhang et al. (2016) observaram que os substratos artificiais não influenciaram a taxa de crescimento do camarão *L. vannamei* cultivado em sistema heterotrófico durante 10 semanas de estudo. Entretanto, Huang et al. (2013) obtiveram maior crescimento e peso final, quando o *L. vannamei* foi cultivado intensivamente em tanques com Aquamats®. Chavez (2015) estudando o uso de diferentes pedaços de substratos artificiais (6, 12 pedaços) no cultivo do *M. rosenbergii* em gaiolas não encontraram diferenças significativas no ganho de peso (0,27; 0,31 g) e na taxa de crescimento específico (1,98; 2,06% dia⁻¹), quando comparado ao controle (0,28 g; 1,97% dia⁻¹), respectivamente, após 160 dias de estudo, sendo os resultados de ganho de peso inferiores ao presente estudo, entretanto, o crescimento foi superior ao nosso estudo. Tuley et al. (2014) relataram taxas de crescimento do *M. rosenbergii* semelhantes ao presente estudo, na presença (1,19%) ou na ausência de substratos de bambu (1,14%) usando água de poço. No entanto, Asaduzzaman et al. (2008) não observaram diferenças significativas no crescimento do *M. rosenbergii* em sistemas com e sem substratos.

Quanto à conversão alimentar os tratamentos TAC e TAC+SA apresentaram melhores resultados aos encontrados por Tuly et al. (2014), quando o camarão *M. rosenbergii* foi criado em água de poço com a adição de substratos de bambu (3,15) e sem a presença desse substrato (4,39). Já, Asaduzzaman et al. (2008) verificaram que a conversão alimentar do *M. rosenbergii* foi reduzida de 2,85 para 2,41 com a adição de substratos de bambu no ambiente de cultivo. Tidwell e Coyle (2008) observaram a redução da conversão alimentar do camarão *M. rosenbergii* (2,5), quando foram utilizados 6 diferentes tipos de materiais para confecção dos substratos artificiais (1,2 a 1,3). Chavez (2015) utilizando diferentes pedaços de substratos artificiais (6, 12 pedaços) no cultivo do *M. rosenbergii* em gaiolas obtiveram as seguintes conversões alimentares 3,0; 2,8 e 3,1 no controle. A partir dos resultados é possível observar que o perifíton aparentemente não foi utilizado como fonte de alimento pelo camarão *M. rosenbergii* no tratamento TAC+SA, porém pode-se considerar que a conversão alimentar do camarão nesse tratamento foi satisfatória quando comparada a outros estudos com o *M. rosenbergii* submetido a sistemas de água limpa com uso substratos.

A baixa eficiência da conversão alimentar nos tratamentos TB e TB+SA, provavelmente podem estar relacionadas com a baixa sobrevivência dos animais, que como consequência reduziu a biomassa e aumentou a conversão alimentar (GANDINI et al., 2017). O perifíton colonizado nos substratos artificiais não influenciou na conversão alimentar dos camarões. Arnold et al. (2009), Huang et al. (2013), Zang et al. (2016) e Ferreira et al. (2016), relataram elevada conversão alimentar em meio heterotrófico na presença de substratos artificiais (1,43; 1,12 ; 1,6; 0,96 a 0,97), quando comparado ao grupo controle (2,15; 1,86; 1,3; 1,13). Esses resultados demonstraram que a adição de substratos artificiais em cultivos superintensivos melhoram a conversão alimentar, por meio do aproveitamento da biota natural desenvolvida na área de superfície adicional dos substratos. Porém, no presente estudo esses benefícios não foram observados.

