

**Avaliação de desempenho entre substrato e um sistema de aquaponia com tilápias
(*Oreochromis niloticus*) para o cultivo de alface (*Lactuca sativa*)
e chicória (*Cichorium intybus*)**

Cristiano Dalmoro Rigo^{(1)*}, Dr. Antônio Augusto Alves Pereira⁽²⁾

(1) Acadêmico do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

(2) Professor Associado, Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

* E-mail: cristianoaca14@hotmail.com

Resumo: Tilápias (*Oreochromis niloticus*), alface (*Lactuca sativa*) e chicória (*Cichorium intybus*) foram utilizadas para testar o desempenho inicial de um sistema de produção integrado de aquaponia experimental com água doce. A densidade de cultivo foi equivalente a 96 peixes/m³ com peso médio inicial 0,13 (g/peixe). Utilizou-se arraçoamento com base em 10% da biomassa dos tanques, com ração comercial peletizada de 7 mm contendo 28% de proteína bruta (PB). A sobrevivência dos peixes foi de 93,75%. As tilápias apresentaram ganho de biomassa total de 1,41 gramas, e taxa de crescimento 0,133 (g/dia). Através do software GRAPH obteve-se coeficiente angular F(x) nos tratamentos com chicória F(x)= 0,6834 para testemunha e F(x)= 0,3883 na aquaponia e para a alface F(x)= 0,4767 para testemunha e F(x)= 0,3686 na aquaponia. No software Excel foi obtida a média e o desvio padrão (em gramas) das hortaliças nos tratamentos. Na aquaponia foi de 69,18±20,42 e 64,37±16,33 para alface e chicória, respectivamente, e na testemunha foi de 99,48±19,51 e 140,21±28,97 respectivamente para alface e chicória. De forma geral, os resultados sugerem que a elaboração de um sistema de aquaponia seja compatível com a biomassa de peixe no sistema, para produzir peixes e vegetais com maior eficiência dos recursos disponíveis.

Palavras-chave: Filtro biológico, densidade de peixes, bactérias nitrificantes, sistemas de recirculação de água.

Abstract: Tilapia (*Oreochromis niloticus*), lettuce (*Lactuca sativa*) and chicory (*Cichorium intybus*) were used to test the initial performance of an integrated system of experimental

aquaponics with fresh water. The culture density was equivalent to 96 fish / m³ with initial mean weight 0.13 (g / fish). Feeding was done based on 10% of the biomass of the tanks, with commercial pelleted feed of 7 mm containing 28% crude protein (CP). Fish survival was 93.75%. Tilapia presented total biomass gain of 1.41 grams, and growth rate 0.133 (g / day). Using the GRAPH software, angular coefficient $F(x)$ was obtained for treatments with chicory $F(x) = 0.6834$ for control and $F(x) = 0.3888$ for aquaponics and for lettuce $F(x) = 0.4767$ For control and $F(x) = 0.3668$ on the aquaponics. In the Excel software, the mean and the standard deviation (in grams) of the vegetables in the treatments were obtained. In the aquaponics it was 69.18 ± 20.42 and 64.37 ± 16.33 for lettuce and chicory, respectively, and in the control it was 99.48 ± 19.51 and 140.21 ± 28.97 respectively for lettuce and chicory. In general, the results suggest that the development of an aquaponics system is compatible with the fish biomass in the system, to produce fish and vegetables with greater efficiency of the available resources.

Key words: Biological filter, fish density, nitrifying bacteria, water recirculation systems.

1. Introdução

A palavra “aquaponia” é derivada da combinação entre “aquicultura” (produção de organismos aquáticos) e “hidroponia” (produção de plantas sem solo) e refere-se à integração entre a criação de organismos aquáticos, principalmente peixes, e o cultivo de vegetais hidropônicos. É basicamente um sistema integrado que une a produção de diversos organismos aquáticos como peixes e camarões com a produção de vegetais em hidroponia em um sistema de recirculação e tratamento de água, e tem sido proposto como método para controlar o acúmulo de nutrientes e resíduos provenientes da piscicultura (RAKOCY e HARGREAVES, 1993), de uma maneira que o consumo de água possa ser reduzido consideravelmente (MCMURTRY et al., 1997), produzindo culturas agrícolas adicionais com valor econômico agregado (RAKOCY e HARGREAVES, 1993).

A aquaponia proporciona utilização mínima de água para dois cultivos (peixes e hortaliças), produção dentro de centros urbanos, aproveitamento integral de água e ração, sistema de alta densidade com peixes e hortaliças, redução no risco de que espécies exóticas sejam introduzidas nos rios nativos, produção de um produto de alta qualidade e livre de agrotóxicos e antibióticos, diversificação e aumento da renda e menor investimento em fertilizantes para o cultivo das plantas (CARNEIRO et al., 2015). As desvantagens do sistema aquapônico são a dependência de energia elétrica, dependência de conhecimento básico de biologia, fitotecnia, piscicultura, hidráulica e engenharia (CARNEIRO et al., 2015).

A aquicultura em sistemas de recirculação apresenta-se como uma crescente realidade no Brasil e no mundo. Na maioria dos casos a aquicultura em recirculação utiliza filtros biológicos para remoção dos resíduos potencialmente tóxicos da água (TYSON, 2007).

