

Avaliação do desempenho produtivo de cultivares de alfaces em sistemas aquapônico e hidropônico

Jussara Sutani¹

Flávia Cristina Sossae²

Marcus Cesar Avezum Alves Castro³

Gilmar da Silveira Sousa Junior⁴

RESUMO

Alimentos saudáveis e a consciência ambiental impulsionam pesquisas com foco na produção alimentícia em sistemas integrados. A pesquisa verificou o desenvolvimento de cultivares de alface nos sistemas hidropônico e aquapônico. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4x2, tendo avaliado quatro cultivares de alface (crespa, americana, roxa e lisa) em cinco repetições. Foi conduzido em estufa aplicando-se a técnica NFT, tendo-se transplantado 40 mudas totais de alfaces. Para a hidroponia, foi utilizada solução nutritiva, e na aquaponia foi aplicada eficiente técnica com proporção de biomassa (kg) de tilápias. Os parâmetros abióticos da água e do ambiente foram mensurados diariamente. Em ambos os sistemas foram analisadas as características agrônômicas das cultivares: número total de folhas, massa úmida total (g), massa úmida fracionada (folhas, caule e raiz) (g) e massa seca das folhas. A hidroponia apresentou melhor desempenho em todos os dados coletados. As alfaces desenvolveram-se em ambos os sistemas; a alface lisa atingiu maior número de folhas; e a alface americana obteve maior massa fresca total. Na massa seca, as cultivares crespa, americana e lisa não se diferiram estatisticamente. No sistema aquapônico, os nutrientes foram derivados da ração e resíduos dos peixes, de forma natural e contínua, e este sistema poderá apresentar maior viabilidade financeira por produzir dois produtos.

Termos para indexação: *Lactuca sativa* L., massa fresca, massa seca, nutrientes, tilápia.

Evaluation of the yield performance of lettuce cultivars in aquaponic and hydroponic systems

ABSTRACT

Healthy food and environmental awareness drive research focused on food production in integrated systems. The research evaluated the development of lettuce cultivars in hydroponic and aquaponic systems. The experiment was conducted in a 4x2 factorial scheme, evaluating four lettuce cultivars (crespa, americana, roxa and lisa) in five repetitions. It was conducted in a greenhouse applying the NFT technique, transplanting

¹ Fisioterapeuta, mestranda em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, empresária (aquaponista), Araraquara, SP. E-mail: ftjusutani@hotmail.com

² Bióloga, doutora em Ciências Biológicas, docente e pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, da Universidade de Araraquara (Uniar), Araraquara, SP. E-mail: f.sossae@gmail.com

³ Engenheiro mecânico, doutor em Hidráulica e Saneamento, livre-docente da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (Unesp), docente e pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, da Universidade de Araraquara (Uniar), Araraquara, SP. E-mail: marcus.castro@unesp.br

⁴ Agroecólogo, doutor em Agronomia, docente e pesquisador no Instituto Municipal de Ensino Superior de Bebedouro Victório Cardassi (Imesb), Bebedouro, SP. E-mail: gilmar.ssjr@hotmail.com

Ideias centrais

- O crescimento populacional demanda alimentos intensivos localizados mais próximos aos consumidores.
- A busca por alimentos saudáveis e a consciência ambiental têm contribuído nas pesquisas de produção alimentícia, com menor uso de químicos.
- Aquaponia é uma técnica de produção simbiótica que envolve a criação intensiva de peixes e plantas.
- O sistema aquapônico, semelhante à produção hidropônica, oferta nutrientes dissolvidos em água e apresenta potencial em viabilidade financeira.

Recebido em
02/04/2021

Aprovado em
25/06/2021

Publicado em
08/09/2021



This article is published in Open Access under the Creative Commons Attribution licence, which allows use, distribution, and reproduction in any medium, without restrictions, as long as the original work is correctly cited.

40 total lettuce seedlings. In the hydroponic system, nutrient solution was used, and in the aquaponic system an efficient technique was applied with biomass proportion (kg) of tilapia fish. The abiotic parameters of water and environment were measured daily. In both systems the agronomic characteristics of the cultivars were analyzed: total number of leaves, total moist mass (g), fractional moist mass (leaves, stem and root) (g) and dry mass of the leaves. The hydroponic system showed better performance in all data collected. Lettuces developed in both systems; the lisa cultivar reached the highest number of leaves; and the americana cultivar obtained the highest total fresh mass. Regarding the dry mass, the cultivars crespa, americana and lisa did not differ statistically. In the aquaponic system, the nutrients were derived from the fish feed and waste, in a natural and continuous way, and that system may be more financially viable because it produces two products.

