

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS-UFGD**

**DESEMPENHO DE DIFERENTES SUBSTRATOS EM CULTIVO  
DE ALFACE AQUAPÔNICO E HIDROPÔNICO**

**EVALDO FERNANDES RIBEIRO**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
Julho - 2017**

**DESEMPENHO DE DIFERENTES SUBSTRATOS EM  
CULTIVO DE ALFACE AQUAPÔNICO E  
HIDROPÔNICO**

**IVALDO FERNANDES RIBEIRO**

Tecnólogo em produção agrícola

Orientador: PROF. DR. RODRIGO APARECIDO JORDAN  
Coorientador: PROF. DR. LUCIANO DE OLIVEIRA GEISENHOF

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre.

**Dourados  
MATO GROSSO DO SUL  
2017**

**DESEMPENHO DE DIFERENTES SUBSTRATOS EM CULTIVO DE ALFACE  
AQUAPÔNICO E HIDROPÔNICO**

por

**Evaldo Fernandes Ribeiro**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Aprovada em: 06/07/2017



---

Prof. Dr. Rodrigo Aparecido Jordan  
Orientador - UFGD



---

Prof. Dr. Luciano Oliveira Geisenhoff  
UFGD



---

Prof. Dr. Fabricio Correia de Oliveira  
UFGD



---

Prof. Dr. Ivo de Sá Motta  
EMBRAPA

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

R484d Ribeiro, Evaldo Fernandes

Desempenho de diferentes substratos em cultivo de alface aquapônico e hidropônico / Evaldo Fernandes Ribeiro -- Dourados: UFGD, 2017.  
50f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Rodrigo Aparecido Jordan

Co-orientador: Luciano de Oliveira Geisenhoff

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Aquaponia. 2. Vermiculita. 3. Fibra de coco. 4. Espuma fenólica. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, nosso zeloso guardador, que sempre nos ilumina e guia nossos caminhos.

Ao professor Rodrigo Aparecido Jordan, pela orientação, confiança e apoio desde o início da realização deste trabalho.

Aos professores Eder Pereira Gomes, Luciano Geisenhoff, e Rodrigo Couto, pelo incentivo e apoio também desde o início.

A toda minha família materna, na pessoa de minha mãe, que sempre estiveram ao meu lado.

A minha esposa Jane, e minha filha Isabela, pois são partes do meu coração.

Aos meus amigos Wagner (“cabeça”), Luiz Paulo pelo apoio durante o decorrer do experimento.

Ao professor Elton Siqueira Martins, ilustre colaborador.

Aos técnicos de todos os laboratórios da (FCA), pois nunca mediram esforços para colaborarem com o que precisei durante este trabalho.

Ao João e Camila, do laboratório de solos (FCA) pela colaboração durante as análises foliares.

Aos professores Fabricio Correia de Oliveira e Leonardo Seno pelo apoio na realização da análise estatística.

Aos meus amigos Clodomiro Rodrigues e Éderson Rodrigues pelas infindáveis colaborações e apoio.

A todos os bolsistas de graduação que direta ou indiretamente colaboraram conosco.

A todos os colaboradores e técnicos do almoxarifado da universidade, e das empresas prestadoras de serviços que de alguma forma colaboraram com a realização deste trabalho.

A todos os professores e colegas do mestrado.

A CAPES pela bolsa concedida durante o curso.

MUITO OBRIGADO!

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Cultura da alface.....	14
2.2 Aquaponia.....	14
2.3 Hidroponia.....	15
2.4 Substratos.....	17
2.5 Nutrição mineral.....	19
2.6 Parâmetros de qualidade da água.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5. CONCLUSÕES.....	44
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Esquema de funcionamento do sistema aquapônico .....	24
<b>Figura 2.</b> Sistema aquapônico montado.....	24
<b>Figura 3.</b> Bancada montada para os testes com solução hidropônica.....	25
<b>Figura 4.</b> Copo descartável 0,80 ml perfurado (A), células de espuma fenólica (B) 26	
<b>Figura 5.</b> Substratos utilizados, nos copos vermiculita e fibra de coco, e espuma fenólica .....	27
<b>Figura 6.</b> Plantas no sistema berçário em espuma fenólica, fibra de coco e vermiculita.....	27
<b>Figura 7.</b> Plantas no sistema berçário em espuma fenólica, fibra de coco e vermiculita, com trinta e um dias .....	28
<b>Figura 8.</b> Medidor multiparâmetro (A) e condutivímetro (B) .....	28
<b>Figura 9.</b> Plantas no sistema aquaponico aos onze dias .....	29
<b>Figura 10.</b> Plantas no sistema hidropônico aos onze dias.....	29
<b>Figura 11.</b> Pesagem e contagem da planta e folhas .....	30



**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Produtividade da alface aquapônica e hidropônica (primeiro ciclo) em função de diferentes substratos de cultivo.....	36
<b>Tabela 2.</b> Produtividade da alface aquapônica e hidropônica (segundo ciclo) em função de diferentes substratos de cultivo.....	37
<b>Tabela 3.</b> Altura da planta de alface aquapônica e hidropônica (primeiro ciclo) em função de diferentes substratos de cultivo.....	37
<b>Tabela 4.</b> Altura da planta de alface aquapônica e hidropônica (segundo ciclo) em função de diferentes substratos de cultivo.....	38
<b>Tabela 5.</b> Massa fresca da parte aérea de alface aquapônica e hidropônica (primeiro ciclo) em função de diferentes substratos de cultivo.....	38
<b>Tabela 6.</b> Massa fresca da parte aérea de alface aquapônica e hidropônica (segundo ciclo) em função de diferentes substratos de cultivo.....	39
<b>Tabela 7.</b> Teores de macronutrientes ( g Kg <sup>-1</sup> ) na parte aérea das plantas de alface, produzidas em sistemas aquapônico e hidropônico. UFGD, Dourados, 2016.....	41

RIBEIRO, Evaldo Fernandes. **Desempenho de diferentes substratos em cultivo de alface aquapônico e hidropônico**. 2017. 50 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção de alface cultivada em sistema aquapônico e hidropônico com diferentes tipos de substratos. A pesquisa foi realizada na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). O experimento foi conduzido utilizando o delineamento em blocos ao acaso, com dois tratamentos que correspondem aos sistemas de produção e três tratamentos que correspondem aos substratos de cultivo. Os substratos utilizados foram: fibra de casca coco (FC), vermiculita expandida (VE), e espuma fenólica (EF). Os sistemas de cultivo utilizados foram: sistema hidropônico e sistema aquapônico. O experimento foi conduzido em dois ciclos de cultivo. A cultura utilizada foi a alface cv. Alcione do tipo crespa. Após a colheita das plantas foram analisadas a produtividade da cultura, a altura de planta e a massa fresca da parte aérea. Além disso, foram realizadas análises foliares das plantas. As médias dos resultados foram submetidas ao teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Os resultados apresentaram que no primeiro ciclo de cultivo, a maior produtividade foi obtida pelas plantas cultivadas no sistema hidropônico ( $1,76 \text{ kg m}^{-2}$ ). Os substratos que obtiveram maiores produtividades foram a vermiculita expandida ( $1,84 \text{ kg m}^{-2}$ ) e a fibra de casca de coco ( $1,71 \text{ kg m}^{-2}$ ). No segundo ciclo de cultivo, os sistemas de produção foram semelhantes e a fibra de casca de coco apresentou maior produtividade da cultura ( $2,78 \text{ kg m}^{-2}$ ). Em relação à análise foliar, enquanto que os teores de magnésio e potássio foram semelhantes entre os sistemas de produção, os teores de cálcio, nitrogênio e fósforo foram semelhantes entre os sistemas de produção. Como as plantas não apresentaram deficiência visual de nutrientes, isso sugere que assim como o sistema hidropônico, o sistema aquapônico proporciona condições favoráveis para o cultivo de alface.

**Palavras-chave:** aquaponia, vermiculita, fibra de coco, espuma fenólica

RIBEIRO, Evaldo Fernandes. **Performance of different substrates in aquaponic and hydroponic lettuce growing**. 2017. 50 p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering) – Federal University of Grande Dourados, Dourados.

### ABSTRACT

The present work had as objective to evaluate the production of lettuce grown in aquaponic and hydroponic system with different types of substrates. The research was carried out at the Federal University of Grande Dourados (UFGD). The experiment was conducted as a randomized block design with two treatments that correspond to the production systems and three treatments that correspond to the growing substrates. The substrates used were: coconut shell fiber (FC), expanded vermiculite (VE), and phenolic foam (EF). The growing systems used were: hydroponic system and aquaponic system. The experiment was conducted in two crop cycles. The crop used was lettuce cv. Alcyone of the curly type. After harvesting, were analyzed the crop productivity, plant height and fresh shoot mass of the plants. In addition, leaf analyzes of the plants were performed. The means of the results were submitted to the Tukey test ( $p < 0.05$ ). The results showed that in the first crop cycle, the highest productivity was obtained by the grown plants in the hydroponic system ( $1.76 \text{ kg m}^{-2}$ ). The substrates that obtained higher yields were expanded vermiculite ( $1.84 \text{ kg m}^{-2}$ ) and coconut shell fiber ( $1.71 \text{ kg m}^{-2}$ ). In the second crop cycle, the production systems were similar and the coconut husk fiber presented higher crop productivity ( $2.78 \text{ kg m}^{-2}$ ). In relation to foliar analysis, while magnesium and potassium contents were similar among the production systems, calcium and nitrogen contents were similar between the production systems. As the plants did not present visual deficiency of nutrients, this suggests that as the hydroponic system, the aquaponic system provides favorable conditions for lettuce growing.

**Keywords:** Aquaponics, vermiculite, coconut fiber, phenolic foam

## 1. INTRODUÇÃO

De 2000 a 2012, a produção aquícola mundial cresceu a uma taxa média anual de 6,2%, com uma produção estimada em 66,7 milhões de toneladas em 2012, superando a taxa de crescimento da população mundial em 1,6%. Estima-se que a aquicultura seja responsável por 62% do abastecimento de peixe do mundo para o consumo humano em 2030 (FAO, 2014).

A aplicação em larga escala da aquicultura, contudo, é limitada pela terra e a utilização de água, bem como por preocupações ambientais (ISLAM, 2005; SCHWITZGUÉBEL e WANG, 2007). Assim a expansão da aquicultura depende do desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias para intensificar o cultivo de peixes, elevando a reutilização de água e nutrientes, e minimizando os impactos ambientais.

A aquaponia é uma técnica que associa a produção de peixes e plantas, sendo os resíduos dos peixes utilizados como fertilizante para o crescimento das plantas (ROOSTA & AFSHARIPOOR, 2012). Segundo TYSON et al. (2011), a aquaponia é um sistema integrado de recirculação aquícola com a produção hidropônica, podendo ser considerada uma solução inovadora e sustentável para a produção de cultivares em grande escala.

Neste sistema faz-se necessário a recirculação da água, o qual oferece certa facilidade no controle das condições da criação intensiva de peixes e produção vegetal, proporcionando a viabilidade dessas atividades, fornecendo produtos com alto valor e qualidade comercial (DEDIU et al., 2012).

O sistema aquapônico, pode melhorar a eficiência de retenção de nutrientes, reduzir o uso de água e descarga de resíduos (principalmente nutrientes) para o meio ambiente, além de melhorar a rentabilidade por meio da condição simultânea de duas atividades rentáveis (MERGULHADOR, 2006; TYSON et., al 2011). Acredita-se que a aquaponia vai se tornar um método amplamente aceito na produção sustentável de alimentos em um futuro próximo (HU et al., 2012), cuja demanda de alimentos será ainda maior devido ao aumento populacional.

A alface (*Lactuca sativa L.*) originou-se de espécies silvestres e foi mais adaptada ao inverno. No entanto, atualmente pode ser encontrada em regiões de clima temperado, sendo uma das hortaliças mais consumidas no Brasil, o que faz

com que essa cultura tenha grande importância econômica no país. Em contrapartida, seu consumo é muito maior no verão, o que gera necessidades de novas tecnologias e formas de plantio aliado a práticas mais sustentáveis para que sua produção atenda a demanda (FILGUEIRA, 2008).

