

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
AQUICULTURA**

Lucas Gomes Mendes

**OTIMIZAÇÃO DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA NA
PRODUÇÃO DE *Sarcocornia ambigua* E *Litopenaeus
vannamei* EM SISTEMA DE AQUAPONIA COM
BIOFLOCOS**

Florianópolis
Dezembro de 2017

Lucas Gomes Mendes

**OTIMIZAÇÃO DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA NA
PRODUÇÃO DE *Sarcocornia ambigua* E *Litopenaeus
vannamei* EM SISTEMA DE AQUAPONIA COM
BIOFLOCOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Aquicultura, Departamento de Aquicultura, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Aquicultura.

Orientador: Walter Quadros Seiffert, Dr.

Florianópolis
Dezembro de 2017

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

Mendes, Lucas

OTIMIZAÇÃO DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA NA PRODUÇÃO DE *Sarcocornia ambigua* E *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA DE AQUAPONIA COM BIOFLOCOS/ Lucas Mendes

; orientador, Walter Quadros Seiffert, 2017. 49 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Engenharia de Aquicultura, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia de Aquicultura. 2. Aquaponia. 3. Viabilidade econômica. 4. Cultivo integrado. 5. Camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. I. Quadros Seiffert, Walter. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Aquicultura. III. Título.

Lucas Gomes Mendes

**OTIMIZAÇÃO DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA NA
PRODUÇÃO DE *Sarcocornia ambigua* E *Litopenaeus
vannamei* EM SISTEMA DE AQUAPONIA COM
BIOFLOCOS**

Este trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia de Aquicultura**, e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina. As assinaturas dos campos abaixo encontram-se no documento físico de posse do Departamento de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 3 de dezembro de 2017.

Prof^ª Anita Rademaker Valença, Dr^a
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Walter Quadros Seiffert
Orientador

Eng. de Aquicultura Isabela Pinheiro, M. sc.
Universidade Federal de Santa Catarina

Biol. Marinho Leonardo Castilho de Barros, M. sc.
Universidade Santa Cecília

Este trabalho é dedicado à minha família, minha sobrinha Maira e minha afilhada Maitê.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde e força para superar todas dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao amigo, professor e orientador Walter Quadros Seiffert pela orientação, amizade, incentivos e pelo convívio ao longo desses 5 anos de graduação.

Aos meus pais, pela educação, pelo incentivo, carinho e apoio incondicional.

Agradeço ao grupo Yakult/UFSC, Prof. Andreatta, Anamaria Bruggemann, André Braga, Moises Poli, Silvano Grimm, Felipe Guilherme, Márcia Reinnitz, Mauricio Koch e Vitor Fernandes Silva, onde a amizade e o aprendizado adquirido estão eternizados em meu coração.

Agradeço ao Laboratório de Camarões Marinhos, o qual considerei minha primeira casa, onde pude vivenciar experiências e adquirir conhecimento de causa que foram fundamentais para a realização deste trabalho. Obrigado Felipe do Nascimento Vieira por ceder espaço no alojamento/LCM.

Um muitíssimo obrigado aos meus colegas de laboratório Andréia, Davi, Diego, Wilson, Calos Manoel e Carlos Miranda pelo companheirismo, sugestões e amizade, em especial ao Leonardo e Isabela, que me ajudaram sempre que precisei.

Ao Ministério da Ciência e Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC) Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Pró-reitoria de Assuntos Estudantis (PRAE) pelo suporte financeiro através das bolsas de estudos que foram de extrema importância para seguir em minha caminhada.

*“Se A é o sucesso, então A é igual a X
mais Y mais Z. O trabalho é X; Y é o lazer;
e Z é manter a boca fechada. ”*

Albert Einstein

RESUMO

A aquaponia é um método de produção de alimentos que combina aquicultura e hidroponia em um mesmo sistema. A fim de avaliar a redução do consumo de energia e a viabilidade financeira frente à melhor produtividade da planta *Sarcocornia ambigua* e do camarão *Litopenaeus vannamei*, testou-se o funcionamento de um sistema aquapônico com diferentes períodos de irrigação. Durante 10 semanas foram avaliados quatro tratamentos com três réplicas, sendo: 6; 12; 18; e 24 horas de irrigação diária. Nos distintos intervalos de irrigação dos tratamentos, a água dos tanques foi bombeada para um sistema aquapônico utilizando calhas (NFT – *Nutrient Film Techonology*), irrigando as plantas e retornando ao tanque por gravidade. Foram avaliados estatisticamente os parâmetros de cultivo (desempenho zootécnico/fitotécnico e qualidade de água), e viabilidade financeira na melhor condição experimental, estimado através dos custos de produção com base na metodologia adotada pelo Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo (IEA), com os indicadores de rentabilidade, a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL) estimados através do fluxo de caixa projetado em um horizonte de 10 anos para um empreendimento hipotético. O tratamento de 6 horas de irrigação demonstrou índices zootécnicos e fitotécnicos semelhantes ao tratamento controle (24 horas), ou seja, a redução do período de irrigação não comprometeu a melhor produtividade de ambos os cultivos, sendo esse tratamento (6 horas) utilizado como base dos cálculos financeiros. Os indicadores de viabilidade econômica para produção aquapônica na melhor condição apresentada (tratamento 6h) demonstraram-se inviável financeiramente. Os resultados do desempenho zootécnico, fitotécnico e qualidade de água no cultivo foram semelhantes aos resultados reportados em literatura. Conclui-se, portanto, que é possível reduzir o tempo de irrigação, diminuindo o consumo energético, sem comprometer a produtividade aquapônica entre a planta *S. ambigua* e camarão *L. vannamei*.

Palavras-chave: erva sal; camarão branco; cultivo integrado; viabilidade econômica.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
2 OBJETIVO GERAL	24
2.1 Objetivos Específicos	24
3 METODOLOGIA.....	25
3.1 Produção das mudas de <i>Sarcocornia ambigua</i>	25
3.2 Delineamento experimental e manejo do sistema..	25
3.3 Acompanhamento das variáveis de qualidade de água do cultivo.....	27
3.4 Desempenho zootécnico	27
3.5 Desempenho Fitotécnico	27
3.6 Análise Econômica	27
3.7 Retorno de Investimento e Indicadores de Rentabilidade.....	28
3.8 Análise estatística	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5 CONCLUSÃO.....	43
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Parâmetros de qualidade de água nos tratamentos no cultivo aquapônico de *Sarcocornia ambigua* e *Litopenaeus vannamei*, submetidos a diferentes períodos de irrigação.....31
- Tabela 2 - Índices zootécnicos do *Litopenaeus vannamei* nos tratamentos em cultivo aquapônico com a *Sarcocornia ambigua*, submetidas a diferentes períodos de irrigação.....35
- Tabela 3 - Biomassa, produtividade, peso médio final e relação camarão/planta da *Sarcocornia ambigua* nos tratamentos em cultivo aquapônico com *Litopenaeus vannamei*, submetidas a diferentes períodos de irrigação.....36
- Tabela 4. Investimento necessários para a produção aquapônica (*Litopenaeus vannamei* e *Sarcocornia ambigua*) no litoral do Estado de Santa Catarina, abril, 2017¹.....38
- Tabela 5 Custos de Produção (COE, COT e CTP) para diferentes condições de percentual de peso de valor de venda.....40
- Tabela 6. Índices de retorno de investimento para ambos os cultivos em diferentes cenários de venda.....41

1 INTRODUÇÃO

Com uma produção de 6,9 milhões de toneladas em 2014, a carcinicultura é responsável por 9,34% da oferta mundial de pescado em volume e 22,6% em valor, isto é, US\$ 36,2 bilhões de dólares (FAO, 2016). Neste cenário, a espécie *Litopenaeus vannamei* é o camarão peneídeo predominante em cultivos, representando 80% da produção mundial (FAO 2014) e 95% da produção no Hemisfério Ocidental (LIGHTNER, 2011). No Brasil, o cultivo da espécie *Litopenaeus vannamei* corresponde a 20,6% da produção aquícola nacional, com uma produção de 69.859,7 t em 2015 (IBGE, 2015).

