

Ramon Felipe Siqueira Carneiro

Produção da halófita *Sarcocornia ambigua* em hidroponia e aquaponia com *Litopenaeus vannamei*.

Dissertação submetida como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Aquicultura pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Dr. Walter Quadros Seiffert

Coorientador: Dr. Jorge Luiz Barcelos Oliveira

Florianópolis
2019

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

Carneiro, Ramon Felipe Siqueira

Produção da halófita *Sarcocornia ambigua* em hidroponia e aquaponia com *Litopenaeus vannamei* / Ramon Felipe Siqueira Carneiro ; orientador, Walter Quadros Seiffert, coorientador, Jorge Luiz Barcelos Oliveira, 2019.

60 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Camarão marinho. 3. Cultivo integrado. 4. Solução hoagland. 5. Hidroponia. I. Seiffert, Walter Quadros. II. Oliveira, Jorge Luiz Barcelos. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. IV. Título.

Produção da halófito *Sarcocornia ambigua* em hidroponia e aquaponia com *Litopenaeus vannamei*

Por

RAMON FELIPE SIQUEIRA CARNEIRO

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

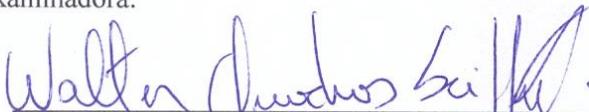
MESTRE EM AQUICULTURA

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



Profa. Leila Hayashi, Dra.
Coordenadora do PPG em Aquicultura

Banca Examinadora:



Dr. Walter Quadros Seiffert – *Orientador*



Dr. Cláudio Rudolfo Tureck - UNIVILLE



Dr. Frank Belettini - UFSC

Dedico esse trabalho aos meus Pais
Eloir e Sidnéia, por todas as
oportunidades a mim concedidas e por
todo carinho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por todas as oportunidades dadas a mim na área acadêmica, me proporcionando chegar onde estou e por sempre estar presente em minha vida. Agradeço minha família, principalmente meus Pais Eloir e Sidnéia, meu Irmão Rebert, e minhas Sobrinhas as quais chamo carinhosamente de princesas, Lavínia e Valentina por todo apoio que sempre me deram e conselhos para que eu pudesse me tornar o que me tornei hoje.

A todos os professores que me ajudaram muito durante minha caminhada do mestrado e de modo especial meu orientador Prof^o. Dr. Walter Quadros Seiffert e ao coorientador Prof^o. Dr. Jorge Luiz Barcelos Oliveira que além de me orientarem são grandes amigos. Ao Prof^o. Dr. Felipe do Nascimento Vieira pelo apoio sempre dado no LCM nas vezes que necessitei e Prof^a. Dr^a. Leila Hayashi, a qual criei um grande carinho e que por diversas vezes me aconselhou.

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida, a UFSC e também ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura (PPG-AQI) pelo apoio concedido.

Ao grupo de aquaponia ao qual tive a honra de participar, e de modo especial agradeço a Isabela, Matheus, Ângela, Leonardo, Paulo, Lucas, Frank, que além de proporcionarem momentos inesquecíveis e de grande alegria, os considero realmente uma família, bem como, aos amigos Esmeralda e Moisés por momentos de cumplicidade e ensinamentos.

Não posso deixar de agradecer ao grupo LCM e a todos de maneira geral que de alguma forma sempre melhoram nossos dias. Com certeza devo citar o nome do pessoal que trabalha no LCM: Davi, Ilsinho, Dimas, Deia, o Teia, Motorzinho, Claudinha, Carlos, que nunca poupam esforços para ajudar sempre que necessário e sempre deixam nossos momentos mais divertidos.

Ao Laboratório de Química de Alimentos (LAB-CAL) especialmente ao Luciano e a Prof^a Dr^a. Roseane Fett pela realização e ajuda nas análises.

Aos amigos do CA da aquicultura e do curso: Thallis, Mathias, Rebeka, Caroline, Elaine, Laila, Rafaela, Tayna, Michele, que sempre me proporcionaram muitas alegrias quando estávamos juntos.

A minha amiga Mariana Martello pela longa amizade desde a época da faculdade a qual fizemos juntos e desde então passamos muitas coisas, ficando feliz em saber que posso sempre contar com ela.

“O impossível não é um fato: é uma opinião.”
(Mario Sergio Cortella)

RESUMO

A integração da aquicultura com a hidroponia através da aquaponia é uma realidade atual. Resultados dos cultivos aquapônicos de *Sarcocornia ambigua* e *Litopenaeus vannamei* vem demonstrando que além da produção competitiva de plantas e camarões, é possível obter níveis de compostos antioxidantes nesta espécie de halófito semelhantes aos obtidos em ambiente natural. Contudo, para melhorar a produtividade deste vegetal e verificar a variação de compostos antioxidantes produzidos, torna-se necessário estudar seu cultivo em soluções padrões utilizadas na hidroponia convencional, como a solução Hoagland, utilizada desde a década de 50 para diversas espécies, inclusive para halófitas. Para isso, neste estudo foram avaliados 3 tratamentos com 4 repetições cada, sendo: aquaponia com *Litopenaeus vannamei* em bioflocos, hidroponia com solução Hoagland modificada e hidroponia com solução Hoagland modificada em concentração de 50% da solução original. Na aquaponia, os camarões cresceram normalmente e os resultados de qualidade de água foram considerados bons para o cultivo da espécie. Os resultados de hidroponia demonstraram que é possível cultivar a *S. ambigua*, notando-se diferenças entre os tratamentos e obteve os melhores crescimentos da planta em comparação com aquaponia. Ficou evidente que os nutrientes disponibilizados pela solução aquapônica podem ser utilizados para a produção de *S. ambigua*, obtendo-se resultados de produtividade e compostos antioxidantes semelhantes aos encontrados na solução comercial de Hoagland.

Palavras-chave: Aquicultura, Camarão marinho, Cultivo integrado, Solução hoagland, Hidroponia.

ABSTRACT

The integration of aquaculture with hydroponics through aquaponics is a reality today. Results of the aquaculture cultures of *Sarcocornia ambigua* and *Litopenaeus vannamei* have demonstrated that besides the competitive production of plants and shrimp, it is possible to obtain levels of antioxidant compounds in this species of halophyte similar to those obtained in the natural environment. However, to improve the productivity of this plant and verify the variation of antioxidant compounds produced, it is necessary to study its cultivation in standard solutions used in conventional hydroponics, such as the Hoagland solution, which has been used since the 1950's for several species, including halophytes. For this, 3 treatments with 4 replicates were evaluated, being: aquaponics with *Litopenaeus vannamei* in bioflocs, hydroponics with modified Hoagland solution and hydroponics with modified Hoagland solution in 50% concentration of the original solution. In aquaponics, the shrimp grew normally and water quality results were considered good for the cultivation of the species. The results of hydroponics showed that it is possible to cultivate *S. ambigua*, noting differences between treatments and obtaining the best plant growth in comparison to aquaponics. It was evident that the nutrients provided by the aquaponic solution can be used for the production of *S. ambigua*, obtaining results of productivity and antioxidant compounds similar to those found in the commercial solution of Hoagland.

Keywords: Aquaculture, Marine shrimp, Integrated cultivation, Hoagland solution, Hydroponics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desenho esquemático do sistema aquapônico.....	34
Figura 2 - Desenho esquemático do sistema hidropônico.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis de qualidade da água nos diferentes tratamentos de Aquaponia (Aqua), Hidroponia com metade da concentração dos nutrientes (Hidro ½) e Hidroponia (Hidro).....	37
Tabela 2 - Desempenho zootécnico de <i>L. vannamei</i> cultivado em sistema aquapônico com bioflocos em densidade de 388 camarões m ³ durante 56 dias	38
Tabela 3 - Índices fitotécnicos da planta <i>S. ambigua</i> nos diferentes tratamentos	38
Tabela 4 - Resultados da atividade antioxidante e compostos fenólicos da planta <i>S. ambigua</i> cultivada nos tratamentos de aquaponia, hidroponia ½ e hidroponia	39
Tabela 5 - Dados da composição de macro nutrientes na água nos diferentes tratamentos	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BFT – Biofloc technology system.

Kg m^{-2} – Quilo por metro quadrado.

N-NO_3 – Nitrato.

P – Fósforo.

K – Potássio.

Ca – Cálcio.

Na – Sódio.

Mg – Magnésio.

S – Enxofre.

B – Boro.

Cu – Cobre.

Fe – Ferro.

Mn – Manganês.

Mo – Molibdênio.

Zn – Zinco.

Mmol L^{-1} - Milimol por litro.

NaCl – Cloreto de sódio.

NH_4^+ - Amônia.

NO_3^- - Nitrato.

PVC – Policloreto de vinila.

3 L min^{-1} – Litros por minuto.

m^2 - Metro quadrado.

mg L^{-1} – Miligrama por litro.

m^3 - Metro cúbico.

W m^{-2} – Watt por metro quadrado.

$\mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ - Micromol de fótons por metro quadrado por segundo.

pH – Potencial hidrogeniônico.