A produção de mudas é considerada de suma importância no ciclo das holerícolas, apresentando-se como uma alternativa viável na preparação e seleção de determinadas variedades que apresentam problemas ou requerem maiores cuidados na fase inicial de germinação e emergência (ECHER et al., 2005). Contudo, para que a cultura tenha um desempenho satisfatório, é importante que as mudas, no momento do transplante, estejam em bom estado, tanto nutricional quanto fitossanitário, além de apresentarem um sistema radicular bem estruturado (SILVA et al., 2009).

Nesse caso, o substrato utilizado é de extrema importância, pois favorecerá o desenvolvimento de plantas de ótima qualidade (CABRAL et al., 2011). Com isso, o desenvolvimento de sistemas de cultivo com hortaliças que assegurem o equilíbrio do ambiente e seus recursos, amplia o desafio em gerar soluções e adotar práticas culturais ambientalmente desejáveis (TAVELLA et al. 2010). Nesse contexto, O presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção de alface cultivada em sistema aquapônico e hidropônico com diferentes tipos de substratos.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Cultura da alface**

A alface (*Lactuca sativa* L.) se destaca em âmbito nacional e mundial por ser a folhosa mais consumida, cuja condição é favorecida pela fácil aquisição que a população tem em comprar e consumir, além de possuir outras características, como sabor, qualidade nutritiva e, principalmente, baixa custo, favorecendo seu consumo, com sua produção concentrando-se principalmente próximo aos grandes centros, denominados cinturões verdes (ABREU et al., 2010).

Pertencente à família Asteraceae, a alface é originária da Ásia e foi introduzida no Brasil pelos portugueses no século XVI. As espécies silvestres são encontradas em regiões de clima temperado da Europa e na Ásia Ocidental, sendo uma planta herbácea com raízes ramificadas e superficiais, sua coloração pode apresentar diversos tons de verde ou roxo e as flores amareladas fixam-se ao caule diminuto e esverdeado (FILGUEIRA, 2008).

A alface é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil, aproximadamente 35 mil hectares, de maior aceitação pelos consumidores e mais importante na alimentação do brasileiro, o que assegura à cultura expressiva importância econômica (GRANJEIRO et al., 2006; BATISTA et al., 2012).

O cultivo da alface é realizado nos sistemas convencional, orgânico e, mais recentemente, hidropônico. Este último possibilita melhor controle ambiental, com menor incidência de pragas e doenças, facilidade nos tratamentos culturais, melhor programação e rendimento da produção.

### **2.2 Aquaponia**

A aquaponia é uma nova tecnologia agrícola sustentável de crescimento rápido que integra recirculação com hidroponia à produção de plantas em água, sem solo. Esta nova tecnologia é muito eficiente, uma vez que usa os resíduos dos peixes como fertilizantes para as plantas, proporcionando um ambiente simbiótico para a produção de peixes e plantas num sistema fechado (MARTINS et al., 2010).

A integração da aquicultura com a hidroponia (aquaponia) pode apresentar-se como solução para o uso mais eficiente da água, incrementando a produção de peixes e vegetais sem aumentar o consumo de água, evitando o despejo do efluente da

aquicultura em corpos d'água, além de fornecer um fertilizante natural para as plantas de cultivo (MARISCAL-LAGARDA et al., 2012).

Alguns sistemas aquapônicos têm sido desenvolvidos utilizando diversos modelos, destacando-se o uso de sistemas de canais (SNEED et al., 1975), aquários (NAEGEL, 1977), tanques de fibra de vidro (LANDESMAN, 1977), tanques retangulares de concreto (PIERCE, 1980), cilindros plásticos (BAUM, 1981) e tanques circulares de vinil (RAKOCY et al., 1989). Para que a aquicultura continue crescendo, é preciso que os métodos de tratamento de efluentes acompanhem o crescimento da atividade e que sejam de baixo custo e fácil operação. Seguindo esta premissa, é fundamental o desenvolvimento de sistemas fechados que permitam a produção de peixes e outros animais aquáticos com geração de efluentes em níveis aceitáveis ambientalmente, por exemplo, aquicultura com produção de biomassa vegetal ou animal (CARNEIRO et al., 2015).

Mariscal Lagarda et al. (2012) ao avaliarem um sistema de aquaponia com camarão (*Litopenaus vannamei*) e tomate (*Lycopersicon esculentum*), observaram a economia de nutrientes como nitrogênio, fósforo e outros para o cultivo de tomate e a diminuição ou eliminação do impacto do efluente na criação de camarão.

Morris et al. (2011) avaliaram um sistema de recirculação de aquaponia composto por tilápias (*Oreochromis niloticus*) e cultivo de morango, sendo testada duas densidades de peixes. Os autores verificaram que os níveis de nitrato, cálcio, fosfato e potássio estavam em quantidades suficientes na densidade de peixe de 2 kg m<sup>-3</sup>, sendo possível manter uma pequena criação de peixes para reduzir os custos de uma solução hidropônica suplementar para morangos.

### **2.3 Hidroponia**

A hidroponia é uma técnica de cultivo de plantas sem a utilização de solos, de forma que os nutrientes minerais são disponibilizados às plantas por meio de uma solução nutritiva balanceada para o desenvolvimento de cada cultura (APRÍGIO et al., 2012), propiciando vantagens para o produtor, como obtenção de produtos de alta qualidade, ciclo mais curto e redução do uso de insumos agrícolas (PAULUS et al., 2012).

Segundo Martinez (2011), a hidroponia é uma técnica de cultivo em água que se caracteriza pela alta produtividade, qualidade dos produtos e economia de água quando comparado ao sistema de cultivo em solo.

O cultivo hidropônico tem ocupado cada vez mais espaço na produção de hortaliças devido à possibilidade de cultivo em pequenas áreas bem como em locais onde as condições de solo são limitantes ao cultivo convencional (JUNQUEIRA et al., 1997; DE VASCONCELOS, 2014).

Resh (1996) analisando o crescimento do cultivo hidropônico no mundo comenta a crescente expansão desta técnica, que tem permitido o cultivo em locais cujos solos são improdutivos, tornando estes locais verdadeiros mananciais de alimentos hortícolas.

A solução nutritiva proposta por Hoagland e Arnonem (1950) com elevadas concentrações de sais originou as atuais soluções nutritivas em uso na hidroponia. No entanto, em alguns estados do Brasil com condições ambientais de altas temperaturas, umidade e luminosidade elevada, o uso de concentrações salinas também elevadas nas soluções nutritivas tende a causar distúrbios fisiológicos nas plantas (LUZ et al., 2009).

Os agricultores que fazem uso do sistema hidropônico de produção obtêm maiores preços por seus produtos, uma vez que neste método de produção há redução, ou até mesmo, nenhuma utilização de defensivos agrícolas, além de ser um sistema que proporciona economia de água (CASTELANE & ARAÚJO, 1994).

O cultivo hidropônico apresenta algumas vantagens e desvantagens em relação ao cultivo convencional. Algumas vantagens são: melhor controle sobre a composição dos nutrientes fornecidos às plantas; redução no ciclo das culturas e maior produtividade com menor consumo de água e fertilizantes; melhor controle fitossanitário; dispensa rotação de culturas e alguns tratos culturais; redução de riscos climáticos; produção fora de época; melhor qualidade e preços dos produtos; produção próxima dos centros consumidores e rápido retorno do capital. Como desvantagens pode-se citar: custo inicial elevado; assistência técnica mais efetiva; exige mão de obra especializada; risco de perda por falta de energia elétrica; risco de contaminação da água por patógenos e requer acompanhamento constante (FURLANI et al., 1999; GEISENHOFF et al., 2009; EGÍDIO et al., 2013).

O sistema NFT foi desenvolvido em 1965 por Allen Cooper, na Inglaterra, e tem sido considerado o mais viável comercialmente para o cultivo de várias culturas,



em especial para as hortaliças folhosas (COMETTI, 2003). Neste método as raízes das plantas são alojadas em canaletas sendo parcialmente embebidas pela água que traz os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas. É um dos sistemas mais utilizados mundialmente na produção de vegetais hidropônicos. Trata-se do sistema mais indicado para as plantas classificadas como folhosas (alface, rúcula, ervas aromáticas, entre outras) pela praticidade de colheita e comercialização. Neste sistema as raízes estão sempre limpas, diferente do ambiente convencional, o que diminui gastos com limpeza e agrada o consumidor final (CARNEIRO et al., 2015).

## **2.4 Substratos**

A produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido tem crescido bastante, sendo motivada por várias vantagens como: maior precocidade; menor possibilidade de contaminação fitopatogênica; maior relação percentual entre número de sementes e de mudas. A escolha do substrato determinará o tipo de estrutura requerida para a produção das mudas. Algumas características devem ser consideradas para a escolha do substrato mais adequado, ou seja, ser inerte quanto ao fornecimento de nutrientes, ter pH neutro e apresentar retenção de água e porosidade adequadas para a oxigenação das raízes, oferecer sustentação para a muda e proteção às raízes quanto a danos físicos (BEZERRA, 2013).

Dependendo do tipo de substrato para a sustentação das plantas pode-se utilizar as bancadas de canais, quando o substrato é cascalho, areia, seixos, pedra britada, argila expandida, cacos de cerâmica, casca de arroz carbonizada e outros (FURLANI et al., 1999). Rodrigues et al., (2012) mostram que para a formação de mudas de boa qualidade, é essencial a escolha do substrato bem como a proporção e combinação destes.

Espuma fenólica é um material orgânico (espuma fenólica, de ureia-formaldeído ou de poliestireno), inerte, apresenta pH ácido, e de manejo fácil e rápido, comercializado na forma de placas de 32 x 40 cm, com espessuras de 2 ou 4 cm e com as células pré-marcadas nas dimensões 2 x 2 cm, o que resulta em 320 células por placa. No caso da utilização da espuma fenólica, antes da semeadura as placas devem ser tratadas com uma base e lavadas em água limpa, para a retirada de materiais ácidos utilizados na sua fabricação. A espuma fenólica é bastante empregada no preparo de mudas para cultivo hidropônico, em virtude de poder ser

transplantada conjuntamente com a muda para o local definitivo, protegendo assim o sistema radicular (BEZERRA NETO et al., 2010).

Neste sentido, a espuma fenólica surgiu como alternativa para emprego em hidroponia devido suas características tecnológicas, como boa sustentação para as plântulas, alta capacidade de retenção de água e excelente aeração, devido estas serem constituídas por um sistema de duas fases, uma sólida (material) e uma gasosa (vazios celulares), resultante do processo de espumação (FURLANI, 1998 e NAVARRO et al. 2015).

Já a vermiculita é um substrato comumente utilizado para produção de mudas de espécies florestais e também poderia ser utilizado nos laboratórios de análise de sementes como substrato para o teste de germinação, devido às vantagens como: fácil obtenção, uniformidade na composição química e granulometria, porosidade, capacidade de retenção de água e baixa densidade (MARTINS et al., 2009). É um produto estéril, devido ao processo de expansão que é realizado entre 800 e 900°C. Quanto à granulometria do material, existem para comercialização quatro tipos de vermiculita: microns (90 a 100% das partículas entre 0,15- 0,20 mm), superfina (95 a 100% das partículas entre 0,21-0,30 mm), fina (90 a 100% das partículas entre 0,30-0,50 mm) (MARTINS et al., 2011). É um substrato de grande acesso e por isso seu valor comparado com outros substratos é reduzido. Não é totalmente inerte, com boa aeração e alta capacidade de troca catiônica (LOPES et al., 2010).

Silva e França (2013) avaliaram a incorporação da fibra de coco juntamente com esterco de galinha na produção de alface em comunidades rurais, verificaram que todos os tratamentos apresentaram desenvolvimento superior ao da testemunha (solo sem fibra de coco). Outra informação foi perceber uma maior capacidade de retenção de água observada nos solos incorporados com a fibra.