Paralelamente às pesquisas realizadas durante a última década, em muitos países foi observado interesse crescente em aquaponia, tanto do ponto de vista comercial, onde já há registros das primeiras iniciativas de sucesso, quanto em pequena escala, ou residencial, também conhecido internacionalmente como “backyard aquaponics”, termo em inglês para “aquaponia de quintal” (BACKYARD AQUAPONICS, 2012). Em países como Austrália, Canadá e Estados Unidos, já são várias as empresas que fornecem equipamentos e consultoria especializada a quem quer produzir seus alimentos em sistemas compactos de aquaponia instalados em suas próprias residências.

Outra forma de utilização da aquaponia que está em ascensão em alguns países desenvolvidos, e que aos poucos vem chegando ao Brasil, está relacionada ao contexto educacional. Professores de diversas disciplinas, principalmente do ensino fundamental e médio, valem-se dos conceitos técnicos da aquaponia para melhorar o aprendizado de seus alunos. Em outras palavras, sistemas simples e compactos de aquaponia podem se tornar ferramentas de ensino muito eficientes para integrar temas tão distantes quanto biologia, sustentabilidade, física, química, matemática, economia e engenharia (CARNEIRO, 2014).

O presente estudo teve como objetivo geral avaliar a eficiência do sistema de aquaponia com produção integrada de peixes e hortaliças em comparação a um sistema de produção de hortaliças cultivadas em substrato proveniente da compostagem no Centro de Ciências Agrárias CCA/UFSC. Os objetivos específicos foram a análise do desempenho zootécnico, a produtividade de alface (*Lactuca sativa*) e da chicória (*Cichorium intybus*) em aquaponia e em substrato e a verificação dos parâmetros de qualidade de água durante o experimento.

2. Materiais e Métodos

Esta pesquisa foi desenvolvida no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina (27°35'49” S, 48°32'58” O), em parceria com o grupo de atividades de hortas urbanas (HOCCA), e apoiado pelos laboratórios de Irrigação e Drenagem, Hidroponia e Biotecnologia Neolítica.

A tilápia, por ser um peixe bastante rústico e resistente, ter boa conversão alimentar, tolerar altas densidades de estocagem, ter pacote tecnológico de cultivo, melhoramento, reprodução e nutrição avançados e difundidos por todo o mundo e por ter, em geral, um bom

preço comercial, tem sido o peixe mais utilizado em sistemas de aquaponia (MARENGONI, 2006). Seu ciclo de produção varia de 160 a 270 dias.

A alface pertence família Asteraceae, é uma planta anual de porte herbáceo, caule reduzido e não ramificado com folhas grandes, lisas ou crespas, fechando-se ou não na forma de uma cabeça. Possui um sistema radicular pivotante de ramificações finas e curtas, podendo atingir até 60cm de profundidade, explorando efetivamente de 15 a 20 cm do perfil do solo (CAMARGO,1984; MAROUELLI et al.,1994; GOTO, 1998) Espécie típica de inverno, desenvolve e produz melhor sob condições de temperaturas amenas. Seu ciclo é anual, encerrando a fase vegetativa quando a planta atinge o maior desenvolvimento das folhas. A fase reprodutiva consiste na emissão do pendão floral, sendo favorecida pelas épocas de elevadas temperaturas e dias longos (FILGUEIRA, 1982). A variedade utilizada foi a Americana “Lucy Brown” - planta com folhas grossas que confere ótima proteção à cabeça, coloração verde clara e coração pequeno, ideal para cultivo de verão, com alta tolerância ao pendoamento precoce e ciclo de 75 dias.

A chicória pertence à família Asteraceae, espécie *Cichorium intybus*, sendo uma hortaliça não convencional adaptada às condições ambientais da Amazônia e cultivada pela agricultura familiar regional. Apresenta folhas glabras, lanceolado-espauladas ou oblongo-lanceoladas de 5 a 25 cm de comprimento, com 1,5 a 5 cm de largura, serrado-espinescentes, dispostas em roseta formando uma pequena touceira (ROCHA; NODA, 2010). Ciclo de 50 a 100 dias.

A unidade experimental consistiu de um tanque (caixa d'água) de 500L de plástico, destinada à criação das tilápias, à qual foi acoplada no exterior uma bomba para recirculação de água (1.000 L.h^{-1}), que era enviada do taque para o filtro biológico (cama de substrato, com dimensão retangular de 2.5 m comprimento x 0.88 m largura x 0.3 m altura) construído em nível com tábuas de pinus revestidos por lona dupla face, formando área de aproximadamente $2,2\text{m}^2$.

O filtro biológico é fundamental para o sistema devido à sua capacidade de fixar bactérias nitrificantes e promover a oxidação da amônia a nitrato. Geralmente consistem em uma caixa, tanque, cilindro, ou gaiola preenchida com substrato. Os substratos utilizados podem ser de vários tipos como britas, areia grossa ou cascalho, entre outros (KUBITZA, 2006).