NTK – Nitrogênio total Kjeldahl.

DPPH - Abreviatura comum para o composto químico orgânico 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo.

$\mu\text{mol TEAC } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$ – μmol (micromol) Trolox capacidade antioxidante equivalente 100 g^{-1} de matéria fresca.

$\text{mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$ de MF – mg (miligrama) de equivalentes a ácido gálico por 100 g de matéria fresca.

$^{\circ}\text{C}$ – Graus celsius.

g L^{-1} – Grama por litro.

mS – Mili siemens.

NAT – Nitrogênio amoniacal total.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 OBJETIVOS	25
1.1.1 Objetivo geral	25
1.1.2 Objetivos específicos	25
CAPÍTULO 1	27
1 INTRODUÇÃO	29
2 MATERIAL E MÉTODOS	31
2.1 Material biológico	31
2.1.1 Camarões	31
2.1.2 Plantas	31
2.2 Sistema de hidroponia, aquaponia e manejo	32
2.3 Parâmetros de qualidade de água.....	35
2.4 Análise de macro nutrientes da água de hidroponia e aquaponia.....	35
2.5 Análise da atividade antioxidante (AA) e compostos fenólicos da <i>Sarcocornia ambigua</i>	35
2.6 Índices Zootécnicos e Fitotécnicos	35
2.7 Análise Estatística	36
3 RESULTADOS	37
3.1 Variáveis da qualidade de água.....	37
3.2 Desempenho zootécnico e fitotécnico.....	38
3.3 Atividade antioxidante e compostos fenólicos de <i>S. ambigua</i>	38
3.4 Composição de macro nutrientes da água na hidroponia e aquaponia.....	39
4 DISCUSSÃO	40
4.1 Qualidade de água.....	40
4.2 Índices zootécnicos e fitotécnicos	41
4.3 Atividade antioxidante e compostos fenólicos das plantas.....	42
4.4 Macro nutrientes da água de hidroponia e aquaponia	43
5 CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS	45
REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO	53
ANEXO	57

1 INTRODUÇÃO

No total, embora a produção global pesqueira (53%) ainda seja maior do que a produção aquícola (47%), a aquicultura continua contribuindo mais do que a pesca para o fornecimento de alimentos para consumo humano, 52% aquicultura contra 48% pescas, em 2016. A estimativa é que para 2030 a aquicultura contribua com 60% do pescado para consumo humano e sua produção supere a pesca (54%), segundo o relatório (FAO, 2018).

Considerando o rápido crescimento populacional, tornam-se necessárias novas formas de produção de alimentos que visem desenvolver o maior número de recursos de forma sustentável, pautado nos três pilares básicos da sustentabilidade: econômico, ambiental e social (NAYLOR et al., 2000). Sistemas intensivos de produção como, por exemplo, o sistema de bioflocos (BFT – Biofloc technology system) que vem sendo desenvolvido através de pesquisas nos últimos anos.

Esse sistema consiste na utilização de altas relações de carbono: nitrogênio na água, acima de 10:1, assim promovendo o desenvolvimento de bactérias que irão auxiliar na remoção de amônia 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 melação, açúcar, dextrose, dentre outros (SAMOCHA et al., 2007).

Os bioflocos são compostos por uma mistura heterogênea de micro-organismos, sendo um agregado de algas, fezes, bactérias e matéria orgânica (DE SCHRIVER 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).

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.

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, existindo várias formas de fazê-lo 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 et al., 2004). Os sistemas de aquaponia surgiram na comunidade de pesquisas em aquicultura em meados dos anos de 1970 (SNEED et al., 1975; NAEGEL, 1977; LEWIS et al., 1978).

A aquaponia visa aproveitar os metabólitos excretados pelos organismos criados que se transformam em nutrientes para as plantas através do ciclo do nitrogênio, retirando-os do sistema. Desta forma, mantém-se uma boa qualidade da água que, por conseguinte, promove o crescimento dos animais em cultivo, diversificando a produção e tornando-a mais sustentável (RAKOCY 2012; EMERENCIANO et al., 2015).

Em cultivos hidropônicos, a absorção de nutrientes está diretamente relacionada com a biodisponibilidade destes na solução nutritiva. Os produtores mantêm controle constante dos parâmetros e da concentração de minerais disponíveis para garantir melhor desenvolvimento das plantas e maior economia no cultivo (SONNEVELD e VOOGT, 2009).

Em sistemas aquapônicos a solução nutritiva é a própria água de cultivo aquícola, fertilizada pela ração e pelos metabólitos dos organismos a serem criados (LOVE et al. 2015).

Poucos estudos focam em dimensionar, tecnificar e controlar a disponibilidade de nutrientes para as plantas; conseqüentemente, a produção vegetal em sistemas aquapônicos tem maior incidência de deficiências nutricionais (MAGALLÓN-BARAJAS et al., 2014)

Uma preocupação atual na aquicultura mundial é o aproveitamento dos nutrientes oriundos da carcinicultura. Além de um efluente salino, não se conhece sua composição nutritiva seja adequada a produção de vegetais. O estudo de MARISCAL-LAGARDA, et al (2012) demonstrou que é possível o cultivo integrado com tomate utilizando-se o efluente do cultivo *Litopenaeus vannamei* em baixa salinidade.

Outra alternativa para cultivos de plantas em efluentes salinos seria a utilização de plantas halófitas. Essas plantas possuem mecanismos capazes de suportar altas salinidades (FLOWERS E COLMER, 2008).

Algumas espécies de plantas halófitas vêm ganhando atenção no mercado de plantas nutraceuticas, principalmente as do gênero *Salicornia* e *Sarcocornia*. A sua alta procura no mercado se deve a sua capacidade em sintetizar compostos antioxidantes e fenólicos

importantes para a saúde humana (LEE et al., 2007; PARK et al., 2006; LEE et al., 2005; CHA et al., 2004; MIN et al., 2002).

As salicórnias são habitantes naturais de locais salinizados do litoral, como manguezais, banhados salinos e margem de salinas, possuindo representantes em todos os continentes (PEREIRA, 2012).

Em cultivos integrados, a *Sarcocornia ambigua* demonstrou um grande potencial quando consorciada com o camarão *Litopenaeus vannamei* em bioflocos, onde foi possível obter uma produção 8,2 kg m² (PINHEIRO et al 2017). 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).

Pelos estudos citados a produção aquapônica de camarões brancos e salicórnias em sistema de bioflocos se demonstra promissora. Contudo não sabemos ainda se as soluções nutritivas obtidas no cultivo em bioflocos podem ser complementadas para uma melhor produtividade desta halófita e seus compostos oxidantes, quando comparadas a soluções hidropônicas amplamente utilizadas na hidroponia mundial.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver o cultivo hidropônico e aquapônico de *Sarcocornia ambigua* e *Litopenaeus vannamei* com enfoque nos aspectos nutricionais necessários ao desenvolvimento da planta.

1.1.2 Objetivos específicos

Analisar os resultados de qualidade de água dos sistemas de aquaponia e hidroponia.

Avaliar o desempenho fitotécnico das plantas e o zootécnico dos camarões.

Caracterizar a composição de macro nutrientes da água no cultivo aquapônico e hidropônico.

Analisar a atividade antioxidante e compostos fenólicos produzidos pelas plantas cultivadas nos sistemas de hidroponia e aquaponia.

CAPÍTULO 1

PRODUÇÃO DA HALÓFITA *Sarcocornia ambigua* EM HIDROPONIA E AQUAPONIA COM *Litopenaeus vannamei*.

Ramon Felipe Siqueira Carneiro; Isabela Pinheiro; Luciano Gonzaga; Roseane Fett, Jorge Luiz Barcelos Oliveira, Lucas Mendes, Walter Quadros Seiffert.

O artigo foi formatado conforme as normas da revista Aquaculture. Classificação Qualis CAPES A2, com fator de impacto de 2,59.

RESUMO

A integração da aquicultura com a hidroponia através da aquaponia é uma realidade atual. Resultados dos cultivos aquapônicos de *Sarcocornia ambigua* e *Litopenaeus vannamei* vem demonstrando que é possível essa produção. Contudo, para melhorar a produtividade deste vegetal e verificar a variação de compostos antioxidantes produzidos, torna-se necessário estudar seu cultivo em soluções padrões utilizadas na hidroponia convencional, como a solução Hoagland, utilizada desde a década de 50 para diversas espécies, inclusive para halófitas. Neste estudo foram avaliados 3 tratamentos com 4 repetições cada, T1: aquaponia com *Litopenaeus vannamei* em bioflocos, T2: hidroponia com solução Hoagland modificada e T3: hidroponia com solução Hoagland modificada em concentração de 50% da solução original. Na aquaponia, os camarões cresceram normalmente e os resultados de qualidade de água foram considerados bons para o cultivo da espécie. Os resultados de hidroponia demonstraram que é possível cultivar a *S. ambigua*, notando-se diferenças entre os tratamentos e foram os melhores resultados. Ficou evidente que os nutrientes disponibilizados pela solução aquapônica podem ser utilizados para a produção de *S. ambigua*, obtendo-se resultados de produtividade e compostos antioxidantes semelhantes aos encontrados na solução hidropônica de Hoagland.