Pedra et al. (2006) ressaltam que a casca de coco (mesocarpo) é um resíduo que apresenta elevada concentração de tanino, composto tóxico responsável pela possível redução do crescimento de algumas plantas, porém a lavagem da fibra da casca de coco, como informado pelo fabricante, favorece a sua utilização devido à retirada de parte do tanino e/ou de outros compostos tóxicos presentes no substrato. Silva (2014) sugere a retirada de sais antes de iniciar o experimento. Os mesmos comentam que o uso da fibra não lavada pode, além de retardar a germinação, proporcionar um crescimento menor de mudas, principalmente naquelas mais sensíveis ao sódio.

## 2.5 Nutrição mineral

As plantas terrestres, como seres autótrofos, nutrem-se de elementos químicos absorvidos do solo normalmente pelas raízes. Os elementos possíveis de serem absorvidos pelas plantas são classificados como elementos essenciais, elementos benéficos e elementos tóxicos (MALAVOLTA, 2006).

Os elementos essenciais são aqueles sem os quais a planta não consegue completar o seu ciclo de vida. São classificados em macronutrientes (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cl, Fe, Mn, Ni e Z). Os nutrientes benéficos ou úteis são aqueles sem os quais as plantas conseguem completar seu ciclo de vida, mas em dadas condições a sua presença pode ajudar no crescimento e aumentar a produção. Como elementos benéficos podem ser citados: o sódio para as plantas natrofílicas como nabo e beterraba; o silício para gramíneas e também para alface hidropônica; selênio para as plantas seleníferas (*Astragalus spp*); o cobalto para as leguminosas e alumínio para a planta do chá (*Camellia sinensis*). Os elementos tóxicos não são essenciais e nem benéficos e mesmo em baixas concentrações causam problemas de toxidez para as plantas. Como exemplos de elementos tóxicos podem ser citados: Cd, Br, Pb, Hg, I, F, etc. (MARSCHNER, 1995).

A ausência de K na solução nutritiva em hidroponia diminui significativamente o crescimento e produção da matéria fresca das plantas induzindo o surgimento de sintomas visuais característicos de deficiência do nutriente. As plantas podem apresentar perda de turgescência, flacidez, iniciando os sintomas com clorose seguidos de pontos escuros nas margens das folhas mais velhas, afetando toda a folha e causando aspecto de queima necrótica, seguida da morte do tecido vegetal e, conseqüentemente, queda das folhas. Isso se deve ao fato de o potássio agir na planta principalmente como ativador enzimático, regulador de abertura e fechamento dos estômatos, além de atuar como regulador do turgor celular (ALMEIDA et al., 2011).

Segundo Tischer et al. (2012), a omissão de P provocou a redução no desenvolvimento final das plantas em todas as variáveis analisadas, sendo que os sintomas mais clássicos de deficiência do elemento, arroxamento internerval da face inferior das folhas foi observado na terceira semana de condução do ensaio. Relatam ainda que a omissão ou falta de N resultou em maior redução de comprimento e massa da parte aérea, podendo considerar que tal ausência interfere diretamente no

desenvolvimento da parte aérea, sendo esta a mais importante comercialmente. No final do ensaio, notou-se o amarelecimento generalizado das folhas, até mesmo das folhas mais novas, clorose praticamente completa e necrose das folhas mais velhas.

Almeida et al. (2011), destacam que os níveis de Mg em baixas concentrações ocorreram sintomas de desordem nutricional, como clorose, iniciando-se entre as nervuras das folhas mais velhas. Segundo Haag (1971) isto se deve ao fato do Mg ser facilmente mobilizado de locais da planta com maior concentração para locais de menor concentração, ou seja, as folhas mais novas retiram das folhas mais velhas.

Avaliando o desenvolvimento da alface crespa, c.v. Brisa, com omissão de nutrientes, Tischer et al. (2012) relatam que a omissão de Ca ocasionou sintomas de deficiência bem nítidos a partir da terceira semana de condução do ensaio. Além da redução na taxa de desenvolvimento aéreo das plantas, as folhas passaram a apresentar um aspecto coriáceo com menor desenvolvimento em relação à largura.

No final do período de condução, verificou-se o menor desenvolvimento radicular entre todos os tratamentos e indícios de necrose na região meristemática da parte aérea. Almeida et al. (2011) constataram que a omissão de Ca em plantas de alface resultaram em menor altura, área foliar e número de folhas, e conseqüentemente menor produção de massa seca da parte aérea e radicular.

## **2.6 Parâmetros de qualidade da água**

O oxigênio dissolvido, o pH, a condutividade elétrica e a temperatura estão entre os parâmetros que devem ser observados e controlados em um sistema de aquaponia, pois afetam a produtividade vegetal.

O pH exerce grande influência na disponibilidade de nutrientes, ocorrendo um acentuado decréscimo no crescimento das plantas com valores acima de 7,0 (FERRI, 1979; HUNDLEY et al., 2013). O pH exerce determinante influência sobre o ciclo de nitrificação do nitrogênio. As bactérias nitrificantes dos gêneros nitrossomonas e nitrobacter de ocorrência natural são responsáveis pela nitrificação do amoníaco, sendo predominantemente aeróbicas e pH ótimo entre 7,0 e 8,0, tendo sua atividade reduzida à medida em que o pH se distancia da neutralidade (HUNDLEY et al., 2013). Por outro lado, a maioria das plantas no cultivo hidropônico crescem melhor com pH entre 5,5 e 6,5 (CARNEIRO et al., 2015).

Pelo fato da aquaponia envolver em um único sistema três organismos distintos (peixes, plantas e bactérias), é muito importante conhecer as necessidades de cada um para manter o pH em uma faixa adequadamente satisfatória as necessidades de todos os organismos envolvidos.

Barros et al. (2002), avaliando os níveis de vitamina C e Fe na produção de tilápias, indicaram que o pH se manteve dentro da faixa de conforto para a espécie, com média de 7,0. Jordan et al. (2011), mantiveram o valor de pH entre 6,8 e 7,0, sendo adicionado silicato de alumínio apenas quando necessário.

Na aquaponia a aeração é exigida não apenas pelos peixes, mas também pelas plantas e bactérias nitrificantes. A quantidade de oxigênio dissolvido na água deve sempre ser superior a três mg. L<sup>-1</sup> para garantir o suprimento mínimo necessário aos três componentes biológicos presentes (RAKOCY et al., 2006).

Compressores ou sopradores de ar são normalmente utilizados para suprir a necessidade de oxigênio através de difusores, normalmente representados pelas chamadas pedras porosas. A aeração deve ser fornecida diretamente na água do tanque de criação dos peixes, porém, dependendo da configuração do sistema aquapônico, difusores de ar também devem ser instalados em outros compartimentos (CARNEIRO et al., 2015).

Nos sistemas hidropônicos, a extração e o acúmulo de nutrientes pelas plantas dependem entre outros fatores, da condutividade elétrica (CE), cujos valores são proporcionais a concentração dos vários íons responsáveis pelo potencial osmótico da solução. Estes valores além de afetar a absorção de água e nutrientes, afetam também a produtividade, o acúmulo de matéria seca, aumentando a suscetibilidade a distúrbios fisiológicos (SHANNON, 1997).

A redução da condutividade elétrica da solução nutritiva durante o ciclo, principalmente na fase final da produção é uma forma de prevenir a queima das bordas em alface. Na produção hidropônica de alface tem-se recomendado manter a condutividade elétrica entre 1,5 e 2,5 mS cm<sup>-1</sup>, já em sistemas aquapônicos recomenda-se condutividade elétrica entre 0,3 e 0,6 mMho cm<sup>-1</sup> (CASTELLANE; ARAÚJO, 1995; RAKOCY et al., 2006).

A qualidade da alface é avaliada por meio de características comerciais atribuídas à cabeça. A formação de cabeça é uma característica influenciada pela cultivar e por condições ambientais. Dias longos associados a temperaturas superiores a 20 °C induzem o encurtamento do período vegetativo e o pendoamento

precoce (VIGGIANO, 1990). Por ser de regiões de clima mais ameno, o seu desenvolvimento é favorecido por temperaturas mais baixas, sendo que a faixa ideal para isso ocorrer está entre 15,5 e 18,3 °C. Segundo Sanders (2006), a alface pode tolerar por alguns dias temperaturas entre 21,1 a 26,6 °C, desde que as temperaturas noturnas sejam baixas (DORIGUÊTO, 2014).

Segundo Furlani et al. (1999) fatores climáticos também são preponderantes para produção de plantas em aquaponia, sendo a temperatura da água muito mais importante que a temperatura de produção das plantas (externa), sugerindo que esta fique em torno de 18 a 24 °C.

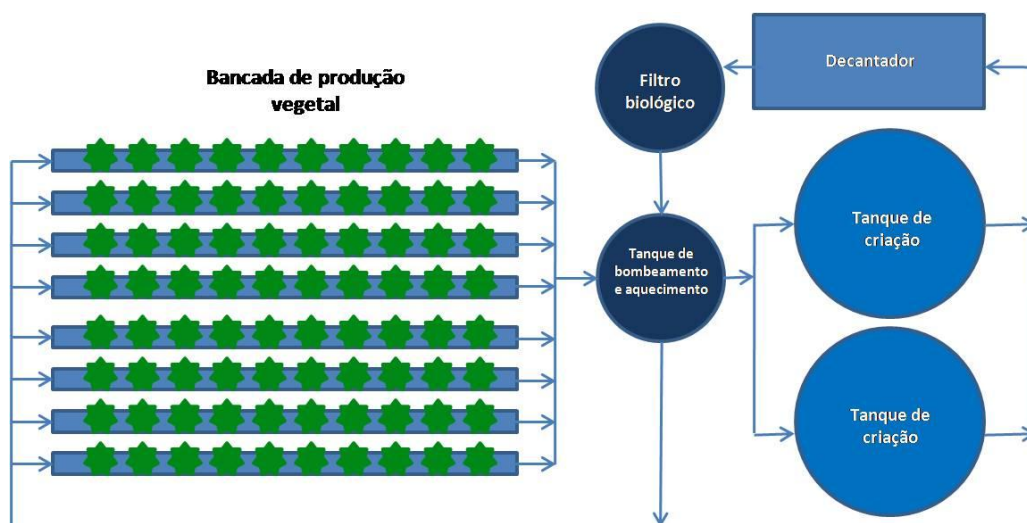
### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma estufa agrícola da Área Experimental de Aquaponia, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), pertencente à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) localizada na unidade II, Dourados, Mato Grosso do Sul. A altitude média é de 446 m, com coordenadas: 22°55'18'' de longitude norte.

O sistema aquapônico montado foi composto por dois tanques de peixes, circulares, em fibra de vidro, fundo cônico, de 1000 L cada; um decantador de fibra de vidro, de seção retangular, com dimensões 0,50 x 0,80 x 1,0 m, com volume de total 400 L; um filtro biológico composto por um tanque circular de 310 L, também em fibra de vidro, preenchido com pedra brita; um tanque de bombeamento e aquecimento similar ao reservatório empregado para o filtro biológico; bancada de produção vegetal, composta por 12 perfis NFT, em plástico, com 3 metros de comprimento cada; e, quadro elétrico de controle de bombeamento e aquecimento.

No tanque de bombeamento e aquecimento foram instaladas duas resistências elétricas de 3000 W cada, para aquecimento da água e, duas bombas de aquário de 120 W cada, sendo uma responsável pelo bombeamento, em fluxo contínuo, para as bancadas de cultivo e, a outra, pelo retorno da água aos tanques de criação. As resistências elétricas eram acionadas por um controlador de temperatura micro processado, instalado no quadro elétrico, cujo sensor ficava em contato com a água de um dos tanques. O controlador foi ajustado para manter a temperatura acima de 24 °C.

