

**Joaquim da Rocha Soares Neto**

**Cultivo de *Sarcoconia ambigua* em aquaponia com *Litopenaeus vannamei* em bioflocos com diferentes áreas de bancada hidropônica**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura, da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Walter Quadro Seiffert

Florianópolis  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Soares Neto, Joaquim da Rocha

Cultivo de *Sarcoconia ambigua* em aquaponia com  
*Litopenaeus vannamei* em bioflocos com diferentes  
áreas de bancada hidropônica / Joaquim da Rocha  
Soares Neto ; orientador, Walter Quadro Seiffert -  
SC, 2017.

47 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias,  
Programa de Pós-Graduação em Aquicultura,  
Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. BFT. 3. aquaponia. 4.  
halófitas. 5. camarão marinho. I. Seiffert, Walter  
Quadro. II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.  
III. Título.

**Cultivo de *Sarcoconia ambigua* em aquaponia com *Litopenaeus vannamei* em bioflocos com diferentes áreas de bancada hidropônica**

Por

JOAQUIM DA ROCHA SOARES NETO

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

**MESTRE EM AQUICULTURA**

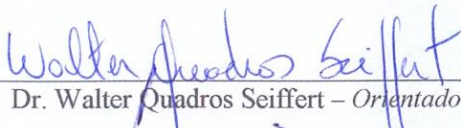
e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.



---

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.  
Coordenador do Programa

Banca Examinadora:




---

Dr. Walter Quadros Seiffert – Orientador



---

Dr. Jorge Luiz Barcelos Oliveira - UFSC



---

Dra. Katt Regina Lapa - UFSC



---

Dr. Maurício Gustavo Coelho Emerenciano - UDESC



## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Walter Quadros Seiffert por toda a confiança depositada e por me ajudar a seguir sempre adiante.

À todos os professores da Pós-graduação em Aquicultura-UFSC, pela transmissão de conhecimentos.

Aos integrantes do grupo da aquaponia do LCM: Hortência, Leonardo, Gabriela, Lucas, Luciana, Isabela, Talita e Alexia pelo auxílio na execução do experimento e por todo o companheirismo.

Ao Carlos Manoel por toda a parceria, e pelos ensinamentos, auxílios na qualidade de água e do setor de bioflocos.

Ao professor Felipe Vieira, por toda a paciência e os ensinamentos dentro do laboratório.

À todas as amizades conquistadas durante o mestrado, em especial aos do LCM, por estarem presentes nessa jornada.

À minha amiga Fernanda Henriques, pela paciência para aguentar meus enjoo e por estar sempre por perto nos melhores e nos piores momentos.

Aos amigos que mesmo distante me mandam sempre energia positiva para continuar seguindo meus objetivos, em especial Amanda Jácome, Iuri Bessa, Hellyjunyor Brandão, Luiza Medeiros e todos os amigos da Engenharia de Pesca 2010.1.

À todos os funcionários do LCM: Andreia, Davi, Ilson, Dimas, Diego e Carlos Miranda, por toda a atenção e auxílio e companhia.

À Capes pela concessão da bolsa de estudos.

À todos os amigos que Florianópolis me proporcionou, em especial aos companheiros do jiu-jitsu, por auxiliar na diminuição do meu estresse e poder tornar a distância de casa mais fácil.

À minha companheira Priscilla Malaquias por me suportar, aguentar meus estresses, principalmente em períodos de experimentos, por toda a paciência e companheirismo e por estar sempre do meu lado em qualquer momento.

À toda a minha família, em especial a minha mãe Antônia Maria, meu pai Vicente Izidorio, minhas tias Maria (Dinha) e Zica (Maria de Jesus) meus irmãos Helder, Ana Verônia, Vicente filho e João Pedro por estar sempre do meu lado em todos os momentos e me apoiando a continuar seguindo meus objetivos.

A todos que participaram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho, muito obrigado!



## RESUMO

O cultivo integrado da *Sarcocornia ambigua* em aquaponia com o camarão *Litopenaeus vannamei* em bioflocos tem se mostrado promissor. O objetivo deste estudo foi avaliar o cultivo aquapônico de *Sarcocornia ambigua* e *Litopenaeus vannamei* sob diferentes relações de ração.m<sup>-2</sup> de planta e sua influência na qualidade de água do cultivo e no desempenho produtivo dos organismos cultivados. Para isto, foram estocados 250 camarões.m<sup>-3</sup>, em 6 unidades unidades aquapônicas dotadas de 1 tanque com volume útil de 800L, um decantador cilíndrico-cônico com 40 L de volume e uma bancada hidropônica em NFT – *Nutrient Film Technique*. O experimento teve duração de 83 dias e consistiu em 2 tratamentos com triplicata, sendo: um com 0,4 m<sup>2</sup> de bancada hidropônica utilizando 40 plantas, perfazendo uma média de 100 g ração.m<sup>-2</sup> de planta; outro com 0,8 m<sup>2</sup> e 80 plantas perfazendo uma média de 50 g ração.m<sup>-2</sup> de planta. Foram monitorados oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade, sólidos totais, amônia total, nitrito, nitrato e ortofosfato, além dos parâmetros de desempenho do camarão e da planta. Após análise estatística foram encontradas diferenças entre os tratamentos apenas para a amônia e nitrito. Os demais parâmetros de qualidade de água não apresentaram diferença entre os tratamentos. Os parâmetros fitotécnicos apresentaram diferença estatística para biomassa final, sendo maior nas plantas cultivadas com uma média de 50 g ração m<sup>-2</sup> de planta. Porém, não foi possível detectar diferença nos valores de produtividade (kg.m<sup>-2</sup>). No que tange o desempenho zootécnico dos camarões, também não foram encontradas diferenças estatísticas entre os tratamentos. Foi possível observar que utilizando uma relação de 50 g ração m<sup>-2</sup> de planta é possível obter a melhor produção no cultivo aquapônico entre a halófito *Sarcocornia ambigua* e o *Litopenaeus vannamei* em bioflocos.

Palavras-chave: Aquicultura, BFT, aquaponia, halófito, camarão marinho.





## ABSTRACT

The integrated culture of *Sarcocornia ambigua* in aquaponics with the *Litopenaeus vannamei* shrimp in biofloc has been very promising. The aim of this study was to assess the aquaponic culture of *Sarcocornia ambigua* and *Litopenaeus vannamei* under different rate ratio of feed.m<sup>2</sup> of plant and its influence in the quality of the culture's water and in the productive performance of the cultivated organisms. In order to achieve this goal, 250 shrimps.m<sup>-3</sup> were stored, in 6 aquaponic units equipped with an 800L tank, a 40L cylindro-conical decanter and a hydroponic bench in NFT – Nutrient Film Technique. The experiment lasted for 83 days and was constituted by 2 treatments with triplicate: one with 0,4 m<sup>2</sup> of hydroponic bench using 40 plants, presenting an average of 100 g feed.m<sup>-2</sup> of plant: a second one with 0,8 m<sup>2</sup> and 80 plants, presenting an average of 50 g feed.m<sup>-2</sup>. Dissolved oxygen, pH, alkalinity, total solids, total ammonia, nitrite, nitrate and orthophosphate, as well as the shrimp and plant's performance parameters were monitored. After a statistical analysis, differences were found only between the treatments for ammonia and nitrite. The other water quality parameters did not present differences amongst the treatments. The phytotechnic parameters presented a statistical difference to final biomass, being greater in plants cultivated with an average of 50 g feed m<sup>-2</sup> of plant. However, it was not possible to detect differences in the productive values (kg.m<sup>-2</sup>). In what regards the zootechnical performances of the shrimps, statistical differences amongst the treatments were not found either. It was possible to observe that using a rate ratio of 50 g feed m<sup>-2</sup> of plant is possible to obtain the best production in the cultivation of aquaponics between the halophyte *Sarcocornia ambigua* and the *Litopenaeus vannamei* in biofloc.