Index terms: *Lactuca sativa* L., fresh mass, dry mass, nutrients, tilapia.

INTRODUÇÃO

A degradação generalizada da terra em conjunto com problemas ambientais, resultado da infertilidade do solo e escassez de água potável, torna a produção agrícola de solo incapaz de suprir a demanda populacional global, que está crescendo rapidamente e se urbanizando. Com o crescimento urbano, as demandas por alimentos intensivos determinam que há uma necessidade urgente não apenas na forma de encontrar tecnologias inovadoras para cultivar alimentos nutritivos economicamente, mas também com instalações de produção de alimentos que sejam mais próximas dos consumidores (Van Woensel et al., 2015; Saath et al., 2018).

A técnica da hidroponia convencional é utilizada para promover a recirculação de uma solução nutritiva, possibilitando o cultivo durante o ano todo, facilitando o manejo de culturas, proporcionando ao consumidor maior praticidade, o cultivo em ambientes protegidos, o que possibilita o controle parcial das condições ambientais, e a produção em meio urbano, perto dos consumidores finais (Sanchez, 2007).

As soluções nutritivas dos cultivos hidropônicos convencionais utilizam agentes químicos ou físico-químicos para o processo de crescimento dos vegetais, não existindo legislação específica para as fórmulas nutritivas hidropônicas, pois existe somente uma legislação que estabelece os limites de uso de agentes químicos pela Instrução Normativa nº 5/2007, do Mapa (Brasil, 2007; Costa, 2011).

Alguns fatores contribuem para a desvantagem da produção em hidroponia convencional: agricultores que trabalham com essa técnica apresentam custos de produção maiores na compra de fertilizantes químicos. Outra desvantagem é a forma de controle das doenças, que demanda o uso de agrotóxicos. A aplicação de agrotóxicos em estruturas fechadas, como estufas agrícolas, é considerada uma prática perigosa da pulverização, exigindo maior rigor na utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs) (Lopes et al., 2015).

A aquaponia é conhecida como uma técnica de produção que trabalha em simbiose, pois o sistema é formado por três importantes locais e ecossistemas: o tanque, que envolve a criação intensiva de peixes, produzindo resíduos por meio dos excrementos, colaborando para a nutrição de microrganismos e plantas; o sistema de filtros para tratamento dos efluentes, que promove constante e continuamente nutrientes pelas bactérias nitrificantes; e a hidroponia como ambiente de cultivo dos vegetais, que, por meio do sistema radicular, reduz as concentrações de toxinas da água (Somerville et al., 2014; Lisboa, 2019).

O sistema aquapônico oferece nutrientes dissolvidos em água e é, portanto, semelhante aos métodos de produção hidropônica convencional, servindo como ótima abordagem comparativa de produção e crescimento de vegetais. Além disso, a hidroponia é uma indústria de produção hortícola comercial e financeiramente viável. Portanto, se as taxas de produção de plantas dentro do sistema de aquaponia se mostrarem maiores em relação à hidroponia, isso pode lançar alguma luz sobre a potencial viabilidade comercial e financeira, pois a técnica oferece dois cultivos simultâneos e é compatível com a comercialização (Corrêa et al., 2016; Carvalho et al., 2017).

A demanda por alimentos saudáveis, sem resíduos de agrotóxicos, e o aumento da consciência ambiental têm pressionado as instituições de pesquisa a buscar técnicas de produção alimentícia com menor uso de químicos. A aquaponia comercial é uma indústria em ascensão. Sua produção ainda não foi estabelecida para atingir os níveis já alcançados pela indústria hidropônica. Aquaponia é um sistema agrícola que integra um sistema de recirculação da aquicultura (RAS) com hidroponia (cultivo sem uso de solo) em um único sistema de produção (Hundley & Navarro, 2013; Goddek et al., 2019; Yang & Kim, 2020).