A prosperidade neste setor, gera lucro, renda e emprego, mas pode causar impactos ambientais negativos, principalmente devido à descarga de efluentes ricos em nutrientes nos corpos hídricos (DE SCHRIVER *et al.*, 2008; JACKSON *et al.*, 2003). Assim, a expansão sustentável da carcinicultura também depende de métodos inovadores de cultivo e que façam o bom uso da água e nutrientes (HU *et al.*, 2015).

A tecnologia de cultivo de camarões em bioflocos (*Biofloc Technology* - BFT) foi desenvolvida pela área de saneamento e adaptada para a aquicultura como alternativa para a intensificação da produção de animais aquáticos, pois esta tecnologia é capaz de fazer melhor uso dos nutrientes dispersos no ambiente de cultivo (CRAB *et al.*, 2012). Pode-se dizer que é mais bioseguro quando comparada aos cultivos convencionais de camarão, pois minimiza a troca de água com meio externo (AVNIMELECH, 2006; BURFORD *et al.*, 2004). Ao restringir a troca de água e mediante a adição de uma fonte de carbono, organismos microscópicos incluindo bactérias, fungos, algas e protozoários e material orgânico particulado como resto de fezes, tendem a formar agregados ou flocos bacterianos (HARGREAVES, 2013). Nesse sistema, parte do nitrogênio adicionado ao cultivo por meio do alimento ou excretado na forma de amônia através dos camarões é incorporado nas células bacterianas, que são os principais componentes do bioflocos (HARGREAVES, 2013).

Além de servir como fonte de suplementação alimentar para o camarão, o que reduz os custos na alimentação, os bioflocos também auxiliam na manutenção da qualidade de água do cultivo,

pois é possível realizar a ciclagem de nutrientes dispersos no ambiente de cultivo (CRAB *et al.*, 2007; HARGREAVES, 2013; RAY *et al.*, 2010a). Desta forma, o cultivo com bioflocos permite utilizar altas densidades de estocagem o que gera maior produtividade ao final de cada ciclo (TAW, 2011). Contudo, durante a despesca dos tanques, mesmo fazendo uso desta tecnologia de cultivo, há liberação de efluentes salino com altas taxas de nutrientes e matéria orgânica (KRUMMENAUER *et al.*, 2012).

Diante dessa problemática, a aquaponia tem se apresentado como alternativa revolucionária e sustentável para tratar os efluentes e minimizar o impacto ambiental causado pela carcinicultura, pois combina aquicultura com hidroponia em um sistema integrado promovido pela recirculação de água (RAKOCY, 2012; TYSON; TREADWEL; SIMONNE, 2011).

Em um sistema aquapônico, as plantas podem produzir condições estáveis de qualidade da água para o cultivo de animais, pois absorvem parte dos nutrientes dispersos no ambiente de cultivo (BUZBY *et al.*, 2014). Além do mais, existe a vantagem da diversificação econômica através do cultivo de outros produtos com valor agregado e maior rentabilidade por unidade de cultivo (MARISCAL-LAGARDA *et al.*, 2012; RAKOCY, 2012).

Para integrar o sistema de aquaponia ao cultivo de camarões marinhos, é necessário o uso de plantas tolerantes à salinidade, para que possam se desenvolver no efluente salino, e que tenham valor comercial (BUHMANN *et al.*, 2013; WEBB *et al.*, 2012). As plantas halófitas são reconhecidas por habitar solos com uma concentração de sal que seria letal para a maioria das outras espécies (FLOWERS; COLMER, 2008). Essas espécies crescem ao longo de regiões com influência de marés, como manguezais e marismas, e no Brasil há a ocorrência da espécie *Sarcocornia ambigua* (sinônimo *Salicornia gaudichaudiana*) (ALONSO; CRESPO, 2008; COSTA *et al.*, 2006). Plantas dos gêneros *Salicornia* e *Sarcocornia* (família Amaranthaceae) são caracterizadas pela morfologia simples, uma vez que produzem somente brotos suculentos (VENTURA *et al.*, 2011).

Diversos autores reportaram uma gama de aplicações de halófitas dos gêneros *Sarcocornia* e *Salicornia*. No século XVIII, a *Salicornia* era consumida na forma de conserva pelos marinheiros nos navios e, desde a Idade Média, os árabes já a utilizavam para produzir a soda, que era empregada na fabricação

do vidro (CHEVALIER, 1922). Além disso, essas plantas oferecem uma vasta gama de produtos derivados e diversas utilizações, como alimento humano e animal, produção de fármacos e biorremediação de áreas salinizadas (DÍAZ; BENES; GRATTAN, 2013; TIKHOMIROVA *et al.*, 2008; VENTURA; SAGI, 2013). Para fins de consumo humano, a *Salicornia* foi introduzida no mercado Europeu como um vegetal semelhante ao aspargo verde, sendo consumida na forma *in natura* (salada) e também como tempero devido ao seu sabor salgado, sendo também utilizada como substituto do sal de cozinha convencional (BERTIN *et al.*, 2014). Os brotos jovens e suculentos têm ganhado destaque não só pelo sabor, mas também pelo elevado valor nutricional (BERTIN *et al.*, 2014; LU *et al.*, 2010; VENTURA *et al.*, 2014).

De acordo com estudos na área de tecnologia de alimentos, algumas halófitas como a *Salicornia* e *Sarcocornia* têm demonstrado potencial como alimento funcional devido a seu elevado valor nutricional em termos de minerais naturais, incluindo Mg, Na, C, Fe e K, fibra alimentar e compostos bioativos, tais como os fitosteróis, polissacarídeos e compostos fenólicos, particularmente flavonoides e ácidos fenólicos (BERTIN *et al.*, 2014).

Atualmente, na Europa a espécie *Salicornia bigelovii* é cultivada especialmente para atender a demanda do mercado da alta gastronomia nos países da região (AGAWU, 2012) mas pouca atenção tem sido dada à espécie *Sarcocornia ambigua*, que apresenta potencial na alimentação animal e humana o que pode estimular o mercado nacional dessa espécie (BERTIN *et al.*, 2014).

Diante do benefício social, ambiental e econômico promovido pelo cultivo aquapônico de planta e camarão, por ora, os sistemas aquapônicos comerciais apresentam elevado custo de implantação e principalmente alta demanda de energia elétrica devido ao bombeamento de água contínuo, aeração e aquecimento da água (RAKOCY, 2012). Parte desses custos podem ser reduzidos utilizando o sistema de cultivo de plantas baseado no sistema NFT (do inglês - *Nutrient Film Technique*), onde as raízes das plantas permanecem irrigadas por um filme de água que passa através dos canais de irrigação, sem necessidade de aeração e aquecimento da água na zona de raízes. Entretanto, ainda assim é necessário o uso ininterrupto de energia elétrica para o sistema de

bombeamento de água para os canais de irrigação (LENNARD; LEONARD, 2006).