Key-words: Aquaculture, BFT, aquaponic, halophyte, marine shrimp.



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Variáveis de qualidade de água em cultivo aquapônico de *S. ambigua* e *L. vannamei* com diferentes áreas de bancada hidropônica. 28
- Tabela 2. Variáveis zootécnicas em cultivo aquapônico de *S. ambigua* e *L. vannamei* com diferentes áreas de bancada hidropônica. .... 30
- Tabela 3. Desempenho produtivo da halófita *S. ambigua* cultivadas em aquaponia com bioflocos durante 83 dias. .... 30



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	15
1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	18
1.3 OBJETIVOS .....	19
1.3.1 Objetivo Geral.....	19
1.3.2 Objetivos Específicos.....	19
1.4 FORMATAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	19
<b>2. ARTIGO CIENTÍFICO</b> .....	21
1. INTRODUÇÃO .....	23
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	24
2.1 <i>Material Biológico</i> .....	25
2.2 <i>Unidades experimentais e funcionamento do sistema</i> .....	25
2.3 <i>Delineamento e manejo experimental</i> .....	26
2.4 <i>Parâmetros de qualidade de água</i> .....	27
2.5 <i>Desempenho Zootécnico</i> .....	27
2.6 <i>Desempenho Fitotécnico</i> .....	27
2.7 <i>Análises Estatísticas</i> .....	28
3. RESULTADOS.....	28
4. DISCUSSÃO .....	31
4.1 <i>Qualidade de água</i> .....	31
4.2 <i>Desempenho produtivo camarão e halófito</i> .....	32
5. CONCLUSÃO .....	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO</b> .....	39
ANEXO I .....	45
ANEXO II .....	46
ANEXO III.....	46
ANEXO IV.....	47



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

### 1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A aquicultura mundial é um importante meio para a obtenção de proteína animal de qualidade. Com o aumento do consumo de pescado em conjunto com a estabilidade da pesca extrativista, a aquicultura tem se tornado cada dia mais importante na indústria alimentícia, sendo hoje o principal meio de obtenção de pescado (FAO, 2016). No ano de 2014 a produção aquícola mundial foi de 73,8 milhões de toneladas, sendo 6,9 milhões de toneladas relacionadas à carcinicultura (FAO, 2016). No Brasil, a carcinicultura está representada principalmente pela espécie *Litopenaeus vannamei*, tendo os estados do Ceará e Rio Grande do Norte como os maiores produtores (FAO, 2016).

O crescimento da aquicultura, porém, pode está atrelado ao lançamento de efluentes ricos em nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. Levando em consideração que em média, 25% do nitrogênio e 15% do fósforo são aproveitados, o restante é lançado em corpos d'água (Schneider *et al.*, 2005). Isso pode ser extremamente danoso, pois nutrientes em excesso podem causar a eutrofização. Portanto, o desenvolvimento desta atividade deve ser acompanhado por tecnologias que possibilitem ganhos produtivos elevados, porém, com menor agressão ao ambiente natural.

No cultivo convencional, o excesso de compostos nitrogenados na água dos tanques ou viveiros pode ser solucionado de diversas formas, como renovação de água, utilização de biofiltros e lagoas de tratamento (Crab *et al.*, 2007). Atualmente uma das formas de cultivo utilizadas para reduzir acúmulo de compostos nitrogenados é o sistema de cultivo BFT – *Biofloc technology System*, que teve seu início por volta de 1970 e vem se desenvolvendo ao longo dos últimos anos.

Esse sistema consiste na utilização de altas relações de carbono:nitrogênio na água, acima de 10:1, no intuito de promover o desenvolvimento de bactérias que irão auxiliar na remoção do nitrogênio amoniacal em excesso (Avnimelech, 1999; Ebeling *et al.*, 2006). Essa relação é obtida através da inserção de uma fonte externa de carbono na água, podendo ser melaço, açúcar, dextrose, dentre outros (Samocha *et al.*, 2007).

Esse sistema possui diversas vantagens quando comparado ao cultivo convencional. Por se tratar de um cultivo fechado, não há troca de água constante, sendo necessária apenas a reposição por conta da

evaporação, tornando o sistema mais biosseguro e com uma menor descarga de efluente no ambiente natural.

A água madura utilizada em um cultivo pode ainda ser reaproveitada em cultivos posteriores, sendo necessário apenas 25% de água para dar continuidade a um novo cultivo (Krummenauer *et al.*, 2014). Além disso, nesse tipo de cultivo podem ser utilizadas altas densidades de estocagem, o que pode melhorar os ganhos produtivos do sistema.

Os bioflocos são compostos por uma mistura heterogênea de micro-organismos, sendo um agregado de algas, fezes, bactérias e matéria orgânica (De Schryver *et al.*, 2008). 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 animais cultivados (Ekasari *et al.*, 2014).

Por conta disso, pode-se economizar na utilização de ração, ou até diminuir a porcentagem de proteína bruta nas dietas, podendo reduzir os custos com rações (Jatobá *et al.*, 2014; Xu e Pan, 2014). Além disso, no cultivo em sistema BFT, parâmetros como fator de conversão alimentar (FCA) e ganho de peso podem ser melhorados possibilitando melhores ganhos produtivos (Emerenciano *et al.*, 2014).

Não só o sistema BFT vem ganhando destaque na aquicultura atual, como também outros modelos de cultivo promissores. Seguindo a linha do melhor aproveitamento do efluente de cultivo, uma das alternativas é o cultivo integrado. Existem várias formas de se fazer um cultivo integrado, seja pela utilização de plantas ou mesmo vários organismos aquáticos de diferentes espécies junto de um mesmo cultivo, ou mesmo pela utilização de organismos aquáticos de diferentes espécies com plantas (Waller *et al.*, 2015).

Quando utilizado plantas, pode ser feito através da aquaponia, união da hidroponia com a aquicultura, para obtenção de dois produtos comercialmente viáveis (Rakocy, 2006), ou mesmo para utilização em *wetlands* para o tratamento do efluente (Webb *et al.*, 2013).

Em se tratando de aquaponia, 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 ( $\text{NO}_3$ ) (Tokuyama *et al.*, 2004). As plantas então aproveitam os nutrientes em excesso e os utilizam para o desenvolvimento de biomassa (Hu *et al.*, 2015).

O formato dos sistemas aquapônicos pode variar, podendo ser em *floating*, onde as plantas são colocadas flutuando na água com as raízes



completamente submersas; NFT – *Nutrient Film Technique*, onde as raízes ficam submersas em um filme de água; e cama de cultivo, onde as plantas ficam em substratos que podem ser feitos de argila expandida, cascalho etc (Lennard e Leonard, 2005). No geral, são utilizadas principalmente plantas e peixes de água doce por conta da baixa resistência das plantas às altas salinidades. Dentre as plantas utilizadas pode-se destacar o alface (*Lactuca sativa*), o tomate (*Lycopersicon esculentum*), o espinafre (*Ipomoea aquatica*), dentre outros (Mariscal-Lagarda *et al.*, 2012; Khater *et al.*, 2015; Nuwansi *et al.*, 2015). Dentre as espécies de peixes pode-se destacar a tilápia (*Oreochromis niloticus*).

Uma preocupação atual na aquicultura mundial é o aproveitamento dos nutrientes oriundos da carcinicultura. Por ser um efluente salino, torna-se complicada a sua utilização para o cultivo de plantas. Uma alternativa para a inserção da carcinicultura ao cultivo integrado com plantas é através do cultivo de *L. vannamei* em baixa salinidade para que o seu efluente possa ser utilizado, já testado com o tomate (Mariscal-Lagarda *et al.*, 2012). Outra, através da utilização de plantas halófitas de alto valor comercial. Essas plantas possuem mecanismos capazes de suportar altas salinidades (Flowers e Colmer, 2008). Algumas espécies de plantas halófitas vêm ganhando atenção, principalmente as do gênero *Salicornia* e *Sarcocornia*.