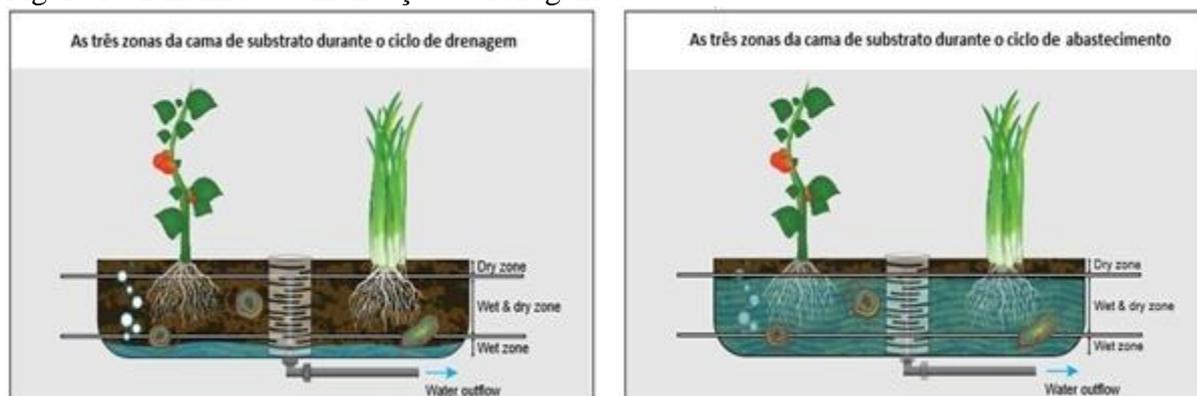
Por último, por meio de sifão Bell, a água contida no biofiltro retorna para o tanque dos peixes por gravidade. O sifão Bell é instalado no fundo do biofiltro, acoplado ao flange de PVC de 32mm de diâmetro e a um tubo de 32 mm com altura de 14cm para servir de

controle do nível de água na caixa durante o funcionamento do biofiltro. O sifão Bell possui outros componentes, como a campânula de drenagem (tubo de 50 mm e de 20cm de altura de PVC + CAP de 50mm de diâmetro) e um CAP no qual é feito um furo para que uma mangueira de pedreiro seja inserida, com objetivo de ativar e desativar o sifão. Ao fundo há um protetor de argila (tubo de 30cm de altura e 75mm de diâmetro), com furos em toda sua extensão para permitir a drenagem de água para o sifão.

Após a instalação de todas as peças do biofiltro, seu interior foi preenchido na proporção de 80% com argila expandida lavada, de granulometria média, e 20% de pedra brita. Ambas servem de substrato tanto para as plantas como para outros microorganismos, como bactérias e minhocas.

A figura 1 ilustra a dinâmica de inundação e drenagem que ocorre no biofiltro e forma três zonas de separação que podem ser considerados microecossistemas, e que são diferenciados pelos seus conteúdos de água e oxigênio. Cada zona abriga uma diversidade de grupos de bactérias, fungos, micro-organismos, minhocas, insetos e crustáceos. Entre os mais importantes as bactérias nitrificantes cuja função é a biofiltração dos compostos excretados pelos peixes, especialmente a amônia.

Figura 1 - Dinâmica de inundação e drenagem



No processo de nitrificação que ocorre dentro dos biofiltro as bactérias dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacters* oxidam a amônia inicialmente para nitrito, que pode ser tóxico, e, posteriormente, para nitrato. A taxa de nitrificação em ambientes aquáticos é potencializada em ambientes com pH próximo do neutro podendo ocorrer acúmulo de nitrito, relacionado diretamente à sensibilidade da bactéria do grupo *nitrobacter* aos sais de amônio em condições excessivamente alcalinas (BRAZ FILHO, 2010). São estas bactérias, os seres vivos responsáveis por grande parte do processo de nitrificação biológica no meio ambiente (TOKUYAMA, 2004).

O tratamento alternativo consistiu no cultivo de hortaliças em caixas de isopor com formato retangular (0,8m comprimento x 0,54m largura x 0,25m altura) preenchidas com composto produzido no CCA/UFSC. Foram feitos furos no fundo da caixa de isopor para drenar o excesso de água; para evitar a perda de solo foi sobreposto sobre os furos o geotêxtil de marca comercial Bidim.

Em 19 de Abril de 2017 o sistema de aquaponia foi iniciado. Durante uma semana a unidade experimental foi submetida à recirculação de água constante para a remoção de cloro da água e maturação do sistema de biofiltração. O povoamento do tanque de cultivo foi realizado em 26 de Abril de 2017, com juvenis de tilápia (*O. niloticus*) estocados com peso médio inicial de 13g. A densidade de estocagem inicial foi de 48 peixes e a biomassa média inicial foi de 0,624 kg. Os peixes foram alimentados com 10% da biomassa do tanque, arraçoamento único e diário, com ração extrusada comercial contendo 28% de proteína bruta, complementando-se com folhas, algas e minhocas duas vezes por semana. Foram realizadas duas biometrias durante o experimento, uma inicial de povoamento e uma depois da colheita das hortaliças.

Foram monitorados os seguintes parâmetros de qualidade de água: pH, oxigênio dissolvido e a condutividade elétrica, analisados, respectivamente com peagâmetro, oxímetro e condutivímetro pertencentes ao laboratório de Hidroponia do CCA, no início e no fim do experimento. A temperatura foi avaliada conforme o valor médio da temperatura atmosférica durante o experimento (LabClima).

A taxa de sobrevivência (SR %), foi obtida por:

$$SR \% = (Nt/N0) \times 100$$

em que **Nt** é o número total de peixes no final do experimento e **N0** é o número inicial de peixes estocados.

As mudas foram compradas em agropecuária, germinadas em substrato comercial e transplantadas para os dois tratamentos, aproximadamente 25 dias após germinação das sementes. Foram utilizadas 32 plantas por tratamento, sendo 16 de cada espécie, adotando-se espaçamento de 18 cm entre plantas e 20 cm entre linhas, considerando-se 5 cm de afastamento para as bordas. O transplante foi feito quando as plântulas de alface e chicória apresentaram 5 folhas definitivas e um peso médio inicial de 7,5 e 8g, respectivamente.