De maneira geral a produção de *S. ambigua* pode ser realizada no solo, utilizando-se o lodo formado durante o cultivo como fertilizante, e também diretamente na água. No sistema de aquaponia, a água do cultivo de camarões passa por calhas onde são dispostas as plantas, permitindo que essas assimilem os nutrientes. Outra vantagem é que bactérias nitrificantes se aderem ao substrato inerte e no sistema radicular das plantas, funcionando como um filtro biológico, o que otimiza o processo de ciclagem de nitrogênio e fósforo (PINHEIRO *et al.*, 2017).

Segundo Pinheiro *et al.*, (2017), foi possível produzir dois quilos de *S. ambigua* para cada quilo de *L. vannamei*, onde para as plantas foi utilizado irrigação contínua em sistema de aquaponia. Dando continuidade ao trabalho anteriormente citado, Silva (2016), constatou que foi possível diminuir o tempo de irrigação das plantas. Sua tentativa de causar estresse hídrico afim de elevar a produção de compostos bioativos, revelou que foi possível reduzir o tempo de irrigação obtendo a mesma produtividade alcançada por Pinheiro *et al.*, (2017).

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o uso de energia elétrica requerido pelo bombeamento no sistema de aquaponia com diferentes tempos de irrigação das plantas.

2.1 Objetivos Específicos

- Avaliar a produtividade da planta halófito *Sarcocornia ambigua* submetida a diferentes períodos de irrigação.
- Avaliar o desempenho zootécnico do camarão *Litopenaeus vannamei*.
- Avaliar os parâmetros de qualidade de água do cultivo aquapônico.
- Avaliar a viabilidade econômica do melhor resultado de produtividade dos tratamentos.

3 METODOLOGIA

3.1 Produção das mudas de *Sarcocornia ambigua*

As mudas de *S. ambigua* foram produzidas nos meses de setembro/2015 a outubro/2015 por meio de propagação vegetativa pelo método de estaquia. Ramos de *S. ambigua* provenientes do banco matriz do Laboratório de Camarões Marinhos foram cortados em estacas medindo aproximadamente 10 cm de comprimento. Essas estacas foram plantadas em bandejas para produção de mudas contendo substrato de húmus, areia e perlita, na proporção de 1:1:1. As estacas foram mantidas em uma sala arejada sob temperatura ambiente e irrigação com água doce durante 30 dias. Após esse período as bandejas foram levadas para área externa sob incidência luminosa natural (SILVA, 2016). Após 70 dias as mudas estavam prontas para o início do experimento. O peso médio individual inicial das mudas utilizadas no experimento foi de $13,2 \pm 1,2$ g.

3.2 Delineamento experimental e manejo do sistema

Cada unidade experimental aquapônica foi constituída por um tanque de cultivo de camarões com volume útil de 800 L, equipado com sistema de aquecimento e aeração contínua, substratos artificiais, um sedimentador e uma bancada hidropônica para as plantas, conforme o sistema concebido por Pinheiro *et. al.*, 2017.

Um dia antes do início do experimento, os tanques de cultivo de cada unidade experimental foram preenchidos com 1/3 de bioflocos heterotrófico provenientes de um tanque matriz de 50 m³, sendo o restante (2/3) preenchido com água marinha. As unidades experimentais foram povoadas com 200 camarões com peso médio aproximado de 1,5 gramas, mantendo uma densidade inicial de 250 camarões m⁻³.

A estrutura para o cultivo das plantas foi construída 0,5 m acima do nível da água de cada tanque de cultivo de camarões e foi concebida a partir do sistema NFT (do inglês - *Nutrient film technology*). Esse sistema é formado por canais com fluxo laminar

de água neste experimento foram utilizados cinco tubos de PVC de 75 mm de diâmetro e 1,10 m de comprimento, dispostos lado a lado. Os tubos foram apoiados em suportes de madeira com uma declividade de 4%. Cada canal acomodou oito mudas, distanciadas em 12 cm. Cada bancada acomodava uma área de plantio de 0,4 m² com capacidade para 40 mudas de *S. ambigua*, o que equivale a uma densidade de 100 plantas m². As plantas foram acomodadas nas calhas utilizando pequenos sacos constituídos de telas municiadas de perlita como substrato.

Foram avaliados quatro tratamentos comparando diferentes tempos de irrigação das plantas: 6, 12, 18 e 24 horas. Cada tratamento foi composto por quatro repetições, totalizando dezesseis unidades experimentais que foram distribuídas aleatoriamente em uma estufa de 243 m².

Para proteger as raízes das plantas do acúmulo de sólidos provenientes do cultivo de camarões (HU *et al.*, 2015), antes da irrigação foi usado um sedimentador de formato cilindro-cônico com volume de 40 L (BALOI *et al.*, 2013). A água do tanque era bombeada para os sedimentadores com o uso de uma eletrobomba, durante o período estipulado para cada tratamento (6, 12, 18 e 24 horas). Após irrigar as plantas, a água era recolhida em uma calha no final da bancada e retornava ao tanque também por gravidade. Após o período de irrigação o bombeamento era interrompido e a água nos sedimentadores era devolvida ao tanque de cultivo, com exceção do tratamento 24 horas, no qual o bombeamento fora contínuo.

Para manter a concentração adequada de sólidos suspensos na água do cultivo de camarões (SCHVEITZER *et al.*, 2013), a cada hora o lodo acumulado no sedimentador era bombeado por 40 segundos de volta ao tanque através de uma eletrobomba, conectada na saída inferior do sedimentador.

Os camarões foram alimentados quatro vezes ao dia (08:00, 11:00, 14:00 e 17:00) com ração de 35% de proteína bruta. Hidróxido de cálcio foi adicionado quando a alcalinidade chegou a níveis abaixo de 120 mg L⁻¹. Ao longo do período experimental não houve renovação de água, sendo repostos apenas o volume perdido por evaporação.

3.3 Acompanhamento das variáveis de qualidade de água do cultivo

Durante o experimento, o oxigênio dissolvido e a temperatura da água foram medidos duas vezes ao dia, às 08:00 e 17:00 (oxímetro YSI modelo Pro20). As análises de pH (pHmetro YSI modelo pH100), sólidos suspensos totais, nitrato, alcalinidade (APHA, 2005), amônia (nitrogênio amoniacal total – NAT), nitrito, ortofosfato (Strickland e Parsons, 1972) e salinidade (salinômetro digital YSI modelo EC300A) foram realizadas duas vezes por semana (SILVA, 2016).

3.4 Desempenho zootécnico

Para avaliação da taxa de crescimento semanal, 20 camarões de cada unidade experimental foram amostrados para biometria. O experimento teve duração de dez semanas. Após o período experimental, foram avaliados índices zootécnicos como:

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

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

Biomassa final (g.m⁻³) = biomassa despesçada (g) / volume do tanque (m³)

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

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

3.5 Desempenho Fitotécnico

Ao término do período experimental, todas as plantas foram pesadas individualmente, sendo então calculados peso médio final (kg), biomassa final (kg), ganho de biomassa (kg) e produção (kg m⁻²).