Dentre o gênero *Sarcocornia* é possível destacar a presença da *Sarcocornia ambigua*, espécie perene e natural de regiões de marismas na América do Sul. Possui distribuição desde a Venezuela até o Uruguai (Alonso & Crespo, 2008). Com um enorme potencial para o cultivo utilizando efluente salino (Brown *et al.*, 1999; Calheiros *et al.*, 2012; Webb *et al.*, 2012) essa espécie possui diversas vantagens nutricionais, sendo rica em ácidos graxos, vitaminas, minerais, compostos fenólicos e antioxidantes (Ventura *et al.*, 2011; D'oca *et al.*, 2012; Bertin *et al.*, 2014). Essas qualidades credenciam a *S. ambigua* como um importante alimento funcional para ser utilizado na alimentação humana.

Em cultivos integrados, a *S. ambigua* demonstrou um grande potencial quando consorciada com o camarão *L. vannamei* em bioflocos, onde foi possível obter uma produção 8,2 kg.m<sup>-2</sup> (Pinheiro *et al.* 2016). Além da boa produtividade, a planta teve um papel importante na remoção do nitrogênio em excesso no cultivo, aumentando em 9% esse aproveitamento (Pinheiro *et al.*, 2017). Outro estudo realizado com a halófita *S. ambigua* e o camarão *L. vannamei* em bioflocos avaliou a produtividade da planta em determinados períodos diários de irrigação. Neste estudo foi possível observar que com apenas 12h de irrigação diária, a planta pode atingir a sua maior produtividade (Silva, 2016).

As plantas possuem diversas necessidades nutricionais para que possam se desenvolver da melhor forma possível, melhorando os ganhos produtivos de quem a produz. O nitrogênio é um dos nutrientes necessário ao crescimento das plantas (Hu *et al.*, 2015). Na aquaponia, o aporte de nitrogênio é advindo do efluente gerado no cultivo de organismos aquáticos (Buzby e Lin, 2014). A principal causa desse efluente é o aproveitamento incompleto do nitrogênio imputado no sistema, sendo que cerca de 75% não aproveitado (Schneider *et al.*, 2005). A necessidade de encontrar um balanço ideal entre a quantidade de ração ofertada no cultivo com a quantidade de área plantada é um desafio importante.

Rakocy (2006) recomenda o uso de 60-100 g de ração para cada m<sup>2</sup> de área plantada, no cultivo aquapônico floating entre a tilápia e alface. Esses valores podem variar de acordo com as espécies utilizadas e o tipo de modelo de sistema empregado. Em outro cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e alface (*Lactuca Sativa*), foi observado 56 g.m<sup>-2</sup> de ração são suficientes para o desenvolvimento adequado dos peixes e do alface (Al-Hafedh *et al.*, 2008). Já para nono cultivo de catfish (*Clarias gariepinus*) em conjunto com o espinafre d'água (*Ipomea aquática*) a melhor taxa é de 15-42g de ração.m<sup>-2</sup> planta (Endut *et al.*, 2010). Portanto deve se buscar à fundo o melhor balanço de nutrientes para determinados tipos de cultivos.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Num cultivo aquapônico, a relação entre a quantidade de ração que é ofertada com à área de plantas que é utilizada é um fator extremamente importante para o desempenho adequado do cultivo, uma vez que a ração ofertada para os organismos aquáticos cultivados não é aproveitada por completo, restando nutrientes em excesso na água. Esses nutrientes servirão como alimento para as plantas cultivadas.

Uma oferta excessiva de ração para uma determinada área de plantas poderá comprometer a qualidade da água do cultivo devido ao fato de que não haverá plantas suficientes para aproveitar os nutrientes em excesso. Em contrapartida, uma oferta baixa de ração para uma grande área de cultivo de plantas pode comprometer o desenvolvimento das plantas cultivadas, já que elas necessitam desses nutrientes para que possam se desenvolver. Portanto, a necessidade de encontrar uma quantidade de ração adequada ao desenvolvimento das plantas e camarões cultivados, justifica esta pesquisa de dissertação..

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Avaliar a influência do uso de diferentes áreas de bancada hidropônica na qualidade de água e no desempenho produtivo do camarão *Litopenaeus vannamei* e da halófito *Sarcocornia ambigua* cultivados em sistema aquapônico com bioflocos.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Avaliar a qualidade da água do cultivo em diferentes áreas de bancada hidropônica;
- Avaliar a produtividade da *Sarcocornia ambigua* cultivada com diferentes áreas de bancada hidropônica;
- Avaliar o desempenho zootécnico do *Litopenaeus vannamei* no sistema aquapônico com diferentes áreas de bancada hidropônica ;
- Observar a melhor relação entre a quantidade de ração utilizada e a área de plantas utilizada.

## 1.4 FORMATAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O trabalho está dividido em dois capítulos. O primeiro referente à introdução geral e o segundo ao artigo científico, formatado segundo as normas da revista *Aquaculture International*. Classificação Qualis CAPES B1 na área de Zootecnia e Recursos Pesqueiros e fator de impacto igual a 0,960.



## 2. ARTIGO CIENTÍFICO

### **Cultivo de *Sarcoconia ambigua* em aquaponia com *Litopenaeus vannamei* em bioflocos com diferentes relações de ração.m<sup>-2</sup> de planta**

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Aquicultura, Laboratório de Camarões Marinhos, Servidão dos Coroas número 503, Barra da Lagoa, 88061—600, Florianópolis, SC, Brasil.  
[joaquimsoaresnt@gmail.com](mailto:joaquimsoaresnt@gmail.com)

\*\*Artigo formatado de acordo com as normas da revista *Aquaculture International*.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o cultivo aquapônico de *Sarcocornia ambigua* e *Litopenaeus vannamei* em diferentes áreas de bancada hidropônica. Foram utilizadas seis unidades experimentais em dois tratamentos, um utilizando 40 plantas em 0,4 m<sup>2</sup> de bancada hidropônica, perfazendo uma relação de 100 g ração.m<sup>-2</sup> de planta e outro utilizando 80 plantas em 0,8 m<sup>2</sup> de bancada hidropônica, perfazendo 50 g ração.m<sup>-2</sup> de planta, com três repetições. Foram comparados o desempenho produtivo do sistema e a qualidade de água em relação aos dois tratamentos. Após 83 dias de experimento foram encontradas diferenças entre os tratamentos apenas para a amônia e nitrito. Os parâmetros fitotécnicos das plantas cultivadas apresentaram diferença estatística para biomassa final, sendo maior nas plantas cultivadas com uma proporção de 50 g ração.m<sup>-2</sup> de planta. Porém, não foi possível detectar diferença nos valores de produtividade (kg.m<sup>-2</sup>). No que tange o desempenho zootécnico dos camarões, também não foram encontradas diferenças estatísticas entre os tratamentos. Levando em consideração a média diária de utilização de ração, foi possível observar que utilizando uma proporção 50 g ração.m<sup>-2</sup> de planta de bancada hidropônica é possível obter uma melhor produção no cultivo aquapônico entre a halófita *Sarcocornia ambigua* e o *Litopenaeus vannamei* em bioflocos.

Palavras- chave : sal verde, camarão marinho, BFT , NFT.

## 1. INTRODUÇÃO

A aquaponia pode ser definida como um sistema de recirculação que une a produção de organismos aquáticos e vegetais, onde os resíduos gerados pela produção aquícola são reaproveitados como nutriente para o desenvolvimento das plantas (Rakocy, 2006). Dentre os rejeitos da aquicultura, o nitrogênio contido nos efluentes é um dos principais problemas, uma vez que a taxa média de assimilação deste nutriente pelos organismos aquáticos cultivados é de apenas 35%. (Schneider *et al.*, 2005).

