



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

CULTIVO AQUAPÔNICO DO CAMARÃO DE ÁGUA DOCE *Macrobrachium*
***rosenbergii* E ALFACE EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

João Victor Rocha Albuquerque Lima

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

Profa. Dra. Roberta borda soares
Orientador

Prof. Dr. Eudes de souza correia
Co-orientador

Recife, Fevereiro/2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- R672c Lima, João Victor Rocha ALbuquerque
Cultivo aquapônico do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* e alface em sistema de bioflocos / João Victor Rocha ALbuquerque Lima. - 2020.
42 f.
- Orientadora: Roberta Borda Soares.
Coorientador: Eudes de Souza Correia.
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Recife, 2020.
1. Aquaponia. 2. Solução Nutritiva. 3. Cultivo integrado. I. Soares, Roberta Borda, orient. II. Correia, Eudes de Souza, coorient. III. Título

CDD 639.3

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

**CULTIVO AQUAPÔNICO DO CAMARÃO DE ÁGUA DOCE *Macrobrachium*
rosenbergii E ALFACE EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

João Victor Rocha Albuquerque Lima

Dissertação julgada adequada para
obtenção do título de mestre em Recursos
Pesqueiros e Aquicultura.
Defendida e aprovada em 20/02/2020
pela seguinte Banca Examinadora.

Prof. Dr. Eudes de Souza Correia
Co-Orientador
Depaq/UFRPE

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva
DEAGRI/UFRPE

Prof. Dr. Luis Otávio Brito da Silva
Depaq/UFRPE

Dedicatória

A meus pais, pela educação que sempre me proporcionaram.

Agradecimentos

À minha principal fonte de inspiração, Cristiane, minha mãe, minha guerreira, por sempre me mostrar que o caminho dos estudos é o correto.

À minha irmã Isabella com quem sempre compartilhei minha vida e que me proporcionou conhecer um novo amor, Julinha.

À meu pai e meus irmão Nycollas e Marcelly, pelo amor.

À Professora Dr^a. Roberta Soares, por todos os ensinamentos desde o início da graduação, pela contribuição na formação do meu caráter profissional.

À Maria Carolina, por todo o apoio e por todos os estresses e compreensões vividos.

À todos que já passaram pelo Laboratório de Tecnologia em Aquicultura e que de alguma forma contribuíram para a minha formação, pela força, empenho e companheirismo em todos os momentos, em especial, Flávio e Marcus.

À todos os colegas do Depaq-UFRPE que de alguma forma torceram pelo meu sucesso.

Ao Professor Dr. Silvio Peixoto, por todo auxílio e suporte que vai além deste estudo.

Ao Professor Dr. Ênio por ter acreditado no projeto e disponibilizado toda a estrutura e meios para que este estudo pudesse ser realizado.

Professor Dr. Luís Otávio, por aceitar participar da banca avaliadora desta dissertação.

À todos os professores e funcionários do Departamento de Pesca e Aquicultura da UFRPE.

Aos amigos, Ítalo Braga, Erika Nascimento, Manuella Luna, Silvaneide Rodrigues, Marcelly, Jessika e Katariny pela amizade, união, carinho e cafés.

E por fim, gostaria de agradecer ao CNPq, pelas bolsas de iniciação científica que recebi ao longo de toda minha formação acadêmica.

Resumo

O cultivo em aquaponia apresenta grande potencial de desenvolvimento com o *Macrobrachium rosenbergii* e a alface. Além deste fato, o manejo da adição de solução nutritiva pode potencializar o desempenho produtivo deste sistema de cultivo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da adição de solução nutritiva hidropônica, no desempenho produtivo da alface, do camarão de água doce e na qualidade de água em cultivo aquapônico com bioflocos, além de avaliar o fluxo de nutrientes na água de cultivo. O ensaio experimental foi inteiramente casualizado, conduzido em esquema fatorial, a partir de quatro tratamentos, com 3 réplicas cada: sistema de bioflocos com adição ou não de solução nutritiva (BC e BS) e o sistema de água clara com adição ou não de solução nutritiva (AC e AS). As análises de qualidade de água indicaram influência da adição dos nutrientes, na concentração de ortofosfato e compostos nitrogenados, estando em níveis prejudiciais aos camarões. Os resultados do fluxo de nutrientes indicaram que a água dos tratamentos sem adição de solução nutritiva apresentou deficiência, estando abaixo dos níveis recomendados. Os camarões apresentaram melhor desempenho nos tratamentos sem a adição de solução nutritiva. Por outro lado, as alfaces apresentaram melhor desempenho fitotécnico nos tratamentos com adição de solução nutritiva. Com os resultados obtidos, a concentração de 50% de Furlani (1998) não foi adequada, exigindo reformulação da solução nutritiva e utilização de fontes fertilizantes mais adequadas ao cultivo do camarão de água doce.

Palavras-chave: Aquaponia; solução nutritiva; cultivo integrado

Abstract

Aquaponics cultivation has great development potential with *Macrobrachium rosenbergii* and lettuce. In addition to this fact, the management of the addition of nutrient solution can enhance the productive performance of this cultivation system. The objective of this work was to evaluate the influence of the addition of hydroponic nutrient solution, on the productive performance of lettuce, freshwater shrimp and water quality in aquaponic cultivation with bioflocs, in addition to evaluating the flow of nutrients in the cultivated water. The experiment lasted 60 days, enabling the shrimp nursery and the cultivation of two cycles of lettuce. The experimental trial was completely randomized, conducted in a factorial scheme, based on four treatments, with 3 replicates each: biofloc system with or without addition of nutrients (BC and BS) and the clear water system with or without addition of nutrients (AC and AS). The analyzes of water quality indicated the influence of the addition of nutrients, in the concentration of orthophosphate and nitrogen compounds, being at levels harmful to shrimp. The prawns showed better performance in the treatments without the addition of nutrient solution. On the other hand, lettuces showed better phytotechnical performance in treatments with addition of nutrient solution. This study indicates that further studies should be carried out that can evaluate the ideal level of addition of nutrient solution in order to enable the development of the two species of interest in the culture system.

Key words: Aquaponics; nutrient solution; integrated cultivation

Lista de figuras

	Página
Figura 1- Temperatura média do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global registradas no ambiente interno da casa de vegetação ao longo do experimento	18
Figura 2- Fluxo do fósforo, potássio e sódio ao longo das semanas, durante os dois ciclos de cultivo da alface em sistema aquapônico.	24

Lista de tabelas

	Página
Tabela 1 – Formulação de solução nutritiva para hortaliças folhosas proposta por Furlani (1998)	22
Tabela 2 - Variáveis de qualidade da água monitoradas no sistema de recirculação com flocos microbianos no cultivo de camarão de água doce <i>Macrobrachium rosenbergii</i> durante 60 dias. Dados apresentados como média \pm DP.	24
Tabela 3a - Influência entre a presença ou ausência de solução nutritiva no comprimento total de alfaces cultivadas em aquaponia	26
Tabela 3b - Influência entre o sistema de bioflocos e água clara no comprimento total de alfaces cultivadas em aquaponia	26
Tabela 3c – Interação dupla entre os ciclos de cultivo da alface e a presença ou ausência de solução nutritiva no comprimento total de alfaces cultivadas em aquaponia	26
Tabela 3d – Interação entre os ciclos de cultivo da alface e a presença ou ausência de solução nutritiva no comprimento total de alfaces cultivadas em aquaponia	26
Tabela 4a – Interação tripla entre os ciclos de cultivo da alface com a presença ou ausência de solução nutritiva e sistema de cultivo no peso de alfaces cultivadas em aquaponia	27
Tabela 4b – Interação tripla entre os sistemas de cultivo da alface com a presença ou ausência de solução nutritiva e ciclo de cultivo no peso de alfaces cultivadas em aquaponia	27
Tabela 4c – Interação tripla entre a presença ou ausência de solução nutritiva com o ciclo e sistema de cultivo no peso de alfaces cultivadas em aquaponia	27
Tabela 5a – Influência do ciclo de cultivo no comprimento de raiz da alface cultivada em aquaponia	28
Tabela 5b – Influência da ausência ou presença de solução nutritiva no comprimento de raiz da alface cultivada em aquaponia	28
Tabela 5c – Influência do sistema de cultivo no comprimento de raiz da alface cultivada em aquaponia	28
Tabela 6a – Influência da ausência ou presença de solução nutritiva no número de folhas de alface cultivada em aquaponia	29