3.6 Análise Econômica

Na avaliação econômica foram considerados os custos, a renda e o lucro obtidos para as produções conjuntas do camarão marinho *L. vannamei* e a halófito *S. ambigua*, utilizando análises

parciais do orçamento para comparar custos e variações de receitas em cada condição proposta (SHANG, 1990).

Na estimativa do custo de produção foi adotada a metodologia proposta por Matsunaga *et al.* (1976), denominando-se como:

a) **Custo operacional efetivo (COE)**, no qual são incluídas as despesas com: mão-de-obra, ração, energia elétrica, materiais e aquisição das pós-larvas do camarão, etc. (SANCHES *et al.*, 2006).

b) **Custo operacional total (COT)** inclui a soma do COE acrescida dos encargos sociais, utilizando-se para esse cálculo o valor de 40% do custo gasto com mão de obra (SANCHES *et al.*, 2006); encargos financeiros, estimados como sendo uma taxa de juro anual que incide sobre a metade do COE no ciclo de produção; e a depreciação dos equipamentos.

c) **Custo total de produção (CTP)** é a soma do COT adicionada aos custos referentes a depreciações (estrutura) e os juros anuais do capital referente ao investimento (SANCHES *et al.*, 2006)

3.7 Retorno de Investimento e Indicadores de Rentabilidade

Como indicador de rentabilidade foi utilizado o método da "Taxa Interna de Retorno" (TIR), que leva em conta a variação do capital ao longo do tempo e a tentativa de estimar e avaliar a taxa de atratividade. A TIR pode ser considerada como a taxa de juros recebida para um investimento durante determinado período, dentro de intervalos regulares onde são efetuados pagamentos para cobrir todas as despesas com a criação e receitas obtidas com a venda do produto (fluxo de caixa). A TIR permite mostrar a situação do caixa da atividade e, se favorável, apresenta o resultado para cobrir demais custos fixos, riscos, retorno do capital e capacidade empresarial (MARTIN *et al.*, 1994).

Ao se empregar a TIR utilizando-se a estimativa do fluxo de caixa para avaliar o sistema de produção proposta, é possível obter o período de retorno do capital investido, o denominado *Payback Period* (PP), método que não leva em conta a variação que o capital sofre ao longo do tempo, mas é muito utilizado para rápidas decisões de mercado, sendo mais atrativo o investimento quanto mais rápido for o retorno ao capital (FARO, 1979).

Para calcular o fluxo de caixa foram consideradas as despesas referentes ao investimento inicial (no primeiro ano) e o custo operacional efetivo acrescido dos encargos financeiros, de mão-de-obra e juros anuais do capital referente ao investimento. Foram feitas estimativas baseadas em dois valores de primeira comercialização com base nos valores praticados na região de Florianópolis, Santa Catarina para o camarão. Para a planta foi determinado um valor próximo ao praticado no mercado europeu, uma vez que não há produção e comercialização dessa halófito no Brasil.

Na análise de avaliação econômica também foi utilizado o Valor Presente Líquido (VPL), estimado através do fluxo de caixa. Sabe-se que um VPL acima de zero indica o mínimo de recuperação do capital investido.

Para determinação do tempo de retorno do capital investido foram utilizados dois conceitos: a Receita Bruta (RB), que é o rendimento do cultivo aquapônico multiplicado pelo preço de venda praticado pelo empreendedor; e o Fluxo de Caixa (FC) que é a soma das entradas (RB) e das despesas (saídas de caixa) da atividade sobre o COE.

Foi considerado ainda um indicador de custo em termos de unidades produzidas, denominado Ponto de Nivelamento (PN), que determina qual é a produção mínima necessária para cobrir os custos, de acordo com os preços de venda do quilo do camarão (Pqc) e/ou da halófito (Pqh), onde:

$$PN = COE.Pqc-1$$

E/ou

$$PN = COE.Pqh-1$$

Outros indicadores de avaliação de rentabilidade adotados no presente estudo foram descritos em Martin *et al.* (1998):

- Lucro Operacional (LO): diferença entre RB e COT. Esse indicador mede a lucratividade no curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade.

- Margem Bruta (MB): margem em relação ao COT, isto é, o resultado obtido após o produtor arcar com o custo operacional, considerando determinado preço de venda das produções e a produtividade do sistema.

- Índice de Lucratividade (IL): relação entre LO e RB, em porcentagem. Indicador importante que mostra a taxa disponível

de receita da atividade após o pagamento de todos os custos operacionais.

Após a escolha do melhor resultado de produtividade entre os tratamentos será calculado, a partir do tempo de irrigação requerido pelo sistema de bombeamento, a relação de gasto (R\$) pela produção da planta (kg). Será adotado o valor de R\$ 0,33 o custo de 1 kWh. Sendo que o sistema de bombeamento em todos tratamentos é configurado por 1 bomba submersa de 34 W e uma eletrobomba de 11W, em um total de 45 W de potência em cada unidade.

3.8 Análise estatística

As variáveis de qualidade de água foram analisadas através de ANOVA uni-fatorial com medidas repetidas. A produção das plantas e os dados zootécnicos foram comparados usando ANOVA uni-fatorial. O teste de Tukey foi aplicado para separação das médias quando houver diferenças significativas. Homocedasticidade e normalidade foram testadas através dos testes Bartlett e Shapiro-Wilk, respectivamente. Todos os testes estatísticos foram avaliados com nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variáveis de qualidade de água

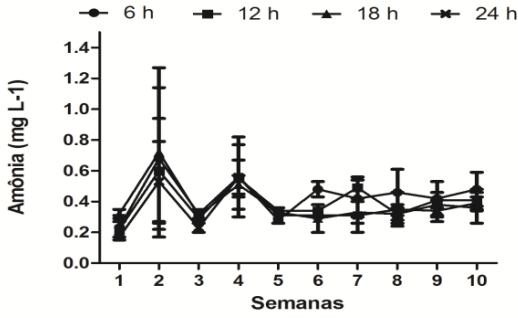
A Tabela 1 demonstra as variáveis de qualidade de água do experimento. Para a variável temperatura e oxigênio não houveram diferenças significativas entre os tratamentos nem em função das semanas. Ortofosfato, alcalinidade, pH e sólidos suspensos totais não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. No entanto amônia (Fig. 1a), nitrito (Fig. 1b), nitrato (Fig. 1c) e salinidade (Fig. 1d) apresentaram apenas diferenças significativas em função das semanas.

Tabela 1. Parâmetros de qualidade de água nos tratamentos no cultivo aquapônico de *Sarcocornia ambigua* e *Litopenaeus vannamei*, submetidos a diferentes períodos de irrigação.