O experimento foi conduzido de 19 de abril a 30 de maio de 2017. Foram analisados e comparados os índices de produtividade comprimento das folhas durante a condução do experimento, medidos a cada três ou quatro dias, e a massa fresca da parte aérea (MFPA). Os dados de comprimento das folhas foram utilizados para elaborar um gráfico de crescimento

das hortaliças no software GRAPH, à qual foi inserida uma linha de tendência, tendo o coeficiente angular da reta como parâmetro das alturas de cada tratamento. Com auxílio do Excel foi realizada a média e o desvio padrão das hortaliças de cada tratamento.

Os dados meteorológicos utilizados foram aqueles disponibilizados pelo Laboratório de Climatologia do CCA (LabClima), e auxiliaram na discussão dos resultados durante o período do experimento.

A colheita das plantas ocorreu 30 dias após o transplante. Foi determinado o peso da matéria fresca (g.planta^{-1}) e altura (centímetros), pesando-se a parte aérea de cada planta dos tratamentos, utilizando balança digital com precisão de centésimo de grama e trena, respectivamente.

3. Resultados e Discussão

As tilápias suportam faixas de pH entre 5 e 9 (BARBOSA, 2007), sendo que o pH ideal para o cultivo é em torno de 5,5 a 6,5. O pH da água residual apresentou, após a passagem pelos tanques de criação de peixes, valor médio de 5,95 com uso do biofiltro. Durante as amostragens de pH o valor indicou uma oscilação entre 5.9 e 6.0, mas os referidos valores de pH estão dentro da faixa considerada ideal para o cultivo de alface, segundo CASTELLANE & ARAÚJO (1995), FURLANI (1995), MARTINEZ (1997) e CARNEIRO (2015).

A condutividade elétrica é a medida direta da quantidade de íons na água (teor de sais na água). Altos valores de condutividade significam altas taxas de decomposição de matéria orgânica, que consiste num parâmetro para a quantidade de nutrientes disponíveis ou mesmo indício de problemas com poluição da água. A condutividade elétrica é o que determina a quantidade de adubo disponível na solução: quanto mais íons existirem na solução, maior será a condutividade elétrica (CARNEIRO et al., 2015). A solução nutritiva deve manter um equilíbrio de nutrientes constante para que as plantas tenham o melhor desenvolvimento. Os nutrientes devem estar em faixas limitadas, para que não estejam disponíveis em excesso nem em escassez.

Os níveis adequados para o crescimento dos peixes variam conforme a espécie cultivada. Segundo CARNEIRO (2016) para um sistema de aquaponia, recomenda-se manter a condutividade elétrica entre 0,6 mS/cm e 0,9 mS/cm. Valores inferiores indicam que os animais estão comendo abaixo do esperado ou a densidade dos peixes está inferior à recomendada. Valores superiores a este intervalo indicam que a entrada de ração pode estar

sendo excessiva, sendo recomendado reduzir a quantidade de peixes no sistema por meio de despesas parciais. A condutividade elétrica no experimento variou de 0,245 mS/cm na primeira semana para 0,558 mS/cm no final do ciclo,

A tilápia apresenta baixa exigência em oxigênio dissolvido (OD), vivendo perfeitamente em águas contendo até 1,2mg/L (MACÊDO, 2004). A concentração de OD nas amostras apresentaram 8,0mg/L, que está dentro da faixa considerada ideal para a criação de tilápias.

Os peixes dependem diretamente da temperatura da água para manter a sua temperatura corporal e seu metabolismo funcionando corretamente. O metabolismo do peixe é maior à medida em que aumenta a temperatura da água, mas isso até um limite de temperatura. Se a temperatura for superior a 32°C pode ocorrer mortalidade; abaixo de 24°C decresce o apetite rapidamente e aumenta a chance de proliferação de doenças (BRAZ FILHO, 2000; SÁ 2012). Segundo KUBITZA (2000), quando a temperatura da água diminui, as tilápias reduzem o consumo, diminuem o ritmo biológico e, conseqüentemente, o desempenho piora. O valor médio da temperatura ambiente durante o experimento foi de 20,7±1,4°C (LabClima), mas como a tilápia é bastante rústica e resistente, conseguiu tolerar essa baixa temperatura, que desfavorece o desenvolvimento dos peixes e o potencial produtivo do biofiltro.

O quantitativo de plantas a ser utilizado está diretamente ligado à densidade de peixes estocada no sistema, o que por sua vez limita a quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas. Os resultados obtidos com os peixes estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados mensurados dos peixes

Espécie de peixe	Densidade de estocagem (g/m ³)	Biomassa inicial (gramas)	Biomassa final (gramas)	Peso médio inicial (g/peixe)	Peso médio final (g/peixe)	Taxa de crescimento (g/dia)	Sobrevivência (%)
Tilápia	312	624	765	0,13	0,17	0,133	93,75

Taxa de arraçoamento: 62-76 gramas/dia (alimentação ofertada 1x ao dia)