Palavras-chave: sal verde, camarão marinho, bioflocos, cultivo integrado, solução hoagland, hidroponia.

ABSTRACT

The integration of aquaculture with hydroponics through aquaponics is a reality today. Results of the aquaculture crops of *Sarcocornia ambigua* and *Litopenaeus vannamei* have been showing that this production is possible. However, to improve the productivity of this plant and verify the variation of antioxidant compounds produced, it is necessary to study its cultivation in standard solutions used in conventional hydroponics, such as the Hoagland solution, which has been used since the 1950's for several species, including halophytes. In this study, 3 treatments with 4 replicates were used: T1: aquaponics with *L. vannamei* in bioflocs, T2: hydroponics with modified Hoagland solution and T3: hydroponics with modified Hoagland solution in 50% concentration of the original solution. In aquaponics, the shrimp grew normally and water quality results were considered good for the cultivation of the species. The results of hydroponics showed that it is possible to cultivate *S. ambigua*, noting differences between treatments and were the best results. It was evident that the nutrients provided by the aquaponic solution can be used for the production of *S. ambigua*, obtaining results of productivity and antioxidant compounds similar to those found in the hydroponic solution of Hoagland.

Keywords: green salt, marine shrimp, biofloc, IMTA, hoagland solution, hydroponics.

1 INTRODUÇÃO

Assim como todo sistema produtivo, os impactos ambientais causados pela aquicultura têm gerado preocupações, principalmente no que tange ao lançamento dos efluentes nos corpos de água (Tovar et al., 2000). Devido à baixa taxa de assimilação por parte dos organismos cultivados, estes efluentes são ricos em nitrogênio e fósforo. No caso da carcinicultura, apenas 20% do nitrogênio e 10% do fósforo utilizado através das dietas, é assimilado pelos animais cultivados (Tacon et al., 2002, Avnimelech, 1999, Hu et al, 2015).

Dentre os novos sistemas de cultivo, como alternativas para o uso mais eficiente dos efluentes gerados pela carcinicultura, encontramos a tecnologia de cultivo em bioflocos - BFT (Schweitzer, 2012). Os bioflocos gerados neste sistema também podem servir de alimento aos camarões cultivados pois, além de fornecerem proteína, apresentam quantidades significativa de aminoácidos, ácidos graxo, macro (cálcio, fósforo, potássio e magnésio) e micronutrientes (cobre, ferro, manganês e zinco) (Moss et al, 2006). Desta forma, este sistema se destaca por ser eficiente na reciclagem dos nutrientes residuais do sistema (Mcintosh et al, 2001).

Outra tecnologia de cultivo que vem sendo desenvolvida para minimizar os resíduos gerados pela aquicultura é o sistema aquapônico (Mariscal-Lagarda et al., 2012). Na aquaponia, o método de produção de alimentos se dá por meio da combinação da aquicultura com hidroponia em um sistema que recircula a água e os nutrientes (Goodman, 2011).

Os resíduos provenientes da aquicultura são transformados em soluções nutritivas que podem atender as exigências nutricionais das plantas, que por sua vez funcionam como um filtro, absorvendo os nutrientes do cultivo de organismos aquáticos e melhorando a qualidade da água. Essa integração vem sendo difundida com o objetivo de absorver nitrogênio e fósforo e tem comprovado uma redução significativa dos nutrientes em excesso produzidos pelo cultivo (Rakocy, 2012).

As soluções nutritivas geradas pela aquaponia podem ser comparadas as conhecidas como soluções padrão utilizadas na hidroponia convencional. Steiner (1984), contribuiu para o desenvolvimento de uma solução nutritiva universal que tem sido utilizada desde então para a produção de hortaliças. Esta solução atende os requerimentos nutricionais de uma ampla variedade de vegetais folhosos, flores e frutos.

Muitas das soluções nutritivas que são utilizadas na hidroponia tem por referência a solução criada por Hoagland e Arnon (1950), com suas modificações a depender de melhor atender as necessidades da planta que está sendo cultivada. A solução Hoagland original tem composição expressa em mg L⁻¹: N-NO₃ (210), P(31), K (234), Ca (160), Mg (48), S (64), B (0,5), Cu (0,02), Fe (1,0), Mn (0,5), Mo (0,01) e Zn (0,05).

Segundo Cometti et al., (2006) esta solução permanece sendo uma das mais utilizadas, pelo fato de atender às necessidades dos cultivares.

Magallón-Barajas et al (2014), compararam a solução aquapônica proveniente de cultivo de tilápias com hortaliças e concluiu que, no sistema de recirculação da água (RAS) é possível acumular concentrações de nitrogênio similares à obtida em solução hidropônica, porém apresentando deficiências em nutrientes como fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre.

Para utilizar os nutrientes gerados nos cultivos aquícolas marinhos em sistema aquapônico é necessário o uso de halófitas que são plantas que toleram e realizam o seu ciclo de vida em elevadas concentrações salinas (100 – 500 mmol L⁻¹ de NaCl), (Flowers e Colmer, 2008).

Dentre as espécies halófitas que podem ser utilizadas na aquaponia marinha, encontramos a *Sarcocornia ambigua*. Esta planta pode ser consumida *in natura* como salada e é considerada alimento funcional pois apresenta compostos bioativos com propriedades terapêuticas importantes na saúde humana, ressaltando os compostos fenólicos e suas potenciais propriedades antioxidantes, as quais podem resultar em diferentes atividades biológicas como: atividade anti-inflamatória, antineoplásica e antitrombótica (Lee et al., 2007; Park et al., 2006; Lee et al., 2005; Park et al., 2004; Min et al., 2002).

Segundo Bertin et al (2014), o gênero *Salicornia* foi introduzido no mercado gastronômico europeu como vegetal fresco, semelhante ao aspargo verde, e seu destaque é devido ao seu alto valor nutricional, outro motivo seria o seu uso alternativo ao sal de cozinha.

Muñoz e Niell (2009) fizeram um teste com a *Sarcocornia perennis*, utilizando a solução Hoagland modificada, para compreender melhor os nutrientes que a planta absorve, e descobriram que a planta incorpora bem o fosfato, nitrato e amônia, sendo o fosfato o melhor aproveitado, em relação aos compostos nitrogenados, a amônia é mais assimilada.

As formas de absorção de nitrogênio pela planta já foram descritas na literatura. O grupo do gênero *Salicornia* e *Sarcocornia* tem preferência facultativa para NH₄⁺ ou NO₃⁻ (Quintã et al., 2015). Porém, em altas salinidades a absorção de amônia se torna mais favorável para seu crescimento (Kudo e Fujiyama, 2010; Quintã et al., 2015).

O primeiro relato do cultivo da aquicultura marinha em sistema de bioflocos de *S. ambigua* e *Litopenaeus vannamei* foi relatado por Pinheiro et al (2017). Além de resultados exitosos de produção da planta e dos camarões, a autora observou que não houve diferença na atividade de antioxidantes e compostos fenólicos nas plantas cultivadas quando comparadas às observadas no ambiente natural.

Ainda neste estudo foi possível obter uma taxa de recuperação de nitrogênio pelo sistema aquapônico na ordem de 39,3%. Também foi observado que em condição de salinidade oceânica, a presença do nitrato, é o principal composto nitrogenado aproveitado pela planta.

Pelos estudos citados a produção aquapônica de *L. vannamei* e *S. ambigua* em sistema de bioflocos se demonstra promissora. Contudo existe uma lacuna no conhecimento se as soluções nutritivas obtidas no cultivo em bioflocos podem produzir os mesmos resultados de produtividade desta halófita e seus níveis de compostos oxidantes, quando comparadas a soluções nutritivas comerciais amplamente utilizada na hidroponia mundial.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material biológico

2.1.1 Camarões

O experimento ocorreu no Laboratório de Camarões Marinhos (LCM) que pertence a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) região Sul do Brasil. As pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* foram adquiridas de uma linhagem livre de patógenos (Speed-line SPF) do laboratório comercial Aquatec (Canguaretama, RN, Brasil) e cultivados no LCM em um tanque berçário de 50 m³ em sistema intensivo com bioflocos até atingirem o peso necessário para o início do experimento.

2.1.2 Plantas

As plantas matrizes existentes em banco próprio do laboratório, foram usadas para produção de mudas, sob a forma de propagação vegetativa por estaquia, para utilização no experimento.

A produção de mudas consiste em cortar estacas na parte lenhosa da planta em aproximadamente 10 cm, próximo a gema da mesma, retirar as folhas e plantá-las em bandejas de células separadas em substrato

com a proporção de 1:1:1 de terra preta adubada (húmus), perlita e areia fina segundo Pinheiro et al. (2017). Após aproximadamente 45 dias estão prontas para serem transferidas ao experimento.

2.2 Sistema de hidroponia, aquaponia e manejo.

Tanques circulares de polietileno de 1000 L contendo aerador, aquecedor e termostato, o volume útil utilizado foi de 800 L de água em sistema BFT para a aquaponia e 400 L de solução nutritiva Hoagland modificada para a hidroponia, foram usados como unidade experimental.