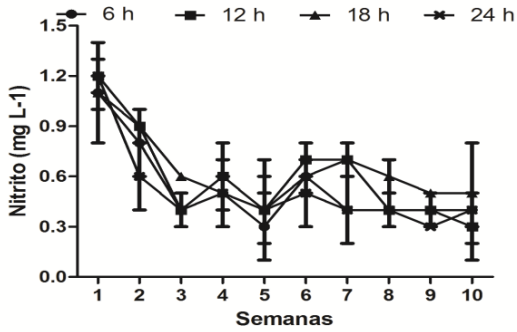
Parâmetros	Tratamentos				Anova T
	6h	12h	18h	24h	
OD (mg L ⁻¹)	6,0±0,1 (4,8-7,8)	5,9±0,1 (4,9-7,6)	6,0±0,1 (5,0-7,8)	6,1±0,1 (4,9-7,3)	-
Temperatura (°C)	28,5±0,4 (23,3-30,7)	28,7±0,4 (24,6-30,8)	28,6±0,6 (24,6-30,9)	28,0±0,6 (24,4-30,4)	ns
Alcalinidade (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	141±2,8 (104 - 196)	147±7,0 (112-192)	151±3,1 (124-192)	144±3,7 (116-184)	ns
pH	8,15±0,1 (7,84-8,53)	8,09±0,1 (7,86-8,33)	8,16±0,1 (7,32-8,35)	8,19±0,1 (7,87-8,37)	ns
Salinidade (g L ⁻¹)	33±2,6 (31-40)	36±1,4 (33-40)	35±0,7 (32-39)	36±1,0 (33-41)	ns
Amônia (N-H ₄ (mg L ⁻¹))	0,4±0,1 (0,1-1,0)	0,4±0,1 (0,2-1,1)	0,4±0,1 (0,2-1,5)	0,3±0,1 (0,0-0,9)	ns
Nitrito (N-NO ₂ (mg L ⁻¹))	0,5±0,1 (0,2-1,3)	0,6±0,1 (0,2-1,5)	0,6±0,1 (0,2-1,5)	0,5±0,1 (0,0-1,4)	ns
Nitrato (N-NO ₃ (mg L ⁻¹))	2,3±0,1 (1,1-2,8)	2,5±0,1 (1,6-3,6)	2,5±0,2 (1,6-3,4)	2,5±0,1 (1,9-3,2)	ns
Ortofosfato (P-PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹))	2,3±0,1 (1,1-2,8)	2,5±0,1 (1,6-3,6)	2,5±0,2 (1,6-3,4)	2,5±0,1 (1,9-3,2)	ns
Sólidos suspensos Totais (SST) (mg L ⁻¹)	402±23,8 (258-508)	410±26,9 (242-483)	401±19,5 (302-452)	403±36,9 (291-479)	ns

Dados médios ± desvio padrão (máximo e mínimo), n = 3. ANOVA com médias repetidas, T (tratamentos), ns: não significativo.

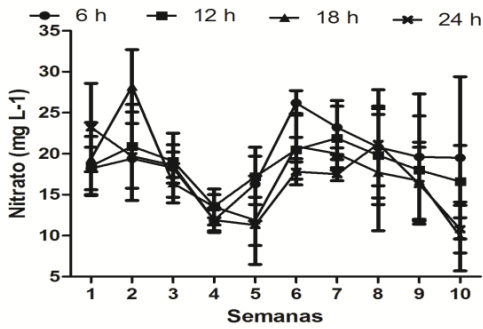
1a)



b)



c)



d)

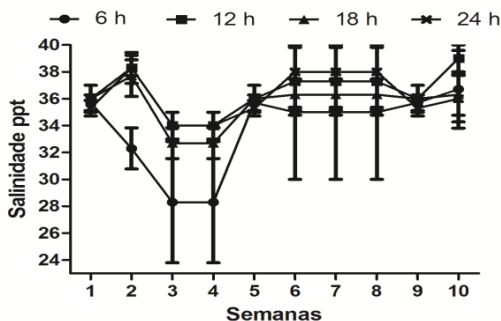


Fig.1. a) Amônia, b) Nitrito, c) Nitrato, d) Salinidade, nos tratamentos em cultivo aquapônico de *Sarcocornia ambigua* com *Litopenaeus vannamei*, submetidas a diferentes períodos de irrigação.

Os parâmetros de oxigênio dissolvido, temperatura, alcalinidade, pH e salinidade estiveram dentro dos valores considerados apropriados para o cultivo do *Litopenaeus vannamei* em sistema de cultivo em bioflocos (RAY *et al.*, 2010). Durante o período do experimento, nas semanas 3 e 4, foi reposto água doce para compensar as perdas por evaporação o que resultou em uma menor salinidade nos tanques de cultivo de algumas unidades experimentais.

Sólidos suspensos totais (SST) mantiveram-se em todos os tratamentos próximos aos níveis recomendáveis para a espécie (SCHVEITZER *et al.*, 2013) não sendo necessário a retirada de sólidos do cultivo durante o decorrer do experimento. Foi observado acúmulo de sólidos no interior dos canais de irrigação das bancadas aquapônicas fazendo com que houvesse um equilíbrio na concentração de sólidos suspensos totais na água do sistema (RAKOCY., 2012; RAY *et al.*, 2010b). Segundo Rakocy (2012) o acúmulo de sólidos nas calhas e raízes das plantas pode beneficiar as plantas, devido ao processo de decomposição dos sólidos aderidos às raízes, que podem liberar nutrientes inorgânicos essenciais para o desenvolvimento das plantas.

Em todos os tratamentos os valores médios quanto à variação da amônia, nitrito e nitrato tiveram padrões semelhantes. Concentrações de nitrito e amônia permaneceram baixas durante todo o cultivo. As concentrações de amônia mantiveram-se

estáveis nas primeiras três semanas de cultivo. Nas semanas quatro e cinco foi observada uma pequena elevação na concentração de amônia, permanecendo estabilizada até o final do experimento. A concentração de nitrito foi avaliada e considerado seguro para o *L. vannamei* em salinidade 35 ppm (LIN; CHEN., 2003). Os valores de nitrato obtidos em todos os tratamentos estiveram dentro dos níveis considerados adequados para o *L. vannamei* (KUHNS *et al.*, 2010). O nitrato oscilou entre os tratamentos, apresentando uma queda significativa na semana quatro e cinco. Essa alteração pode estar relacionada com a ocorrência de desnitrificação no interior do sedimentador e a redução do processo de nitrificação (RAY *et al.*, 2011).

De acordo com Quintã *et al.* (2015) *Sarcocornia* e *Salicornia* podem absorver amônia ou nitrato como fonte de nitrogênio, a escolha por parte da planta depende do comportamento fisiológico e salinidade do meio. Caso sejam submetidas a salinidades nas concentrações da água do mar ou superiores, o uso da amônia é adotado, já em baixas salinidades o nitrato pode ser melhor absorvido (KUDO *et al.*, 2010; QUINTÃ *et al.*, 2015). Sendo assim todas as condições experimentais do presente estudo conduziram *Sarcocornia ambigua* a apresentar preferência em absorver amônia devido a salinidade apresentar concentrações da água do mar (35 ppm).

Com relação ao ortofosfato foram obtidos valores próximos aos reportados por SCHNEIDER (2007) em um cultivo de camarões com BFT. De acordo com BUHMANN *et al.*, (2015) valores a partir de 0,3 mg L⁻¹ de ortofosfato não interferem o crescimento de várias espécies de halófitas, portanto os valores obtidos neste experimento não interferiram no crescimento das plantas.

4.2 Índices zootécnicos

Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para o desempenho zootécnico dos camarões. Os resultados estão exibidos na Tabela 2.