O objetivo do sistema aquapônico é promover o aproveitamento dos nutrientes, trazendo benefícios produtivos e ambientais. Nele, as plantas funcionam como um filtro, onde as raízes atuam como substrato para o desenvolvimento de bactérias (Tokuyama *et al.*, 2004). Estas são responsáveis pelo processo de nitrificação, onde o nitrogênio, na forma de nitrogênio amoniacal total ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ), é oxidado a nitrato ( $\text{NO}_3$ ) (Hu *et al.*, 2015).

Este processo é fundamental tanto para as plantas como para os organismos aquáticos, pois o nitrogênio é convertido para sua forma menos tóxica, contribuindo para a melhoria da qualidade de água do cultivo, assim como para o provimento de nutrientes para as plantas.

Bactérias também são o princípio de outro sistema de cultivo aquícola, o BFT – *Biofloc Technology System*. O surgimento destes microrganismos neste sistema, dá-se através da manipulação da relação carbono:nitrogênio na água (Avnimelech, 1999), promovendo melhora na qualidade de água do cultivo e favorecendo o emprego de densidades de estocagem mais elevadas (De Schryver *et al.*, 2008).

Além disso, o sistema não conta com renovação de água, sendo necessária sua reposição apenas devido à evaporação (Krummenauer *et al.*, 2014). Por conta disso, o sistema traz maior biosseguridade para o cultivo, evitando a entrada de organismos patogênicos que possam vir a prejudicar a produção (Burford *et al.*, 2003).

No entanto, como não há troca de água, o sistema BFT tende ao acúmulo de compostos nitrogenados que, em grande quantidade, podem se tornar tóxicos aos animais. Como exemplo, o nitrato acima de 300  $\text{mg.L}^{-1}$  para o cultivo de *Litopenaeus vannamei* é suficiente para causar danos aos animais (Furtado *et al.*, 2015). Da mesma forma, o acúmulo de sólidos suspensos totais originados pelos flocos em níveis superiores a 600  $\text{mg.L}^{-1}$  pode acarretar mortalidades aos organismos cultivados (Schweitzer *et al.* 2013). Logo, é necessário criar mecanismos para o consumo desses nutrientes em excesso. A união do BFT e da aquaponia

pode ser uma alternativa, onde as plantas poderão fazer o aproveitamento do excedente de nitrato, podendo diminuir o acúmulo no sistema.

Porém, para a utilização do *L. vannamei* como uma espécie de cultivo na aquaponia em bioflocos, torna-se necessário o uso de plantas que suportem ambientes com água salgada.. Plantas halófitas possuem mecanismos que permitem a tolerância a altas salinidades, possibilitando o cultivo com o uso de efluente salino (Flowers e Colmer, 2008; Webb *et al.*, 2013)..

A *Sarcoconia ambigua* é uma espécie de planta halófito natural de regiões de marismas da América do Sul, presente desde a costa leste da Venezuela até o Uruguai (Alonso & Crespo, 2008). Possui um alto valor nutritivo, sendo rica em vitaminas, minerais e compostos antioxidantes (Bertin *et al.*, 2014). Desse modo, esta espécie demonstra um alto potencial de cultivo para alimentação humana, podendo ser cultivada com utilizando o efluente da carcinicultura (Ventura *et al.*, 2011; Ventura e Sagi, 2013).

Para um desempenho adequado do sistema aquapônico, deve-se levar em consideração diversos fatores, dentre eles a quantidade de ração ofertada, o número de plantas utilizadas e a sua capacidade de absorção de nutrientes no sistema (Buzby e Lin, 2014; Hu *et al.*, 2015). Rakocy (2006) recomenda o uso de 60-100 g de ração para cada m<sup>2</sup> de plantas no dimensionamento de um sistema aquapônico. Porém, esses valores podem variar de acordo com as espécies utilizadas e o tipo de modelo de sistema empregado. Em um cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e alface (*Lactuca Sativa*), 56 g.m<sup>2</sup> de ração é suficientes para o desenvolvimento adequado dos peixes e do alface (Al-Hafedh *et al.*, 2008). Esta relação é diferente no cultivo de catfish (*Clarias gariepinus*) em conjunto com o espinafre d'água (*Ipomea aquática*), tendo um valor de 15-42g de ração.m<sup>2</sup>(Endut *et al.*, 2010).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes relações de ração.m<sup>2</sup> de planta através da utilização de diferentes áreas de bancada hidropônica, na qualidade de água e no desempenho do camarão *L. vannamei* e da halófito *S. ambigua* cultivados em sistema aquapônico com bioflocos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Camarões Marinhos (27°34'55.13''S e 48°26'30.17'' W, Datum WGS84) do Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina no período de maio a agosto de 2015.



## 2.1 Material Biológico

Os camarões da espécie *Litopenaeus vannamei* foram obtidos da linhagem Speedline, adquiridos da empresa de larvicultura Aquatec LTDA (Canguaretama, Rio Grande do Norte, Brasil) e cultivados em tanques de 50 m<sup>3</sup> em sistema BFT até atingirem o peso necessário para o experimento.

As plantas da espécie *Sarcocornia ambigua* foram advindas de um cultivo aquapônico anterior de 73 dias (Silva, 2016), sendo realizada a poda total para o início do experimento. No procedimento de poda foi retirada toda a porção herbácea da planta, deixando apenas parte do caule lignificado com comprimento de aproximadamente 10 centímetros.

## 2.2 Unidades experimentais e funcionamento do sistema

Foram utilizadas seis unidades experimentais compostas por um tanque de cultivo de camarões circular de polietileno com 800 L de volume útil, aquecimento, aeração constante (aerotube) e substratos artificiais; um decantador e uma bancada hidropônica NFT - *Nutrient film Technique* para cultivo das plantas. (Figura 1)

Os tanques foram abastecidos com água de cultivo em bioflocos proveniente do tanque matriz de 50 m<sup>3</sup>, com concentração de sólidos suspensos totais (SST) de 352 mg.L<sup>-1</sup>, nitrogênio amoniacal total (NAT) de 0,2 mg.L<sup>-1</sup>, nitrito (NO<sub>2</sub>) de 0,1 mg.L<sup>-1</sup>, nitrato (NO<sub>3</sub>) de 54,6 mg.L<sup>-1</sup> e salinidade de 34 ppt. Cada tanque foi estocado com 200 camarões com peso médio de 1,39±0,06 g, correspondente a 250 camarões m<sup>-3</sup>.

Na parte superior dos tanques de cultivo de camarões foi construída uma bancada hidropônica NFT - *Nutrient film Technique*, com calhas onde as raízes das plantas permaneceram parcialmente submersas num filme de água (Lennard e Leonard, 2006).

As calhas foram compostas por tubos de PVC de 75 mm de diâmetro e 1,1 m de comprimento dispostos lado a lado, pintadas com tinta alumínio refletiva para evitar superaquecimento da água (Rodrigues, 2002) e colocadas em suportes de madeira com 4% declividade e 0,5 m acima dos tanques. Em cada calha foram feitos oito orifícios com 12 cm de distância (Izeppi, 2011; Pinheiro *et al.*, 2017), onde foram colocados suportes feitos de cano PVC com 50 mm de diâmetro e tela de nylon para acomodação das mudas de *S. ambigua*, com a adição de perlita como substrato para as raízes (Ventura *et al.*, 2011).

Para distribuição da água nas calhas, foi utilizado um tubo PVC com 60 mm de diâmetro localizado perpendicularmente às calhas, com

orifícios de 20 mm conectados à um adaptador roscável de ½” para 20 mm ligado a um tudo de mesmo diâmetro.