5 CONCLUSÃO

A presença dos substratos artificiais em sistema de bioflocos não melhoraram a nitrificação dos compostos nitrogenados e a composição centesimal do tecido do camarão *M. rosenbergii*. Embora o floco microbiano tenha apresentado alto valor nutricional associado com o perifíton desenvolvido nos substratos artificiais, a degradação da qualidade de água e os elevados níveis de sólidos suspensos totais no sistema de bioflocos na presença de substratos artificiais, não permitiram melhoria na sobrevivência e conversão alimentar do camarão, quando comparado aos sistemas de água clara, sistemas de água clara na presença de substratos artificiais e sistema de bioflocos. Mais estudos são necessários para avaliar a real contribuição dos substratos artificiais e do perifíton em tecnologia de bioflocos. Além disso, deve-se monitorar os níveis de sólidos suspensos na coluna d'água, afim de melhorar os índices de produção do *M. rosenbergii*.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. **Official methods of analysis**. 17. Ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, 2000.
- ARNOLD, S. J.; COMAN, F. E.; JACKSON, C. J.; GROVES, S. A. High-intensity, zero water-exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: an evaluation of artificial substrates and stocking density. **Aquaculture**, v. 293, n. 1-2, p. 42-48, 2009.
- ASADUZZAMAN, M.; RAHMAN, M. M.; AZIM, M. E.; ISLAM, M. A.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J.; VERRETH, J. A. J. Effects of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. **Aquaculture**, v. 306, n. 1-4, p. 127-136, 2010.
- ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J.; HUQUE, S.; SALAM, M. A.; AZIM, M. E. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. **Aquaculture**, v. 280, n. 1-4, p. 117-123, 2008.
- AVINEMELECH, Y. Tilapia Production Using Biofloc Technology: Saving Water, Waste Recycling Improves Economics. **Global Aquaculture Advocate**, may/june. 2011.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, n. 176, v. 3-4, p. 227-235, 1999.
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, n. 1-4, p. 140-147, 2007.
- AZIM, M. E 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.
- AZIM, M. E.; LITTLE, D. C.; BRON, J. E. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C: N ratio in feed and the implications for fish culture. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 9, p. 3590-3599, 2008.
- BALLESTER, E. L. C.; ABREU, P. C.; CAVALLI, R. O.; EMERENCIANO, M.; DE ABREU, L.; WASIELESKY JR, W. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, n. 2, p. 163-172, 2010.
- BALLESTER, E. L. C.; WASIELESKY JR, W.; CAVALLI, R. O.; ABREU, P. C. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: biofilm composition and shrimp performance. **Aquaculture**, v. 269, n. 1-4, p. 355-362, 2007.
- BECERRA-DORAME, M. J.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; RIVAS-VEGA, M. E.; LOPEZ-ELIAS, J. A.; PORCHAS-CORNEJO, M. A. Production response and digestive enzymatic activity of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*

(Boone, 1931) intensively pregrown in microbial heterotrophic and autotrophic-based systems. **The Scientific World Journal**, 2012.

BETANCUR GONZÁLEZ, E. M.; RUALES, C. A. D.; GUTIÉRREZ, L. A. Diversidad del perifiton presente en un sistema de producción de tilapia en biofloc. **Revista Lasallista de Investigación**, v. 13, n. 2, p. 163-17, 2016.

BRACCINI, J. A. L. e LEAL-ZANCHET, A. M. Turbellarian assemblages in freshwater lagoons in southern Brazil. **Invertebrate Biology**, v. 132, n. 4, 305-314, 2013.

BRANCO, S. M. **Hidrologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 2. ed. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978. 620 p.

CHAVEZ, H. M. Effects of Artificial Substrate on Growth Performance, Survival and Production of Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man 1879) in Cages in Laguna de Bay, Philippines. **Asian Fisheries Science**, v. 28, n. 4, p. 154-16, 2015.

CRAB, R.; AVNIMELECH, Y.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, v. 270, n. 1-4, p. 1-14, 2007.

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

DOMINGOS, J. A. S. e VINATEA, L. Efeito do uso de diferentes quantidades de substratos artificiais na engorda do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), em um sistema de cultivo semi-intensivo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 1, 2008.

EBELING, J. M. e TIMMONS, M. B. Stoichiometry of ammonia-nitrogen removal in zero-exchange systems. **World Aquaculture**, v. 38, n. 2, p. 22-27, 2007.

EMERENCIANO, M. G. C.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MIRANDA-BAEZA, A. Biofloc technology (BFT): a tool for water quality management in aquaculture. In: TUTU, H. (Ed) **Water Quality**. InTechOpen, 2017, cap. 5, p. 91-109.

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

EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E. L.; CAVALLI, R. O.; WASIELESKY, W. Biofloc technology as a food source in a limited water Exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1871) **Aquaculture Research**, v. 43, n. 3, p. 447-457, 2012.