Tabela 2. Índices zootécnicos do *Litopenaeus vannamei* nos tratamentos em cultivo aquapônico com a *Sarcocornia ambigua*, submetidas a

	TRATAMENTOS			
	6h	12h	18h	24h
Peso médio final (g)	11,0±1,7	11,0±0,1	11,2±1,4	10,9±0,9
Ganho de peso semanal (g)	0,8±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1
Biomassa final (g m ⁻³)	2369,6±416,3	2398±22,4	2381,0±212,6	2364,1±98,5
Sobrevivência (%)	86,0±3,0	88,2±11,0	85,2±2,8	87,3±5,5
Fator de conversão alimentar	1,8±0,3	1,7±0,2	1,7±0,2	1,7±0,1
Ganho de biomassa (g)	1893,3±333,0	1916,4±177,1	1902,4±170,1	1888,9±78,8

Dados médios ± desvio padrão

diferentes períodos de irrigação.

Os índices zootécnicos obtidos para o *Litopenaeus vannamei* foram próximos aos obtidos por Baloi *et al.* (2013). Taxa de crescimento semanal, fator de conversão alimentar e sobrevivência observados em todos os tratamentos foram próximos aos resultados reportados por Schweitzer *et al* (2013). Ganho de peso semanal e biomassa final apresentaram valores próximos aos reportadas por Ray *et al* (2011). Os resultados zootécnicos não diferiram significativamente em nenhum dos tratamentos alcançando resultados já reportados em literatura. Isso mostrou que o sistema aquapônico adaptado com diferentes períodos de irrigação não afetou no desempenho zootécnico e a sobrevivência dos camarões.

4.3 Produtividade da Planta

Os dados de produtividade por unidade experimental, produtividade por m², peso médio final e relação camarão/planta estão descritos na Tabela 3. Não foram encontradas diferenças significativas para os índices de produtividade entre os tratamentos.

Tabela 3. Biomassa, produtividade, peso médio final e relação camarão/planta da *Sarcocornia ambigua* nos tratamentos em cultivo aquapônico com *Litopenaeus vannamei*, submetidas a diferentes períodos de irrigação.

	Tratamentos			
	6h	12h	18h	24h
Biomassa total (kg)	0,8±0,0	0,5±0,2	0,7±0,1	0,4±0,2
Produtividade (kg/m ²)	1,9±0,1	1,2±0,4	1,7±0,4	1,1±0,4
Peso médio final (g)	19,0±1,0	11,7±4,2	16,7±3,6	10,8±4,3
Relação Planta/Camarão (kg)	0,3±0,1	0,2±0,1	0,3±0,1	0,2±0,1

Dados médios ± desvio padrão

Valores de produtividade da *Sarcocornia ambigua* ficaram próximos aos relatados por Izeppi (2011), que obteve produtividade de 2 kg m⁻² durante 150 dias de cultivo, onde as plantas foram irrigadas com efluente da carcinicultura. No entanto, Ventura *et al.* (2011) encontrou valores superiores, com uma produtividade de 6 kg m⁻² em 73 dias de cultivo, utilizando modelo de cultivo hidropônico com água do mar enriquecida com nutrientes.

Pinheiro *et al.*, (2017) obteve uma produtividade de 8 kg m⁻² em cultivo aquapônico intregando o camarão *Litopenaeus vannamei* em 75 dias de cultivo durante o verão, onde os dias são mais longos que as noites (14 horas claro - 10 horas escuro). O período experimental do presente estudo foi finalizado no outono, onde as plantas foram submetidas a menores horas de claro (10 horas de claro, 14 horas de escuro). Conforme o descrito por Ventura *et. al.* (2011) as espécies do gênero *Sarcocornia* e *Salicornia* tem características globais de apresentar baixa produtividade e crescimento lento quando submetidas a dias mais curtos (menos horas de luminosidade) espera-se então menor produtividade comparada à um cultivo feito no verão.

4.4. Análise econômica

Apesar das possibilidades de produção, a economia dos sistemas aquapônicos comerciais, por ora, não são muito pesquisados. Estes sistemas podem ser economicamente viáveis podendo gerar receitas com a venda de plantas e animais aquáticos cultivados em escala comercial. Em um sistema aquapônico suas estruturas podem modificar-se em configurações que permitem obter melhores resultados de produtividade nos mais diferentes tipos de clima (SARE, 2016).

A tabela 4 demonstra a análise parcial de orçamento do investimento inicial necessário para construção de 16 unidades aquapônicas alojadas em uma estufa de 40 m², orçado em um total de R\$ 23.208,93.

Tabela 4. Investimento necessários para a produção aquapônica (*L. vannamei* e *S. ambigua*) no litoral do Estado de Santa Catarina, abril, 2017¹

Item	Unid.	Qtd.	Valor Total	Vida Útil ²	Depreciação	Juros ³	Total
Construção Civil							
Construção da estufa (40 m ²)	unid	1	10.000,00	10	1.000,00	600,00	1.600,00
Equipamentos							
Tanque de cultivo 1,0 m ³	unid	16	3.584,00	10	358,40	215,04	573,44
Bancada Aquapônica	unid	16	1.440,00	10	144,00	86,40	230,40
Bomba submersa	unid	32	796,80	5(2)	159,36	47,81	207,17
Soprador de ar Radial (1 <i>Horse Power</i>)	unid	1	2.000,00	5(2)	400,00	120,00	520,00
Tubulação de ar	m	15	315,00	5(2)	63,00	18,90	81,90
Material elétrico	m	1	1.000,00	10	100,00	60,00	160,00
Central de controle de aquecimento da água	unid	1	800,00	5(2)	160,00	48,00	208,00
Material hidráulico	unid	1	1.050,00	10	105,00	63,00	168,00
Refratômetro	unid	1	200,00	5(2)	40,00	12,00	52,00
Oxímetro	unid	1	3.050,00	5(2)	610,00	183,00	793,00
Gerador de energia automático	unid	1	3.500,00	10	350,00	210,00	560,00
Decantador cilindro cônico 40 L	unid	16	4.000,00	10	400,00	240	640,00
Tela de sombreamento	m ²	25	118,25	10	11,83	7,095	18,92
Difusor de ar (aero tube)	m	3,5	122,50	10	12,25	7,35	19,60
SUB TOTAL			22.249,63				
Documentação							
Pró-labore	0,03		959,30	-	-	57,56	57,56
TOTAL GERAL			23.208,93		3.913,84	1.976,15	5.889,99

¹ Valores expressos em reais

² Vida útil e reposição () em anos

³ Taxa de 12% ao ano sobre o capital

inicial

Fonte: LCM/UFSC

O levantamento dos valores dos itens foi feito com base em parte da estrutura do Laboratório de Camarões Marinhos, com preços praticados em Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, abril de 2017.

A tabela 5 mostra os custos necessários para se produzir em um sistema aquapônico. O custo total de produção anual (CTP) foi orçado em R\$ 141.737,97 tendo como base cinco ciclos (safras) de produção ao ano. O Custo Operacional Total anual (COT), estimado em R\$ 111.737,97, foi utilizado o COE para estimativa da TIR e do VPL (MARTIN *et al.*, 1994).

Tabela 5. Custo Operacional Efetivo (COE), Custo Operacional Total (COT) e Custo Total de Produção (CTP) da produção aquapônica (*Litopenaues vannamei* e *Sarcocornia ambigua*) no Estado de Santa Catarina, abril, 2017.