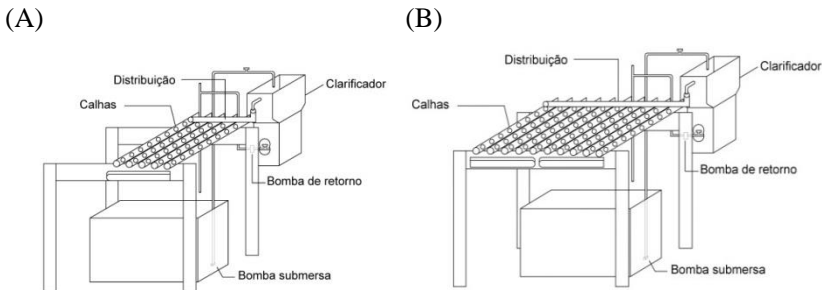
O funcionamento do sistema aquapônico foi feito através do bombeamento da água do tanque de cultivo dos camarões para um decantador cilindro-cônico com 40 L de volume, utilizado para proteger as raízes das plantas do excesso de sólidos suspensos da água de cultivo dos camarões.

A água foi bombeada numa vazão de  $3 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  com auxílio de uma bomba submersa (Sarlo Better modelo SB650, São Caetano do Sul, SP, Brasil) e após passar pelo decantador, descia por gravidade para os canais de distribuição da bancada hidropônica até voltarem para o tanque de cultivo.

A cada intervalo de uma hora, o lodo acumulado/retido no decantador era bombeado por 1 minuto de volta para o tanque de cultivo de camarões por meio de uma eletrobomba (Emicol, Itu, SP, Brasil) com vazão de  $15 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Durante este procedimento as calhas permaneciam sem irrigação por cerca de aproximadamente 5 minutos, até o decantador atingir o nível suficiente para abastecer novamente as calhas.

### 2.3 Delineamento e manejo experimental

Foram utilizadas seis unidades experimentais em dois tratamentos, um utilizando 40 plantas em  $0,4 \text{ m}^2$  de bancada hidropônica, perfazendo uma relação de média de  $100 \text{ g}\cdot\text{ração}\cdot\text{m}^{-2}$  planta e outro utilizando 80 plantas em  $0,8 \text{ m}^2$  de bancada hidropônica perfazendo uma relação de  $50 \text{ g}\cdot\text{ração}\cdot\text{m}^{-2}$  planta.



**Figura 1.** Esquematização das unidades experimentais com diferentes áreas de bancada hidropônica. (A)  $100 \text{ g}\cdot\text{ração}\cdot\text{m}^{-2}$  de planta; (B)  $50 \text{ g}\cdot\text{ração}\cdot\text{m}^{-2}$  de planta

Os camarões foram alimentados quatro vezes ao dia (8:30, 11:30, 14:30, 17:30) com ração de 35% de proteína bruta (Guabi Potimar, Campinas, SP, Brasil). A quantidade de ração ofertada era calculada semanalmente com base no ganho de peso, sobrevivência e conversão alimentar esperada (Ray *et al.*, 2010). Quando necessário, foi adicionado hidróxido de cálcio para manter os níveis da alcalinidade acima de 120 mg.L<sup>-1</sup> (Schweitzer *et al.*, 2013). Durante o cultivo não foi efetuada renovação de água nos tanques de camarões, sendo adicionada água doce semanalmente devido à evaporação.

#### 2.4 Parâmetros de qualidade de água

O oxigênio e a temperatura foram verificados no início da manhã e no fim da tarde (08:00 e 17:00) (Medidor de oxigênio dissolvido YSI, modelo Pro20) durante todo período experimental. As análises de pH (Medidor de pH YSI, modelo pH100), sólidos suspensos totais (APHA 2005- 2540 D), alcalinidade (APHA, 2005- 2320), nitrogênio amoniacal total e nitrito (Strickland e Parson, 1972) foram analisados duas vezes por semana. Nitrato (HACH®, método 8039 de redução do nitrato com cádmio) e ortofosfato (Strickland e Parson, 1972) foram monitorados semanalmente.

#### 2.5 Desempenho Zootécnico

Os índices zootécnicos analisados foram:

- Peso médio final (g) = biomassa (g) .número final de animais<sup>-1</sup>;
- Ganho de peso semanal (gramas por semana) = {(peso médio final (g) – peso médio inicial (g)) .dias de cultivo<sup>-1</sup> \* 7};
- Biomassa final (g.m<sup>-3</sup>) = biomassa despescada (g) . volume do tanque (m<sup>-3</sup>);
- Sobrevivência (%) = (número final de camarões .número inicial de camarões<sup>-1</sup>) \*100; e
- Fator de conversão alimentar = ração consumida (g) .ganho de biomassa (g<sup>-1</sup>).

#### 2.6 Desempenho Fitotécnico

O desempenho das plantas foi avaliado de acordo com a biomassa final (kg) da planta inteira com raiz, biomassa final dos brotos (kg), peso médio individual final (g) e produtividade (kg.m<sup>-2</sup>)

## 2.7 Análises Estatísticas

Depois de verificada a homocedasticidade e normalidade dos dados através do teste de Levene e Shapiro-Wilk, os dados de qualidade de água foram submetidos à análise de variância ANOVA com medidas repetidas, enquanto os dados relacionados ao desempenho zootécnico e fitotécnicos foram submetidos a ANOVA unifatorial. Uma vez detectada diferenças estatísticas, o teste de separação de médias de Tukey ( $P < 0,05$ ), foi aplicado. Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software STATISTICA versão 10.0.

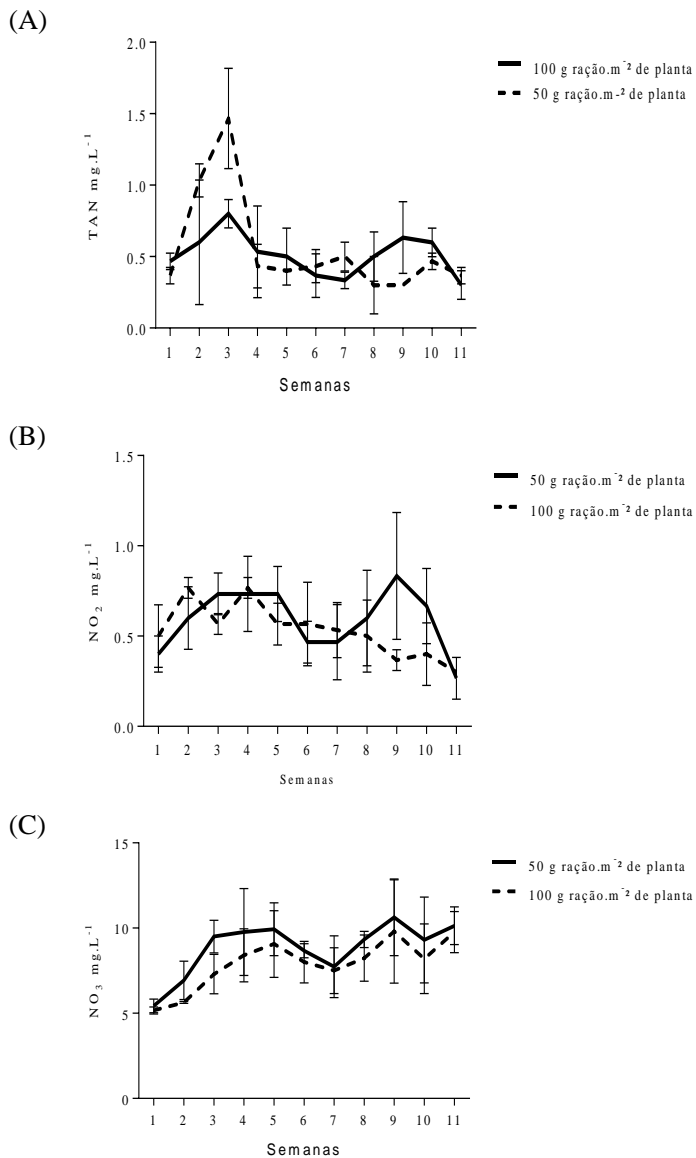
## 3. RESULTADOS

Ao longo do cultivo, foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos apenas para os compostos nitrogenados amônia e nitrito, em duas semanas específicas, terceira e nona respectivamente (Figura 2). A amônia total apresentou diferença significativa entre os tratamentos na terceira semana, onde o tratamento com média de 100 g ração.m<sup>-2</sup> de planta foi maior que tratamento com 50 g ração.m<sup>-2</sup> de planta. O nitrito foi maior no tratamento com 50g ração.m<sup>-2</sup> de planta apenas na nona semana (Tabela 1).