Quantidade total de ração: 1,9 – 2,4 kg

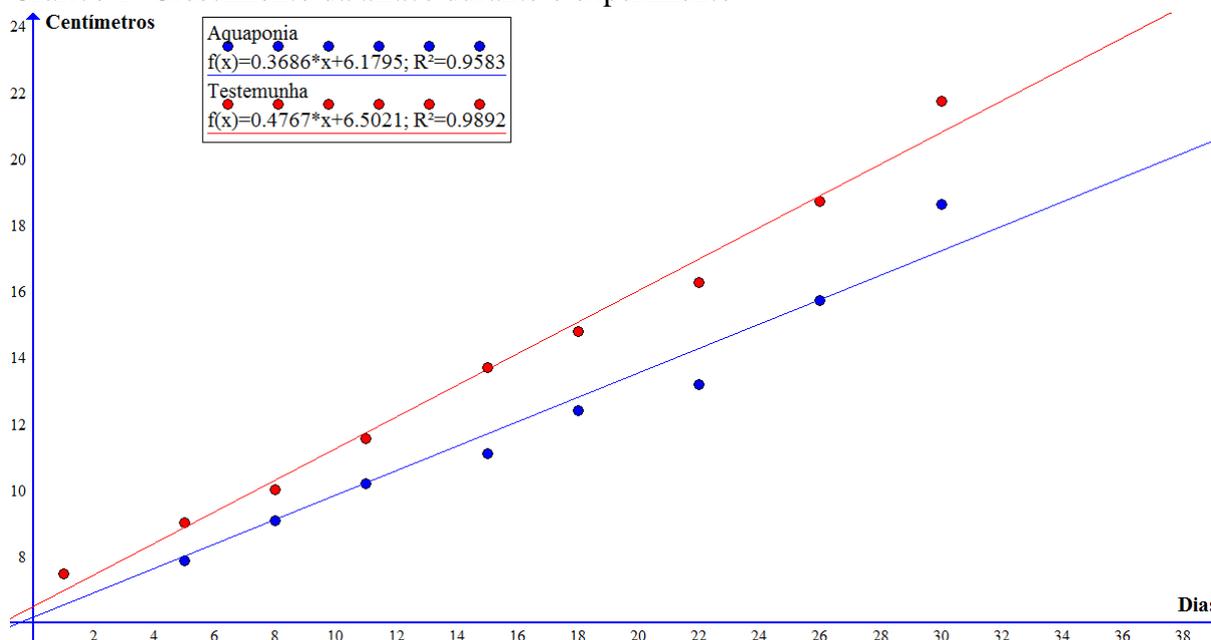
Apesar da Taxa de Crescimento ser baixa para a espécie, deve-se ressaltar que o período de crescimento avaliado foi curto. Para serem viáveis economicamente, sistemas de

recirculação de água e nutrientes na criação de peixes geralmente são desenhados para sustentar altas densidades, atingindo capacidades de estocagem superior a cem quilos de peixe por metro cúbico de água (LOSORDO, 1998), enquanto cultivos tradicionais no Brasil utilizam muitas vezes densidades de um quilo de peixe por metro cúbico de água..

A literatura sugere quantificar a proporção de plantas/peixes baseada na quantidade de ração ofertada diariamente aos peixes, na proporção de 60 a 100 gramas de ração de peixe por dia para cada metro quadrado de canteiro de hidroponia (RACOCY, 2006). Foi utilizado no experimento em torno da metade da ração recomendada por dia do para cultivar nos 2,2m² do biofiltro, devido à baixa biomassa de peixes, aliado às baixas temperaturas registradas durante o experimento. Seria recomendável potencializar o sistema.

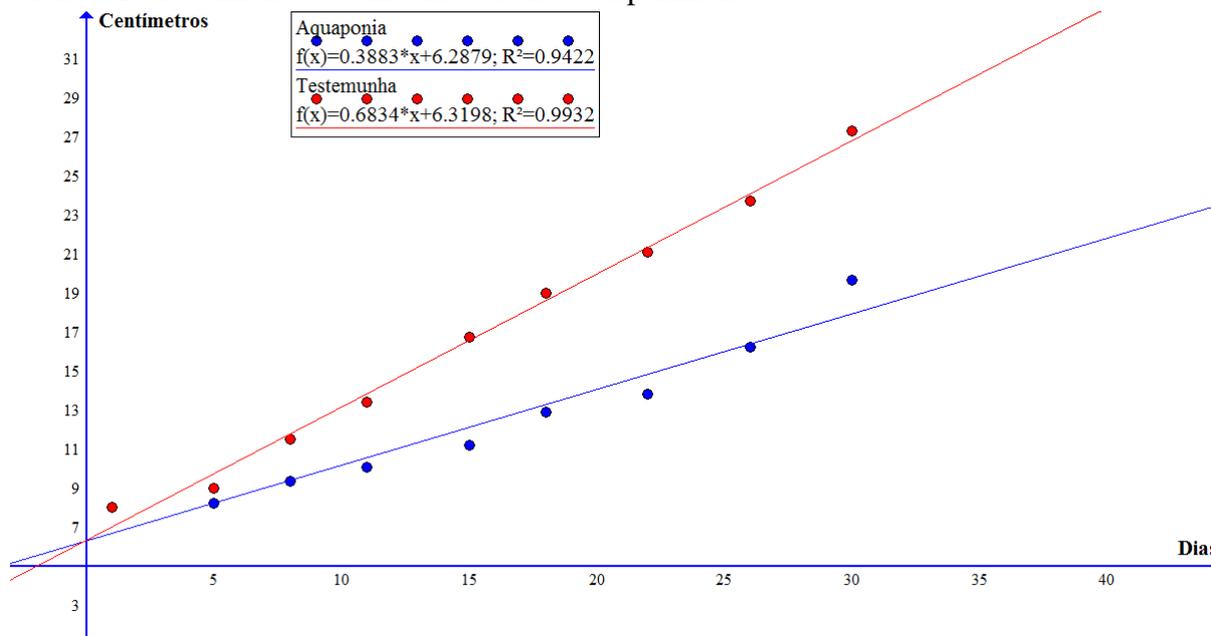
Após a colheita das hortaliças, foram mensuradas e pesadas, os valores finais dos tratamentos de alface e chicória. O tamanho apresentado durante o experimento das hortaliças está nos gráficos 1 e 2.