Item	Qtd/unid	COE (R\$)	Encargos Sociais (R\$) ¹	Encargos Financeiros (R\$) ²	COT (R\$)	Outros Custos Fixos (R\$)	CTP (R\$)
Arrendamento do terreno (100m ²)	1	2.500,00		300,00	2.800,00		2.800,00
Aquisição das PL's (Milheiro)	4	68,00		8,16	76,16		76,16
Ração (kg)	59,8	143,62		17,23	160,85		160,85
Mão de obra	2	5.000,00	2.000,00	840,00	7840,00		7.840,00
Material de limpeza	1	100,00		12,00	112,00		112,00
Análise da qualidade de água (Por semana/ciclo)	3	450,00		54,00	504,00		504,00
Energia elétrica (Kwt total)		2.000,00		240,00	2.240,00		2.240,00
Depreciação da construção civil ³						1.000,00	1.000,00
Depreciação dos equipamentos ³					2.913,84		2.913,84
Juros do capital investido					1.976,15		1.976,15
Remuneração do investidor						4.000,00	4.000,00
Total/Ciclo		10.261,62			18.623,00		23.623,00
Total/Ano		61.569,70			111.737,97		141.737,97

¹ Encargos sociais = 40% do COE da mão de obra;

² Encargos financeiros = 24% a. a. Sobre metade do COE somados aos encargos sociais;

³ Depreciação estimada de acordo com a vida útil e adicionada aos juros anuais do capital.

Na tabela 6 são apresentados os indicadores dos custos relativos a produção, COE, COT e CTP para o cultivo de planta e camarão. No entanto, são apresentados quatro diferentes condições (A, B, C e D) onde são atribuídos diferentes “pesos” aos custos de investimento e de custeio anual. Para os cálculos de fluxo de caixa desse estudo, foi atribuída a condição D, onde 10% dos valores do empreendimento são correspondentes ao cultivo de camarão e os 90% restantes ao cultivo da halófito, pois esse cenário apresentou os índices que mais se aproximam aos praticados para o mercado de camarão

Tabela 6 Custos de Produção (COE, COT e CTP) para diferentes condições de percentual de peso de valor de venda.

	Condição	COE	COT	CTP
A	Cam 75%	218,64	396,80	503,33
	Planta 25%	70,32	127,62	161,89
B	Cam 50%	145,76	264,53	335,55
	Planta 50%	140,65	255,25	323,78
C	Cam 25%	72,88	132,27	167,78
	Planta 75%	210,97	382,87	485,67
D	Cam 10%	29,15	52,91	67,11
	Planta 90%	253,16	459,45	582,80

Fonte: Dados da pesquisa.

Retorno do investimento e indicadores de rentabilidade

A tabela 7 mostra os índices de retorno de investimento como Taxa de retorno interno (TIR) e tempo médio de retorno do investimento (*Pay-Back*) assim como outros indicadores: valor presente líquido (VPL), fluxo de caixa para 10 anos seguintes, considerando cinco ciclos ao ano, ponto de nivelamento (PN), lucro operacional (LO) e índice de lucratividade (IL).

Tabela 7. Índices de retorno de investimento para ambos os cultivos em diferentes cenários de venda.

Valor de venda (R\$/kg)	Camarão (10%)		Planta (90%)	
	R\$ 15,00	R\$ 25,00	R\$ 150,00	R\$ 210,00
Receita Bruta (R\$)	3.168,00	5.280,00	32.832,00	45.964,80
Lucro operacional	-8.005,80	-5.893,80	-67.732,18	-54.599,38
Margem Bruta (%)	-7,16	-5,27	-60,62	-48,86
Índice de lucratividade (IL) (%)	-252,71	-111,62	-206,30	-118,79
Taxa Interna de Retorno (TIR) (%)	-	-	-	-
Valor Presente Líquido (VPL) 10%	-51.513,05	-38.535,73	-437.072,	-356.377,
Retorno do investimento (anos)	-	-	-	-
Ponto de nivelamento (PN) (kg)	744,92	446,95	670,43	478,88

Fonte: Dados da pesquisa.

O presente estudo demonstrou que é possível otimizar o uso de energia elétrica, pois foi reduzido significativamente o tempo diário de irrigação no sistema aquapônico de 24 para 6 horas sem alterar a produtividade das plantas e dos camarões. Em uma simulação de custos de produção, adotando o valor de 0,33 reais kWh e com base nos resultados de produtividade, o tratamento de irrigação 6 horas demonstra melhores resultados de custos de produção comparado aos outros tratamento (figura 1).

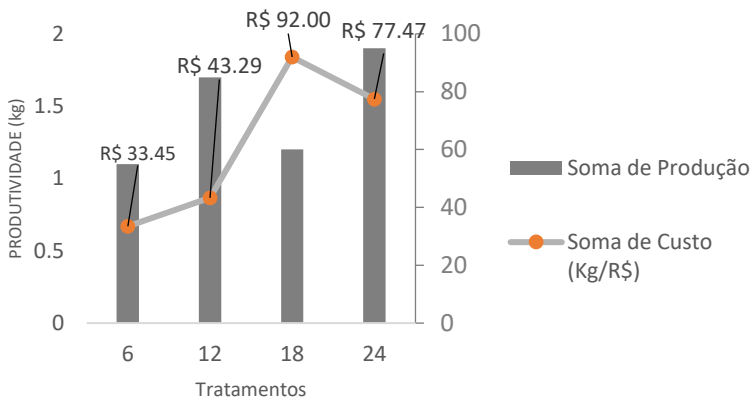


Figura 2: Comparativo entre os tratamentos na produção de *Sarcocornia ambigua*: produtividade (quilogramas), soma de produção (quilogramas) por tratamento e total de custo (R\$) de produção por quilo de planta produzida.

5 CONCLUSÃO

Os distintos tempos de irrigação não afetaram a produtividade da *S. ambigua* e *L. vannamei* em sistema aquapônico com bioflocos.

A *S. ambigua* mostrou-se promissora para realização de cultivos aquapônicos, não interferindo na qualidade de água do cultivo dos camarões em sistema de bioflocos bem como no desenvolvimento zootécnico dos camarões.

Foi possível reduzir em 18h o consumo energético querido pelo sistema em sem alterar a produção final de planta e camarão.

A produção aquapônica entre *L. vannamei* e a *S. ambigua* analisada com base no presente modelo experimental não apresentou viabilidade econômica.

Sugere-se que outros estudos sejam realizados a fim de reduzir os custos alcançados no presente documento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAWU, E. T. Comparison between *Salicornia* and *Sarcocornia* ecotypes to optimize yield for vegetable production applying highly saline irrigation. Master of Science in Biotechnology of Drylands.: Ben-Gurion University of the Negev, p. 139, 2012.

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.

APHA, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21^o ed. American Public Health Association, Washington.

AVNIMELECH, Y., 2006. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. **Aquac. Eng.** 34, 172–178. doi: 10.1016/j.aquaeng.2005.04.001

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

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, 2014.

BUHMANN, A.; PAPENBROCK, J. Biofiltering of aquaculture effluents by halophytic plants: Basic principles, current uses and future perspectives. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 122–133, 2013.

BUHMANN, ANNE K. *et al.*, 2015. Optimization of culturing conditions and selection of species for the use of halophytes as biofilter for nutrient-rich saline water. **Agricultural Water Management**, 149, 102–114.

BURFORD, M. *et al.* The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. **Aquaculture** 232, 525–537, 2004.