**Tabela 1.** Variáveis de qualidade de água em cultivo aquapônico de *S. ambigua* e *L. vannamei* com diferentes áreas de bancada hidropônica.

Parâmetros	Tratamento		ANOVA		
	100 g ração.m <sup>-2</sup> de planta	50g ração.m <sup>-2</sup> de planta	T	S	TXS
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	5,8±0,7	6,0±0,6	-	-	-
Temperatura (°C)	28,8±0,9	28,2±1,0	-	-	-
pH	8,0±0,1	8,0±0,1	ns	*	ns
Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> )	132±13,3	143±19,3	ns	*	ns
Salinidade (g.L <sup>-1</sup> )	37±3,1	37 ± 3,8	ns	*	ns
Sólidos suspensos totais (mg.L <sup>-1</sup> )	331±77,5	333±61,9	ns	*	ns
Amônia total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,52±0,28	0,56±0,44	ns	*	*
Nitrito (mg N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> .L <sup>-1</sup> )	0,59±0,25	0,53±0,21	ns	*	*
Nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .L <sup>-1</sup> )	8,85±2,00	7,9±1,94	ns	*	ns
Ortofosfato (mg P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> .L <sup>-1</sup> )	3,39±0,98	3,56±0,92	ns	*	ns

Valores de média ± desvio padrão. ANOVA Repetida no tempo: T (tratamento), S (semanas). TxS (TxS interação), \*Diferença significativa ( $p < 0,05$ ); ns: não significativo.



**Figura 2** (A) Nitrogênio amoniacal total (TAN), (B) nitrito e (C) nitrato nos tanques de *L. vannamei* em cultivo aquapônico com bioflocos durante 83 dias numa densidade de 250 camarões.m<sup>-3</sup>

Não foram encontradas diferenças significativas para os tratamentos em nenhum dos parâmetros zootécnicos dos camaões cultivados (Tabela 2).

**Tabela 2.** Variáveis zootécnicas em cultivo aquapônico de *S. ambigua* e *L. vannamei* com diferentes áreas de bancada hidropônica.

Parâmetro	Tratamento	
	100 g ração.m <sup>2</sup> de planta	50g ração.m <sup>2</sup> de planta
Biomassa final (g)	2262,667±228,27	2253,667±96,25
Peso final (g)	13,34±0,64	12,94±0,21
Ganho de peso semanal (g)	1,01±0,05	0,97±0,01
FCA	1,70±0,15	1,70±0,08
Sobrevivência (%)	84,67±4,5	87,17±0,57

Valores de média ± desvio padrão.FCA = Fator de conversão alimentar

As plantas cultivadas com a proporção de 100 g ração.m<sup>2</sup> de planta obtiveram menor biomassa final. Porém, não foram observadas diferenças significativas em termos de produtividade (kg m<sup>-2</sup>) e sobrevivência das plantas (Tabela 3).

**Tabela 3.** Desempenho produtivo da halófito *S. ambigua* cultivadas em aquaponia com bioflocos durante 83 dias.

Parâmetros	Tratamento		ANOVA
	100 g ração.m <sup>2</sup> de planta	50g ração.m <sup>2</sup> de planta	
Biomassa final (kg)	0,49±0,05	0,79±0,15	*
Produtividade final inteira (kg.m <sup>-2</sup> )	1,14±0,13	0,9±0,19	ns
Produtividade final porção herbácea (kg.m <sup>-2</sup> )	0,76±0,12	0,65±0,14	ns
Sobrevivência (%)	67,5±6,6	70,41±6,2	ns

Valores de média ± desvio padrão.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1 *Qualidade de água*

Os valores obtidos para qualidade de água em todo o período experimental estiveram dentro das condições ideais para o cultivo do camarão marinho *L. vannamei* (Ray *et al.*, 2011).

O processo de nitrificação foi observado na maior parte do cultivo, com valores baixos de nitrito e amônia (Fig. 2). Porém, diferentemente do que acontece com cultivos em bioflocos quando o processo de nitrificação está estabilizado, os valores de nitrato encontrados neste estudo foram baixos (Furtado, 2015). Este fato pode estar relacionado à integração do sistema tradicional de cultivo em bioflocos à aquaponia, onde as plantas fazem uso do nitrato em excesso, como pode ser observado em diversos trabalhos (Buzby e Lin, 2014; Hu *et al.*, 2015). Entretanto, devido ao fato de não ter sido encontrada diferença significativa entre os tratamentos para esta variável, o efeito das plantas não ficou evidenciado. pode não ter sido a causa para os valores baixos de nitrato. Outra possível razão para baixos valores de nitrato pode estar atribuída ao uso contínuo dos decantadores e subsequente bombeamento dos sólidos para as unidades experimentais sem remoção dos sólidos retidos durante o cultivo, valores assim já foram observados em outros trabalhos (Pinheiro *et al.*, 2017). O uso desse equipamento de forma constante pode ter ocasionado o desenvolvimento de bactérias anaeróbias, favorecendo o processo de desnitrificação no lodo acumulado, possibilitando menor acúmulo de nitrato no sistema (Ray *et al.*, 2010).

Mesmo sem remoção de sólidos durante o período experimental, estes não atingiram níveis críticos para o sistema. Schveitzer *et al.* (2013) observaram que o volume de sólidos acima de 500 Mg.L<sup>-1</sup> pode ocasionar danos aos animais. Todavia, um valor muito baixo de sólidos totais no sistema de bioflocos influencia diretamente na atuação das bactérias nitrificantes. De acordo com estes autores, deve-se manter um nível acima de 200 mg.L<sup>-1</sup> para que o processo de nitrificação não seja prejudicado. A forma de manejo contínuo do decantador e do reaproveitamento dos sólidos pode ter sido o motivo para a estabilidade observada no volume de sólidos, fator este também verificado por Pinheiro *et al.*, 2017.

Quanto à absorção do ortofosfato, esta é influenciada diretamente pela concentração presente no ambiente (Buhmann *et al.*, 2015), ou seja, quanto mais concentrado o ambiente, maior será a absorção pelas plantas. No presente estudo, a concentração de ortofosfato não foi limitante no crescimento da *S. ambigua*, pois uma concentração mínima de 0,03 mg.L<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> é suficiente para o desenvolvimento de espécies halófitas (Buhmann *et al.*, 2015).

#### 4.2 Desempenho produtivo camarão e halófitas

A produtividade do camarão obtida ao final do período experimental foi semelhante a observada em outros estudos realizados em sistema bioflocos (Ray *et al.*, 2010; Jatobá *et al.*, 2014; Krummenauer *et al.*, 2014; Xu e Pan, 2014).

Em termos de produtividade da planta, o presente trabalho obteve valores inferiores ao encontrado por Pinheiro *et al.*, 2017, onde foi obtida uma produtividade de 8,2 kg.m<sup>-2</sup>. O fato de o período experimental ter ocorrido no outono-inverno, onde o fotoperíodo é reduzido, e também a realização de poda completa da porção herbácea das plantas, podem ter sido fatores determinantes da baixa produtividade. Valores de produtividade para esta halófitas semelhantes aos observados no presente estudo, também foram observados por (Silva, 2016) durante o outono.

Outro fator determinante para a baixa produtividade foi a sobrevivência reduzida após a poda. Porém, mesmo com valores inferiores, foi possível identificar uma vantagem na utilização da poda, pois foram observados valores de produtividade semelhantes aos obtido em outros cultivos (Silva, 2016; Ventura, 2011). Ventura *et al.* (2011) avaliaram regimes de poda para a espécie *Sarcocornia fruticosa* e não foi possível identificar qualquer efeito deste processo sobre a produção desta espécie.