Tabela 6b – Interação entre os ciclos de cultivo da alface e a presença ou ausência de solução nutritiva no número de folhas	29
Tabela 7a – Influência do sistema de cultivo na biomassa de alface cultivada em aquaponia	30
Tabela 7b – Influência do sistema de cultivo na biomassa de alface cultivada em aquaponia	30
Tabela 7c - Interação entre os ciclos de cultivo da alface e a presença ou ausência de solução nutritiva na biomassa	30
Tabela 8. Médias e desvios-padrões do peso médio final, fator de conversão alimentar (FCA), taxa de crescimento específico (TCE), biomassa final e sobrevivência de pós-larvas de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> cultivados em sistema de bioflocos com ou sem adição de solução nutritiva durante 60 dias.	31

Sumário

	Página
1 - Introdução	12
2 - Objetivo	14
2.1 - Objetivo geral	
2.2 - Objetivos específicos	06
3 - Artigo	15
3.1 - Introdução	16
3.2 – Material e Métodos	18
3.3 – Resultados e Discussão	23
3.4 - Conclusão	34
3.5 - Referências	35
4 – Conclusões Finais	38
5 - Referências	39

1. Introdução

Com o aumento do consumo de proteína proveniente de organismos aquáticos e a diminuição dos estoques pesqueiros, a aquicultura tem se desenvolvido de forma significativa nas últimas décadas, sendo hoje o principal meio de obtenção de pescado (FAO, 2018). O crescimento da aquicultura, porém, pode estar atrelado ao aumento do lançamento de efluentes ricos em nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. Levando em consideração que, em média, os camarões absorvem somente 25% do nitrogênio e 15% do fósforo das rações, o restante é lançado em corpos d'água (SCHNEIDER et al., 2005). Atualmente uma das formas de cultivo utilizadas para reduzir a emissão de efluentes eutrofizados é o sistema de cultivo BFT – Biofloc technology System.

No sistema BFT, ocorre a assimilação de grande parte dos compostos nitrogenados pela biomassa microbiana formada no ambiente de cultivo (DE SCHRYVER et al., 2008). Os bioflocos funcionam não somente no controle da qualidade de água do cultivo, mas também por terem um valor nutricional importante no sistema e serem ricos em proteína, podendo ser utilizados como fonte extra de alimento para os camarões cultivados (PÉREZ-FUENTES et al., 2013).

Seguindo a linha do melhor aproveitamento dos nutrientes acumulados nos sistemas de cultivo, uma das alternativas é o cultivo integrado. Existem várias formas de se fazer um cultivo integrado, seja pela utilização de plantas e/ou diferentes espécies de peixes e camarões (WALLER et al., 2015). A técnica que utiliza cultivo de plantas com animais aquáticos, é denominada aquaponia, união da hidroponia (produção de plantas em solução nutritiva) com a aquicultura, para obtenção de dois produtos comercialmente viáveis (RAKOCY, 2006). Neste sistema as raízes das plantas funcionam como filtro e são utilizados como substrato para o desenvolvimento de bactérias nitrificantes que oxidam o nitrogênio na forma de nitrogênio amoniacal total ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) até nitrato (NO_3^-) (TOKUYAMA et al., 2004). As plantas então aproveitam os nutrientes dos restos metabólicos do tanque de cultivo dos organismos aquáticos e os utilizam para o desenvolvimento de biomassa (HU et al., 2015).

De acordo com Domingues et al. (2012), o sistema NFT é uma técnica para cultivar as plantas onde as mesmas crescem com suas raízes dentro de canais, com paredes impermeáveis, pelo qual essas raízes entram em contato com uma solução nutritiva circulante. Trata-se de um sistema fechado.

O cultivo de hortaliças em aquaponia vem se difundindo em todo Brasil principalmente da alface (*Lactuca sativa*), por ser a folhosa de maior consumo e importância econômica do Brasil (WATTHIER et al., 2017), além de apresentar um baixo requerimento nutricional, rápido crescimento e fácil adaptação aos sistemas aquapônicos (DIVER, 2006; RAKOCY, 2012). De acordo com Costa & Leal (2009), a técnica NFT (fluxo laminar de nutrientes) é a mais utilizada em sistemas hidropônicos em ambiente protegido. Trata-se de um sistema de produção muito adotado para o cultivo de alface, e um dos fatores principais, é o ciclo de cultivo que corresponde a 45-60 dias e aceitação do mercado.

O cultivo da alface em ambiente protegido acelera os parâmetros de crescimento, fato observado através de várias pesquisas que têm sido realizadas em condições adversas (VIANA et al., 2013). A possibilidade de controle das condições adversas de cultivo favorece o desenvolvimento das plantas, permitindo a produção de hortaliças de melhor qualidade, em função dessa característica, o cultivo em ambiente protegido é bastante utilizado na produção de hortaliças folhosas (HELBEL JÚNIOR et al., 2007)

Por ser a espécie de camarão de água doce mais cultivada do Brasil, além de possuir um alto valor de mercado e ótima aceitação do consumidor, o *Macrobrachium rosenbergii* apresenta grande potencial para utilização em sistemas aquapônicos (RONZÓN-ORTEGA et al., 2012).

Alguns ensaios experimentais em aquaponia avaliaram a suplementação de complexos minerais na nutrição das plantas, e observaram que a adição de nutrientes em sistemas aquapônicos melhora a produção (KHODA BAKHSH & CHOPIN, 2011). Em cultivo hidropônico, a absorção de nutrientes é influenciada por fatores como o pH, salinidade, oxigenação, temperatura, condutividade elétrica da solução nutritiva, luz, fotoperíodo e umidade relativa do ar. Os macronutrientes têm pelo menos uma função dentro das plantas, ou seja, a falta ou o excesso pode causar sintomas de deficiência ou toxidez (FURLANI et al., 1999).

Apesar de existirem aproximadamente 300 fórmulas para a hidroponia, em todo o mundo para as diversas culturas, são escassas as informações a respeito dos limites de concentração de elementos nutricionais nos quais pode ocorrer deficiência ou toxicidade nos sistemas aquapônicos em recirculação (KHODA BAKHSH et al. 2007). Devido à interação de sua comunidade microbiana e maior disponibilidade de nutrientes, a utilização do efluente do sistema de bioflocos na aquaponia pode melhorar a eficiência no crescimento da alface. (PINHO et al. 2017)

Entretanto, para o sucesso do cultivo em sistemas com adição de nutriente para as plantas é imprescindível conhecer os aspectos nutricionais e de manejo das plantas nesse sistema de produção. Um dos aspectos que assume importância fundamental, é a composição da solução nutritiva que melhor se adequa à espécie cultivada e às condições locais de produção (HELBEL JÚNIOR et al. 2008).

Assim, diante desta perspectiva e considerando as informações atualmente disponíveis, este estudo teve como objetivo geral avaliar os efeitos no cultivo do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* e na alface submetidos a diferentes efluentes em sistema aquapônico com o sistema de bioflocos, além de manejar a presença ou não da solução nutritiva para as alfaces.

Os objetivos específicos foram: avaliar o crescimento da alface em cultivo aquapônico NFT com utilização de águas derivadas do cultivo do camarão; avaliar a influência do sistema de bioflocos no cultivo aquapônico com alface; avaliar a necessidade de suplementação de nutrientes para as alfaces, nas águas de cultivo do camarão de água doce; avaliar o fluxo de nutrientes na aquaponia com camarão.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o efeito da adição de solução nutritiva no cultivo do camarão de água doce e alface em aquaponia com bioflocos e água clara.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar o efeito da presença ou ausência de solução nutritiva nos parâmetros fitotécnicos das alfaces
- Avaliar o efeito da presença ou ausência de solução nutritiva nos parâmetros zootécnicos no berçário do *M. rosenbergii*
- Analisar o fluxo de nutrientes na água ao longo do cultivo em aquaponia.

3. ARTIGO

Parte dos resultados obtidos durante o trabalho experimental desta dissertação está apresentada no artigo intitulado “Cultivo aquapônico do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* e alface em sistema de bioflocos” (manuscrito), que se encontra anexado.

Artigo científico a ser submetido à Revista: **Revista Ciência Agronômica** –

<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista> –

ISSN: 0045-6888 (versão impressa),

1806-6690 (versão online)

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

CULTIVO AQUAPÔNICO DO CAMARÃO DE ÁGUA DOCE *Macrobrachium rosenbergii* E ALFACE EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

INTRODUÇÃO

Com o aumento do consumo de proteína proveniente de organismos aquáticos e a diminuição dos estoques pesqueiros, a aquicultura tem se desenvolvido de forma significativa nas últimas décadas, sendo hoje o principal meio de obtenção de pescado (FAO, 2020). O crescimento da aquicultura, porém, pode estar atrelado ao aumento do lançamento de efluentes ricos em nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. Atualmente uma das formas de cultivo utilizadas para reduzir a emissão de efluentes eutrofizados é o sistema de cultivo BFT – Biofloc technology System.