BUZBY, K. M.; LIN, L.-S. S. Scaling aquaponic systems: Balancing plant uptake with fish output. **Aquacultural Engineering**, v. 63, p. 39–44, 2014.

CHEVALIER, A. Les Salicornes et leur emploi dans l'alimentation: Etude historique, botanique, économique. **Revue de Botanique Appliquée et d'Agriculture Coloniale**, v. 2, p. 697–785, 1922.

COSTA, C. S. B. et al. Effect of ultraviolet-B radiation on salt marsh vegetation: Trends of the genus *Salicornia* along the Americas. **Photochemistry and photobiology**, v. 82, n. 4, p. 878–886, 2006

CRAB, R. et al. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, v. 270, n. 1-4, p. 1–14, 2007.

CRAB, R. *et al.* Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. **Aquaculture**, v. 356-357, p. 351–356, 2012.

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.

DÍAZ, F. J.; BENES, S. E.; GRATAN, S. R. Field performance of halophytic species under irrigation with saline drainage water in the San Joaquin Valley of California. **Agricultural Water Management**, v. 118, p. 59–69, 2013.

FARO, C. Elementos de engenharia econômica. 3. ed. São Paulo: Atlas, p. 328, 1979.

FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura Oportunidades y desafíos. Roma, p.253. 2014.

FAO. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 pp.

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

HARGREAVES, J. A. Biofloc Production Systems for Aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC. Publication No. 4503, 2013.

HU, Z. *et al.* Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. **Bioresource Technology**, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. RIO DE JANEIRO. (Org.). Pesquisa Pecuária Municipal. 2015. Disponível em: . Acesso em: 10 abr. 2017.

IZZEPI, EDUARDO MARQUES. 2011. Efeito da densidade de plantio na sobrevivência, desenvolvimento e produção de biomassa da halófita *Sarcocornia Ambigua* (Michx.) Alonso & Crespo. 70 P. Dissertação (Mestrado) - Curso De Pós Graduação Em Aquicultura, Instituto De Oceanografia, Universidade Federal Do Rio Grande, Rio Grande. Disponível Em: <http://www.aquicultura.furg.br/images/stories/dissertacoes/izeppi_2011s.pdf>. Acesso Em: 10 Maio. 2016.

JACKSON, C. *et al.* Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. **Aquaculture**, v. 218, n. 1-4, p. 397–411, 2003.

KUDO, *et al.* Responses of halophyte *Salicornia bigelovii* to different forms of nitrogen source. *Pedosphere*, 20, 311-317, 2010.

KUHN, *et al.* Chronic toxicity of nitrate to Pacific White shrimp, *Litopenaeus vannamei* impacts on survival, growth, antennae length and pathology. **Aquaculture**, 309, 109-114, 2010.

KRUMMENAUER, D. *et al.* Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: Análise de reutilização da água. *Atlântica*, Rio Grande, v. 34, n. 2, p.103-111, 2012

LENNARD, W. A.; LEONARD, B. V. 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.

LIN, *et al.* The potential use of constructed wetlands in a recirculating aquaculture system for shrimp culture. **Environ Lollut**. V. 123, p. 107-113, 2003.

LIGHTNER, D. V. Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): A review. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 106, n. 1, p. 110-130, 2011.

LU, D. *et al.* Nutritional characterization and changes in quality of *Salicornia bigelovii* Torr. during storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, n. 3, p. 519–524, 2010.

MARISCAL-LAGARDA, M. M. *et al.* Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum*) with low salinity groundwater: Management and production. **Aquaculture**, v. 366-367, p. 76–84, 2012.

MARTIN, *et al.* Custos: Sistema de custo de produção agrícola. **Informações Econômicas**, 24(9): 97-122, 1994.

MARTIN, *et al.* Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, p. 7-28, 1998.

MATSUNAGA, M. *et al.* **Metodologia do custo de produção utilizada pelo IEA**. **Agricultura em São Paulo**, v. 23, p. 123-139, 1976.

PINHEIRO, Isabela *et al.* Production of the halophyte *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in an aquaponic system with biofloc technology. **Ecological Engineering**. 03 jan. 2017. p. 261-267. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857416307388>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

QUINTÃ, R. *et al.* Growth and nitrogen uptake by *salicornia europaea* and *Aster tripolium* in nutrient conditions typical of aquaculture wastewater. **Chemosphere**, 120, 414-421, 2015.

RAKOCY, J. E. Aquaponics — Integrating Fish and Plant Culture. In: TIDWELL, J. H. (Ed.). **Aquaculture Production Systems**. 1. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. p. 343–386.

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** 299, 89– 98, 2010a.

RAY, A.J., *et al.* Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. **Aquac. Eng.** 45, 127–136, 2011. doi: 10.1016/j.aquaeng.2011.09.001

RAY, A. J. *et al.* Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. **Aquaculture**, v. 310, n. 1-2, p. 130–138, 2010b.

SANCHES, E.G. *et al.* 2006 Viabilidade econômica do cultivo da garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*) em tanques rede, região sudeste do Brasil. *Informações Econômicas*, São Paulo, 36(8): 5-25.

SARE, NATIONAL INSTITUTE OF FOOD AND AGRICULTURE. Economic Analysis of Commercial Aquaponic Production Systems. 2016. Disponível em: <<http://www.southernsare.org/Educational-Resources/SARE-Project-Products/Case-Studies/Economic-Analysis-of-Commercial-Aquaponic-Production-Systems>>. Acesso em: 27 ago. 2016.

SHANG, Y.C. Aquaculture economics analysis: An introduction. In: SANDIFER, P. A. (Ed.). *Advances in world aquaculture*. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, p. 211, 1990.

SCHNEIDER, OLIVER *et al.*, 2007. Heterotrophic bacterial production on solid fish waste: tan and nitrate as nitrogen source under practical ras conditions. *Bioresource Technology*, 98, 1924-1930.

SCHVEITZER, R. *et al.*, 2013. Use of artificial substrates in the culture of *Litopenaeus vannamei* (biofloc system) at diferente stocking densities: effects on microbial activity. Water quality and production rates. **Aquacultural Engineering**. 54, 93-103.

SILVA, Hortencia 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, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/168069/340615.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 02 jun. 2017.

STRICKLAND, J.D., PARSONS, T.R., 1972. Practical Handbook of Seawater Analysis, 1^o ed. Fish Research Board of Canada, Ottawa.

TAW, N. Strategies for managing large integrated shrimp farms. **The Global Aquaculture Advocate**, n. October, p. 32–35, 2011.

TIKHOMIROVA, N. A. *et al.* Possibility of *Salicornia europaea* use for the human liquid wastes inclusion into BLSS intrasystem mass exchange. **Acta Astronautica**, v. 63, n. 7-10, p. 1106–1110, 2008.

TYSON, R. V.; TREADWEL, D. D.; SIMONNE, E. H. Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. **HortTechnology**, v. 21, n. 1, p. 1–13, 2011.

VENTURA, Y. *et al.* The development of halophyte-based agriculture: past and present. **Annals of Botany**, p. 1–12, 2014.

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, 2011.

VENTURA, Y.; SAGI, M. Halophyte crop cultivation: The case for *Salicornia* and *Sarcocornia*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 144–153, 2013.

WEBB, J. M. *et al.* Halophyte filter beds for treatment of saline wastewater from aquaculture. **Water Research**, v. 46, n. 16, p. 5102–5114, 2012.