FERREIRA, L. M.; LARA, G.; WASIELESKY JR, W.; ABREU, P. C. Biofilm versus biofloc: Are artificial substrates for biofilm production necessary in the BFT system? **Aquaculture international**, v. 24, n. 4, p. 921-930, 2016.

FOLCH, J. M.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal Biological Chemistry**, v. 226, n. 497-507, 1957.

FURTADO, P. S.; GAONA, C. A.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Application of different doses of calcium hydroxide in the farming shrimp *Litopenaeus vannamei* with the biofloc technology (BFT). **Aquaculture international**, v. 22, n. 3, p. 1009-1023, 2014.

GANDINI, F. A.; JÚNIOR, J. R. D. O. N.; MEDEIROS, C. S.; OSHIRO, L. M. Y.; SANT'ANA, N. FARIA. Avaliação de diferentes fontes de carboidratos para o sistema de bioflocos e crescimento do camarão branco. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, n. 4, p. 831-843, 2017.

GAONA, C. A. P.; DE ALMEIDA, M. S.; VIAU, V.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY JR, W. Effect of different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) BFT culture system during biofloc formation. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 3, p. 1070-1079, 2017.

GARRAFFONI, A. R. e ARAÚJO, T. Q. Chave de identificação de Gastrotricha de águas continentais e marinhas do Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)**, v. 50, n. 33, p. 535-552, 2010.

HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v. 34, n. 3, p. 344-363, 2006.

HUANG, Z.; WAN, R.; SONG, X.; HALLERMAN, E. Assessment of AquaMats for removing ammonia in intensive commercial Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* aquaculture systems. **Aquaculture international**, v. 21, n. 6, p. 1333-1342, 2013.

HUTCHINSON, G. E. **A treatise on limnology**, Vol. 2: Introduction to lake biology and the limnoplankton. New York, London and Sydney: John Wiley & Sons Inc, 1967. 1115 p.

IZQUIERDO, M.; FORSTER, I.; DIVAKARAN, S.; CONQUEST, L.; DECAMP, O.; TACON, A. Effect of green and clear water and lipid source on survival, growth and biochemical composition of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture nutrition**, v. 12, n. 3, p. 92-202, 2006.

JATOBÁ, A.; DA SILVA, B. C.; SILVA, J. S.; NASCIMENTO V. F.; MOURIÑO, J. L. P.; SEIFFERT, W. Q.; TOLEDO, T. M. Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive and biofloc systems. **Aquaculture**, v. 432, p. 365-371, 2014.

KHANJANI, M. H.; SAJJADI, M. M.; ALIZADEH, M.; SOURINEJAD, I. Nursery performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: the effect of adding different carbon sources. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 4, p. 1491-1501, 2017.

KUDO, R. R. **Protozoologia**. 1.ed. México, Espanha, Argentina, Chile: Compania Editorial Continental, S. A, 1966. 905 p.

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

MALLASEN, M e VALENTI, W. C. Effect of nitrite on larval development of giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 261, n. 4, p. 1292-1298, 2006.

MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; EMERENCIANO, M.; MIRANDA-BAEZA, A.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M. Microbial-based systems for aquaculture of fish and shrimp: an updated review. **Reviews in Aquaculture**, v. 7, n. 2, p. 131-148, 2015.

MONROY-DOSTA, M. D. C.; LARA-ANDRADE, D.; CASTRO-MEJÍA, J.; CASTRO-MEJÍA, G.; COELHO-EMERENCIANO, M. G. Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc em un cultivo de tilapia. **Revista de biología marina y oceanografía**, v. n. 48, n. 3, p. 511-520, 2013.

NEEDHAM, P, R. **Guías para el reconocimiento de algas e invertebrados dulceacuícuolas**. 5. Ed. 1973. 224 p.

NEW, M. B. **Farming freshwater prawns**: A manual for the culture of giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). FAO Fisheries Technical Paper, n. 428, 2002, 212p.

PÉREZ A, J, D. **Aplicación y evaluación de un reactor de contactores biológicos rotativos (RBC o biodiscos), a escala de laboratorio como tratamiento de los lixiviados generados em el relleno sanitario de la Pradera**. 2010. 259p. Tesis de Maestría Ingeniería Urbana, Facultad de Ingenierías, Universidad de Medellín, Medellín, 2010.