Gráfico 1- Crescimento da alface durante o experimento



No Gráfico 1 é possível observar que a taxa de crescimento da aquaponia e da testemunha são de 0,3686g/dia e 0,4767g/dia, respectivamente. Mesmo com o superdimensionamento do biofiltro para a quantidade de biomassa de peixe utilizado no período analisado, o sistema de aquaponia para a cultura de alface foi satisfatório, devido à proximidade dos resultados, sendo a testemunha ligeiramente superior ao sistema de aquaponia, mostrando que, mesmo com condutividade elétrica menor que a recomendada, a alface tolerou a baixa carga de nutrientes disponível. A testemunha apresentou resultado satisfatório ao longo do experimento, não houve limitação aparente do seu crescimento.

Gráfico 2 Crescimento da Chicória durante o experimento



No gráfico 2 pode-se observar o a taxa de crescimento dos tratamentos com chicória, valores de 0,3883g/dia na aquaponia e 0,6834g/dia na testemunha, ou seja, o a taxa de crescimento da testemunha foi quase o dobro da aquaponia, indicando que a chicória não tolerou a baixa condutividade elétrica, não apresentando resultado satisfatório para o período analisado. Porém, com o aumento da biomassa dos peixes, consequentemente, com o aumento da condutividade elétrica, esse resultado poderia ser satisfatório, com isso, seria recomendado realizar mais teste sobre o sistema de aquaponia, principalmente ligado a condutividade elétrica e biomassa dos peixes. O tratamento testemunha apresentou crescimento satisfatório, não apresentando limitação visível no seu desenvolvimento durante o experimento.

A baixa biomassa de peixe para o sistema de aquaponia limitou a disponibilidade de nutrientes para as hortaliças. Tal constatação corrobora com o previsto por FERRI (1979) que afirma que a insuficiência de nutrientes é um fator limitante no desenvolvimento das plantas. A insuficiência de um nutriente pode levar à apresentação de deficiências nutricionais e/ou diminuição no crescimento das plantas, reguladas pela Lei dos Mínimos ou Lei de Liebig, que prevê o desenvolvimento de um vegetal é limitado pelo nutriente mais escasso dentro das necessidades da planta. Outra hipótese ao baixo desenvolvimento das hortaliças no sistema de aquaponia está com uma menor concentração de nitrato na água a partir da nitrificação das bactérias, sendo relacionado com o superdimensionado do filtro biológico para a baixa biomassa de peixe e sobre a impermeabilidade do biofiltro, visto que ao longo do experimento houve registros de infiltrações, fazendo que a reposição de água fosse realizada com maior

frequência, consequentemente diluindo os nutrientes para as plantas. Na Tabela 2 será ilustrada o peso e o desvio padrão das hortaliças sobre os diferentes tratamentos.

Tabela 2: Peso médio e desvio padrão (em gramas) das hortaliças.

	Testemunha	Aquaponia
Alface	99,48±19,51	69,18±20,42
Chicória	140,21±28,97	64,37±16,33

A chicória no tratamento aquaponia apresentou menor desvio padrão, sendo obtido o valor de 16,33 gramas. Esse valor revela que a produção de chicória foi menor, porém apresentou melhor uniformidade sobre o peso final das hortaliças. Enquanto que a chicória no tratamento alternativo, apresentou maior peso, porém, com maior desuniformidade. O desvio padrão da alface foi semelhante em ambos tratamentos, mas o peso no tratamento testemunha apresentou maior peso.

As hortaliças do tratamento do biofiltro apresentaram deficiência de nitrogênio caracterizada por clorose, que é definida como um clareamento na tonalidade natural de verde da folha da planta. Segundo FERRI (1979) cada planta possui um intervalo de tonalidade de cores que indicam que a planta está saudável e algumas plantas, como a chicória apresentou clareamento da tonalidade, a clorose. Além do nitrogênio, outros nutrientes podem estar relacionados no baixo desenvolvimento das hortaliças, segundo FURLANI et al. (1978) a alface é dentre as folhosas, a que apresenta teores mais elevados de nitrogênio e cálcio sendo que, a extração desses nutrientes por tonelada produzida de alface é de, respectivamente, 2,51 kg e 0,82 kg. O magnésio, que é fundamental para a fotossíntese, sendo constituinte da molécula de clorofila, participa de inúmeras reações como ativador enzimático, da respiração, absorção iônica e transporte de energia, balanço eletrolítico e confere estabilidade aos ribossomas (MALAVOLTA et al., 1997). Outro exemplo de desequilíbrio é a possível insuficiência na oferta de ferro para as plantas em determinadas situações. Tal deficiência, relativamente comum em sistemas de aquaponia, gera a necessidade de suplementação por ferro até a concentração mínima de 2 mg/L ou ainda por adubação foliar suplementar.

Com o crescimento dos peixes, consequentemente o aumento da biomassa de peixe no tanque, a tendência é que o crescimento das hortaliças na aquaponia seja semelhante ou até superior ao substrato, como observado em trabalho semelhante na disciplina de olericultura

em 2016/2, testando variedade de alface crespa, comparando o desempenho em composto, sistema de aquaponia e hidroponia, onde o foi atingido resultado significativo pelo teste Tukey ($p < 0,05$) entre os tratamentos de aquaponia e hidroponia em relação ao composto. A diferença entre os experimentos de aquaponia foi o tamanho do biofiltro, que no presente experimento foi quase o dobro do antigo. Outra diferença entre os experimentos foi a biomassa de peixes inicial, no trabalho de aquaponia na disciplina de olericultura era de 6,7 quilos com tilápias adultas, no atual trabalho foi de 624 gramas com juvenis de tilápia, corroborando com a hipótese da baixa densidade de peixe.