Sobre os tanques foram dispostas 4 calhas de PVC (1,10 m e 75 mm de diâmetro) contendo aberturas de 50 mm de diâmetro para a acomodação das mudas onde as raízes das mesmas permaneceram em contato com a água de recirculação. As calhas foram pintadas com tinta esmalte sintética cor prata para evitar aquecimento da água e as plantas estavam equidistantes 12 cm entre si. Utilizou-se 28 mudas por unidade experimental, equivalendo a uma densidade de 70 plantas m⁻².

A água recirculava entre o tanque e as plantas nas calhas através de uma bomba submersa com vazão de 3 L min⁻¹ (Sarlo Better, modelo SB650, São Caetano do Sul, SP, Brasil), passando anteriormente por sedimentador cilindro-cônico com capacidade para 100 L. O sobrenadante passava através de uma saída de água do mesmo até a entrada das calhas através de uma mangueira de 1 polegada, que conectada a um cano de PVC de 50mm que estava perpendicular as calhas. Através de mangueiras de PVC de 3/8” a água passava pelas calhas irrigando as plantas e retornava para o tanque por gravidade. Pelo fato de existir o sedimentador, para manutenção da concentração de sólidos adequadas ao cultivo de camarões em bioflocos, a cada trinta minutos uma eletrobomba (Emicol, Itu, SP, Brasil) ligava automaticamente retornando o efluente do sedimentador por 40 segundos para o tanque. Este sistema estava interligado a parte inferior do sedimentador. Desta forma, as calhas não eram irrigadas por alguns instantes até que o nível de água voltasse ao normal (Figura 1).

O sistema de hidroponia não havia camarões, somente uma solução nutritiva que recirculava entre o tanque e as calhas que estavam sobre o mesmo. A solução era bombeada por uma bomba submersa com vazão de 3 L min⁻¹ (Sarlo Better, modelo SB650, São Caetano do Sul, SP, Brasil) direto a um cano de PVC de 50 mm em posição perpendicular que se conectava diretamente com as calhas, por onde passava a solução e retornava ao tanque através da gravidade (Figura 2).

Foram comparados os dois sistemas com 3 tratamentos e 4 repetições cada, onde T1 foi o sistema aquapônico (Aqua). O sistema hidropônico consistiu nos tratamentos: T2 - Solução Hoagland (1950) (Hidro) e T3 - Solução Hoagland (1950) com a metade da concentração de nutrientes (Hidro ½). Para os sistemas hidropônicos foi realizado a análise da água marinha para que a adubação no sistema fosse efetuada de forma a complementar os nutrientes existentes. Renovou-se a solução nutritiva totalmente após 4 semanas de experimento.

No sistema aquapônico, a água utilizada foi de um cultivo em bioflocos em fase quimiotrófica (sólidos suspensos totais: 336 mg L^{-1} , nitrogênio amoniacal: $0,3 \text{ mg L}^{-1}$, nitrito: $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, nitrato: $6,3 \text{ mg L}^{-1}$).

Durante o experimento não houve a necessidade de aplicar nenhuma fonte de carbono, pois a nitrificação já estava estabelecida. Os tanques foram povoados com 300 camarões com média de $1,2 \pm 0,05$ gramas, equivalendo a densidade de $388 \text{ camarões m}^{-3}$. Os camarões eram alimentados com ração comercial de 35% de proteína bruta (Guabi Potimar, Campinas, SP, Brasil) quatro vezes ao dia (8h30, 11h30, 14h30 e 17h30). Hidróxido de cálcio era aplicado quando a alcalinidade estava abaixo de 120 mg L^{-1} . O experimento foi conduzido por 8 semanas.

As unidades experimentais foram dispostas dentro de uma estufa agrícola com 243 m^2 de forma aleatória.

A radiação média durante o experimento foi de $212,31 \pm 85,39 \text{ W m}^{-2}$, equivalendo a $968,64 \pm 388,45 \text{ } \mu\text{mol f} \text{ótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (EPAGRI, 2019).

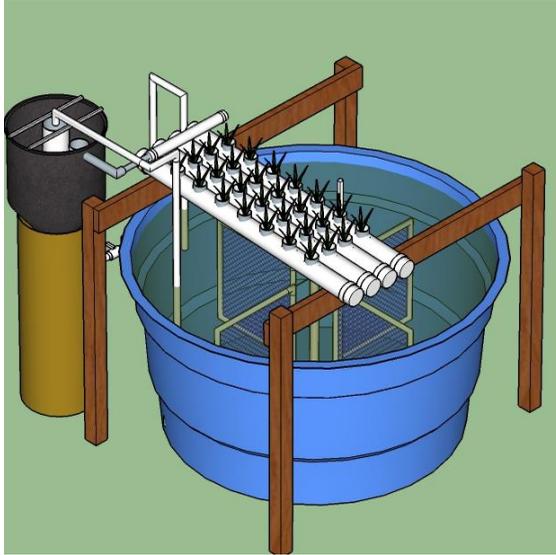


Figura 1 – Desenho esquemático do sistema aquapônico.
Adaptado de Pinheiro et al (2017) por Vitor Fernandes Silva.

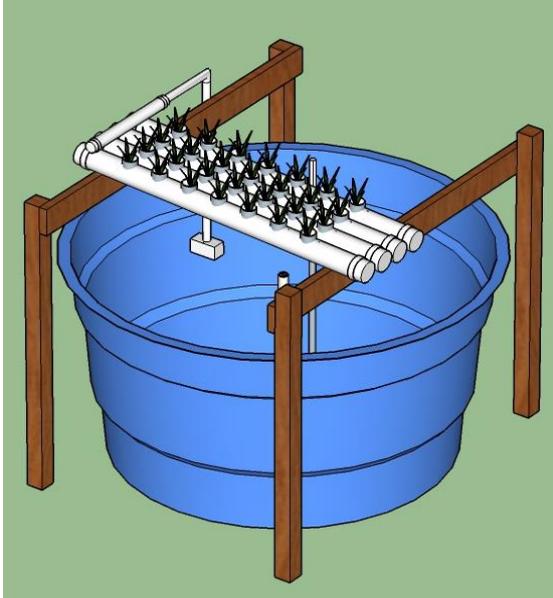


Figura 2 – Desenho esquemático do sistema hidropônico.
Adaptado de Pinheiro et al (2017) por Vitor Fernandes Silva.

2.3 Parâmetros de Qualidade de Água

Foram monitorados diariamente oxigênio dissolvido e temperatura (oxímetro YSI modelo Pro20).

Dois vezes por semana eram analisados pH, alcalinidade, nitrogênio amoniacal total (Grasshoff et al. 1983), nitrito, nitrato (HACH método 8039 Cadmium Reduction), ortofosfato (Aminot e Chaussepied 1983), salinidade e condutividade (salinômetro digital YSI modelo EC300A) em todas as unidades experimentais. Além disso, no sistema aquapônico foram quantificados os sólidos suspensos totais (APHA 2005-2540 D), fixos e voláteis (APHA 2005-2540 E).

2.4 Análise de macro nutrientes da água em hidroponia e aquaponia

Para essa análise foi utilizada a Eletroforese Capilar, esta análise capta os cátions da solução que é preparada, e é determinada em mg L⁻¹.

Este ensaio foi realizado conforme metodologia de Rizelio et al (2012).

2.5 Análise da atividade antioxidante (AA) e compostos fenólicos da *Sarcocornia ambigua*

A atividade antioxidante contra DPPH foi determinada de acordo com o método de Brand-Willians et al. (1995) e expressa como μmol Trolox de capacidade antioxidante equivalente 100 g⁻¹ de matéria fresca ($\mu\text{mol TEAC } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$) (Bertin et al., 2014).

O conteúdo de compostos fenólicos totais foi determinado de acordo com a metodologia de Folin-Ciocalteu (Singleton e Rossi, 1965) e os valores expresso em mg de equivalentes a ácido gálico por 100 g de matéria fresca (mg EAG 100 g⁻¹ de MF).

2.6 Índices Zootécnicos e Fitotécnicos

Para avaliar o desempenho zootécnico dos camarões foram utilizados os seguintes critérios: peso médio final (g), ganho de peso semanal (g semana⁻¹), biomassa final (g m⁻³), sobrevivência (%), fator de conversão alimentar (FCA) e ganho de biomassa (g).

Peso médio final (g) = biomassa (g) / número final de animais.

Ganho de peso semanal (g semana⁻¹) = {(peso médio final (g) – peso médio inicial (g)) / dias de cultivo * 7}.

Biomassa final (g m^{-3}) = biomassa despescada (g) / volume do tanque (m^3).

Sobrevivência (%) = (número final de camarões / número inicial de camarões) *100.

Fator de conversão alimentar (FCA) = ração consumida (kg) / biomassa produzida (kg).

Ganho de biomassa (g) = biomassa final – biomassa inicial.

Para avaliar o desenvolvimento das plantas foram considerados o peso médio final (g), biomassa final (g m^{-2}), sobrevivência (%), ganho de biomassa (g) e produtividade (kg m^{-2}).