A circulação de água entre os tanques de criação de peixes, o decantador, o filtro biológico e o tanque de bombeamento e aquecimento, ocorria por gravidade. Estes foram posicionados no mesmo nível. O lado inferior da bancada de produção vegetal foi posicionada um pouco mais elevado que o tanque de bombeamento e aquecimento. Assim, o retorno da água para este tanque se dava por gravidade. Na Figura 1 pode-se observar o esquema de montagem do sistema de aquaponia enquanto que a Figura 2 apresenta uma fotografia do sistema montado.



**Figura 1.** Esquema de funcionamento do sistema aquapônico



**Figura 2.** Sistema aquapônico montado

Para o sistema hidropônico foi montada uma bancada semelhante a utilizada no sistema de aquaponia, com 12 perfis hidropônicos tipo NFT (Nutrient Film Technique), com 3 m de comprimento cada, 3% de inclinação, 0,20 cm entre plantas, sendo apoiados sobre uma estrutura metálica (Figura 3). Para o tanque de solução nutritiva foi empregado um reservatório de poliestireno de 1000 L. Para a circulação da solução foi utilizada uma bomba de aquário de 120 W, com acionamento contínuo, para simular a mesma condição das plantas no sistema aquapônico. A



solução nutritiva na hidroponia foi preparada a partir de um kit comercial (Hidrogood Fert<sup>®</sup>), conforme recomendações de Furlani et al., (2009).



**Figura 3.** Bancada montada para os testes com solução hidropônica

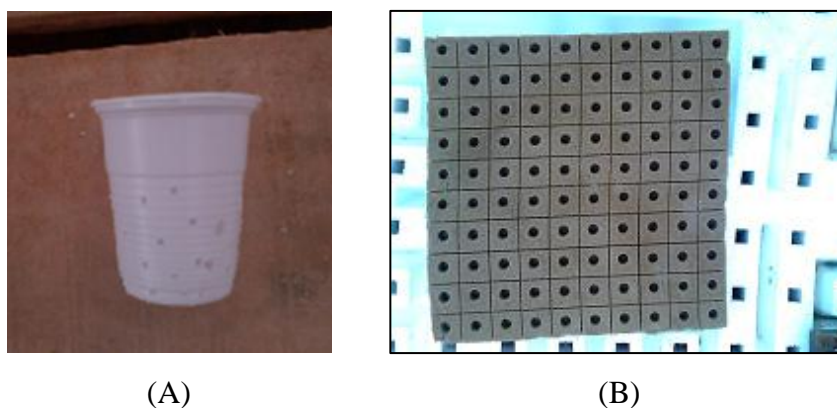
A espécie de peixe utilizada foi a tilápia, linhagem Gift (*Oreochromis niloticus*) com densidade de 100 peixes por metro cúbico, conforme Coêlho et al. (2014). Os peixes possuíam peso médio de 142 g. A alimentação foi com ração extrusada e com 45% de proteína duas vezes ao dia. O fornecimento foi manual, permitindo um melhor contato visual com os peixes. A oxigenação era realizada por um aerador de 0,75 CV, por meio de tubos conectados aos tanques e reduzidos a mangueiras plásticas perfuradas, instaladas na parte média dos tanques de cultivo.

Destaca-se que foram realizadas descargas de fundo dos tanques de criação e decantador, diariamente, no sistema aquapônico, entre 5 e 10% de renovação de água do volume total das caixas. Ao final de cada ciclo foi realizada a limpeza e desinfecção das bancadas de cultivo com hipoclorito de sódio.

A alface utilizada foi *Lactuca sativa* c.v. Alcione, tipo crespa. Os substratos utilizados no experimento foram: fibra casca de coco, espuma fenólica e vermiculita expandida. A fibra de casca de coco utilizada foi da VIDA VERDE<sup>®</sup>, com densidade seca de 150 kg.m<sup>-3</sup> e pH 6.0. A espuma fenólica foi da GREEN-UP<sup>®</sup>, perfurada, com células de 1,9 x 1,9 x 2 cm. A vermiculita expandida foi CAROLINA II<sup>®</sup>, da Carolina Soil do Brasil, tipo fina com densidade de 155 kg.m<sup>-3</sup> e pH 5,5.

A condução do experimento se deu em dois ciclos, de 15 de janeiro de 2016 a 26 de fevereiro de 2016 para o primeiro ciclo e de 24 de fevereiro de 2016 a 06 de abril de 2016, para o segundo ciclo.

Para os substratos fibra de coco e vermiculita foram utilizados copos plásticos (café) com volume de 80 ml, sendo perfurados com ferro de solda para permitir o contato com a solução nutritiva e saída das raízes. A espuma fenólica foi previamente lavada para retirada de possíveis impurezas de fabricação (Figura 4).

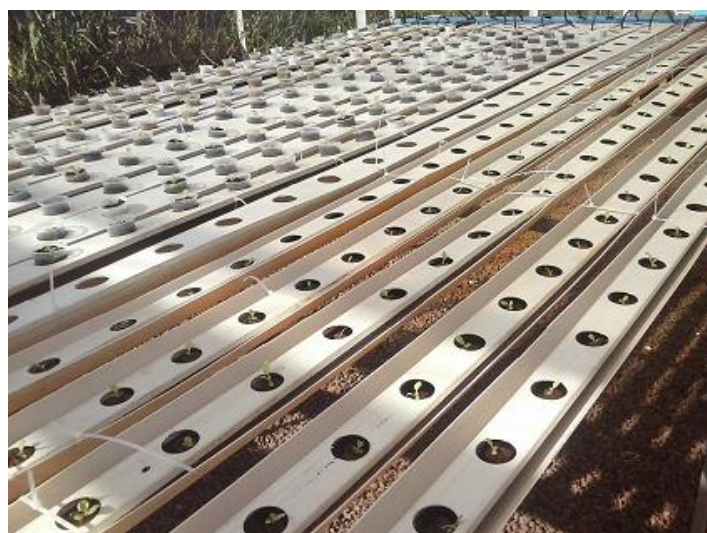


**Figura 4.** Copo descartável 0,80 ml perfurado (A), células de espuma fenólica (B)

A semeadura para o primeiro ciclo (hidropônico e aquapônico) foi realizada no dia 15 de Janeiro de 2016, para ambos os sistemas, colocando-se apenas uma semente por cubo de espuma fenólica e copo (Figura 5). Até a emergência os três substratos foram irrigados apenas com água, após dez dias foram transferidas para o sistema berçário (Figura 6), permanecendo por mais vinte e um (21) dias irrigadas com a solução nutritiva preparada a partir de um kit comercial Hidrogood Fert<sup>®</sup>, conforme recomendações de Furlani et al. (2009) (Figura 7).



**Figura 5.** Substratos utilizados, nos copos vermiculita e fibra de coco, e espuma fenólica



**Figura 6.** Plantas no sistema berçário em espuma fenólica, fibra de coco e vermiculita



**Figura 7.** Plantas no sistema berçário em espuma fenólica, fibra de coco e vermiculita, com trinta e um dias

A semeadura para o ciclo dois foi realizada no dia 22 de fevereiro de 2016 e, após dez dias, foram transferidas para o sistema beçário, sendo transplantados seguidos os mesmos critérios utilizados para o primeiro ciclo.

Durante o experimento foram realizadas diariamente aferições de temperatura, pH, oxigênio dissolvido (O.D) com a utilização de um medidor multiparâmetro portátil marca INSTRUTERM-ORP<sup>®</sup>, e condutividade elétrica (CE), condutivimetro marca US<sup>®</sup> (Figura 8).



**Figura 8.** Medidor multiparâmetro (A) e condutivimetro (B)

As Figuras 9 e 10 mostram as plantas com 11 dias nos sistemas aquapônico e hidropônico respectivamente.



**Figura 9.** Plantas no sistema aquaponico aos onze dias .



**Figura 10.** Plantas no sistema hidropônico aos onze dias

A colheita do primeiro ciclo foi realizada dia 26 de fevereiro de 2016 e dia 06 de abril de 2016, para o segundo ciclo. O material vegetal foi levado para o laboratório, separado em parte aérea (talo e folhas) e raízes, para posterior lavagem com água deionizada. Posteriormente, foi realizada a pesagem e contagem de talos e folhas e raízes separadamente (Figura 11), medições da altura da planta (AP), determinação da massa fresca total (MFT), massa fresca da parte aérea (MFSR), número de folhas (NF), talo (T) e produtividade (P). Para determinação da matéria seca o material vegetal foi colocado para secar em estufa de ventilação forçada a

65°C por 72 horas. As amostras foram moídas em moinho tipo Willey e acondicionadas em sacos plásticos devidamente lacrados e encaminhadas ao laboratório para a determinação de macronutrientes conforme metodologia descrita por Bataglia et al. (1983).

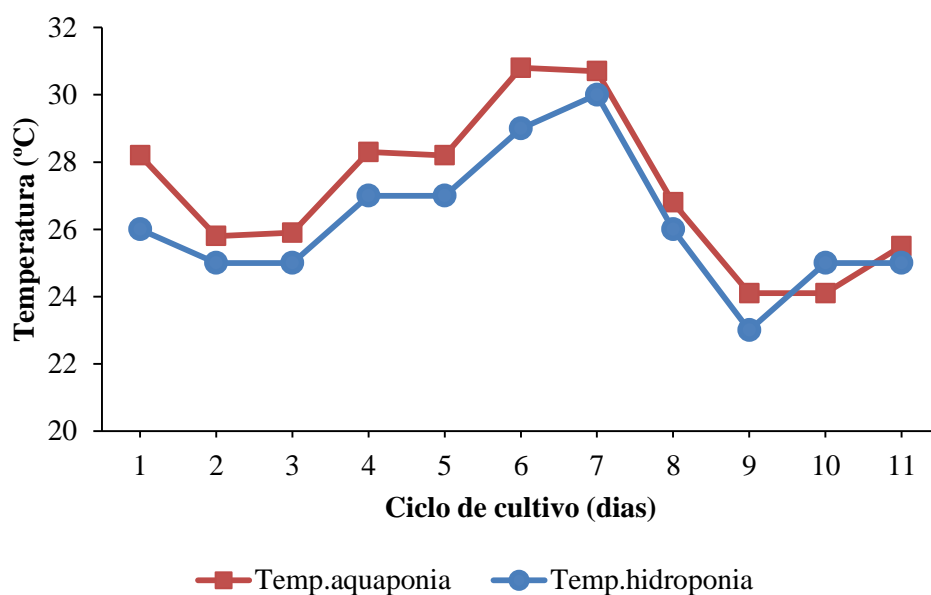
A produtividade (P) foi obtida a partir da massa fresca da parte aérea (sem raiz) (MFA), somando-se as médias das parcelas de cada tratamento, com base nas dimensões das parcelas e considerando o espaço entre elas, estimou-se a população de plantas por hectare. As médias dos resultados foram submetidas ao teste Tukey ( $p < 0,05$ ), sendo analisado os ciclos separadamente.