4. Conclusão

Observou-se que no sistema de aquaponia o atendimento das necessidades de nutrientes das plantas não foi tão eficiente quanto o da testemunha com a massa de peixes presentes no tanque durante o experimento. Não foi possível concluir sobre a adequação entre o tamanho de biofiltro e a população de peixes utilizada no período do experimento, mas haverá aumento da disponibilidade de nutrientes com o aumento da massa de peixes.

5. Considerações finais

É possível projetar um sistema de aquaponia capaz de produzir vegetais e peixes saudáveis de maneira integrada com maior eficiência no uso de água e área, com reaproveitamento quase total da água utilizada, com menor gasto de insumos e mão-de-obra e ainda eliminar completamente a liberação de efluentes no meio ambiente, pois se trata de um sistema fechado e com baixo custo de implantação e manutenção envolvido.

6. Referências

- BACKYARD AQUAPONICS: **bringing food production home. Get to know aquaponics.** 2012. Disponível em: <<http://www.backyardaquaponics.com/>>. Acesso em: 01 Abril de 2017.
- BARBETTA, P.A., REIS, M.M, BORNIA, A.C. **Estatística para Cursos de Engenharia e informática.** São Paulo: Atlas, 2004.
- BARBOSA, W. W. de Paula. **Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do nilo (*oreochromis niloticus*) para produção de manjerona (*origanum majorana*) e manjerição (*ocimum basilicum*) em sistemas de aquaponia.** Barbosa, 2011. Dissertação (mestrado) Universidade Católica de Brasília, 2011. Disponível em:

<<https://bdtd.ucb.br:8443/jspui/bitstream/123456789/1617/1/Willem%20Wily%20de%20Paula%20Barbosa.pdf>> Acesso em: 8 de Abril de 2017.

BRAZ FILHO, M. S. P. **Aquaponia: alternativa para sustentabilidade na aquicultura.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 24, 2014. Anais... Vitória: UFES, 2014.

BRAZ FILHO, M.S.P. **Qualidade na produção de peixes em sistemas de recirculação de água.** São Paulo, SP: Centro Universitário Nove de Julho, 2000. 41p.

BRUNINI, O.; LISBÃO, R.S.; BERNARDINI, J.B.; FORNASIER, J.B.; PEDRO Jr., M.J. **Temperaturas básicas para alface, cultivar Withe Boston, em sistemas de unidades térmicas.** *Bragantia*, Campinas, v.19, n.35, p.213-219, 1976.

CARNEIRO, P. C.; MORAIS C. A.; NUNES M. U.; NIZIO A. N.; FUJIMOTO R. Y.; **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia / 23 p. II.** (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961, 189). 2015.

CARNEIRO, P., MARIA, A., FUJIMOTO, R., & NUNES, M. **Sistema familiar de aquaponia em canaletas.** Embrapa Tabuleiros Costeiros-Circular Técnica (INFOTECA-E). 2016.

CASALI, V.W.D.; SILVA, R.F.; RODRIGUEZ, J.J.V.; SILVA, J.F. da; CAMPOS, J.P. de. **Anotações de aula teórica sobre produção de alface.** Viçosa: UFV, 1979. mimeografado.21p

CÁSSERES, E. **Producción de hortalizas.** S José-Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1980. 387p.

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

CEPAGRO. **Cartilha de Agricultura urbana.** Florianópolis, 2009.

CERMEÑO, Z. S. **Veinte cultivos de hortalizas en invernadero.** Sevilla: 1996. 639p.

COSTA, C.P.; SALA, F.C. **A evolução da alfacultura brasileira.** *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.1, 2005 (Artigo de capa).

CONTI, J.H. **Caracterização de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) adaptadas aos cultivos de inverno e verão.** 1994. 103 f. Dissertação (mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

DE SOUZA MOURA, Guilherme et al. **Desempenho e atividade de amilase em tilápias-donilo submetidas a diferentes temperaturas.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 11, p. 1609-1615, 2007.

EMERENCIANO, M. G. C.; MELLO, G. I.; PINHO, S. M.; MOLINARI, D.; BLUM, M. N. **Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura.** *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, v. 25, p. 24-35, 2015.

ENDUT, A.; JUSOH, A.; ALI, N.; WAN NIK, W. B.; HASSAN, A. **A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system.** *Bioresource Technology*, v. 101, p. 1511-1517, 2010.

FROIO, R.; GATTI, J. V.; UNAMUZAGA, P.; FELIPE, A. **AQUAPONIA: UM SISTEMA BIOINTEGRADO.** *AGRONOMIA*, 299.

FILGUEIRA, F.A.R. Cichoriáceas. In: FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1982. n.2, p.77-86.