2.7 Análise Estatística

As variáveis de qualidade de água, produção de planta e análises de composição dos tratamentos foram avaliadas através da ANOVA unifatorial com medidas repetidas. O teste de Tukey foi aplicado para separação das médias quando houver diferenças significativas. Homocedasticidade e normalidade foram testadas através dos testes Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente. Todos os testes estatísticos foram avaliados com nível de significância $P < 0,05$ através do software STATISTICA versão 8.0.

3 RESULTADOS

3.1 Variáveis da qualidade de água

Os resultados das variáveis da qualidade de água se encontram na Tabela 1. A temperatura ($26,3 \pm 1,9$ °C), oxigênio ($6,2 \pm 0,3$ mg L⁻¹), salinidade ($34,1 \pm 1,4$ g L⁻¹), condutividade ($52,0 \pm 1,9$ mS), pH ($7,2 \pm 0,9$), NAT ($31,7 \pm 29,1$ mg L⁻¹), nitrito ($3,1 \pm 4,4$ mg L⁻¹), nitrato ($30,5 \pm 28,0$ mg L⁻¹) e ortofosfato ($22,3 \pm 18,3$ mg L⁻¹) tiveram essas variações entre os tratamentos.

Valores de NAT, nitrato e ortofosfato apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Alcalinidade ($162,0 \pm 19,5$ mg L⁻¹) e SST ($245,0 \pm 7,4$ mg L⁻¹) foram medidos somente para o tratamento de aquaponia, onde havia o cultivo de camarões em bioflocos.

Tabela 1. Variáveis de qualidade da água nos diferentes tratamentos de Aquaponia (Aqua), Hidroponia com metade da concentração dos nutrientes (Hidro ½) e Hidroponia (Hidro).

Parâmetro	Tratamento		
	Aqua	Hidro ½	Hidro
Temperatura (°C)	$28,6 \pm 0,3^a$	$24,9 \pm 0,9^a$	$25,3 \pm 1,0^a$
OD (mg L ⁻¹)	$5,9 \pm 0,1^a$	$6,3 \pm 0,2^a$	$6,3 \pm 0,2^a$
Salinidade (g L ⁻¹)	$33,1 \pm 1,6^a$	$34,6 \pm 1,0^a$	$34,7 \pm 1,0^a$
Condutividade (mS)	$50,7 \pm 2,1^a$	$52,5 \pm 1,4^a$	$52,7 \pm 1,4^a$
pH	$8,1 \pm 0,1^a$	$6,8 \pm 0,9^b$	$6,8 \pm 0,8^b$
Alcalinidade (mg L ⁻¹)	$162,0 \pm 19,5$		
SST (mg L ⁻¹)	$245,0 \pm 7,4$		
NAT (mg L ⁻¹)	$0,5 \pm 0,1^a$	$28,7 \pm 12^b$	$65,9 \pm 15,2^b$
Nitrito (mg L ⁻¹)	$0,7 \pm 1,0^a$	$5,7 \pm 5,3^a$	$4,0 \pm 3,3^a$
Nitrato (mg L ⁻¹)	$5,9 \pm 1,4^a$	$36,5 \pm 23^b$	$49,0 \pm 29,2^b$
Ortofosfato (mg L ⁻¹)	$3,3 \pm 1,3^a$	$23,2 \pm 7,3^b$	$40,4 \pm 16,1^b$

Dados médios \pm desvio padrão. Diferenças significativas (a, b).

3.2 Desempenho zootécnico e fitotécnico.

Os dados que resultaram a produção de camarão estão expostos na Tabela 2.

A produção média de plantas ao final do experimento foi de $1,8 \pm 0,5$ kg m^{-2} para todos os tratamentos, os resultados fitotécnicos estão na tabela 3.

Tabela 2. Desempenho zootécnico de *L. vannamei* cultivado em sistema aquapônico com bioflocos em densidade de 388 camarões m^{-3} durante 56 dias.

Parâmetro	Tratamento
	Aquaponia
Peso médio final (g)	$9,4 \pm 0,6$
Ganho de peso semanal (g semana ⁻¹)	$1,0 \pm 0,07$
Biomassa final (g m^{-3})	$2711,5 \pm 168,0$
Sobrevivência (%)	$87,3 \pm 6,2$
Fator de conversão alimentar	$1,5 \pm 0,1$
Ganho de biomassa (g)	$2351,3 \pm 167,1$

Dados médios \pm desvio padrão.

Tabela 3. Índices fitotécnicos da planta *S. ambigua* nos diferentes tratamentos.

Parâmetro	Tratamento		
	Aqua	Hidro ½	Hidro
Peso médio final (g)	$14,6 \pm 2,2^a$	$23,4 \pm 2,7^b$	$23,8 \pm 6,2^b$
Biomassa final (g m^{-2})	$383,3 \pm 58,4^a$	$608,2 \pm 77,6^b$	$632,2 \pm 146,7^b$
Sobrevivência (%)	$93,8 \pm 1,8^a$	$92,9 \pm 2,9^a$	$95,5 \pm 3,4^a$
Ganho de biomassa (g)	$326,6 \pm 58,3^a$	$549,7 \pm 76,9^b$	$574,3 \pm 145,8^b$
Produtividade (kg m^{-2})	$1,3 \pm 0,2^a$	$2,0 \pm 0,3^b$	$2,1 \pm 0,5^b$

Dados médios \pm desvio padrão. Diferenças significativas (a, b).

3.3 Atividade antioxidante e compostos fenólicos de *S. ambigua*.

Os resultados das análises de atividade antioxidante e compostos fenólicos das plantas se encontram na Tabela 4.

A atividade antioxidante contra DPPH expressa como μ mol Trolox capacidade antioxidante equivalente 100 g^{-1} de matéria fresca (μ mol TEAC 100 g^{-1} MF), variou entre os tratamentos ($42,0 \pm 13,01$ μ mol TEAC 100 g^{-1} MF).

O conteúdo de compostos fenólicos totais com os valores expresso em mg de equivalentes a ácido gálico por 100 g de matéria fresca (mg EAG 100 g⁻¹ de MF), resultou entre os tratamentos (24,9±5,05 mg EAG 100 g⁻¹ de MF).

Tabela 4. Resultados da atividade antioxidante e compostos fenólicos da planta *S. ambigua* cultivada nos tratamentos de aquaponia, hidroponia 1/2 e hidroponia.

Índices	Tratamento		
	Aqua	Hidro ½	Hidro
Atividade antioxidante (µmol TEAC 100 g ⁻¹ MF)	31,7 ± 8,17 ^a	42,4 ± 13,96 ^b	52,0 ± 9,12 ^b
Compostos fenólicos (mg EAG 100 g ⁻¹ de MF)	24,1 ± 4,71 ^a	25,1 ± 2,42 ^a	25,6 ± 8,00 ^a

Dados médios ± desvio padrão. Diferença significativa (a, b).

3.4 Composição de macro nutrientes da água na hidroponia e aquaponia.

Os resultados da composição de macro nutrientes da água nos diferentes tratamentos do atual trabalho estão expostos na Tabela 5.

O potássio (K) teve uma variação entre os tratamentos de 222,8±84,4 mg L⁻¹, o sódio (Na) variou de 12435,0±943,9 mg L⁻¹, o cálcio (Ca) alterou-se em 523,1±38,9 mg L⁻¹, e por fim, o magnésio (Mg) variou de 946,5±74,9 mg L⁻¹. Apesar da variação não houveram diferenças significativa entre os tratamentos.

Tabela 5. Dados da composição de macro nutrientes na água nos diferentes tratamentos.

Macro nutriente	Tratamento		
	Aqua	Hidro ½	Hidro
K ⁺ (mg L ⁻¹)	206,1 ± 92,1 ^a	169,2 ± 62,5 ^a	293,0 ± 54,8 ^a
Na ⁺ (mg L ⁻¹)	11595,8 ± 491,9 ^a	12731,6 ± 1111,1 ^a	12977,5 ± 584,6 ^a
Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	509,3 ± 44,4 ^a	544,1 ± 48,2 ^a	516,1 ± 18,6 ^a
Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	901,6 ± 34,7 ^a	969,2 ± 107,9 ^a	968,8 ± 61,0 ^a

Dados médios ± desvio padrão. Não houve diferença significativa (a).

4 DISCUSSÃO

4.1 Qualidade de água

As variáveis da qualidade de água (temperatura, oxigênio, salinidade, pH, alcalinidade) mantiveram-se com valores considerados aceitáveis para o cultivo de *L. vannamei* em sistema de bioflocos (Pinheiro et al, 2017; Baloi et al, 2013; Ray et al, 2011; Ray et al, 2010). Os valores de NAT, nitrito, nitrato e ortofosfato são considerados seguros para o cultivo de *L. vannamei* (Lin et al, 2003).