Há, no entanto, poucas pesquisas científicas com intuito de comprovar a taxa de crescimento e a produção de vegetais. Muitas comparações científicas em pequena escala não foram baseadas em sistemas aquapônicos em pleno funcionamento. O sistema de produção aquapônica é uma técnica relativamente nova. Sua aceitação dependerá de a capacidade de produção superar ou se igualar à dos cultivos hidropônicos. Este estudo avalia o desempenho de crescimento e produção entre os sistemas de cultivo hidropônico e aquapônico e entre as cultivares de alfaces.

METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido em dois momentos: experimento 1 (E1), durante o período de 66 dias, de 6 de julho a 10 de setembro de 2020, e experimento 2 (E2), durante o período de 35 dias, de 6 de outubro de 2020 a 11 de novembro de 2020.

Os sistemas de cultivo aquapônico e hidropônico foram instalados em ambiente protegido, utilizando estufa agrícola com modelo em arco convencional, com filme plástico difusor na cobertura de 150 μ (microns) no teto e laterais com tela de sombreamento refletora prata, 50% em toda lateral, na largura de 6,40 m e comprimento de 9,0 m.

Ambos os sistemas foram individualizados e compostos por 1 (uma) bancada hidropônica (material em PVC) de 1,40 m de comprimento e 1,40 m de largura, e 3% de inclinação, possuindo oito perfis hidropônicos com a capacidade produtiva de 40 plantas para cada sistema e possuindo 0,20 cm entre plantas, aplicando-se a técnica de NFT (*nutrient film technique*). Foi instalado um temporizador analógico (timer) regulado para o período de 15 minutos de circulação das irrigações na bancada de hidroponia e 15 minutos com esse sistema desligado, durante 24 horas.

Foram utilizadas mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) das cultivares Americana Delícia, Lisa Gamboa, Roxa Batavia Cacimba e Crespa Itapuã Super, adquiridas diretamente do viveiro, sendo 10 mudas de cada variedade, germinadas em bandejas de poliestireno com substrato de fibra de coco. Após 30 dias de semeadura, foram transplantadas nos sistemas de produção hidropônico e aquapônico, e escolhidas aleatoriamente diretamente da bandeja, totalizando 40 mudas.

A estrutura do sistema aquapônico (AP) foi composta por um tanque de 500 L para o cultivo de peixes; um recipiente de 100 L determinado como filtro de sedimentação, decantando os dejetos e resto de ração de peixes; um recipiente de 100 L, determinado como filtro biológico, o qual contém as mídias biológicas para a colonização de bactérias nitrificantes, que irão converter a amônia em nutrientes para as plantas; e uma bancada hidropônica. O sistema de aquaponia escolhido é de escala semicomercial e foi conduzido sob a aplicação da técnica eficiente que permite o desenvolvimento da planta com exata proporção de peixes (biomassa), que fornecem, proporcionalmente, os nutrientes necessários ao crescimento das cultivares de alfaces, obedecendo à metodologia de Goddek & Körner (2019).

A irrigação das mudas foi realizada com água que continha os nutrientes dissolvidos, provenientes da criação de tilápias (*Oreochromis niloticus*) já em período de engorda, totalizando 11 kg de biomassa no tanque de peixes. A alimentação diária dos peixes foi realizada com ração extrusada e com 32% de proteína bruta, na quantidade de 0,7% do peso total de biomassa, como recomenda Faria et al. (2013), e arraçãoamento de 70 g de ração e 2 tratos ao dia (35 g por trato). O fornecimento

de ração foi manual, permitindo contato visual, monitoramento dos peixes e controle de ingestão. A oxigenação dos peixes dentro do tanque de criação foi realizada por uma bomba da marca Sarlo Better com vazão de 2.700 L por hora, conectada a um Aerador Fishair O² da marca Nanoplastic, que produz oxigenação 24 horas por dia (Senar, 2019).

Para o 1º experimento no sistema de aquaponia, foi realizada uma higienização em todos os componentes. Após reposta a água, promoveu-se a recirculação durante quinze (15) dias, a fim de permitir a colonização de bactérias nitrificantes. O processo de formação da colonização de bactérias foi observado via testes colorimétricos, constatando-se a presença de amônia e nitrito. Posteriormente, foi realizado o transplante das cultivares de alfaces. Para o 2º experimento, não foi feita a higienização dos componentes e estrutura. Isso objetivou observar o crescimento da produção vegetal em um longo período de oferta de nutrientes pelos peixes, colonização das bactérias e equilíbrio do sistema aquapônico.