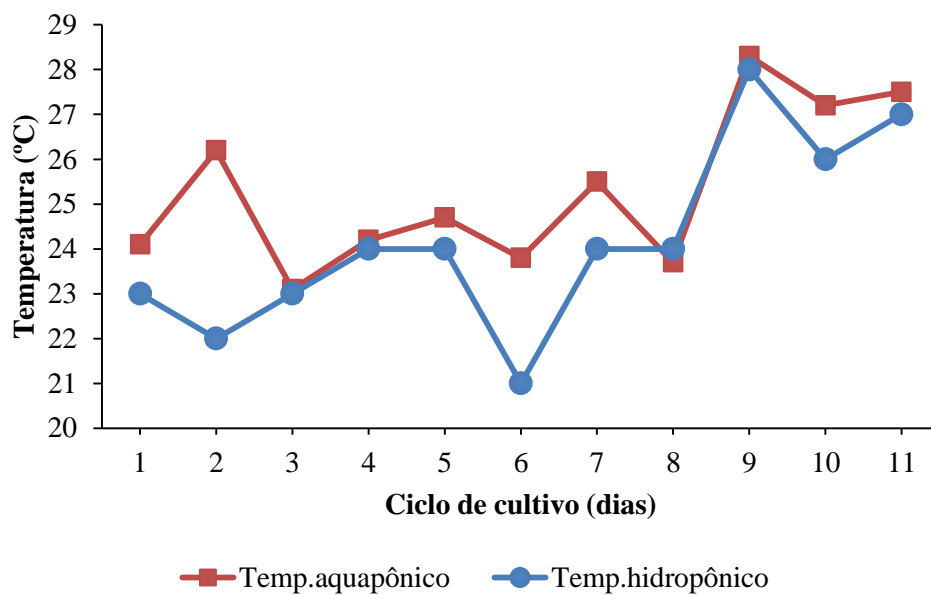
**Figura 11.** Pesagem e contagem da planta e folhas

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de temperatura média da água no sistema aquapônico foram de 27,12 °C durante o ciclo 1 e 25,3°C no ciclo 2, enquanto na hidroponia foram de 26,18 °C e 24,18 °C, respectivamente (Figuras 12 e 13). De maneira geral, os valores de temperatura encontrados tanto no ciclo 1 quanto no ciclo 2 no presente trabalho encontram-se semelhantes à literatura. Segundo Kubitza (2000), valores abaixo de 23°C ou acima de 32°C, podem ocorrer diminuição do apetite com consequente redução no crescimento dos peixes.

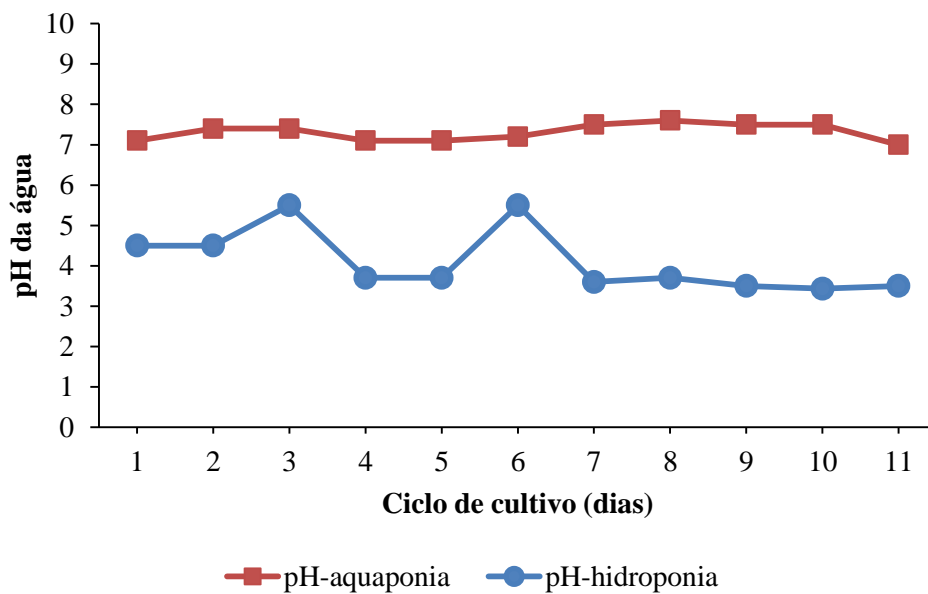


**Figura 12.** Temperaturas da água durante o ciclo 1 no sistema aquapônico e hidropônico



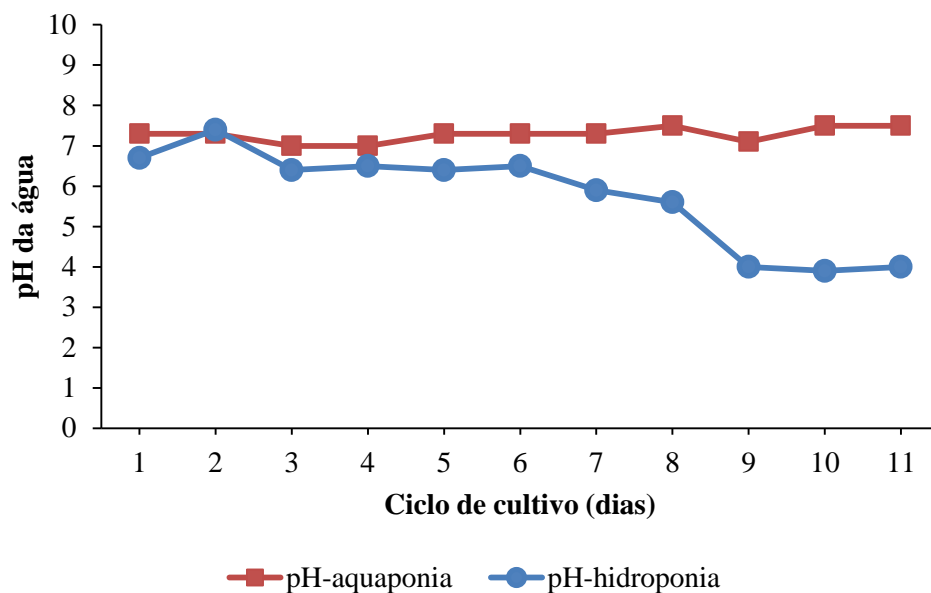
**Figura13.** Temperaturas da água durante o ciclo 2 no sistema aquapônico e hidropônico

Os valores médios de pH para aquaponia e hidroponia do ciclo 1 foram 7,3 e 4,1, respectivamente (Figura 14). Para o ciclo 2 os valores de pH no sistema aquapônico e hidropônico ficaram entre 7,2 e 5,3, respectivamente (Figura 15).



**Figura14.** Valores de pH para o sistema de aquaponia e hidroponia durante o ciclo 1

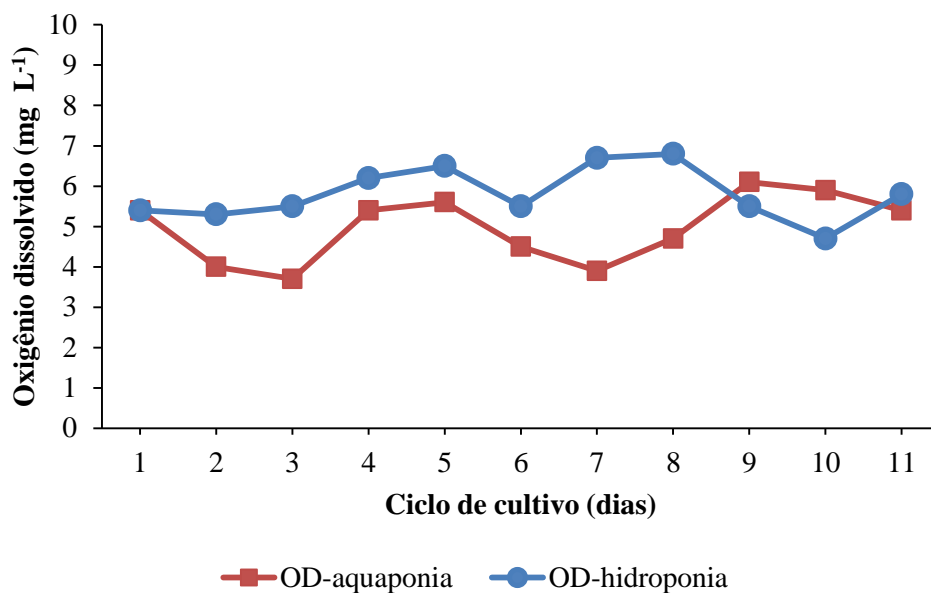




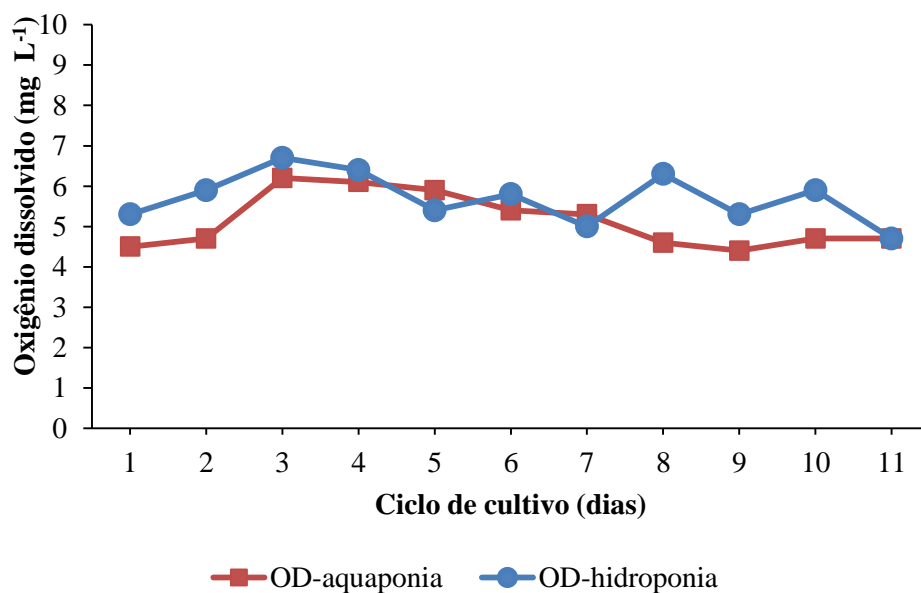
**Figura 15.** Valores de pH para o sistema de aquaponia e hidroponia durante o ciclo 2

Os resultados observados concordam com Carneiro et al. (2015), os quais relatam que a maioria das plantas no cultivo hidropônico crescem melhor com pH entre 5,5 e 6,5. Entretanto, para Barros et al. (2002), avaliando os níveis de vitamina C e Fe na produção de tilápias, indicaram que o pH ideal para o cultivo de tilápias se encontra em torno de 7,0. Jordan et al. (2011), mantiveram o valor de pH entre 6,8 e 7,0 num sistema aquapônico e obtiveram bons resultados.

As quantidades de oxigênio dissolvido em aquaponia e hidroponia no ciclo 1 variaram entre 6,1 mg L<sup>-1</sup> a 6,8 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 16). No ciclo 2 os valores variaram entre 6,2 mg L<sup>-1</sup> e 6,7 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 17).



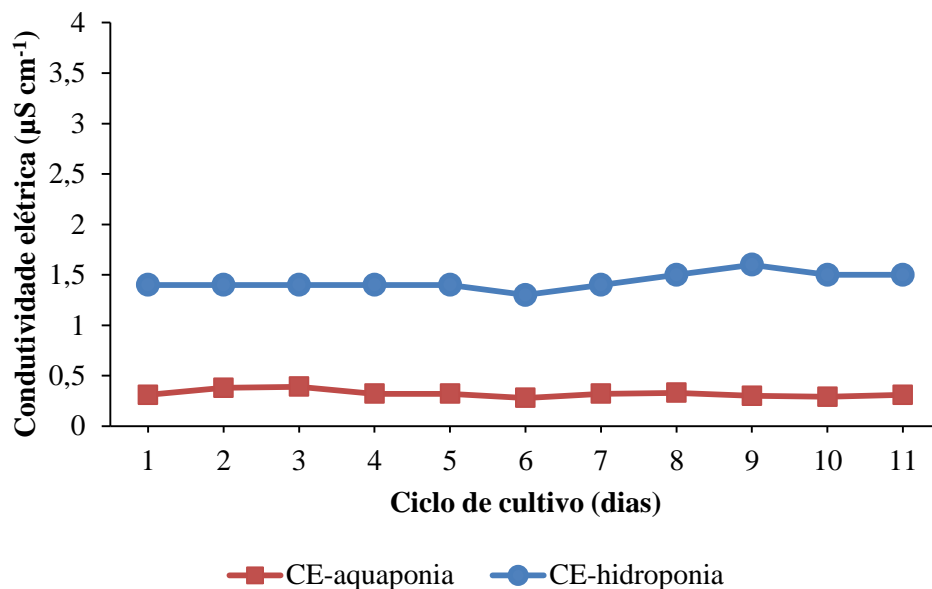
**Figura 16.** Valores de oxigênio dissolvido (OD) ciclo 1 para sistema de aquaponia e hidroponia