Os sólidos presentes no cultivo aquapônico ficaram dentro dos valores recomendáveis para o cultivo de *L. vannamei*. Schweitzer et al (2013), também não afetando o sistema radicular da *S. ambigua*. O pH da aquaponia ficou entre $8,1 \pm 0,1$ que é próximo ao encontrado no mar, valores também reportados por Pinheiro et al (2017), Neto (2017) e Silva (2016). Nos tratamentos com hidroponia foram menores, porém aceitáveis para as plantas, que geralmente necessitam de um pH mais ácido para uma melhor absorção dos nutrientes (Barry, 1996; Adams, 1992).

NAT, nitrito, nitrato e ortofosfato permaneceram estáveis, não foram incrementados devido a sua absorção por parte das plantas (Pinheiro et al, 2017; Neto, 2017; Silva, 2016). Pantanella (2013) demonstrou que o a solução hidropônica quando comparada com o efluente da aquaponia, é bem mais concentrada em relação aos nutrientes presentes.

Há poucos trabalhos comparando hidroponia e aquaponia, alguns existentes são de água doce, em que, Pantanella et al (2012) compararam aquaponia e hidroponia em água doce com alface (*Lactuca sativa*), Nichols e Lennard (2010) fizeram o mesmo com vários cultivares de alface. Com frutas, Roosta e Afsharipoor (2012) compararam a aquaponia e hidroponia com o morango (*Fragaria sp*), e Roosta e Hamidpour (2011) fizeram com o tomate (*Solanum sp*), estes trabalhos foram realizados com tilápias (*Oreochromis niloticus*) e com carpas (*Cyprinus carpio*, *Ctenopharyngodon idella* e *Hypophthalmichthys molitrix*).

Nos estudos citados acima, os distintos autores observaram que as soluções nutritivas hidropônicas são mais concentradas em nutrientes que a aquaponia, e desta forma os cultivares tiveram um melhor resultado de crescimento, assim como pode ser observado no atual trabalho, em que a planta obteve melhores resultados de crescimento na hidroponia do que na aquaponia.

Na hidroponia a condutividade é um parâmetro considerado importante e comum de ser medida para entender como o cultivar está se comportando, bem como, se está absorvendo nutrientes (Martinez, 1997). Neste estudo este parâmetro demonstrou valores semelhantes aos observados em outros estudos comparativos entre hidroponia e aquaponia (Pantanella, 2013; Pantanella et al, 2012; Roosta e Afsharipoor, 2012; Roosta e Hamidpour, 2011; Nichols e Lennard, 2010).

4.2 Índices zootécnicos e fitotécnicos

O desempenho fitotécnico da *S. ambigua* cultivada em sistema de bioflocos neste trabalho foi superior ao de Neto (2017) com média de 1 kg m⁻² e próximo ao reportado por Silva (2016) com média de 1,5kg m⁻² e Izeppi (2011) que realizou o experimento em 150 dias com média de 2 kg m⁻², porém menor que Pinheiro et al (2017) realizado em 73 dias com 8 kg m⁻² e Ventura et al (2011) com 6 kg m⁻².

O desempenho fitotécnico demonstrado na Tabela 3, mostra que para os cultivos hidropônicos (hidro e hidro ½) a planta teve melhores resultados, corroborando com os autores que demonstraram que a solução nutritiva na hidroponia é mais concentrada que o efluente proveniente da aquaponia (Pantanella, 2013; Pantanella et al, 2012; Roosta e Afsharipoor, 2012; Roosta e Hamidpour, 2011; Nichols e Lennard, 2010).

Segundo Quintã et al (2015) a amônia e o nitrato são os compostos nitrogenados mais utilizados para o crescimento nos gêneros *Salicornia* e *Sarcocornia*, o que, desta maneira pode explicar o maior crescimento das plantas nos tratamentos de hidroponia e hidroponia ½.

A absorção do cultivar em cultivos hidropônicos, é geralmente proporcional à concentração de nutrientes contidos na solução nutritiva e é influenciada pelos fatores do ambiente, tais como: salinidade, oxigenação, temperatura, pH da solução nutritiva, intensidade de luz, fotoperíodo, temperatura e umidade do ar (Adams, 1992 e 1994). Sendo que o pH mais baixo favorece o crescimento das plantas e sua absorção em nutrientes, sendo evidente neste trabalho.

Em aquaponia, Waller et al (2015) testaram um cultivo aquapônico marinho em um sistema de recirculação multitrófico com o peixe robalo (*Dicentrarchus labrax*), com diferentes halófitas (*Tripolium pannonicum*, *Plantago coronopus* e *Salicornia dolichostachya*) e a espécie do gênero *Salicornia* obteve o melhor resultado de crescimento.

Ventura et al (2011) fizeram um trabalho com os gêneros *Salicornia* e *Sarcocornia*, e observaram o que as diferentes concentrações de água marinha (0, 25, 50, 75, 100%) influenciavam no crescimento das plantas, e também observaram que ambos gêneros crescem bem em diferentes salinidades, porém na concentração de 50% de água marinha (salinidade próxima de 16 g L^{-1}) as plantas cresceram melhor.

O cloreto de sódio (NaCl) contido na água do cultivo é um estímulo para o crescimento das halófitas dos gêneros *Salicornia* e *Sarcocornia*, Katschnig (2013) relatou em sua investigação que este estímulo pode variar de 102 a 405%. Kong e Zheng (2014) observaram esse fato com a espécie *Salicornia bigelovii* em sistema hidropônico, onde o aumento gradativo da quantidade de NaCl proporcionou um maior crescimento da planta, fator este que pode explicar o desempenho fitotécnicos observados neste trabalho.

Os índices zootécnicos dos camarões foram próximos quando comparados com Pinheiro et al (2017), Neto (2017), Silva (2016), sendo o peso médio final menor que o dos três trabalhos citados, porém com crescimento semanal próximo, bem como, valores de sobrevivência acima de 80%. Os índices zootécnicos também obtiveram resultados próximos com trabalhos que foram realizados com sistema de bioflocos (Krummenauer et al, 2014; Jatobá et al, 2014; Baloi et al, 2013).

4.3 Atividade antioxidante e compostos fenólicos das plantas

A atividade antioxidante em halófitas está ligada diretamente com os compostos fenólicos, que são considerados os principais metabólitos secundários das mesmas (Essaidi et al, 2013; Gargouri et al, 2013).

Os compostos fenólicos totais ($24,9 \pm 5,05 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$ de MF) ficaram menores aos referidos por Pinheiro et al (2017), Silva (2016) e Gargouri et al (2013).

A atividade antioxidante contra DPPH ($42,0 \pm 13,01 \text{ } \mu\text{mol TEAC } 100 \text{ g}^{-1}$ MF) estão próximos aos reportados por Pinheiro et al (2017), Silva (2016) e Bertin et al (2014).

Como mencionado, Pantanella (2013) mostra que a quantidade de nutrientes na solução nutritiva utilizada na hidroponia é maior que o efluente da aquaponia. Sendo assim, como a falta de nutrientes é um fator de estresse para a planta o excesso também, fazendo com que a planta aumentasse sua atividade antioxidante comparando a aquaponia e hidroponia.

4.4 Macro nutrientes da água de hidroponia e aquaponia

É mais comum encontrar trabalhos que comparam a hidroponia tradicional e aquaponia de água doce, com peixes (carpas, tilápias) e frutas, hortaliças e temperos (tomate, alface, manjeriçã) por exemplo (Delaide et al, 2016; Schmautz et al, 2016; Roosta, 2014; Roosta e Hamidpour, 2011).

Suhl et al (2016) observaram em seus estudos, diferentes valores de macro e micronutrientes em um sistema hidropônico tradicional com tomates (*Solanum lycopersicum*), e outro aquapônico com tomate e tilápia (*Oreochromis niloticus*). Neste estudo a solução nutritiva hidropônica também foi mais concentrada em macro nutrientes (cátions) do que o efluente da aquaponia.

Os valores obtidos de macro nutrientes corroborados por Delaide et al (2016) que também, assim como este, obtiveram maiores valores para estes parâmetros.

5 CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que a solução nutritiva aquapônica gerada pelo sistema de cultivo de *L. vannamei* é efetiva e pode ser utilizada na produção de *S. ambigua* com valores de produtividade menores, assim como a atividade antioxidantes, porém com os compostos fenólicos em quantidade semelhante aos obtidos no cultivo desta planta em sistema hidropônico com a metade da concentração de nutrientes da solução de Hoagland.

A aquaponia demonstrou que tem uma menor quantidade de nutrientes comparando com a hidroponia e produz uma quantidade menor de plantas, porém seu diferencial é que se tem dois produtos sendo cultivados em um mesmo espaço

A solução Hoagland utilizada no sistemas hidropônico e hidropônico ½ comprovou ser eficaz para o cultivo de *S. ambigua*, haja vista a biomassa produzida e maior conteúdo nutracêutico. .

Os estudos citados, juntamente com a atual pesquisa, corroboram com a observada versatilidade do gênero *Sarcocornia* em ser cultivado, tanto em hidroponia quanto aquaponia.