A água com os nutrientes foi levada ao sistema de irrigação por meio de uma bomba submersa da marca Sarlo Better com vazão de 2.700 L por hora e distribuindo-se, ao longo do sistema hidropônico, aproximadamente 2 L de água para cada perfil hidropônico, o qual contém as plantas em crescimento (Goddek et al., 2019).

No sistema de produção hidropônica, foi utilizada a metodologia recomendada por Furlani et al. (2009) com a solução nutritiva e operação da técnica convencional que possibilitasse a taxa de produção da planta. Utilizou-se um reservatório de poliestireno de 500 L como o tanque de solução nutritiva, e, para a irrigação da solução nutritiva nos perfis hidropônicos, foi utilizada uma bomba submersa de vazão 2.700 L/h, com 2 L por minuto de solução em cada perfil (Ribeiro, 2017).

Manejo e monitoramento dos sistemas de cultivo

Durante o período do experimento, foi efetuada, semanalmente, a manutenção dos sistemas de cultivo, como: limpeza do filtro de sedimentação com o escoamento do resíduo orgânico e reposição da água posteriormente no sistema de aquaponia; higienização dos conectores de irrigação e higienização das bombas de recirculação para ambos os sistemas; e oxigenação do tanque de peixes do sistema de aquaponia. Foram realizadas as observações e anotações: em relação ao aspecto visual das folhas, foi verificada a presença de anomalia da superfície folhar, em relação à coloração, foi feita a prevenção da deficiência de ferro pela verificação da coloração verde-clara da folha das alfaces, tendo-se aplicado 1g de quelato de ferro EDDHA 6% diluído na própria água do tanque, para o sistema de aquaponia. Para a prevenção do aparecimento de pragas como a tripses, foram pulverizados nas folhas 5 mL de produto biológico de óleo de Neem diluídos em 5 L de água, e o produto foi aplicado quinzenalmente em ambos os sistemas de cultivo.

Análises da qualidade da água

Os parâmetros da água, como pH, condutividade elétrica, oxigenação dissolvida e temperatura, foram monitorados por sonda multiparâmetros YSI em ambos os sistemas de cultivo, diariamente, no período da manhã, e anotados em planilha. Foi analisada a água do sistema de aquaponia, do tanque de criação de peixes e retorno da bancada hidropônica, e para o sistema hidropônico, água do tanque de solução e retorno da bancada hidropônica.

Avaliação das características agrônômicas das cultivares de alfaces

Após 35 dias do transplante das alfaces, as amostras das cultivares de alfaces foram colhidas e verificadas as seguintes variáveis:

- Número total de folhas (un.): obtido pela contagem direta de cada planta após colheita;

- Massa fresca total (g): cada alface foi pesada individualmente em balança digital analítica. Consideraram-se o peso total, as folhas, caules e raiz, como usualmente é vendido no comércio. Removeram-se apenas as folhas exteriores em processo de senescência (envelhecidas);
- Massa fresca fracionada em folhas, caule e raiz (g): as alfaces foram fracionadas em folhas, caule e raiz, tendo cada parte sido pesada individualmente em balança digital analítica;
- Massa seca das folhas: as folhas foram acondicionadas em estufa com circulação de ar forçado a 60 °C por 96 horas, até que atingissem peso constante e foram submetidas a pesagem.

Análise estatística

Os dados coletados nos experimentos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, de acordo com o experimento fatorial com 2 fatores e delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se o programa Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agrônomico, por meio do software AgroEstat versão 1.1.0.694 (Barbosa & Maldonado Júnior, 2011). Para a comparação das médias obtidas, foi aplicado o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, e realizada a análise conjunta dos experimentos, visando à possibilidade de interação entre os fatores sistemas de cultivo e cultivares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises da qualidade da água

A temperatura da água no tanque de criação de peixes e retorno da bancada hidropônica no primeiro experimento, no sistema de cultivo aquapônico (AP), foi de 25 °C e a mínima, de 15 °C. No segundo experimento, a temperatura aumentou para 27 °C para o tanque dos peixes e manteve-se em 25 °C no retorno da hidroponia (Figura 1 – A e B). Foi observada maior aceitação da ração ofertada aos peixes. A temperatura do sistema hidropônico (HP) permaneceu entre 25 °C e 27 °C e não foi observada qualquer alteração no desenvolvido do cultivo (Figura 1 – C e D).