A biomassa final foi influenciada diretamente pela área de bancada hidropônica, podendo ser observado que com uma maior área, e utilizando a mesma quantidade de ração de uma área menor, foi possível obter uma produção aproximadamente 38% maior que a de uma área menor. Isso pode auxiliar no dimensionamento futuro da aquaponia de *S. ambigua* e *L. vannamei* em bioflocos.

Outros trabalhos já haviam avaliado essa relação de diferentes formas. Al-Hafedh *et al.* (2008) avaliaram este parâmetro na produção do alface (*Lactuca sativa*) em aquaponia com tilápia (*Oreochromis niloticus*) em sistema de floating, conseguindo obter um relação ótima de 56 g ração.m<sup>-2</sup> planta. Endut *et al.* (2010) conseguiram observar que para o espinafre d'água (*Ipomea aquatica*) em conjunto com o bagre africano (*Clarias gariepinus*) a relação foi de 15 a 42g ração.m<sup>-2</sup> planta. No caso da *S. ambigua* e o *L. vannamei* em sistema de bioflocos, a melhor relação encontrada foi de de 50g ração.m<sup>-2</sup> planta no tratamento utilizando 0,8 m<sup>2</sup> de bancada hidropônica.



O sistema proposto neste estudo foi do tipo NFT – *Nutrient Film Technique*, que possibilita uma redução da porporção de ração.m<sup>2</sup> de planta em 75% (Rakocy, 2006). Sendo assim, é provável que o sistema proposto possa ser aprimorado para o melhor aproveitamento dos nutrientes e obtenção de melhores ganhos produtivos.

## 5. CONCLUSÃO

Neste estudo foi possível observar que utilizando uma menor proporção de ração.m<sup>2</sup> de planta foi possível manter a produtividade da *Sarcocornia ambigua*. Porém, ao contrário do esperado, o aumento do número de plantas não interferiu na qualidade de água do cultivo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, M. Á.; CRESPO, M. B. Taxonomic and Nomenclatural Notes on South American Taxa of *Sarcocornia* (Chenopodiaceae). **Annales Botanici Fennici**, v. 45, n. 4, p. 241–254, 2008.
- AOAC. Official methods of analysis (18th ed.) Gaithersburg, MD: **Association of Official Analytical Chemists**, 2005.
- APHA (American Public Health Association). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed. Washington, DC, USA. **American Public Health Association**, 2012.
- AL-HAFEDH, Y. S.; ALAM, A.; BELTAGI, M. S. Food Production and Water Conservation in a Recirculating Aquaponic System in Saudi Arabia at Different Ratios of Fish Feed to Plants. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 39, n. 4, p. 510-520, 2008. ISSN 1749-7345. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00181.x> >.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, n. 3–4, p. 227-235, 6/15/1999. ISSN 0044-8486. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004484869900085X> >.
- BERTIN, R. L. et al. Nutrient composition and identification/quantification of major phenolic compounds in *Sarcocornia ambigua* (Amaranthaceae) using HPLC–ESI-MS/MS. **Food Research International**, v. 55, p. 404-411, 1// 2014. ISSN 0963-9969. Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996913006455> >.

BUHMANN, A. K. et al. Optimization of culturing conditions and selection of species for the use of halophytes as biofilter for nutrient-rich saline water. **Agricultural Water Management**, v. 149, p. 102-114, 2// 2015. ISSN 0378-3774. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377414003527>>.

BURFORD, M. A. et al. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture**, v. 219, n. 1-4, p. 393-411, 4/2/ 2003. ISSN 0044-8486. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848602005756>>.

BUZBY, K. M.; LIN, L.-S. Scaling aquaponic systems: Balancing plant uptake with fish output. **Aquacultural Engineering**, v. 63, p. 39-44, 12// 2014. ISSN 0144-8609. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860914000910>>.

DE SCHRYVER, P. et al. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**, v. 277, n. 3-4, p. 125-137, 6/3/ 2008. ISSN 0044-8486. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848608000896>>.

ENDUT, A. et al. A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 5, p. 1511-1517, 3// 2010. ISSN 0960-8524. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852409012462>>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO (2016). THE STATE OF WORLD FISHERIES AND AQUACULTURE. Disponível em: <<http://www.fao.org>>.

FLOWERS, T. J.; COLMER, T. D. Salinity tolerance in halophytes\*. **New Phytologist**, v. 179, n. 4, p. 945-963, 2008. ISSN 1469-8137.

Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x> >.

FURTADO, P. et al. Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). **Aquaculture International**, v. 23, n. 1, p. 315-327, 2015/02/01 2015. ISSN 0967-6120. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-014-9817-z> >.

HU, Z. et al. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. **Bioresource Technology**, v. 188, p. 92-98, 7// 2015. ISSN 0960-8524. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852415000243> >.

HUSSAIN, T. et al. Effect of water flow rates on growth of *Cyprinus carpio* var. *koi* (*Cyprinus carpio* L., 1758) and spinach plant in aquaponic system. **Aquaculture International**, v. 23, n. 1, p. 369-384, 2015/02/01 2015. ISSN 0967-6120. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-014-9821-3> >.

JATOBÁ, A. et al. Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive and biofloc systems. **Aquaculture**, v. 432, n. 0, p. 365-371, 8/20/ 2014. ISSN 0044-8486. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848614002208> >.

KHATER, E.-S. G. et al. Utilization of effluent fish farms in tomato cultivation. **Ecological Engineering**, v. 83, p. 199-207, 10// 2015. ISSN 0925-8574. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857415300690> >.

KRUMMENAUER, D. et al. The Reuse of Water on the Culture of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT System. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 45, n. 1, p. 3-14, 2014. ISSN 1749-7345. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/jwas.12093> >.

LENNARD, W.; LEONARD, B. A Comparison of Three Different Hydroponic Sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic Test System. **Aquaculture**

**International**, v. 14, n. 6, p. 539-550, 2006/12/01 2006. ISSN 0967-6120. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-006-9053-2> >.

PINHEIRO, I. et al. Production of the halophyte *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in an aquaponic system with biofloc technology. **Ecological Engineering**, v. 100, p. 261-267, 3// 2017. ISSN 0925-8574. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857416307388> >.

RAKOCY, James E.; MASSER, Michael P.; LOSORDO, Thomas M.. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture. **Southern Regional Aquaculture Center: SRAC**, Stoneville, Mississippi, v. 454, p.1-16, nov. 2006.

RAY, A. J.; DILLON, K. S.; LOTZ, J. M. Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. **Aquacultural Engineering**, v. 45, n. 3, p. 127-136, 11// 2011. ISSN 0144-8609. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860911000641> >.

RAY, A. J. et al. 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, 2// 2010. ISSN 0044-8486. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S00448486090009375> >.

SCHNEIDER, O. et al. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. **Aquacultural Engineering**, v. 32, n. 3–4, p. 379-401, 4// 2005. ISSN 0144-8609. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860904000779> >.

SCHVEITZER, R. 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, 9// 2013. ISSN 0144-8609. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860913000423>>.

SILVA, Hortência Ventura da. **Efeito do estresse hídrico na produção de compostos bioativos de *Sarcocornia ambigua* em sistema aquapônico com *Litopenaeus vannamei***. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. (1972). A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Board Can. Bull., Ottawa, v. 167, 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. ISSN 1389-1723. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389172304002889>>.

VENTURA, Y.; SAGI, M. Halophyte crop cultivation: The case for *Salicornia* and *Sarcocornia*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 144-153, 8// 2013. ISSN 0098-8472. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847212001736>>.

VENTURA, Y. et al. Effect of seawater concentration on the productivity and nutritional value of annual *Salicornia* and perennial *Sarcocornia* halophytes as leafy vegetable crops. **Scientia Horticulturae**, v. 128, n. 3, p. 189-196, 4/11/ 2011. ISSN 0304-4238. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423811000537>>.