REFERÊNCIAS

- Adams, P., 1992. Crop nutrition in hydroponics. *Acta Hortic.* 323, 289–306. <https://doi.org/DOI: 10.17660/ActaHortic.1993.323.26>
- Adams, P., 1994. Nutrition of greenhouse vegetables in nft and hydroponic systems. *Acta Hortic.* 361, 245–257. <https://doi.org/DOI: 10.17660/ActaHortic.1994.361.23>
- Aminot, A., Chaussepied, M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans., 379 p. Paris.
- Apha., 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater., 21st ed. American Public Health Association., Washington.
- Avnimelech, Y., 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture.* 176, 227–235. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00085-X)
- Baloi, M., Arantes, R., Schweitzer, R., Magnotti, C., Vinatea, L., 2013. Aquacultural Engineering Performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* raised in biofloc systems with varying levels of light exposure. *Aquac. Eng.* 52, 39–44. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.07.003>
- Barry, C., 1996. Nutrients: The handbook to hydroponic nutrient solutions. Casper Publications, 55 p. Narrabeen. Australia.
- Bertin, R.L., Gonzaga, L.V., Borges, G. da S.C., Azevedo, Mô.S., Maltez, H.F., Heller, M., Micke, G.A., Tavares, L.B.B., Fett, R., 2014. Nutrient composition and, identification/quantification of major phenolic compounds in *Sarcocornia ambigua* (Amaranthaceae) using HPLC-ESI-MS/MS. *Food Res. Int.* 55, 404–411. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.036>
- Brand-Willians, W., Cuvelier, M.E., Berset, C., 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Leb. Technol. - LWT* 28, 25–30.
- Cometti, N.N., Furlani, P.R., Ruiz, H.A., Filho, E.I.F., 2006. Soluções Nutritivas: formulação e aplicações. *Nutr. Miner. Plantas.* 90–114.

- Delaide, B., Goddek, S., Gott, J., Soyeurt, H., Jijakli, M.H., 2016. Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Sucrine) growth performance in complemented aquaponic solution outperforms hydroponics. *Water (Switzerland)* 8, 1–11. <https://doi.org/10.3390/w8100467>
- Epagri. Centro de Informações de Recursos Naturais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. URL <http://www.ciram.epagri.sc.gov.br/agroconnect/#>. (accessed 1.10.19).
- Essaidi, I., Brahmi, Z., Snoussi, A., Ben Haj Koubaier, H., Casabianca, H., Abe, N., El Omri, A., Chaabouni, M.M., Bouzouita, N., 2013. Phytochemical investigation of Tunisian *Salicornia herbacea* L., antioxidant, antimicrobial and cytochrome P450 (CYPs) inhibitory activities of its methanol extract. *Food Control* 32, 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.11.006>
- Flowers, T.J., Colmer, T.D., 2008. Salinity tolerance in halophytes. *New Phytol.* 179, 945–963. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x>
- Gargouri, M., Magné, C., Dauvergne, X., Ksouri, R., El, A., Metges, M.G., Talarmin, H., 2013. Ecotoxicology and Environmental Safety Cytoprotective and antioxidant effects of the edible halophyte *Sarcocornia perennis* L. (swampfire) against lead-induced toxicity in renal cells. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 95, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.05.011>
- Goodman, E.R., 2011. *Aquaponics: Community and Economic Development*. Arizona State University.
- Grasshoff, K., Ehrhardt, M., Kremling, K., 1983. *Methods of Seawater Analysis.*, Second. ed. Verlag Chemie, Weinheim, German.
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I., 1950. The water-culture method for growing plants without soil. *Calif. Agric. Exp. Stn.* 347, 32.
- Hu, Z., Lee, J.W., Chandran, K., Kim, S., Brotto, A.C., Khanal, S.K., 2015. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. *Bioresour. Technol.* 188, 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.01.013>

- Izeppi, E.M., 2011. Efeitos da densidade de plantio na sobrevivência, desenvolvimento e produção de biomassa da halófito *Sarcocornia ambigua* (Michx.) Alonso & Crespo. Mestr. em aquicultura. 66 p. Universidade Federal do Rio Grande - FURG.
- Jatobá, A., Corrêa, B., Souza, J., Vieira, N., Luiz, J., Mouriño, P., Quadros, W., Massucci, T., 2014. Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive and bio floc systems. *Aquaculture* 432, 365–371. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.005>
- Katschnig, D., Broekman, R., Rozema, J., 2013. Salt tolerance in the halophyte *salicornia dolichostachya* moss: Growth, morphology and physiology. *Environ. Exp. Bot.* 92, 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.04.002>
- Kong, Y., Zheng, Y., 2014. Potential of producing *Salicornia bigelovii* hydroponically as a vegetable at moderate NaCl salinity. *HortScience* 49, 1154–1157. <https://doi.org/10.1139/b03-086>
- Krummenauer, D., Samocha, T., Poersch, L., Lara, G., Wasielesky, W., 2014. The reuse of water on the culture of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT system. *J. World Aquac. Soc.* 45, 3–14. <https://doi.org/10.1111/jwas.12093>
- Kudo, N., Fujiyama, H., 2010. Responses of Halophyte *Salicornia bigelovii* to Different Forms of Nitrogen Source. *Pedosphere* 20, 311–317. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(10\)60019-7](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(10)60019-7)
- Lee, W.M., Sung, H.J., Song, J.C., Cho, J.Y., Park, H.J., Kim, S., Rhee, M.H., 2007. Effects of Solvent-extracted Fractions from *Salicornia herbacea* on Anti-oxidative Activity and Lipopolysaccharide-induced NO Production in Murine Macrophage RAW264.7 Cells. *J. Exp. Biomed. Sci.* 13, 161–168.
- Lee, Y.S., Lee, S.H., Kim, B.K., Oguchi, K., Shin, K.H., 2005. Inhibitory effects of isorhamnetin-3-O- β -D-glucoside from *Salicornia herbacea* on rat lens aldose reductase and sorbitol accumulation in streptozotocin-induced diabetic rat tissues. *Biol. Pharm. Bull.* 28, 916–918. <https://doi.org/10.1248/bpb.28.916>
- Lin, Y.F., Jing, S.R., Lee, D.Y., 2003. The potential use of constructed

- wetlands in a recirculating aquaculture system for shrimp culture. *Environ. Pollut.* 123, 107–113. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00338-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00338-X)
- Magallón-Barajas, F.J., Hernández, R.C., Baez, A.M., Acedo, Y.E.F., 2014. Protocolos de bio-procesamiento de residuales acuícolas para su uso en horticultura hidropónica.
- Mariscal-Lagarda, M.M., Páez-Osuna, F., Esquer-Méndez, J.L., Guerrero-Monroy, I., del Vivar, A.R., Félix-Gastelum, R., 2012. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: Management and production. *Aquaculture* 366–367, 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.09.003>
- Martinez, H.E.P., 1997. Formulações de soluções nutritivas para cultivos hidropônicos comerciais. FUNEP, Jaboticabal.
- Min, J.G., Son, K.T., Kim, J.H., Kim, T.J., Park, J.H., 2002. Physiological and Functional Properties of *Salicornia herbacea* (Tungtungmadi) Leaf Extracts. *Nutraceuticals Food* 261–264. <https://doi.org/10.3746/jfn.2002.7.3.261>
- Moss, S.M., Forster, I.P., Tacon, A.G.J., 2006. Sparing effect of pond water on vitamins in shrimp diets. *Aquaculture* 258, 388–395. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.008>
- Muñoz, R., Niell, F.X., 2009. Incorporación de nitrógeno y fósforo por *Sarcocornia perennis* (Miller) A. J. Scott en concentraciones reales en el estuario del río Palmones. *Limnetica* 28, 215–224.
- Neto, J. da R.S., 2017. Cultivo de *Sarcoconia ambigua* em aquaponia com *Litopenaeus vannamei* em bioflocos com diferentes áreas de bancada hidropônica. Mestr. em aqüicultura. 47 p. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.
- Nichols, M.A., Lennard, W., 2010. Aquaponics in New Zealand. *Pract. Hydroponics Greenhouses*. 115, 46–51.
- Pantanella, E., 2013. Advances in Freshwater Aquaponic Research., in: International Aquaponics Conference: Aquaponics and Global Food Security. University of Wisconsin Stevens Point.