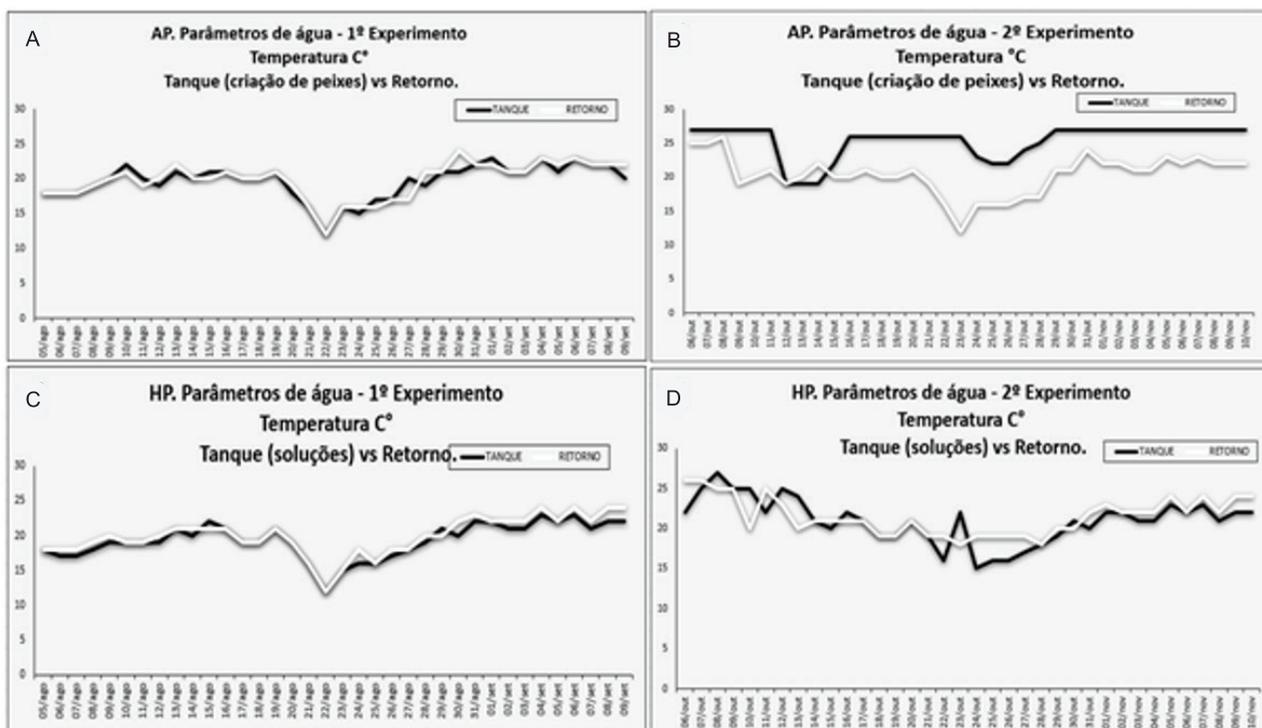


Figura 1. Análise dos parâmetros para temperatura do tanque e retorno: 1A) experimento 1 do sistema AP; 1B) experimento 2 do sistema AP; 1C) experimento 1 do sistema HP; e 1D) experimento 2 do sistema HP.

A temperatura da água no tanque de peixes influencia diretamente no desempenho produtivo e metabólico, afetando o crescimento e produtividade dos peixes. Já para os vegetais, a influência da temperatura da água diminui a absorção de nutrientes pelas plantas. Em cultivos sem uso de solo, a elevação da temperatura para acima de 32 °C inibe o crescimento radicular, sendo considerada como faixa ótima entre 23 °C e 27 °C (Kubitza & Kubitza, 2000; Bremenkamp, 2012).

No sistema de aquaponia, a condutividade elétrica (CE) nos experimentos 1 e 2 apresentou-se como 150 a 270 mS/cm (Figura 2 – A e B), pois os nutrientes são derivados dos resíduos dos peixes. Todas as cultivares obtiveram crescimento significativo e não apresentaram nenhum sinal de deficiência nutricional como clorose ou necrose. A CE verificada no sistema de hidroponia, nos experimentos 1 e 2, obteve uma variação de 1.600 a 800 mS/cm, tendo-se observado a menor concentração no final da produção. Em cultivo hidropônico, a correção da solução dos nutrientes é feita quando os níveis de CE estão baixos (Figura 2 – C e D).