No sistema BFT, ocorre a assimilação de grande parte dos compostos nitrogenados pela biomassa microbiana formada no ambiente de cultivo (DE SCHRYVER et al., 2008). Os bioflocos funcionam não somente no controle da qualidade de água do cultivo, mas também por terem um valor nutricional importante no sistema e serem ricos em proteína, podendo ser utilizados como fonte extra de alimento para os camarões cultivados (PÉREZ-FUENTES et al., 2013).

Seguindo a linha do melhor aproveitamento dos nutrientes acumulados nos sistemas de cultivo, uma das alternativas é o cultivo integrado. Existem várias formas de se fazer um cultivo integrado, seja pela utilização de plantas e/ou diferentes espécies de peixes e camarões (WALLER et al., 2015). A técnica que utiliza cultivo de plantas com animais aquáticos, é denominada aquaponia, união da hidroponia (produção de plantas em solução nutritiva) com a aquicultura, para obtenção de dois produtos comercialmente viáveis (RAKOCY, 2006).

25 Dentre as espécies sugeridas para o cultivo em aquaponia está o *Macrobrachium*
26 *rosenbergii*, camarão de água doce mais cultivado do Brasil, além de possuir um alto valor de
27 mercado e ótima aceitação do consumidor (RONZÓN-ORTEGA et al., 2012).

28 Na aquaponia, as raízes das plantas funcionam como filtro e são utilizados como
29 substrato para o desenvolvimento de bactérias nitrificantes que oxidam o nitrogênio na forma
30 de nitrogênio amoniacal total ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) até nitrato (NO_3^-) (TOKUYAMA et al., 2004).
31 As plantas então aproveitam os nutrientes dos restos metabólicos do tanque de cultivo dos
32 organismos aquáticos e os utilizam para o desenvolvimento de biomassa (HU et al., 2015).

33 O cultivo de hortaliças em aquaponia vem se difundindo em todo Brasil, principalmente
34 da alface (*Lactuca sativa*), por ser a folhosa de maior consumo e importância econômica
35 (WATTHIER et al., 2017), além de apresentar um baixo requerimento nutricional, rápido
36 crescimento e fácil adaptação aos sistemas aquapônicos (DIVER, 2006; RAKOCY, 2012).

37 Apesar de existirem aproximadamente 300 fórmulas para a hidroponia em todo o
38 mundo para as diversas culturas, são escassas as informações a respeito dos limites de
39 concentração de elementos nutricionais nos quais pode ocorrer deficiência ou toxicidade nos
40 sistemas aquapônicos em recirculação (KHODA BAKHSH et al. 2007). Devido à interação
41 de sua comunidade microbiana e maior disponibilidade de nutrientes, a utilização do efluente
42 do sistema de bioflocos na aquaponia pode melhorar a eficiência no crescimento da alface.
43 (PINHO et al. 2017). Um dos aspectos que assume importância fundamental, é a composição
44 da solução nutritiva que melhor se adequa à espécie cultivada e às condições locais de
45 produção (HELBEL JÚNIOR et al. 2008).

46 Alguns ensaios experimentais em aquaponia avaliaram a suplementação de complexos
47 minerais na nutrição das plantas, e observaram que a adição de nutrientes em sistemas
48 aquapônicos melhora a produção (KHODA BAKHSH & CHOPIN, 2011).

49 Assim, diante desta perspectiva e considerando as informações atualmente disponíveis,
50 este estudo objetivou avaliar os efeitos no cultivo do camarão de água doce *Macrobrachium*
51 *rosenbergii* e na alface, submetidos à diferentes sistemas de cultivo (Bioflocos e água clara),
52 em sistema aquapônico, além de manejar a presença ou ausência da solução nutritiva de
53 hidroponia para as alfaces.

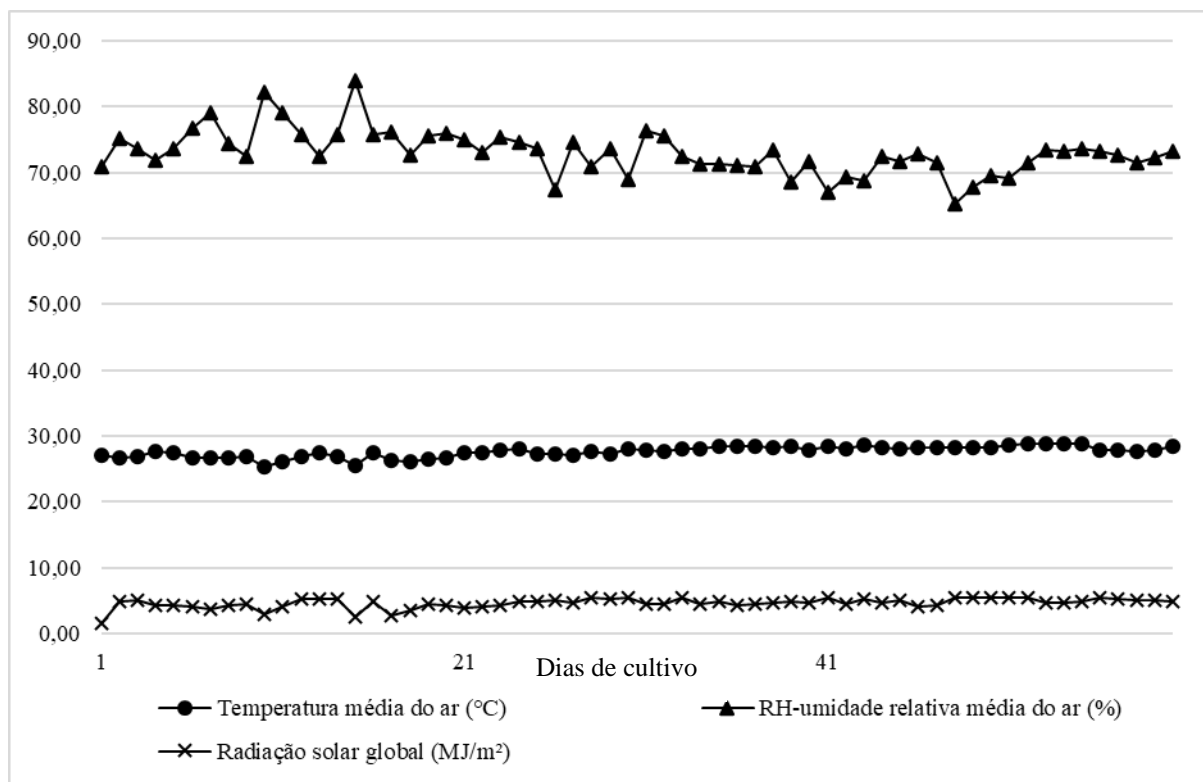
54 MATERIAL E MÉTODOS

55 O experimento foi conduzido em ambiente protegido na Estação Experimental de
56 Agricultura Irrigada Prof. Ronaldo Freire de Moura, no Departamento de Engenharia
57 Agrícola (DEAGRI-UFRPE) e teve duração de 60 dias, tempo necessário para realização da
58 fase de berçário dos camarões e realização de dois ciclos de alfaces.

59 A casa de vegetação utilizada possuía dimensões de 7 m de largura por 25 m de
60 comprimento e 3 m de pé direito, com cobertura do tipo arco e filme de polietileno de baixa
61 densidade com 150 µm de espessura, tratado contra a ação dos raios ultravioletas e com
62 difusor de luz. As paredes laterais e frontais são constituídas de telas de nylon, cor preta, com
63 50% de sombreamento.

64 Dentro da casa de vegetação, foi instalada uma estação meteorológica automática
65 (Campbell Scientific, modelo CR1000) onde foram coletados os dados meteorológicos para a
66 estimativa da temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global (Figura 1). A
67 temperatura média do ar teve média de 27,61°C durante o período experimental, com máxima
68 de 28,79°C e mínima de 25,29°C. Já a umidade relativa do ar teve média de 73%, com
69 máximo e mínimo de 83,93 e 65,25% respectivamente. A radiação solar global média foi de
70 4,61 MJ/m², com máxima 5,55 MJ/m² e mínima de 1,54 MJ/m².