RAJKUMAR, M.; PANDEY, P. K.; ARAVIND, R.; VENNILA, A.; BHARTI, V.; PURUSHOTHAMAN, C. S. Effect of different biofloc system on water quality, biofloc composition and growth performance in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Aquaculture Research**, v. 47, n. 11, p. 3432-3444, 2016.

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, n. 1-2, 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, n. 1-4, p. 89-98, 2010b.

SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S., SPEED, M., ALI, A. M.; BURGER, J. M.; ALMEIDA, R. V.; BROCK, D. L. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquacultural Engineering**, v. 36, n. 2, p. 184-191, 2007.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística Aplicada à experimentação animal**. 3. Ed. reimpressão. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2010. 264 p.

SCHVEITZER, R.; ARANTES, R.; BALOI, M. F.; COSTÓDIO, P. F. S.; ARANA, L. V.; SEIFFERT, W. Q.; ANDREATTA, E. R. Use of artificial substrates in the culture of *Litopenaeus vannamei* (Biofloc System) at different stocking densities: Effects on microbial activity, water quality and production rates. **Aquacultural engineering**, v. 54, p. 93-103, 2013.

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

STICKLAND, J. H. D. e PARSONS, T. R. **A practical handbook of seawater analysis**. 2. Ed. Canada: Fishery Research Board, 1972. 311 p.

SUPONO, H. J.; PRAYITNO, S. B.; DARMANTO, Y. S. White shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture using Heterotrophic Aquaculture System on nursery Phase. **International Journal of Waste Resources**, v. 4, n. 2, p. 142, 2014.

TIDWELL, J. e COYLE, S. Impact of substrate physical characteristics on grow out of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, in ponds and pond microcosm tanks. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 39, n. 3, p. 406-413, 2008.

TULY, D. M.; ISLAM, M. S.; HASNAHENA, M.; HASAN, M. R.; HASAN, M. T. Use of artificial substrate in pond culture of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*): a new approach regarding growth performance and economic return. **Journal of Fisheries**, v. 2, n. 1, p. 53-58, 2014.

VARA, D. C. D. e LEAL-ZANCHET, A. M. Turbelários límnicos (Platyhelminthes) em ecossistemas de arroz irrigado da Planície Costeira do sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 4, p. 241-250, 2013.

WASIELESKY JR, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A. L.; 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.

XU, W. J. e PAN, L. Q. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. **Aquaculture**, v. 356, p. 147-152, 2012.

ZHANG, J.; CHEN, L.; DONG, H.; DUAN, Y.; LI, Z.; WEN, G.; XIE, J. Artificial substrates in zero-water-exchange culture system regulate the rearing performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) under the winter indoor condition. **Aquaculture research**, v. 47, n. 1, p. 91-100, 2016.

ZHUKOVA, N.V. e KHARLAMENKO, V. I. Sources of essential fatty acids in the marine microbial loop. **Aquatic Microbial Ecology**, v. 17, n. 2, p. 153-157, 1999.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O resíduo de cervejaria pode ser considerado com uma fonte de carbono viável para fertilizar sistemas de bioflocos, onde o camarão *M. rosenbergii* é a espécie cultivada.
- Para as condições experimentais do presente estudo, a densidade de estocagem de 150 m² foi a mais apropriada para o cultivo do *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos.
- O nível proteico das dietas comerciais podem ser reduzidos de 40 para 30% PB em cultivos com juvenis do camarão *M. rosenbergii* em meio heterotrófico, entretanto, são necessários mais estudos quanto ao monitoramento da qualidade da água para melhoria dos índices de produção.
- Os substratos artificiais associados com sistema de bioflocos não melhoram o processo de nitrificação da água e a composição centesimal do camarão *M. rosenbergii*.
- Sugere-se mais estudos para avaliar a real contribuição dos substratos artificiais e do perifíton em tecnologia de bioflocos, e além disso, sugere-se a introdução de espécies de peixes com hábito alimentar onívoro nesses sistemas de produção, afim de melhorar o aproveitamento da produtividade natural e os índices zootécnicos dos animais criados.
- Sugere-se mais estudos para investigar a diversidade e a sucessão microbiológica em cultivos heterotróficos com o *M. rosenbergii*, afim de estabelecer que microorganismos são importantes para nutrição do *M. rosenbergii* e qualidade nutricional do bioflocos.