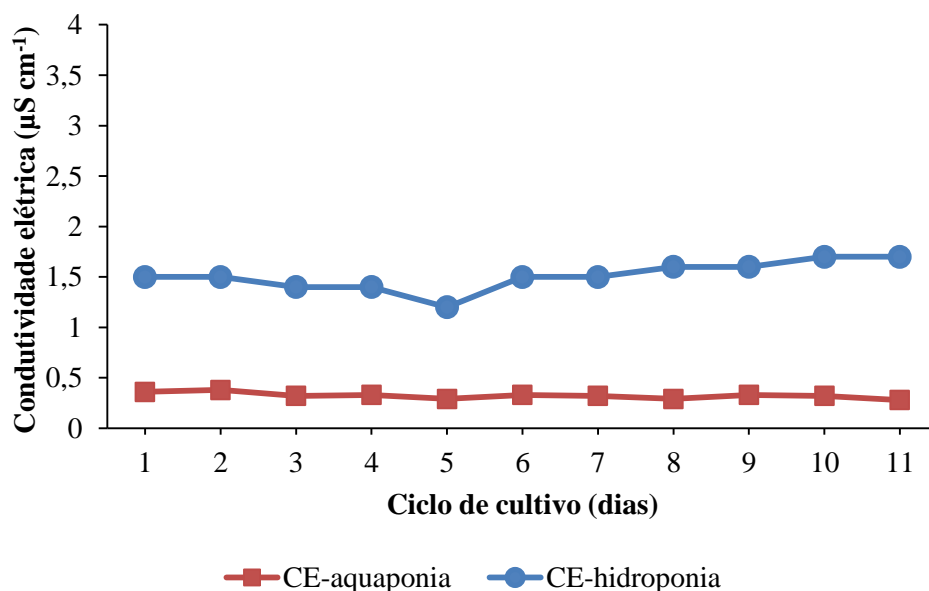
**Figura 17.** Valores de oxigênio dissolvido (OD) ciclo 2 para sistema de aquaponia e hidroponia

Castellane (2008), apresentou resultados semelhantes, em torno de  $5,06 \text{ mg L}^{-1}$  e  $6,94 \text{ mg L}^{-1}$ , ao avaliarem os efluentes de viveiros de camarões. Rakocy et al. (2006) sugerem que a quantidade de oxigênio dissolvido na água deve sempre ser superior a  $3 \text{ mg L}^{-1}$  para garantir o suprimento mínimo necessário aos três componentes biológicos presentes.

Os valores máximos de condutividade elétrica no presente experimento foram  $0,39 \mu\text{S cm}^{-1}$  em aquaponia e  $1,6 \mu\text{S cm}^{-1}$  em hidroponia no ciclo 1 (Figura 18). No ciclo 2 os valores de condutividade elétrica máximos foram de  $0,38 \mu\text{S cm}^{-1}$  no sistema aquapônico e  $1,7 \mu\text{S cm}^{-1}$  em hidroponia 2 (Figura 19).



**Figura 18.** Valores de condutividade elétrica observados nos sistemas de aquaponia e hidroponia durante o ciclo 1



**Figura 19.** Valores de condutividade elétrica observados nos sistemas de aquaponia e hidroponia durante o ciclo 2

Estes resultados estão semelhantes aos resultados divulgados por Barbosa et al. (2011) os quais obtiveram valores entre  $0,23 \mu\text{S cm}^{-1}$  a  $0,71 \mu\text{S cm}^{-1}$  na avaliação do aproveitamento da produção de tilápias na produção de manjerona e manjerição em sistemas de aquaponia e por Furlani et al. (1999), que sugere para o cultivo de alface hidropônico CE entre  $1,5 \mu\text{S cm}^{-1}$  a  $2,0 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

Os valores de produtividade da cultura, para o primeiro e segundo ciclo de cultivo são apresentados na Tabela 1 e 2, respectivamente.

**Tabela 1.** Produtividade da alface aquapônica e hidropônica (primeiro ciclo) em função de diferentes substratos de cultivo

Substratos	Produtividade da cultura ( $\text{kg m}^{-2}$ )		
	Sistema aquapônico	Sistema hidropônico	Médias dos substratos
Espuma fenólica	1,38 a A	1,60 a B	1,49 a
Vermiculita expandida	1,87 b A	1,81 a B	1,84 b
Fibra de casca de coco	1,56 a A	1,86 a B	1,71 b
Médias dos sistemas	1,60 A	1,76 B	

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ )

Na Tabela 1 observa-se que os sistemas apresentaram diferença estatística significativa em relação aos sistemas de cultivo. O sistema hidropônico resultou maior produtividade ( $1,76 \text{ kg m}^{-2}$ ) em relação ao sistema aquapônico ( $1,60 \text{ kg m}^{-2}$ ). No primeiro ciclo também se observa que o substrato que proporcionou maior produtividade foi a vermiculita ( $1,84 \text{ kg m}^{-2}$ ), sendo estatisticamente semelhante à fibra de casca de coco ( $1,71 \text{ kg m}^{-2}$ ).

Analisando o efeito dos substratos dentro do sistema de aquaponia, observa-se que a maior produtividade foi obtida utilizando vermiculita ( $1,87 \text{ kg m}^{-2}$ ). Ao passo que no sistema hidropônico a maior produtividade foi obtida utilizando o substrato de fibra de casca de coco ( $1,86 \text{ kg m}^{-2}$ ).

**Tabela 2.** Produtividade da alface aquapônica e hidropônica (segundo ciclo) em função de diferentes substratos de cultivo

Substratos	Produtividade da cultura (kg m <sup>-2</sup> )		
	Sistema aquapônico	Sistema hidropônico	Médias dos substratos
Espuma fenólica	1,94 a A	2,15 a A	2,05 a
Vermiculita expandida	2,42 b A	2,47 ab A	2,45 b
Fibra de casca de coco	2,88 c A	2,58 b B	2,78 c
Médias dos sistemas	2,41 A	2,43 A	

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05)

No segundo ciclo o sistema de aquaponia foi semelhante ao sistema de hidroponia. Além disso, o substrato que proporcionou maior produtividade foi a fibra de casca de coco (2,78 kg m<sup>-2</sup>). Resultados semelhantes foram observados por Geisenhoff et al. (2011) cultivando alface utilizando como substrato pedra brita número 3, com produtividade de 2,16 kg m<sup>-2</sup>.

Em relação à altura de planta no primeiro ciclo de cultivo, na comparação entre os sistemas, verifica-se que o sistema hidropônico obteve maior altura de planta (24,84 cm). Os substratos não apresentam diferença significativa (Tabela 3).

**Tabela 3.** Altura da planta de alface aquapônica e hidropônica (primeiro ciclo) em função de diferentes substratos de cultivo

Substratos	Altura da planta (cm)		
	Sistema aquapônico	Sistema hidropônico	Médias dos substratos
Espuma fenólica	21,56 a A	25,97 a B	23,77 a
Vermiculita expandida	24,59 b A	24,12 b A	24,36 a
Fibra de casca de coco	22,56 a A	24,44 a B	23,50 a
Médias dos sistemas	22,90 A	24,84 B	

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05)

No segundo ciclo de cultivo os sistemas também apresentaram diferença estatística. O sistema hidropônico foi o que proporcionou maior produtividade (25,20

kg m<sup>-2</sup>). Contudo, diferentemente do primeiro ciclo, o substrato constituído por espuma fenólica proporcionou maior produtividade em relação aos demais (24,40 kg m<sup>-2</sup>) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Altura da planta de alface aquapônica e hidropônica (segundo ciclo) em função de diferentes substratos de cultivo

Substratos	Altura da planta (cm)		
	Sistema aquapônico	Sistema hidropônico	Médias dos substratos
Espuma fenólica	22,34 a A	26,46 a B	24,40 a
Vermiculita expandida	23,25 a A	24,75 b B	24,00 b
Fibra de casca de coco	23,56 a A	24,38 ab A	23,97 b
Médias dos sistemas	23,05 A	25,20 B	

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05)

Os resultados relacionados à massa fresca da parte aérea não foram semelhantes quando se compara entre os ciclos de cultivo. No primeiro ciclo de cultivo, os valores de massa fresca da parte aérea no sistema hidropônico foram superiores ao sistema aquapônico (Tabela 5). Enquanto que no segundo ciclo as médias de massa fresca da parte aérea entre os sistemas de cultivo foram semelhantes (Tabela 6).

**Tabela 5.** Massa fresca da parte aérea de alface aquapônica e hidropônica (primeiro ciclo) em função de diferentes substratos de cultivo

Substratos	Massa fresca da parte aérea (g planta <sup>-1</sup> )		
	Sistema aquapônico	Sistema hidropônico	Médias dos substratos
Espuma fenólica	55,04 a A	63,92 a B	59,48 a
Vermiculita expandida	74,67 b A	72,45 a A	73,56 b
Fibra de casca de coco	62,40 a A	74,20 a B	68,30 b
Médias dos sistemas	64,04 A	70,19 B	

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05)

Em relação ao efeito do substrato sobre a massa fresca da parte aérea, no primeiro ciclo de cultivo os substratos que proporcionou maiores médias foram a vermiculita e a fibra de casca de coco, sendo estatisticamente semelhantes. As médias observadas para vermiculita e para fibra de casca de coco foram de 73,56 e 68,30 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente.

No segundo ciclo de cultivo a fibra de casca de coco apresentou maiores médias de massa fresca da parte aérea (109,25 g planta<sup>-1</sup>). A espuma fenólica apresentou menor a menor média de massa fresca da parte aérea (81,94 g planta<sup>-1</sup>). Resultados semelhantes foram observados por Geisenhoff et al. (2016) avaliando um sistema semelhante, com médias de 86,20 g planta<sup>-1</sup> para massa fresca da parte aérea, utilizando como substrato pedra brita número 3 e alface cv. Veronica.

Utilizando cultivar Veronica em cultivo convencional e avaliando diferentes doses de fósforo, Kano et al. (2012) apresentaram valores de 166 g planta<sup>-1</sup> de massa fresca da parte aérea. Contudo Duarte et al. (2012) avaliando diferentes concentrações de adubo orgânico, também em cultivo convencional (com solo) e cultivar Regina 2000 obtiveram resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho com massa fresca de 90,30 g planta<sup>-1</sup>.

**Tabela 6.** Massa fresca da parte aérea de alface aquapônica e hidropônica (segundo ciclo) em função de diferentes substratos de cultivo

Substratos	Massa fresca da parte aérea (g planta <sup>-1</sup> )		
	Sistema aquapônico	Sistema hidropônico	Médias dos substratos
Espuma fenólica	77,78 a A	86,10 a A	81,94 a
Vermiculita expandida	96,93 b A	98,81 ab A	97,87 b
Fibra de casca de coco	115,20 c A	103,29 b B	109,25 c
Médias dos sistemas	96,63 A	96,07 A	

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05)

Foram observadas diferenças significativas entre o sistema aquapônico e hidropônico em relação ao elemento cálcio, sendo destaque o substrato fibra de coco, com média de 9,08 ± 1,32 g kg<sup>-1</sup>, apresentando resultado significativo em relação a

avaliação dos substratos, perante os demais, sendo  $7,38 \pm 2,15 \text{ g kg}^{-1}$ , valor médio para vermiculita e  $6,60 \pm 2,18 \text{ g kg}^{-1}$ , para espuma fenólica (Tabela 7).

Almeida et al. (2011) constataram que a omissão de cálcio para plantas de alface resultaram menor altura, área foliar e número de folhas, e conseqüentemente menor produção de massa seca da parte aérea e radicular, quando comparadas a solução completa. Os teores de Ca encontrados no presente trabalho encontram-se abaixo do encontrados na literatura especializada (RAIJI et al., 2006; KANO et al., 2012; ALMEIDA et al., 2011; GEISENHOFF et al., 2016).