71 **Figura 1.** Temperatura média do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global registradas
 72 no ambiente interno da casa de vegetação ao longo do experimento



73 **Material biológico**

74 Os camarões da espécie *Macrobrachium rosenbergii* com peso médio aproximado de
 75 0,1g foram obtidas em laboratório comercial e aclimatados em sistema de recirculação de
 76 água com sistema de filtragem previamente maturado. Os animais foram estocados em
 77 tanques de 1000 litros e volume útil aproximado de 800 litros. As mudas de alface *Lactuca*
 78 *sativa* foram adquiridas em sementeira comercial, 200 unidades para cada ciclo de cultivo.

79 **Estrutura experimental e manejo**

80 Para a formação dos bioflocos, a água foi fertilizada através da adição de farelo de
 81 trigo, melaço líquido de cana de açúcar e a própria ração fornecida aos animais, visando
 82 obter uma relação 10:1 de carboidrato:nitrogênio, conforme metodologia descrita por
 83 Ebeling, Timmons, & Bisogni (2006) e Avnimelech (2009). Os sistemas de água clara
 84 foram previamente maturados com a utilização de filtro biológico.

85 Foram avaliados quatro tratamentos referentes à produção aquapônica de alface em
86 diferentes sistemas de cultivo de camarão com adição ou não da solução nutritiva (Furlani,
87 1998): Sistema de bioflocos (BFT) com solução nutritiva (BC), sem adição de solução
88 nutritiva (BS) e água clara com solução nutritiva (AC) e sem adição de solução nutritiva
89 (AS). Cada tratamento foi composto por três sistemas independentes de recirculação de água,
90 referentes às três réplicas. Cada réplica foi composta por um tanque circular de fibra de vidro
91 com 800 L de volume útil para o cultivo dos camarões, um sump (200L), um decantador
92 cilíndrico-cônico (100L), um filtro biológico cilíndrico-cônico (45L) (nos tratamentos BFT, a
93 mídia filtrante foi retirada, para evitar a retenção de partículas orgânicas) além de uma
94 bancada (1m²) com 4 calhas hidropônicas NFT - Nutrient Film Technique, feitas em PVC
95 com diâmetro de 100mm e inclinação de 5%, para cultivo das hortaliças.

96 Continuamente, a água do Sump foi bombeada para o tanque de decantação a uma taxa
97 de fluxo de 3,0 L min⁻¹ com a utilização de uma bomba submersa. Um tubo de PVC de 1"
98 conectou a saída superior do tanque de decantação a um tubo de PVC de 50 mm de diâmetro
99 dispostos perpendicularmente na bancada e mangueiras de PVC de 3/8" distribuíram a água
100 em cada calha da bancada de hidroponia por gravidade. Depois de irrigar as plantas, a água
101 derivou para o tanque de cultivo dos camarões por gravidade e voltou para o Sump através de
102 overflow.

103 O uso de um tanque de decantação prévio à irrigação das plantas nas bancadas
104 hidropônicas foi necessário para proteger as raízes dos excessos de sólidos produzidos no
105 cultivo de organismos aquáticos (Hu et al., 2015, Baloi et al., 2013). Para manter a
106 concentração adequada de sólidos em suspensão na água dos tanques BFT, 4 vezes por dia, o
107 decantado foi direcionado por gravidade de volta ao tanque de cultivo, com um fluxo de 15
108 L.min⁻¹ por 40s através de uma tubulação na saída inferior do decantador. Assim, até que o

109 nível da água fosse restaurado no decantador, os canais permaneceram sem irrigação
110 (Schveitzer et al., 2013).

111 O Sump possibilitou que a reposição de água evaporada, adição de solução nutritiva e
112 aferição dos parâmetros físico-químicos da água fossem feitas adjacente ao tanque de cultivo,
113 causando menor estresse aos animais.

114 Cada tanque foi estocado com uma densidade de 140 pós-larvas/m² com peso médio
115 aproximado de 0,23g. Os camarões foram alimentados durante todo o ensaio experimental
116 com ração comercial granulada, com 40% de PB, sendo ofertada duas vezes ao dia (09:00 e
117 16:00 h), na proporção de 30% da biomassa.

118 O nível de oxigênio dissolvido, temperatura e o pH foram verificados pela manhã e à
119 tarde (08:00 e 16:00) com Medidor de oxigênio dissolvido YSI, modelo Pro20 e Medidor de
120 pH YSI, modelo pH100 durante todo período experimental. Semanalmente foram
121 mensurados alcalinidade (APHA, 2005- 2320), nitrogênio amoniacal total, nitrito
122 (STRICKLAND e PARSON, 1972) e nitrogênio do Nitrato (HACH®, método 8039 de
123 redução do nitrato com cádmio), volume floco (Cone de imhoff) e ortofosfato
124 (STRICKLAND e PARSON, 1972).

125 Semanalmente foram realizadas biometrias em 20 animais de cada unidade
126 experimental, sendo pesados individualmente em balança analítica para ajuste na alimentação
127 e posterior avaliação do desempenho zootécnico dos camarões.

128 - Peso médio final (g) = biomassa (g) / número final de animais;

129 - Fator de conversão alimentar (FCA) = ração consumida (g)/ganho de biomassa (g).

130 - Taxa de crescimento específico (TCE) = ((Peso final- Peso inicial) / quantidade de dias) x
131 100).

132 - Biomassa final (g/m³) = biomassa despescada (g) / volume do tanque (m³);

133

134 - Sobrevivência (%) = ((número final de camarões-número inicial de camarões) /
135 número final de camarões) * 100;

136 A biometria das plantas foi feita semanalmente com todas as unidades de cada sistema.
137 Para a análise do desempenho fitotécnico foram avaliados a cada ciclo da alface: peso médio
138 individual final (g), comprimento total (CT), comprimento das raízes (CRaiz), número de
139 folhas (NFolhas) e biomassa final das plantas (g). As pesagens foram realizadas
140 individualmente em balança analítica e as medições com auxílio de uma régua milimetrada.

141 **Preparo e análise de micro e macronutrientes da solução nutritiva**

142 Após a maturação da água de cultivo dos sistemas experimentais, para os tratamentos
143 com adição de solução nutritiva, foi feita a adição em dosagem única da solução nutritiva
144 com 50% do proposto por Furlani (1998) para hortaliças folhosas (condutividade elétrica
145 aproximada de 1100-1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Os fertilizantes utilizados no preparo da solução
146 nutritiva foram: nitrato de cálcio, nitrato de potássio, Mono-Amônio-Fosfato (MAP),
147 sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de manganês, ácido bórico,
148 molibdato de sódio e Fe-EDTA-13% Fe (Tabela 1.).

149 **Tabela 1** – Formulação de solução nutritiva para hortaliças folhosas proposta por Furlani
150 (1998)

Fertilizantes	(g.m ⁻³)	NH ₄	NO ₃	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Nitrato de Cálcio	750,0	7,5	108,8			142,5								
Nitrato de Potássio	500,0		65		182,5									
MAP	150,0	16,5		39										
Sulfato de Magnésio	400,0						40	52						
Sulfato de Cobre	0,2									0,02				
Sulfato de Zinco	0,3													0,07
Sulfato de Manganês	1,5											0,39		
Ácido Bórico	1,8								0,31					
Molibdato de Sódio	0,2												0,06	
Fe-EDTA-13%Fe	16,0										2,08			
Recomendação		24	173,8	39	182,5	142,5	40	52	0,31	0,02	2,08	0,39	0,06	0,07

151 As coletas de água para verificação da concentração de nutrientes foram feitas
152 semanalmente, sendo armazenadas em freezer -2°C em recipientes plásticos e devidamente
153 etiquetados.

154 A amônia, nitrito e nitrato foram determinados através de espectrofotometria, sódio e
155 potássio pelo método de fotometria de chama, fósforo pelo método colorimétrico molibdo-
156 vanadato.

157 **Análise estatística**

158 O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado com esquema fatorial,
159 com três repetições por tratamento. As variáveis de desempenho zootécnico, fitotécnico e de
160 qualidade de água foram submetidas aos testes de Kolmogorov-Smirnov (1951) e Bartlett
161 (1937), para verificação de normalidade e homocedasticidade, respectivamente e quando
162 necessário foram submetidas à transformação logarítmica. Foi realizada análise de variância.
163 O software estatístico utilizado para essas análises foi o Sisvar 5.3 build 77 (Ferreira, 2011).

164

165 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

166 Os valores das variáveis de qualidade da água monitoradas durante o experimento estão
167 apresentados na Tabela 2.

168 **Tabela 2** - Variáveis de qualidade da água monitoradas no sistema de recirculação com
 169 flocos microbianos no cultivo de camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* durante
 170 60 dias. Dados apresentados como média \pm DP.