WEBB, J. M. et al. The effect of halophyte planting density on the efficiency of constructed wetlands for the treatment of wastewater from marine aquaculture. **Ecological Engineering**, v. 61, Part A, p. 145-153, 12// 2013. ISSN 0925-8574. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857413004047>>.

XU, W.-J.; PAN, L.-Q. Evaluation of dietary protein level on selected parameters of immune and antioxidant systems, and growth performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* reared in zero-water exchange biofloc-based culture tanks. **Aquaculture**, v. 426–427, p. 181-188, 4/20/ 2014. ISSN 0044-8486. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848614000544> >.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO

ALONSO, M. Á.; CRESPO, M. B. Taxonomic and Nomenclatural Notes on South American Taxa of *Sarcocornia* (Chenopodiaceae). **Annales Botanici Fennici**, v. 45, n. 4, p. 241–254, 2008.

AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, n. 3–4, p. 227-235, 6/15/ 1999. ISSN 0044-8486. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004484869900085X> >.

BERTIN, R. L. et al. Nutrient composition and, identification/quantification of major phenolic compounds in *Sarcocornia ambigua* (Amaranthaceae) using HPLC–ESI-MS/MS. **Food Research International**, v. 55, p. 404-411, 1// 2014. ISSN 0963-9969. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996913006455> >.

BROWN, J. J. et al. Halophytes for the treatment of saline aquaculture effluent. **Aquaculture**, v. 175, n. 3–4, p. 255-268, 5/15/ 1999. ISSN 0044-8486. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848699000848> >.

CALHEIROS, C. S. C. et al. Use of constructed wetland systems with *Arundo* and *Sarcocornia* for polishing high salinity tannery wastewater. **Journal of Environmental Management**, v. 95, n. 1, p. 66-71, 3// 2012. ISSN 0301-4797. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479711003562> >.

CRAB, R. et al. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, v. 270, n. 1–4, p. 1-14, 9/28/ 2007. ISSN 0044-8486. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848607004176> >.

D'OCA, M. G. M. et al. Fatty acids composition in seeds of the South American glasswort *Sarcocornia ambigua*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, p. 865-870, 2012. ISSN 0001-3765. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-37652012000300028&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-37652012000300028&nrm=iso) >.

DE SCHRYVER, P. et al. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**, v. 277, n. 3–4, p. 125-137, 6/3/ 2008. ISSN 0044-8486. Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848608000896> >.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems.

**Aquaculture**, v. 257, n. 1–4, p. 346-358, 6/30/ 2006. ISSN 0044-8486.

Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004484860600216X> >.

EKASARI, J. et al. The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals.

**Aquaculture**, v. 426–427, p. 105-111, 4/20/ 2014. ISSN 0044-8486.

Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848614000386> >.

EMERENCIANO, M. et al. Biofloc technology in intensive broodstock farming of the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum*: spawning performance, biochemical composition and fatty acid profile of eggs.

**Aquaculture Research**, v. 45, n. 10, p. 1713-1726, 2014. ISSN 1365-2109. Disponível em: <

<http://dx.doi.org/10.1111/are.12117> >.

FLOWERS, T. J.; COLMER, T. D. Salinity tolerance in halophytes\*.

**New Phytologist**, v. 179, n. 4, p. 945-963, 2008. ISSN 1469-8137.

Disponível em: <

<http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x> >.

HU, Z. et al. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics.

**Bioresource Technology**, v. 188, p. 92-98, 7// 2015. ISSN 0960-8524.

Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852415000243> >.

JATOBA, A. et al. Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive and biofloc systems. **Aquaculture**, v. 432, n. 0, p. 365-371, 8/20/ 2014. ISSN 0044-8486. Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848614002208> >.

KHATER, E.-S. G. et al. Utilization of effluent fish farms in tomato cultivation.

**Ecological Engineering**, v. 83, p. 199-207, 10// 2015. ISSN



0925-8574. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857415300690> >.

KRUMMENAUER, D. et al. The Reuse of Water on the Culture of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT System. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 45, n. 1, p. 3-14, 2014. ISSN 1749-7345. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/jwas.12093> >.

LENNARD, W.; LEONARD, B. A comparison of reciprocating flow versus constant flow in an integrated, gravel bed, aquaponic test system. **Aquaculture International**, v. 12, n. 6, p. 539-553, 2005/01/01 2005. ISSN 0967-6120. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-005-8528-x> >.

\_\_\_\_\_. A Comparison of Three Different Hydroponic Sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic Test System. **Aquaculture International**, v. 14, n. 6, p. 539-550, 2006/12/01 2006. ISSN 0967-6120. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-006-9053-2> >.

MARISCAL-LAGARDA, M. M. et al. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: Management and production. **Aquaculture**, v. 366-367, p. 76-84, 11/5/ 2012. ISSN 0044-8486. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848612005376> >.

NUWANSI, K. K. T. et al. Effect of water flow rate on polyculture of koi carp (*Cyprinus carpio* var. koi) and goldfish (*Carassius auratus*) with water spinach (*Ipomoea aquatica*) in recirculating aquaponic system. **Aquaculture International**, p. 1-9, 2015/07/25 2015. ISSN 0967-6120. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-015-9932-5> >.

PINHEIRO, I. et al. Production of the halophyte *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in an aquaponic system with biofloc technology. **Ecological Engineering**, v. 100, p. 261-267, 3// 2017. ISSN 0925-8574. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857416307388> >.

RAY, A. J.; DILLON, K. S.; LOTZ, J. M. Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. **Aquacultural**

**Engineering**, v. 45, n. 3, p. 127-136, 11// 2011. ISSN 0144-8609.

Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860911000641> >.

RAY, A. J. et al. 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, 2// 2010. ISSN 0044-8486. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848609009375> >.

SAMOCHA, T. M. et al. 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, 3// 2007. ISSN 0144-8609. Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014486090600094X> >.

SCHNEIDER, O. et al. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. **Aquacultural Engineering**, v. 32, n. 3-4, p. 379-401, 4// 2005. ISSN 0144-8609. Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860904000779> >.

SCHVEITZER, R. 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, 9// 2013. ISSN 0144-8609. Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860913000423> >.

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. ISSN 1389-1723. Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389172304002889> >.

VENTURA, Y.; SAGI, M. Halophyte crop cultivation: The case for *Salicornia* and *Sarcocornia*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 144-153, 8// 2013. ISSN 0098-8472. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847212001736> >.

VENTURA, Y. et al. Effect of seawater concentration on the productivity and nutritional value of annual *Salicornia* and perennial *Sarcocornia* halophytes as leafy vegetable crops. **Scientia Horticulturae**, v. 128, bn.

3, p. 189-196, 4/11/ 2011. ISSN 0304-4238. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423811000537> >.

WALLER, U. et al. Integrated multi-trophic aquaculture in a zero-exchange recirculation aquaculture system for marine fish and hydroponic halophyte production. **Aquaculture International**, v. 23, n. 6, p. 1473-1489, 2015/12/01 2015. ISSN 0967-6120. Disponível em: <  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10499-015-9898-3> >.

WEBB, J. M. et al. Halophyte filter beds for treatment of saline wastewater from aquaculture. **Water Research**, v. 46, n. 16, p. 5102-5114, 10/15/ 2012. ISSN 0043-1354. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135412004484> >.

XU, W.-J.; PAN, L.-Q. Evaluation of dietary protein level on selected parameters of immune and antioxidant systems, and growth performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* reared in zero-water exchange biofloc-based culture tanks. **Aquaculture**, v. 426–427, p. 181-188, 4/20/ 2014. ISSN 0044-8486. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848614000544> >.



**ANEXO I**

*Sarcocornia ambigua* no início do experimento.



## ANEXO II

*Sarcocornia ambigua* no início do experimento por outro ângulo



## ANEXO III

*Sarcocornia ambigua* no tratamento com 0,8 m<sup>2</sup> de bancada hidropônica na fase final do experimento.



## ANEXO IV

*Sarcocornia ambigua* no tratamento com 0,4 m<sup>2</sup> de bancada hidropônica na fase final do experimento.