Apesar de não haver diferença significativa tanto entre substratos quanto aos sistemas, os níveis de Mg verificados no presente trabalho foram  $3,71 \pm 0,58 \text{ g kg}^{-1}$  de Mg para o substrato fibra de coco,  $3,27 \pm 0,32 \text{ g kg}^{-1}$  de Mg para vermiculita e  $3,50 \pm 0,39 \text{ g kg}^{-1}$  de Mg para o substrato espuma fenólica.

Kano et al. (2012) encontraram resultados semelhantes no sistema convencional, com valores entre 3,1 a  $3,6 \text{ g kg}^{-1}$  de magnésio. Geisenhoff et al. (2016) avaliando um sistema aquaponico encontrou teores de 4 a  $6 \text{ g kg}^{-1}$  de magnésio. Em hidroponia, Almeida et al. (2011) relataram ter encontrados concentrações semelhantes entre 0,7 a  $5,5 \text{ g kg}^{-1}$  de Mg.

Os teores de N encontrados nas folhas encontram-se dentro dos níveis recomendados na literatura, os substratos obtiveram médias semelhantes, não se destacando estatisticamente entre si. Entre os sistemas, o hidropônico obteve média significativa em relação ao sistema aquaponico,  $53,49 \pm 4,86 \text{ g kg}^{-1}$  e  $45,85 \pm 3,86 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente, porém não houve interação entre sistemas. De acordo com Geisenhoff et al. (2016) e Raiji et al. (1996) os níveis adequados de N, encontram-se na faixa de 30 a  $50 \text{ g kg}^{-1}$ .



**Tabela 7.** Teores de macronutrientes ( g kg<sup>-1</sup>) na parte aérea das plantas de alface, produzidas em sistemas aquapônico e hidropônico cultivados em diferentes substratos

Nutriente	Substrato	Sistemas		Média	CV%	P <sub>(valor)</sub>	
		Aquaponia	Hidroponia				
Ca	EF	8,40 ± 1,55	4,81 ± 2,18	6,60 ± 2,18 b	17,12	Substrato	0,0001
	FC	9,90 ± 0,96	8,27 ± 1,17	9,08 ± 1,32 a		Sistema	0,004
	VE	8,77 ± 2,04	5,98 ± 1,19	7,38 ± 2,15 b		Sub x sist.	0,34
	Média	9,03 ± 1,58 a	6,35 ± 1,17b				
Mg	EF	3,64 ± 0,49	3,37 ± 0,26	3,50 ± 0,39	11,94	Substrato	0,28
	FC	3,45 ± 0,65	3,98 ± 0,38	3,71 ± 0,58		Sistema	0,13
	VE	3,11 ± 0,38	3,42 ± 0,17	3,27 ± 0,32		Sub x sist.	0,17
	Média	3,40 ± 0,52	3,59 ± 0,38				
N	EF	44,8 ± 1,17	55,83 ± 6,62	50,31 ± 7,40	9,0	Substrato	0,0006
	FC	46,2 ± 2,85	50,58 ± 3,97	48,39 ± 3,96		Sistema	0,62
	VE	46,55 ± 6,42	54,08 ± 2,82	50,31 ± 6,10		Sub x sist..	0,35
	Média	45,85 ± 3,86 b	53,49 ± 4,86 a				
P	EF	3,27 ± 1,05 a B	2,67 ± 0,71 b A	2,97 ± 0,98 c	22,43	Substrato	0,0001
	FC	6,24 ± 1,19 a A	2,22 ± 0,45 b A	4,23 ± 2,31 b		Sistema	0,004
	VE	7,02 ± 1,14 a A	2,14 ± 0,34 b A	4,58 ± 2,72 a		Sub x sist..	0,0003
	Média	5,51 ± 1,97 a	2,34 ± 0,53 a				
K	EF	0,96 ± 0,14 a A	0,77 ± 0,05 a B	0,87 ± 0,14	12,9	Substrato	0,07
	FC	0,96 ± 0,15 a A	1,23 ± 0,07 a A	1,10 ± 0,18		Sistema	0,006
	VE	0,85 ± 0,07 a A	1,07 ± 0,20 a A	0,96 ± 0,18		Sub x sist..	0,0030
	Média	0,92 ± 0,13	1,02 ± 0,23				

AP= altura da planta cm<sup>-1</sup>; MFSR= Massa fresca sem raiz; NF= Número de folhas; FC=Fibra de casca de coco; Feno=Espuma fenólica; Vermic=Vermiculita: Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). NS =Não significativo; \*P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\*P<0,001; ns = não significativo.

Tischer et al. (2012) relatam que a omissão ou falta de N resultou em maior redução do comprimento e massa da parte aérea, podendo considerar que tal ausência interfere diretamente no desenvolvimento da parte aérea, sendo esta a mais importante comercialmente. No final do ensaio, notou-se o amarelecimento generalizado das folhas, até mesmo das folhas mais novas, clorose praticamente completa e necrose das folhas mais velhas.

Em relação ao P, foram observadas diferenças significativas em relação aos diferentes substratos e sistemas. Nota-se interação significativa entre o sistema de aquaponia e hidroponia, onde o sistema aquapônico apresenta as melhores valores médios, sendo  $5,51 \pm 1,97 \text{ g kg}^{-1}$  de P para aquaponia e  $2,34 \pm 0,53 \text{ g kg}^{-1}$  de P em hidroponia. Em média, as plantas possuem cerca de 5% de nutrientes minerais na massa seca total, porém existem grandes diferenças entre cultivares (KANO et al., 2012).

No entanto, Almeida et al. (2011) utilizando concentrações reduzidas em hidroponia, encontraram valores mínimos de  $3,2 \text{ g kg}^{-1}$  de P. Segundo Tischer et al. (2012), a omissão de P provocou a redução no desenvolvimento final das plantas em todas as variáveis analisadas.

Com relação ao nutriente K, não houve diferença estatística significativa em relação aos substratos, entretanto observa-se uma interação significativa comparando os sistemas. O sistema hidropônico apresentou os melhores valores, sendo:  $1,23 \pm 0,07 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $0,77 \pm 0,05 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $1,07 \pm 0,2 \text{ g kg}^{-1}$  para fibra de coco, vermiculita e espuma fenólica, respectivamente. O sistema aquapônico apresentou os seguintes valores:  $0,96 \pm 0,15 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $0,96 \pm 0,14 \text{ g kg}^{-1}$  e  $0,85 \pm 0,07 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente.

No presente trabalho não foram observados sintomas de deficiência de potássio nas plantas. A ausência do potássio na solução nutritiva diminuiu significativamente o crescimento e produção da matéria fresca das plantas induzindo o surgimento de sintomas visuais característicos de deficiência do nutriente. As plantas apresentaram perda de turgescência, flacidez, iniciando os sintomas com clorose seguidos de pontos escuros nas margens das folhas mais velhas, afetando toda a folha e causando aspecto de queima necrótica, seguida da morte do tecido vegetal e conseqüentemente queda das folhas. Isso se deve ao fato de o potássio agir na planta principalmente como ativador enzimático, regulador de abertura e fechamento dos estômatos, além de atuar como regulador do turgor celular

(ALMEIDA et al., 2011). Segundo Malavolta et al. (1997) os teores de potássio recomendados encontram-se na faixa de  $50 \text{ g kg}^{-1}$ .

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados apresentaram que no primeiro ciclo de cultivo, a maior produtividade foi obtida pelas plantas cultivadas no sistema hidropônico ( $1,76 \text{ kg m}^{-2}$ ). Os substratos que obtiveram maiores produtividades foram a vermiculita expandida ( $1,84 \text{ kg m}^{-2}$ ) e a fibra de casca de coco ( $1,71 \text{ kg m}^{-2}$ ). No segundo ciclo de cultivo, os sistemas de produção foram semelhantes e a fibra de casca de coco apresentou maior produtividade da cultura ( $2,78 \text{ kg m}^{-2}$ ). Em relação à análise foliar, enquanto que os teores de magnésio e potássio foram semelhantes entre os sistemas de produção, os teores de cálcio, nitrogênio e fósforo foram semelhantes entre os sistemas de produção. Como as plantas não apresentaram deficiência visual de nutrientes, isso sugere que assim como o sistema hidropônico, o sistema aquapônico proporciona condições favoráveis para o cultivo de alface.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, I. M. O.; JUNQUEIRA, A. M. R.; PEIXOTO, J. R.; OLIVEIRA, A. R. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30 p. 108-118, maio 2010.
- ALMEIDA, T.B.F. PRADO, R.M.; CORREIA, M.A.R.; PUGA, A.P.; BARBOSA, J.C. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Biotemas**, v. 24, n. 2, p. 27-36, 2011.
- ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria. UFSM. 1999.
- APRÍGIO, A., REZENDE, R., DE FREITAS, P. S., COSTA, A. R. D.; SOUZA, R. S. D. Nitrate content in hydroponic lettuce in function of flow rate and post-harvest periods. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, 946-951, 2012.
- BATISTA, M. A. V.; VIEIRA, L. A.; SOUZA, J. P.; FREITAS, J. D. B.; BEZERRA NETO, F. Efeito de diferentes fontes de adubação sobre a produção de alface no município de Iguatu-Ce. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 8-11, 2012.
- BAUM, C. Gardening in fertile water. **New Alchemy Quarterly**, Hatchville, v. 5, p. 3-8, 1981.
- BENINNI, E.R.Y.; TAKAHASHI, H.W.; NEVES, C.; SILVIA, V.J. Calcium management in hydroponic lettuce. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 605-610, 2003.
- BEZERRA NETO, E., SANTOS, R.L., PESSOA, P.M.A., ANDRADE, P.K.B., OLIVEIRA, S.K.G. & MENDONÇA, I.F. Tratamento de espuma fenólica para produção de mudas de alface. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 5:418–422. 2010.
- BEZERRA, FRED CARVALHO. **Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003.
- BITTENCOURT, A.M. **O cultivo do nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss): Uma visão econômica**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.
- BLAT, S. F., SANCHEZ, S. V., ARAÚJO, J. A. C., & BOLONHEZI, D. Performance of lettuce cultivars grown in two environments, in the NFT hydroponic system. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.1, 135-138, 2011.
- CABRAL, M.G.; SANTOS, G. A.; SANCHES, S.B.; LIMA, W.L.; RODRIGUES, W.N. Avaliação de substratos alternativos para a produção de mudas de alface utilizados no sul do Estado do Espírito Santo. **Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento Sustentável**. Mossoró, RN- Brasil; v.5, n.1, p.43-48 Janeiro e MARÇO, 2011.

CASTELLANE, P.D. ; ARAÚJO, J. C. Cultivo sem solo – hidroponia. **SOB Informa**, Itajaí, v.13, n.1, p.28-29, 1994.

COMETTI, N. N., MATIAS, G. C. S., ZONTA, E., MARY, W.; FERNANDES, M. S. Compostos nitrogenados e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica, hidropônica e convencional1. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 4, 2004.

COMETTI, N. N. (2003). **Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.) em cultura hidropônica–sistema NFT**. Seropédica: UFRRJ. 128p (Tese doutorado).

DA SILVA, A.C. Reaproveitamento da casca de coco verde. **Revista Monografias Ambientais**. v. 13, n. 5, p. 4077-4086, 2014.

DA SILVA, A.C.; FRANÇA, N.R. Mesocarpo de coco verde utilizado na produção da alface. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 17, n. 17, p. 3240-3245, 2014.

DA SILVA, M.S.C.; NETO, V.C.L. Doenças em cultivos hidropônicos de alface na região metropolitana de Curitiba/PR. **Scientia agraria**, v. 8, n. 3, p. 275-283, 2007.

DEDIU, L.; CRISTEA, V.; XIAOSHUAN, Z. Waste production and valorization in an integrated aquaponic system with bester and lettuce. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v.11, n.9, p.2349-2358, jan. 2012.

GRACIANO, J.A.; ZARATE, N.A.H; VIEIRA, M.C.; GIULIANI, A.R.; SOUZA, T.M.; QUAST, A. Produção e renda bruta de rabanete e alface em cultivo solteiro e consorciado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 3, 2007.