Variáveis	BC	BS	AS	AC
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	27,3 \pm 0,66	27,44 \pm 0,76	27,13 \pm 0,83	27,26 \pm 0,72
Oxigênio (mg.L^{-1})	6,03 \pm 0,91	6,21 \pm 0,47	6,13 \pm 0,48	6,3 \pm 0,73
pH	7,13 \pm 0,25	7,73 \pm 0,31	7,76 \pm 0,39	6,93 \pm 0,08
Alcalinidade (mg.L^{-1})	87 \pm 12,14	95 \pm 10,12	92 \pm 9,56	94 \pm 9,13
Ortofosfato (mg.L^{-1})	41,26 \pm 12,46	3,29 \pm 0,84	3,08 \pm 0,6	62,47 \pm 14,27
Volume de floco (ml.L^{-1})	2,35 \pm 0,17	2,13 \pm 0,13	-	-
CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	935,74 \pm 131,35	237,67 \pm 35,27	242,30 \pm 33,23	949,41 \pm 136,02
N-NH ₃ (mg.L^{-1})	11,24 \pm 1,76	0,15 \pm 0,01	0,18 \pm 0,01	9,94 \pm 0,90
NO ₂ (mg.L^{-1})	0,29 \pm 0,11	0,01 \pm 0,001	0,05 \pm 0,03	0,36 \pm 0,13
N-NO ₃ (mg.L^{-1})	11,33 \pm 1,13	1,63 \pm ,03	1,9 \pm 0,74	45,33 \pm 2,26

171 A alcalinidade no sistema de bioflocos deve ser mantida entre 100 a 150 mg L^{-1} , para
 172 evitar baixos valores de pH que possam comprometer o crescimento dos organismos
 173 cultivados (EBELING et al., 2006). A partir das análises de qualidade de água realizadas
 174 durante o experimento, foi observado que os valores de alcalinidade foram ligeiramente
 175 abaixo do nível recomendado para o *M. rosenbergii*, no entanto, o pH não foi comprometido.
 176 Naturalmente nos sistemas de cultivo de bioflocos, alcalinidade e pH tendem a diminuir
 177 enquanto as concentrações de compostos de nitrogênio tendem a aumentar (Wasiolesky et al.
 178 2007).

179 A temperatura se manteve semelhante entre todos os tratamentos e dentro da faixa ideal
 180 para a espécie (New, 2002). A concentração de oxigênio dissolvido e pH se mantiveram entre
 181 a faixa ótima para um bom desempenho do camarão e do sistema BFT. O volume do floco
 182 estava entre dos valores adequados para a manutenção do sistema de bioflocos

183 (AVNIMELECH, 2009). Tais valores provavelmente se devem ao uso contínuo de filtros de
184 sedimentação e também ao acúmulo de material particulado nas unidades experimentais.

185 O estudo teve como base de introdução da solução nutritiva hidropônica para hortaliças
186 folhosas (FURLANI, 1998), a qual possui em sua formulação, fontes dos nutrientes
187 essenciais para as plantas.

188 A introdução de solução nutritiva hidropônica para hortaliças folhosas em metade dos
189 tratamentos avaliados, proporcionou uma interessante diferenciação nos resultados de
190 qualidade de água. Os valores de ortofosfato, condutividade elétrica (CE) e dos compostos
191 nitrogenados foram superiores nos tratamentos com adição de nutriente, isso porque a
192 solução nutritiva contém como principais macronutrientes, fontes de fosfato, nitrogênio na
193 forma amoniacal e nitrato (FURLANI, 1998).

194 Nos tratamentos BC e AC (com adição de solução nutritiva) a CE foi superior e
195 apresentou-se como parâmetro indicador fundamental para a superioridade no desempenho
196 fitotécnico das alfaces, uma vez que acúmulo e a extração de nutrientes pelas plantas
197 dependem da condutividade elétrica existindo uma proporcionalidade em relação à
198 concentração iônica responsável pelo potencial osmótico da solução nutritiva afetando a
199 absorção da água, nutrientes, produtividade entre outros distúrbios fisiológicos (SHANNON,
200 1997).

201 Os resultados de comprimento total (CT) dos dois ciclos de cultivo da alface em
202 sistema de aquaponia estão dispostos nas Tabela 3a (influência da presença ou ausência de
203 solução nutritiva), 3b (comparação entre BFT e água clara), 3c (efeito da interação dupla
204 entre ciclos e solução nutritiva) e 3d (efeito da interação dupla entre ciclos e sistema de
205 cultivo).

206 **Tabela 3a** - Influência entre a presença ou ausência de solução nutritiva no comprimento
207 total de alfaces cultivadas em aquaponia

208

CT	
Nutriente	Médias
Ausente	19,58 b
Presente	23,5 a

211

212 **Tabela 3b** - Influência entre o sistema de bioflocos e água clara no comprimento total de
213 alfaces cultivadas em aquaponia

214

CT	
Sist. cultivo	Médias
BFT	20,4 b
AC	22,68 a

217

218 **Tabela 3c** – Interação dupla entre os ciclos de cultivo da alface e a presença ou ausência de
219 solução nutritiva no comprimento total de alfaces cultivadas em aquaponia

Ciclo	CT	
	Nutriente	
	Ausente	Presente
1	19,35	20,17 b
2	19,8B	26,83 Aa

223

Tabela 3d – Interação entre os ciclos de

224 cultivo da alface e a presença ou ausência de solução nutritiva no comprimento total de
225 alfaces cultivadas em aquaponia

Ciclo	CT	
	Sist. cultivo	
	BFT	AC
1	17,86 Bb	22,12 A
2	22,94a	23,24

230 Os resultados das análises dos resultados de interação entre sistema de cultivo, ciclo e
 231 presença de nutriente mostrou que a suplementação de solução nutritiva potencializou o
 232 crescimento das plantas. Para o sistema de Bioflocos, o segundo ciclo garantiu um maior CT,
 233 indicando um enriquecimento nutritivo na água de cultivo.

234 Os resultados de Peso dos dois ciclos de cultivo da alface em sistema de aquaponia
 235 estão dispostos nas Tabela 4a (Interação entre ciclo com a presença ou ausência de solução
 236 nutritiva e sistema de cultivo), 4b (Interação entre presença de nutriente com ciclo e sistema
 237 de cultivo) e 4c (Interação entre o sistema de cultivo com o ciclo e a presença de nutriente).

238 **Tabela 4a** – Interação tripla entre os ciclos de cultivo da alface com a presença ou ausência
 239 de solução nutritiva e sistema de cultivo no peso de alfaces cultivadas em aquaponia

Peso				
Ciclo	Nutriente x Sistema de cultivo			
	Ausente AC	Ausente BFT	Presente AC	Presente BFT
1	10,83 B	12,91 A	49,94 A	18,97 B
2	5,97 B	3,04 B	88,14 A	72,96 A

243

244 **Tabela 4b** – Interação tripla entre os sistemas de cultivo da alface com a presença ou
 245 ausência de solução nutritiva e ciclo de cultivo no peso de alfaces cultivadas em aquaponia

Peso				
Sist. cultivo	Ciclo x Nutriente			
	1 Ausente	1 Presente	2 Ausente	2 Presente
AC	10,83	49,94 A	5,97 B	88,14 A
BFT	12,91	18,97 B	3,04 B	72,96 A

250 **Tabela 4c** – Interação tripla entre a presença ou ausência de solução nutritiva com o ciclo e
 251 sistema de cultivo no peso de alfaces cultivadas em aquaponia

Peso				
Nutriente	Ciclo x Sistema de cultivo			
	1 AC	1 BFT	2 AC	2 BFT
Ausente	10,83 B	12,91	5,97 B	3,04 B
Presente	49,94 A	18,97	88,14 A	72,96 A

252 Os resultados das análises dos resultados de interação entre sistema de cultivo, ciclo e
 253 presença de nutriente mostrou que a suplementação de solução nutritiva foi o fator limitante
 254 para o desenvolvimento das alfaces. Este resultado corrobora com o encontrado por Khoda
 255 Bakhsh & Chopin (2013), em experimento realizado com o *M. rosenbergii* foi observado, foi
 256 observado um maior peso das alfaces com suplementação de nutriente. Assim como no
 257 comprimento total, o peso das alfaces também foi superior no segundo ciclo de cultivo,
 258 indicando um enriquecimento de nutrientes na água de cultivo.

259 Os resultados de comprimento de raiz dos dois ciclos de cultivo da alface em sistema de
 260 aquaponia estão dispostos nas Tabela 5a (Influência entre os ciclos de cultivo da alface), 5b
 261 (Influência entre presença ou ausência de solução nutritiva no comprimento de raiz) e 5c
 262 (Influência do sistema de cultivo no comprimento da raiz da alface).