- Pantanella, E., Cardarelli, M., Colla, G., Lellis, S.C. De, Navicella, V., 2012. Aquaponics vs . Hydroponics : Production and Quality of Lettuce Crop 887–894. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.927.109>
- Park, J.C., Lee, C.H., Hwang, J.W., Cha, J.Y., Cho, Y.S., 2004. Hypocholesterolemic Effect of Yogurt Supplemented Grasswort (*Salicornia herbacea* L.)Extract in Cholesterol - Fed Rats. J. Life Sci. 14, 747–751.
- Park, S.H., Ko, S.K., Choi, J.G., Chung, S.H., 2006. *Salicornia herbacea* prevents high fat diet-induced hyperglycemia and hyperlipidemia in ICR mice. Arch. Pharm. Res. 29, 256–264. <https://doi.org/10.1007/BF02969402>
- Pinheiro, I., Arantes, R., do Espírito Santo, C.M., do Nascimento Vieira, F., Lapa, K.R., Gonzaga, L.V., Fett, R., Barcelos-Oliveira, J.L., Seiffert, W.Q., 2017. Production of the halophyte *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in an aquaponic system with biofloc technology. Ecol. Eng. 100, 261–267. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.12.024>
- Quintã, R., Santos, R., Thomas, D.N., Le Vay, L., 2015. Growth and nitrogen uptake by *Salicornia europaea* and *Aster tripolium* in nutrient conditions typical of aquaculture wastewater. Chemosphere 120, 414–421. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.08.017>
- Rakocy, J.E., 2012. Aquaponics-Integrating Fish and Plant Culture. Aquac. Prod. Syst. 344–386. <https://doi.org/10.1002/9781118250105.ch14>
- Ray, A.J., Dillon, K.S., Lotz, J.M., 2011. Aquacultural Engineering Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive , mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. Aquac. Eng. 45, 127–136. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2011.09.001>
- Ray, A.J., Lewis, B.L., Browdy, C.L., Lef, J.W., 2010. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange ,

- superintensive culture systems 299, 89–98.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.11.021>
- Rizelio, V.M., Gonzaga, L.V., Campelo, S., Carolina, A., Costa, O., Fett, R., 2012. Talanta Fast determination of cations in honey by capillary electrophoresis : A possible method for geographic origin discrimination 99, 450–456.
<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2012.06.009>
- Roosta, H.R., 2014. Comparison of the Vegetative Growth, Eco-Physiological Characteristics and Mineral Nutrient Content of Basil Plants in Different Irrigation Ratios of Hydroponic:Aquaponic Solutions. J. Plant Nutr. 37, 1782–1803.
<https://doi.org/10.1080/01904167.2014.890220>
- Roosta, H.R., Afsharipour, S., 2012. Effects of different cultivation media on vegetative growth, ecophysiological traits and nutrients concentration in strawberry under hydroponic and aquaponic cultivation systems. Adv. Environ. Biol. 6, 543–555.
- Roosta, H.R., Hamidpour, M., 2011. Effects of foliar application of some macro- and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. Sci. Hortic. (Amsterdam). 129, 396–402.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.006>
- Schmautz, Z., Loeu, F., Liebisch, F., Graber, A., Mathis, A., Bulc, T.G., Junge, R., 2016. Tomato productivity and quality in aquaponics: Comparison of three hydroponic methods. Water (Switzerland) 8, 1–21. <https://doi.org/10.3390/w8110533>
- Schveitzer, R., 2012. Efeito dos sólidos suspensos totais na água e dos substratos artificiais sobre o cultivo superintensivo de *Litopenaeus vannamei* com bioflocos. J. Chem. Inf. Model. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Schveitzer, R., Arantes, R., Fóes, P., Costódio, S., Espírito, C.M., Vinatea, L., Quadros, W., Roberto, E., 2013. Aquacultural Engineering Effect of different biofloc levels on microbial activity , water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. Aquac. Eng. 56, 59–70.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2013.04.006>

- Silva, H.V. da, 2016. Efeito do estresse hídrico na produção de compostos bioativos de *Sarcocornia ambigua* em sistema aquapônico com *Litopenaeus vannamei*. Mestr. em aquicultura. 59 p. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.
- Singleton, V.L., Rossi, J.A., Jr, J., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 16, 144–158.
- Steiner, A.A. The Universal Nutrient Solution. Sixth International Congress on Soilless Culture, Wageningen, 1984.
- Suhl, J., Dannehl, D., Kloas, W., Baganz, D., Jobs, S., Scheibe, G., Schmidt, U., 2016. Advanced aquaponics: Evaluation of intensive tomato production in aquaponics vs. conventional hydroponics. *Agric. Water Manag.* 178, 335–344. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.10.013>
- Tacon, A.G.J., Cody, J.J., Conquest, L.D., Divakaran, S., I.P., F., Decamp, O.E., 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquac. Nutr.* 8, 121–137. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2002.00199.x>
- Tovar, A., Moreno, C., Ma, M.P., Garcíã-vargas, M., 2000. Environmental impacts of intensive aquaculture in marine waters. *Water Res.* 34, 334–342. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(99\)00102-5](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(99)00102-5)
- Ventura, Y., Wuddineh, W.A., Ephrath, Y., Shpigel, M., Sagi, M., 2010. Molybdenum as an essential element for improving total yield in seawater-grown *Salicornia europaea* L. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 126, 395–401. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.07.015>
- Ventura, Y., Wuddineh, W.A., Shpigel, M., Samocha, T.M., Klim, B.C., Cohen, S., Shemer, Z., Santos, R., Sagi, M., 2011. Effects of day length on flowering and yield production of *Salicornia* and *Sarcocornia* species. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 130, 510–516. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.08.008>
- Waller, U., Buhmann, A.K., Ernst, A., Hanke, V., Kulakowski, A., Wecker, B., Orellana, J., Papenbrock, J., 2015. Integrated multi-

trophic aquaculture in a zero-exchange recirculation aquaculture system for marine fish and hydroponic halophyte production. *Aquac. Int.* 23, 1473–1489. <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9898-3>

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

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

CHA, J.Y. et al. Hypocholesterolemic effect of yogurt supplemented *Salicornia herbacea* extracts in cholesterol-fed rats. **Journal Life Sciences**, v. 14, p. 747-751, 2004.

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, 2008.

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

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, 2014.

EMERENCIANO, M. G. C., MELLO, G. L., PINHO, S.M., MOLINARI, D., BLUM, M. N. Aquaponia: uma alternativa de diversificação na Aquicultura. **Panorama da Aquicultura**, v. 25, n. 147, p. 24-35, 2015.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals**. [s.l.: s.n.]. v. 35

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

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.

LEE, W.M.; SUNG, H.J.; JONG, C.; CHO, J.Y.; PARK, H.J.; KIM, S.; RHEE, M.H. Effects of solvent-extracted fractions from *Salicornia herbacea* on anti-oxidative activity and lipopolysaccharide-induced NO

production in murine macrophage RAW264.7 cells. **Journal of Experimental Biomedical Sciences**, v. 13, p. 161-168, 2007.

LEE, Y.S.; LEE, S.; LEE, H.S.; KIM, B-K; OHUCHI, K.; SHIN, K.H. Inhibitory effects of isorhamnetin-3-O- β -D-glucoside from *Salicornia herbacea* on rat lens aldose reductase and sorbitol accumulation in streptozotocin-induced diabetic rat tissues. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**, v. 28, n. 5, p. 916-918, 2005.

LEWIS, W .M., YOPP, J. H., SCHRAMM, L. H., BRANDEBURG, A. M. Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. **Transactions of American Fisheries Society**. v. 107, n. 1, p. 92–99, 1978.

LOVE, D. C. et al. Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. **Aquaculture**, v. 435, p. 67–74, 2015.

MAGALLÓN-BARAJAS, F. J., CASILLAS-HERNÁNDEZ, R., MIRANDA-BÁEZ A., FIMBRES-ACEDO Y. E. **Protocolos de bio-procesamiento de residuales acuícolas para su uso en horticultura hidropónica**. CONACyT. 84 p, 2014.

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, 2012.

MIN, J.G. LEE, D. S., KIM, T. J., PARK, J. H., CHO, T. Y., PARK, D. I. Physiological and functional properties of *Salicornia herbacea* (Tungtungmadi) leaf extracts. **Nutraceutical Food**, v. 7, n. 2, p. 62-264, 2002.

NAEGEL, L. C. A. Combined production of fish and plants in recirculating water. **Aquaculture**, v. 10, n. 1, p. 17–24, 1977.

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

PARK, S.H.; KO, S.K.; CHOI, J.G.; CHUNG, S.H. *Salicornia herbacea* prevents high fat diet-induced hyperglycemia and hyperlipidemia in ICR mice. **Archives of Pharmacal Research**, v. 29, n. 3, p. 256-264, 2006.

PEREIRA, R. M. **Estudos iniciais sobre o cultivo da halófito *Sarcocornia perennis* em Santa Catarina**. 33 f. 2012. Monografia (Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

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, 2017.

RAKOCY, J. et al. Aquaponic Production of Tilapia and Basil: Comparing a Batch and Staggered Cropping System. **Acta Horticulturae**, n. 648, p. 63–69, 2004.

RAKOCY, J. E. Aquaponics-Integrating Fish and Plant Culture. **Aquaculture Production Systems**, p. 344–386, 2012.

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, 2007.

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

SNEED, K., ALLEN, K., ELLIS J. E. Fish farming and hydroponics. **Aquaculture**. Fish Farmer. p. 18-20. 1975.

SONNEVELD C., VOOGT W. Plant Nutrition of Greenhouse Crops. **Springer**, Dordrecht. 2009.

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.

ANEXO

1 – Visão geral das unidades experimentais dentro da estufa no LCM.



2 – Visão geral do tratamento aquapônico usado durante o experimento.



3 – Visão geral do tratamento hidropônico (Hidro) usado durante o experimento.



4 – Estrutura usada no tratamento hidropônico (Hidro ½) durante o experimento.