DIVER S. **Aquaponics-Integration of Hydroponic with Aquaculture**. National Sustainable Agriculture Information Service, 2006.

DORIGUÊTTO, M.C.S. **Características comerciais e qualidade de sementes de linhagens avançadas de alface americana**. 2014. (Dissertação UFLA)

ECHER, M.M.; GUIMARÃES, F.V.; ARANDA, A.N.; BORTOLAZZO, E.D.; BRAGA, J.S. Avaliação de mudas de beterraba em função do substrato e do tipo de bandeja. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, n.1, p. 45-50, 2007.

EGÍDIO, Neto Bezerra; LEVY, Barreto Paes. AS TÉCNICAS DE HIDROPONIA. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, [S.l.], v. 8, p. 107-137, set. 2013. ISSN 2448-2811. Disponível em: <<http://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/152>>. Acesso em: 30 nov. 2016.

FAO, 2014 FAO (Food and agriculture organization of the United Nations). **The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges**.FAO, Rome, Italy 2014.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ª edição. Viçosa, UFV. 2008, 421p.

FURLANI, P.R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de Hidroponia NFT. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, n. 168, p. 30, 1998.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_1/hidroponiap1/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/hidroponiap1/index.htm)>. Acesso em: 1/8/2017.

GEISENHOFF, L.O.; PEREIRA, G. M. ; Faria, L. C.; Lima Junior, J. A. D.; COSTA, G. G. ; GATTO, R. F. Viabilidade econômica da produção de alface hidropônica em Lavras-MG. **Agrarian**, v. 2, n. 6, p. 61-69, 2009.

GEISENHOFF, L.O.; JORDAN, R.A.; SANTOS, R.C.; OLIVEIRA, F.C.D.; GOMES, E. P. Effect of different substrates in aquaponic lettuce production associated with intensive tilapia farming with water recirculation systems. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 2, p.291-299, 2016.

GRANGEIRO, L. C.; COSTA, K. R.; MEDEIROS, M. A.; SALVIANO, A. M.; NEGREIROS, M. Z.; BEZERRA NETO, F.; OLIVEIRA, S. L. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivada em condições do Semiárido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 190-194, 2006.

HOAGLAND, D. R; ARNON, D. I. **The waterculture method for growing plants without soil**. Berkeley, CA: Agric. Exp. Stn., Univ. of California, 1950. (Circular, 347).

HU, Z.; LEE, J. W.; CHANDRAN, K.; KIM, S.; KHANAL, S. K. Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emission from aquaculture: a review. **Environmental science & technology**, v.46, n. 12, p.6470-6480, 2012.

JORDAN, R. A.; CAVICHIOLO, F.; GEISENHOFF, L.; SANTOS, R. C.; SILVEIRA JR, V.; DE CAMARGO NEVES FILHO, L.; SANTOS, H. **Aquicultura em sistema fechado e controlado-integração biodigestor/aquaponia-produção sustentável de peixes, hortaliças e bioenergia**. 2011. Acesso em <http://www.geprea.com.br/gallery/aquicultura%20em%20sistema%20fechado.pdf>

JUNQUEIRA, A.M.R.; LIMA, J.A.; PEIXOTO, J.R. **Hidroponia: cultivo sem solo**. Brasília: UnB, Curso de Extensão da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 1997. 31 p.

KOPP, L.M.; SCHUNEMANN, A.P.P.; NETO, J.B.; DE SOUZA LEMOS, C.A.; SIMONETTI, R.B.; SILVA, É.S.B. Avaliação de seis cultivares de alface sob duas soluções nutritivas em sistema de cultivo hidropônico. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 7/8, n.1, p. 7-16. 2000/2001.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Ed. do Autor. (2000).

LANDESMAN, L. Overwintering tilapia in a re-circulating system. In: WELSH, G. (Ed.). **Essays on food and energy**. Catonsville: Foundation for Self Sufficiency, 1977. p. 121-127.

LAOHAVISUTI, N. **Uses of aquatic macrophytes for nutrient removal in a recirculating system for tropical fish culture.** 2000. 178 f. Dissertation -Asian Institute of Technology, Bangkok.

Malavolta, E. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações/Eurípedes Malavolta, Godofredo Cesar Vitti, Sebastião Alberto de Oliveira.—2. ed., ver. e atual. **Piracicaba: Potafos.**

Magalhães, A. G., Menezes, D., Resende, L. V., & Bezerra Neto, E. (2010). Desempenho de cultivares de alface em cultivo hidropônico sob dois níveis de condutividade elétrica. **Horticultura Brasileira**, 28(3), 316-320.

MARISCAL-LAGARDA, M. M.; PÁEZ-OSUNA, F.; ESQUER-MÉNDEZ, J. L.; GUERRERO-MONROY, I.; DEL VIVAR, A. R.; FÉLIX-GASTELUM, R. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: management and production. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 366-367, p. 76-84, 2012.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** (2nd edition).London. Elsevier Ltd.. 1995.

MARTINEZ, H.E.P. & SILVA FILHO, J.B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas.** Viçosa.UFV. 2006.

MARTINEZ, H.E.P., CLEMENTE, J.N. **O uso de cultivo hidropônico de plantas em pesquisa.** Viçosa, 2011. 76 p.

MARTINS, C. I. M.; EDING, E. H.; VERDEGEM, M. C. J.; HEINBROEK, L. T. N.; SCHNEIDER, O.; BLANCHETON, J. P.; ROQUE D'ORBCASTEL, E.; VERRETH, J. A. J. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. **Aquaculture Engineering**, v. 43, n. 3, p. 83-93, nov. 2010.

Martins, C. C., Machado, C. G., Caldas, I. G. R., & Vieira, I. G. (2011). Vermiculita como substrato para o teste de germinação de sementes de barbatimão. **Ciência Florestal**, 21(3), 421-427.

MORRIS, J.A., A. THOMAS, A.L. RHYNE, N. BREEN, L. AKINS, AND B. NASH. 2011. "Nutritional Properties of the Invasive Lionfish: A Delicious and Nutritious Approach for Controlling the Invasion." **Aquaculture, Aquariums, Conservation & Legislation 5:** 99-102.

MORRIS, V. R.; ALVARIÑO, J. M. R.; DURAN, J. M. Aquaponics: integrating fish feeding rates and MARISCAL-LAGARDA, M. M.; PÁEZ-OSUNA, F.; ESQUER-MÉNDEZ, J. L.; GUERRERO-MONROY, I.; DEL VIVAR, A. R.; FÉLIX-GASTELUM, R. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: management and production. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 366-367, p. 76-84, 2012.

NAEGEL, L. C. A. Combined production of fish and plants in a re-circulating water. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 10, n. 1, p. 17-24, 1977.



NARDI, Henrique Caetano; TITTONI, Jaqueline; BERNARDES, Jefferson. Subjetividade e trabalho. **Trabalho e tecnologia; dicionário crítico**, v. 2, p. 240-6, 1997.

NAVARRO, S. P., RIBEIRO, N. P., TOMIELIS, I. P., GUILHERME, D. O., CEREDA, M. P., & dos Santos BRITO, V. H. (2015). Desempenho Técnico de Espuma Biodegradável (À Base de Amido) no Estabelecimento de Plântulas para Cultivo Hidropônico. **Cadernos de Agroecologia**, 9(4).

OLIVEIRA, C.E.P.; LUZ, J.M.Q.; MARTINS, S.T.; DINIZ, K.A.; CARLIS, G.C.; SILVA, A.M. Produção de cultivares de alface em sistema hidropônico com perfis parciais ou totalmente pintados de branco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, 2003.

PATEKOSKI, KATYA DA SILVA. **Patogenicidade e controle biológico de *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. em variedades de alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico**. 2010. Tese de Doutorado. Instituto de Botânica.

PAULUS, Dalva; DOURADO NETO, Durval; PAULUS, Eloi. Sensory analysis, nitrate and nutrient concentration of lettuce grown in hydroponics under saline water. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 18-25, 2012.

PEDRA, W. N.; MARINO, R. H. Cultivo axênico de *Pleurotus* spp. em serragem da casca de coco (*Cocos nucifera* Linn.) suplementada com farelo de arroz e/ou de trigo. **Arq. Inst. Biol**, v. 73, n. 2, p. 219-225, 2006.

PEREIRA, Claudio; JUNQUEIRA, Ana Maria R.; OLIVEIRA, Sebastião Alberto de. Nutrients balance and tip burn incidence in lettuce from hydroponic system-NFT. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 810-814, 2005.

PIERCE, B. Water re-uses aquaculture systems in two greenhouses in northern Vermont. **Proceedings of the World Mariculture Society**, Baton Rouge, v. 11, n. 1-4, p. 118-127, 1980.

QUEIROZ LUZ, J. M., ALVES DINIZ DA SILVA, M., LIMA HABER, L., PIROLLA, A. C., & ARVATI DORO, L. F. (2009). Cultivo hidropônico de chicórias lisa e crespa e almeirão em diferentes concentrações de solução nutritiva. **Revista Ciência Agronômica**, 40(4).

RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. **Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture**. Texas: Southern Regional Aquaculture Center, Texas A & M University, 2006. (SRAC Publication No. 454).

RESH, H. M. **Hydroponic food production**. Califórnia: Woodbridge Press, 1996.527 p.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP. 765 p. 2002.

RODRIGUES, M. L.; BATISTA, F. A.; NASCIMENTO, W. L.; VIEIRA, L. R.; RODRIGUES, R. C. Mudanças de alface (*Lactuca sativa* L.) produzidas com diferentes substratos orgânicos. In: Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação, 7, Palmas, 2012. **Resumos Anais...** Palmas – TO, 2012.

SANCHEZ, Sergio Veraguas. **Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP).** 2007.

SANTI, A., SCARAMUZZA, W. L. M. P., NEUHAUS, A., DALLACORT, R., KRAUSE, W., & TIEPPO, R. C. (2013). Desempenho agrônomico de alface americana fertilizada com torta de filtro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, 31, 338-343.

SALA, F. C.; COSTA, CP Da. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.

SCHWITZGUÉBEL e WANG, 2007 JP Schwitzguébel, H. Wang. **Environmental impact of aquaculture and to aquaculture pollution in China.** Environ. Sci. Pollut. Res., 14 (7) (2007), pp. 452-462.

SHANNON, M. C. Adaptation of plants to salinity. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 60, n. 1, p. 75-120, 1997.

SIKAWA, D. C.; YAKUPITIYAGE, A. The hydroponic production of lettuce (*Lactuca sativa* L.) by using hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) pond water: potentials and constraints. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 9, p. 1317-1325, 2010.

SILVA, E.A.; MENDONÇA, V.; TOSTA M.S.; OLIVEIRA, A. C.; REIS, LL.; BARDIVIESSO, D.M. Germinação da semente e produção de mudas de cultivares de alface em diferentes substratos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, n.2, p.245-254, 2008.

SNEED, K.; ALLEN, K.; ELLIS, J. Fish farming and hidroponics. **Aquaculture and the Fish Farmers**, v. 2, p. 18-20, 1975.

TAVARES-DIAS, M., & MARIANO, W. (2015). **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas.** São Carlos: Pedro & João Editores.

TAVELLA, L.B.; GALVÃO, R. DE O. ; FERREIRA, R.L.F. ARAÚJO NETO, S. E.; NEGREIROS, J.R.S. Cultivo orgânico de coentro em plantio direto utilizando cobertura viva e morta adubado com composto. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, n.4, p. 614-618, 2010.

TYSON, R.V.; TREADWELL, D.D.; SIMONE, E.H. 2011 R.V. TYSON, D.D TREADWELL, E.H. SIMONE. **Opportunities and challenges to sustainability in aquaponics.** Hort Technol., 21 (1) (2011), pp.6-13.

VIJAYALAKSHMI, K., B. SUBHASHINI AND SHIVANI KOUL. **Plants in Pest Control: Persian Lilac**, Centre for Indian Knowledge Systems, Chennai, 1996. 30 p.