263 **Tabela 5a** – Influência do ciclo de cultivo no comprimento de raiz da alface cultivada em
 264 aquaponia

CRaiz	
Ciclo	Médias
1	8,29 B
2	10,15 A

268 **Tabela 5b** – Influência da ausência ou presença de solução nutritiva no comprimento de raiz
 269 da alface cultivada em aquaponia

CRaiz	
Nutriente	Médias
Ausente	10,01 A
Presente	8,43 B

273 **Tabela 5c** – Influência do sistema de cultivo no comprimento de raiz da alface cultivada em
 274 aquaponia

CRaiz	
Sist. cultivo	Médias
BFT	8,95 B
AC	9,49 A

276 Os resultados das análises dos resultados de interação entre sistema de cultivo, ciclo e
 277 presença de nutriente mostrou que as raízes tiveram maior crescimento nos tratamentos sem
 278 adição de solução nutritiva. Isto pode estar atrelado à busca por mais nutriente, necessitando
 279 assim de maior desenvolvimento radicular (RAKOCY, 2012).

280 Os resultados de número de folhas dos dois ciclos de cultivo da alface em sistema de
 281 aquaponia estão dispostos nas Tabela 6a (Influência entre os ciclos de cultivo da alface) e 6b
 282 (Influência entre presença ou ausência de solução nutritiva no comprimento de raiz).

283 **Tabela 6a** – Influência da ausência ou presença de solução nutritiva no número de folhas de
 284 alface cultivada em aquaponia

NFolha	
Nutriente	Médias
Ausente	7,32 b
Presente	13,07 a

288 **Tabela 6b** – Interação entre os ciclos de cultivo da alface e a presença ou ausência de solução
 289 nutritiva no número de folhas

Ciclo	Nfolha	
	Nutriente	
	Ausente	Presente
1	8,60 a	10,64 b
2	6,05 Bb	15,50 Aa

294 Os resultados das análises dos resultados de interação entre sistema de cultivo, ciclo e
 295 presença de nutriente mostrou que o número de folhas das alfaces foi superior quando houve
 296 suplementação de solução nutritiva.

297 Os resultados de biomassa dos dois ciclos de cultivo da alface em sistema de aquaponia
 298 estão dispostos nas Tabela 7a (Influência do sistema de cultivo na biomassa de alface), 7b
 299 (Influência entre presença ou ausência de solução nutritiva na biomassa de alface) e 7c

300 (Interação dupla Interação entre os ciclos de cultivo da alface e a presença ou ausência de
301 solução nutritiva na biomassa).

302 **Tabela 7a** – Influência do sistema de cultivo na biomassa de alface cultivada em aquaponia

303

Biomassa	
Sist. cultivo	Médias
BFT	259,59 b
AC	425,64 a

306

307 **Tabela 7b** – Influência do sistema de cultivo na biomassa de alface cultivada em aquaponia

Biomassa	
Nutriente	Médias
Ausente	121,66 b
Presente	563,57 a

311 **Tabela 7c** - Interação entre os ciclos de cultivo da alface e a presença ou ausência de solução
312 nutritiva na biomassa

Ciclo	Biomassa	
	Nutriente	
	Ausente	Presente
1	140,79 B	412,75 Ab
2	102,53 B	714,40 Aa

310

317 A biomassa de alface foi superior nos tratamentos com presença de solução nutritiva e
318 nos tratamentos de água clara. Menor biomassa de alface foi relatada nos tratamentos sem
319 suplementação, em estudo que avaliou o cultivo em aquaponia do *M. rosenbergii* e alface
320 Khoda Bakhsh & Chopin (2013)

321 Além das alterações na qualidade de água, a aplicação da solução nutritiva também
322 influenciou diretamente no desempenho fitotécnico das alfaces. Uma vez que as plantas que
323 receberam este tratamento, apresentaram resultados superiores no peso médio final, número
324 de folhas e biomassa, estando superiores aos valores encontrados por Emerenciano et al.

325 (2017) em estudo realizado com tilápias e alface em sistema de bioflocos e água clara, sem
326 suplementação nutritiva.

327 Os resultados do desempenho produtivo do *M. rosenbergii* cultivados em um sistema
328 aquapônico com bioflocos ou água clara são mostrados na tabela 8.

329 **Tabela 8.** Médias e desvios-padrões do peso médio final, fator de conversão alimentar
330 (FCA), taxa de crescimento específico (TCE), biomassa final e sobrevivência de pós-larvas
331 de *Macrobrachium rosenbergii* cultivados em sistema de bioflocos com ou sem adição de
332 solução nutritiva durante 60 dias.

333

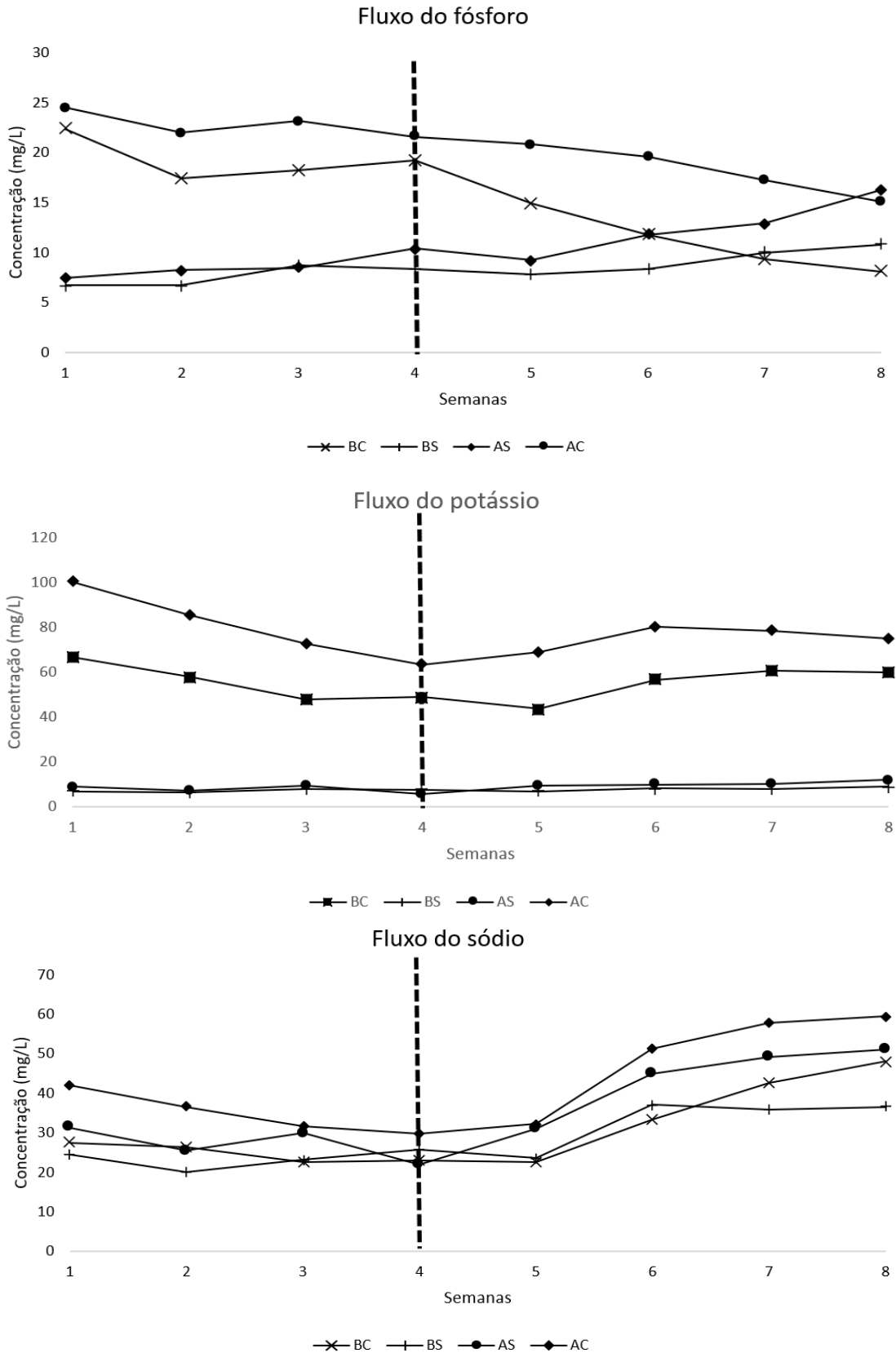
	Peso médio inicial (g)	Peso médio final (g)	FCA	TCE (%.dia ⁻¹)	Biomassa (g)	Sobrevivência (%)
BC	0,23 ± 0,12	1,30 ± 0,12 ^B	3,88 ± 1,28 ^C	1,79 ± 0,20 ^B	68,67 ± 19,07 ^B	37,86 ± 11,23 ^B
BS	0,23 ± 0,12	1,57 ± 0,10 ^A	1,66 ± 0,31 ^A	2,25 ± 0,16 ^A	122,71 ± 21,11 ^A	56,19 ± 12,88 ^A
AS	0,23 ± 0,12	1,44 ± 0,12 ^{AB}	2,18 ± 0,12 ^B	2,02 ± 0,20 ^{AB}	137,90 ± 8,01 ^A	69,05 ± 10,11 ^A
AC	0,23 ± 0,12	1,12 ± 0,08 ^C	7,03 ± 0,88 ^D	1,49 ± 0,13 ^C	35,92 ± 4,38 ^C	23,10 ± 3,93 ^C