- FURLANI, P.R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia NFT**. Campinas: IAC, 1995. 18p
- GOTO, R. **A cultura de alface. In: Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: editora Unesp, 1998. v.1, p.137- 159.
- HUNDLEY, G. C. **Aquaponia, uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjerição (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes**. Brasília, 2013. Monografia de conclusão do curso de graduação da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - Universidade de Brasília, 2013. Disponível em:
<http://bdm.unb.br/bitstream/10483/5977/1/2013_GuilhermeCrispimHundley.pdf> Acesso em: 13 de Abril de 2017.
- HUNDLEY, Guilherme Crispim; NAVARRO, **Rodrigo Diana**. **Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia**. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v. 3, n. 2, 2013.
- KATAYAMA, M. **Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão**. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 141-148.
- KNOTT, J.E. **Handbook for vegetable grower's**. 2nd. ed. New York: John Wiley e Sons, 1962. 245p.
- KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: Fernando Kubitza, 2000. 289p.
- LOSORDO, T.M.; et al., **Recirculating aquaculture tank production systems: a review of component options**. S. Region Aquaculture Center Publication No. 453: 12 pgs. 1999.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.
- MARENGONI, N. G. **Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitralada), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem**. Archivos de Zootecnia, v. 55, n. 210, p. 127-138. 2006.
- MULLER, A.G. **Comportamento térmico do solo e do ar em alface em diferentes tipos de cobertura do solo**. 1991. 77f. Dissertação (mestrado) - 57 Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.
- NAGAI, H. **Obtenção de novos cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) resistentes ao mosaico e ao calor**. II – Brasil 303 e 311. Revista de Olericultura, São Paulo, v.18, p.14-21, 1980.
- OLIVEIRA, A.C.B.; SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W.; GARCIA, N.C.; OSHE, S.; DOURADO-NETO, D.; MANFRON, P.A.; DOS SANTOS, O.S. **Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia**. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.58, n.1, p. 181-185, 2001.
- PANNIRSELVAM, P. V. et al. **Produção de alimentos, ração animal e de energia a partir da biomassa produzida em Sisteminha Embrapa; experiências do nordeste - Brasil**. Disponível em: < <http://www.iee.usp.br/agrener2015/sites/default/files/tematica1/909.pdf>> Acesso em: 13 de Maio de 2017.

- PANDURO, A.M.R. **Análise do comportamento da alface, *Lactuca sativa* L., sob diferentes condições de iluminação.** 1986. 129f. Dissertação 58 (mestrado)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.
- RAKOCY, J. E. **Ten Guidelines for Aquaponic Systems.** *Aquaponics Journal*, v.46: 14-17, 2007.
- RAKOCY, J.; et al., **Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system.** South Pacific Soilless Culture Conference-SPSCC 648. 2003.
- RAKOCY J.E., BAILEY D.S., SHULTZ K.A., COLE W.M., (1997). **Evaluation of a commercial-scale aquaponic unit for the production of Tilapia and lettuce.** In: Tilapia aquaculture: proceedings from the 4th international symposium on Tilapia in Aquaculture. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, New York, 603–613
- ROBINSON, R.W.;McGREIT, J.D.; RYDER, J.E. **The genes of lettuce and closely related species.** In: JANICK, J. (Ed). Plant breeding reviews. Westport: AVI, 1983. v.1, 397 p.
- RICK, C.M. **The tomato.** Scientific.Americam, New York, v.239, n. 2, p. 76-87, 1978
- ROCHA, MARCELO DE QUEIROZ & NODA, HIROSHI. Avaliação agrônômica de procedências de "chicória" (*ERYNGIUM FOETIDUM* L.) Com ênfase nas populações do alto rio Solimões. Núcleo de Estudos Rurais e Urbanos Amazônico. Disponível em: < <http://nerua.inpa.gov.br/NERUA/08.htm>> Acesso em 01/04/2017.
- RYDER, E.J. **Lettuce breeding. Breeding vegetables crops,** Westport, v.6, p.433- 474, 1986. LOPES, M.C.; FREIER, M.; MATTE, J.D.; GÄRTNER, M.; FRANZENER, G.; CASIMIRO, E.L.N.; SEVIGNANI, A. **Absorção de nutrientes por diferentes cultivares de alface em cultivo hidropônico no período de inverno.** Horticultura Brasileira, Brasília, supl. 2, 2002.
- SALA, F.C.; COSTA, C.P. **‘Piraroxa’: Cultivar de alface crespa de cor vermelha intensa.** Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.1, p. 158-159, 2005b.
- SILVA, A. P.; MENDES, P. P. **Influência de duas dietas na qualidade de +agua dos tanques-berçários, utilizando no cultivo de peixes em cativeiro.** Acta Scientiarum Animal Sciences, v. 28, n. 1, p. 105-111, 2006.
- TOKUYAMA, T.; MINE, A.; KAMIYAMA, K. et al. **Nitrosomonas communis strain YNSRA, an ammonia-oxidizing bacterium, isolated from the reed rhizoplane in an aquaponics plant.** Journal of bioscience and bioengineering, v.98, n.4, p.309-312, 2004.
- TYSON, R. V. **Reconciling pH for Ammonia Biofiltration in a Cucumber/Tilapia Aquaponics System Using a Perlite Medium.** University of Florida. 2007
- WIKISPECIES. **Classificação taxonômica da cultura de alface.** Disponível em: <"<http://species.wikimedia.org/wiki/Lactuca>">. Acesso em: out. 2006.
- CAMARGO, L. de S. As hortaliças e seu cultivo. 2ª ed. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 448p
- WILSON, G. **Australian barramundi farm goes aquaponic,** *Aquaponics Journal*, 37. Paginas 12–16. Sidney, Australia, 2005
- YURI, J.E. **Avaliação de cultivares de alface americana em duas Épocas de cultivo em dois locais do Sul de Minas Gerais.** 2000. 51f. Dissertação (mestrado em fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.