334 Letras maiúsculas na mesma coluna representam diferenças estatísticas entre os diferentes tratamentos (P<0,05)

335 Os camarões dos tratamentos BS e AS apresentaram desempenho de crescimento
336 significativamente superior aos demais tratamentos, conforme indicado pelo peso médio
337 final, biomassa final, fator de conversão alimentar, taxa de crescimento específico e
338 sobrevivência. Estes parâmetros diferem significativamente nos animais dos demais
339 tratamentos, tendo o tratamento AC, apresentando os resultados de menor interesse
340 produtivo. O tratamento BS obteve melhor valor de FCA, diferindo estatisticamente dos
341 demais tratamentos.

342 A avaliação do fluxo de nutrientes ao longo do ensaio experimental indicou uma
343 diminuição na concentração do fósforo na água dos tratamentos com adição de solução
344 nutritiva, por outro lado, foi observada uma modesta elevação na concentração do fósforo na
345 água dos tratamentos sem adição de solução nutritiva. Em relação ao potássio, os tratamentos
346 sem adição de solução nutritiva apresentaram concentrações inferiores aos tratamentos com
347 adição de nutrientes, os quais apresentaram redução gradativa ao passar das semanas. Para o
348 sódio, foi observado que todos os tratamentos apresentaram variações semelhantes, com
349 queda até o final do primeiro ciclo e aumento gradativo da concentração ao longo do segundo
350 ciclo de cultivo (Figura 2.).

351 **Figura 2** - Fluxo do fósforo, potássio e sódio ao longo das semanas, durante os dois ciclos de
 352 cultivo da alface em sistema aquapônico. (Linha pontilhada indica o fim do ciclo 1)



353 Em estudo de aquaponia com tomates sem adição de nutrientes, os níveis de fósforo
354 encontrados no efluente de cultivo de carpas teve média de 7,5mg/L, resultado semelhante ao
355 observado em nossos tratamentos que não receberam solução nutritiva, já um estudo que
356 utilizou tilápias e tomates, obteve concentração média de 8,0mg/L. Para o cultivo de alface
357 em hidroponia, os níveis indicados variam entre 12 e 62 mg/L segundo Sazaki (1992) e
358 Castellane & Araújo (1994).

359 Em relação à concentração de potássio na água de cultivo, o tratamento AC apresentou
360 os maiores níveis encontrados, ainda assim, sendo inferior ao recomendado por Sazaki (1992)
361 para o cultivo da alface hidropônico, o qual apresenta valores mínimos de 145 mg/L.

362 O sódio apresentou acúmulo na água do sistema, principalmente no ciclo 2 de cultivo
363 da alface, apresentando fluxo semelhante em todos os tratamentos. Em cultivo aquapônico,
364 Suhl *et al.* (2016) também observaram este acúmulo, partindo de uma concentração de 26
365 para 130,1 mg/L.

366 CONCLUSÃO

367 1. A concentração de 50% de Furlani (1998) não foi adequada, exigindo reformulação
368 da solução nutritiva e utilização de fontes fertilizantes mais adequadas ao cultivo do camarão
369 de água doce *M. rosenbergii*.

370 2. No preparo da formulação da solução nutritiva, alertar para relação NH_4/NO_3 para
371 evitar elevado teor de amônia.

372 **REFERÊNCIAS**

- 373
- 374 AVNIMELECH, Y. *Biofloc Technology – A Practical Guide Book*. **The World**
375 **Aquaculture Society** (1st 344 ed.). Baton Rouge, TX:World Aquaculture Society. (2009).
- 376 BALOI, MANECAS *et al.* Performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* raised
377 in biofloc systems with varying levels of light exposure. **Aquacultural Engineering**, v. 52,
378 p. 39-44, 2013.
- 379 BARTLETT, MAURICE STEVENSON. Properties of sufficiency and statistical
380 tests. **Proceedings of the Royal Society of London. Series A-Mathematical and Physical**
381 **Sciences**, v. 160, n. 901, p. 268-282, 1937.
- 382 CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. Cultivo sem solo. **Hidroponia: Jaboticabal,**
383 **FUNEP. 43p**, 1994.
- 384 DE SCHRYVER, P. *et al.* The basics of bio-flocs technology: The added value for
385 aquaculture. **Aquaculture**, v. 277, n. 3–4, p. 125-137, 2008.
- 386 DIVER, S; Aquaponics-integration of ATTRA hydroponics with aquaculture. Publication no.
387 IP163. **ATTRA Appropriate Technology Transfer for Rural Areas**, pp 1–28, 2006.
- 388 EBELING, JAMES M.; TIMMONS, MICHAEL B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of
389 the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–
390 nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 257, n. 1-4, p. 346-358, 2006.
- 391 EMERENCIANO, M. G. C., MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R., MARTÍNEZ-PORCHAS, M.,
392 & MIRANDA-BAEZA, A. Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality
393 Management in Aquaculture. In **Water Quality**. InTech, 5, 91-109, 2017.
- 394 Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. **THE STATE OF WORLD**
395 **FISHERIES AND AQUACULTURE**. 2020.

- 396 FERREIRA, DANIEL FURTADO. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e**
397 **agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- 398 FURLANI, P.R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de
399 hidroponia. Campinas: **Instituto Agrônômico**, 30 p. 1998.
- 400 JÚNIOR, HELBEL; REZENDE, C. R.; FREITAS, PSL DE; FRIZZONE, JA Influência da
401 condutividade elétrica, concentração iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de
402 alface hidropônica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1142-1147, 2008.
- 403 HU, ZHEN *et al.* Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. **Bioresource**
404 **technology**, v. 188, p. 92-98, 2015.
- 405 BAKHSH, H. KHODA *et al.* Adapting the concepts of tropical integrated agriculture-
406 aquaculture (IAA) and aquaponics to temperate-cold freshwater integrated multi-trophic
407 aquaculture (FIMTA). **Aquaculture Canada 2014 Proceedings of Contributed Papers**, p.
408 17, 2015.
- 409 KHODA BAKHSH, H.; CHOPIN, T. Water Quality and Nutrient Aspects in Recirculating
410 Aquaponic Production of the Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii* and the Lettuce,
411 *Lactuca sativa*. **International Journal of Recirculating Aquaculture**, v.12, 2011.
- 412 KHODA BAKHSH, H., CHRISTIANUS, A., ALIMON, A.R., KHANIF, M.Y., AIZAM, Z.
413 A., AND RASHID SHARIFF. Recovery of nutrient in an artificial integrated culture system
414 based on freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii*, plants and fertilizers. **Journal of**
415 **the International Society for Southeast Asia Agricultural Sciences**, 13 (2): 63-76, 2007.
- 416 MASSEY JR, FRANK J. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. **Journal of the**
417 **American statistical Association**, v. 46, n. 253, p. 68-78, 1951.
- 418 NEW, MICHAEL B. Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river
419 prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Food & Agriculture Org., 2002.

- 420 PÉREZ-FUENTES, J. Alberto; PÉREZ-ROSTRO, Carlos I.; HERNÁNDEZ-VERGARA,
421 Martha P. Pond-reared Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii* with the biofloc
422 system. **Aquaculture**, v. 400, p. 105-110, 2013.
- 423 PINHO, SARA MELLO *et al.* Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the
424 aquaponics production of different lettuce varieties. **Ecological Engineering**, v. 103, p. 146-
425 153, 2017.
- 426 RAKOCY, J., Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics— integrating
427 fish and plant culture. **SRAC Publication**, v. 454, p. 1-16, 2006.
- 428 RAKOCY, JAMES E. Aquaponics: integrating fish and plant culture. **Aquaculture**
429 **production systems**, v. 1, p. 343-386, 2012.
- 430 RONZÓN-ORTEGA, MARISOL; HERNÁNDEZ-VERGARA, MARTHA PATRICIA;
431 PÉREZ-ROSTRO, CARLOS IVÁN. Producción hidropónica y acuapónica de albahaca
432 (*Ocimum basilicum*) y langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*). **Tropical and**
433 **Subtropical Agroecosystems**, v. 15, n. 2, p. S63-S71, 2012.
- 434 SAZAKI, J.L.S. Hidroponia. In: SEMANA DA AGRONOMIA, 9, 1992, Ilha
435 Solteira. **Palestras...** Ilha Solteira: UNESP-Ilha Solteira, 9p, 1992.
- 436 SCHVEITZER, RODRIGO *et al.* Effect of different biofloc levels on microbial activity,
437 water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no
438 water exchange. **Aquacultural Engineering**, v. 56, p. 59-70, 2013.
- 439 SHANNON, MICHAEL C. Adaptation of plants to salinity. In: **Advances in agronomy**.
440 Academic Press, 75-120 p.1997.
- 441 STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. A practical handbook of seawater analysis. **Fish.**
442 **Res. Board Can. Bull.**, Ottawa, v. 167, 1972. 311 p.

- 443 TOKUYAMA, T. *et al.* Nitrosomonas communis strain YNSRA, an ammonia-oxidizing
444 bacterium, isolated from the reed rhizoplane in an aquaponics plant. **Journal of bioscience
445 and Bioengineering**, v. 98, n. 4, p. 309-312, 2004.
- 446 WALLER, U. *et al.* Integrated multi-trophic aquaculture in a zeroexchange recirculation
447 aquaculture system for marine fish and hydroponic halophyte production. **Aquaculture
448 International**, v. 23, n. 6, p. 14731489, 2015/12/01 2015.
- 449 WASIELESKY JR, WILSON *et al.* Effect of natural production in a zero exchange
450 suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus
451 vannamei*. **Aquaculture**, v. 258, n. 1-4, p. 396-403, 2006.
- 452 WATTHIER M.; SILVA, M.A.S.; SCHWENGBER, J. E.; FERMINO, M. H. Produção de
453 mudas de alface em substratos com base de composto de tungue em sistema orgânico de
454 produção, sem período de verão. **Horticultura Brasileira**, v.35, n.2, p.290-294, 2017.

4. Considerações finais

Neste estudo, foi demonstrado o potencial de desenvolvimento da aquaponia com o camarão de água doce e alface, indicando a importância da adição da solução nutritiva para as plantas, a fim de garantir um maior desenvolvimento das mesmas. O tipo de sistema utilizado, BFT ou água clara, não foi o fator determinante para o desenvolvimento dos camarões e das alfaces, uma vez que a adição de solução nutritiva mostrou influência direta no desempenho das duas espécies estudadas, positiva para as alfaces e negativa para os camarões.

A análise completa de nutrientes da água de cultivo poderia indicar mais precisamente, quais foram limitantes para o desenvolvimento da alface nos sistemas de cultivo. Apesar

concentração dos nutrientes avaliados neste estudo apontarem indícios de interferência no desempenho da alface.

Por fim, são necessários mais estudos de aquaponia, utilizando o *M. rosenbergii*, espécie de grande importância comercial, a fim de proporcionar o crescimento das duas espécies de interesse no sistema. Além da avaliação da concentração dos nutrientes que possam ser prejudiciais ao desenvolvimento de organismos aquáticos, sem que o desenvolvimento da planta seja prejudicado.

5. Referências

AVNIMELECH, Y. Biofloc Technology – A Practical Guide Book. **The World Aquaculture Society** (1st 344 ed.). Baton Rouge, TX:World Aquaculture Society. (2009).

BALOI, MANECAS *et al.* Performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* raised in biofloc systems with varying levels of light exposure. **Aquacultural Engineering**, v. 52, p. 39-44, 2013.

BARTLETT, MAURICE STEVENSON. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London. Series A-Mathematical and Physical Sciences**, v. 160, n. 901, p. 268-282, 1937.

CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. Cultivo sem solo. **Hidroponia: Jaboticabal, FUNEP. 43p**, 1994.

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

DIVER, S; Aquaponics-integration of ATTRA hydroponics with aquaculture. Publication no. IP163. **ATTRA Appropriate Technology Transfer for Rural Areas**, pp 1–28, 2006.

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

EMERENCIANO, M. G. C., MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R., MARTÍNEZ-PORCHAS, M., & MIRANDA-BAEZA, A. Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. In **Water Quality**. InTech, 5, 91-109, 2017.

Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. **THE STATE OF WORLD FISHERIES AND AQUACULTURE**. 2020.

FERREIRA, DANIEL FURTADO. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FURLANI, P.R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia. Campinas: **Instituto Agrônômico**, 30 p. 1998.

JÚNIOR, HELBEL; REZENDE, C. R.; FREITAS, PSL DE; FRIZZONE, JA Influência da condutividade elétrica, concentração iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de alface hidropônica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1142-1147, 2008.

HU, ZHEN *et al.* Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. **Bioresource technology**, v. 188, p. 92-98, 2015.

BAKSHSH, H. KHODA *et al.* Adapting the concepts of tropical integrated agriculture-aquaculture (IAA) and aquaponics to temperate-cold freshwater integrated multi-trophic aquaculture (FIMTA). **Aquaculture Canada 2014 Proceedings of Contributed Papers**, p. 17, 2015.

KHODA BAKSHSH, H.; CHOPIN, T. Water Quality and Nutrient Aspects in Recirculating Aquaponic Production of the Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii* and the Lettuce, *Lactuca sativa*. **International Journal of Recirculating Aquaculture**, v.12, 2011.

KHODA BAKSHSH, H., CHRISTIANUS, A., ALIMON, A.R., KHANIF, M.Y., AIZAM, Z. A., AND RASHID SHARIFF. Recovery of nutrient in an artificial integrated culture system based on freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii*, plants and fertilizers. **Journal of the International Society for Southeast Asia Agricultural Sciences**, 13 (2): 63-76, 2007.

MASSEY JR, FRANK J. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. **Journal of the American statistical Association**, v. 46, n. 253, p. 68-78, 1951.

NEW, MICHAEL B. Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Food & Agriculture Org., 2002.

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

PINHO, SARA MELLO *et al.* Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the aquaponics production of different lettuce varieties. **Ecological Engineering**, v. 103, p. 146-153, 2017.

RAKOCY, J., Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics— integrating fish and plant culture. **SRAC Publication**, v. 454, p. 1-16, 2006.

RAKOCY, JAMES E. Aquaponics: integrating fish and plant culture. **Aquaculture production systems**, v. 1, p. 343-386, 2012.

RONZÓN-ORTEGA, MARISOL; HERNÁNDEZ-VERGARA, MARTHA PATRICIA; PÉREZ-ROSTRO, CARLOS IVÁN. Producción hidropónica y acuapónica de albahaca (*Ocimum basilicum*) y langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*). **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 15, n. 2, p. S63-S71, 2012.

SAZAKI, J.L.S. Hidroponia. In: SEMANA DA AGRONOMIA, 9, 1992, Ilha Solteira. **Palestras...** Ilha Solteira: UNESP-Ilha Solteira, 9p, 1992.

SCHVEITZER, RODRIGO *et al.* Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. **Aquacultural Engineering**, v. 56, p. 59-70, 2013.

SHANNON, MICHAEL C. Adaptation of plants to salinity. In: **Advances in agronomy**. Academic Press, 75-120 p.1997.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. A practical handbook of seawater analysis. **Fish. Res. Board Can. Bull.**, Ottawa, v. 167, 1972. 311 p.

TOKUYAMA, T. *et al.* Nitrosomonas communis strain YNSRA, an ammonia-oxidizing bacterium, isolated from the reed rhizoplane in an aquaponics plant. **Journal of bioscience and Bioengineering**, v. 98, n. 4, p. 309-312, 2004.

WALLER, U. *et al.* Integrated multi-trophic aquaculture in a zeroexchange recirculation aquaculture system for marine fish and hydroponic halophyte production. **Aquaculture International**, v. 23, n. 6, p. 14731489, 2015/12/01 2015.

WASIELESKY JR, WILSON *et al.* Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 258, n. 1-4, p. 396-403, 2006.

WATTHIER M.; SILVA, M.A.S.; SCHWENGBER, J. E.; FERMINO, M. H. Produção de mudas de alface em substratos com base de composto de tungue em sistema orgânico de produção, sem período de verão. **Horticultura Brasileira**, v.35, n.2, p.290-294, 2017.