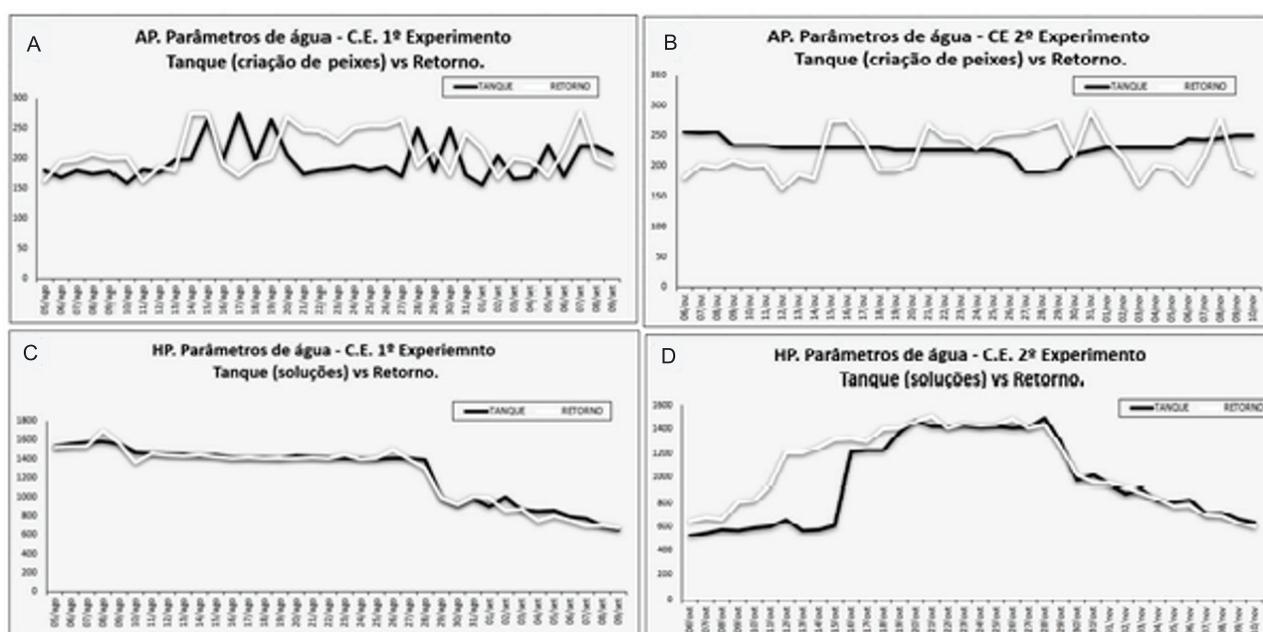


Figura 2. Análise dos parâmetros da CE do tanque e retorno: 2A) experimento 1 do sistema AP; 2B) experimento 2 do sistema AP; 2C) experimento 1 do sistema HP; e 2D) experimento 2 do sistema HP.

As plantas requerem diferentes níveis de CE em diferentes fases de vida – à medida que elas crescem, suas necessidades de nutrientes também vão mudando. Gondim et al. (2010) cita que a CE encontrada é 200 mS/cm² e pode reduzir-se para até 170 mS/cm², quando medida nos sistemas orgânicos de produção, e pode suprir a necessidade nutricional da planta para seu crescimento nos sistemas orgânicos de produção (Costa et al., 2001).

De acordo com Barbosa (2011), os valores baixos de condutividade elétrica nos sistemas de aquaponia indicam a quantidade de nutrientes disponível nos ambientes aquáticos. Valores elevados indicam matéria orgânica em decomposição elevada e podem estar associados à quantidade de ração excessiva e resíduos sólidos dos peixes, decorrentes da falta de recirculação ou manutenção dos componentes do sistema, o que pode ocasionar mortalidade de peixes.

A análise de TDS nos experimentos 1 e 2 do sistema de aquaponia foi de 300 mg/L para tanque dos peixes e de 179 mg/L no retorno na hidroponia, indicando a quantidade de nutrientes dissolvidos em água suficientes para garantir o desenvolvimento e crescimento da produção vegetal. No sistema

hidropônico, os níveis de TDS foram de 1.500 a 500 mg/L durante ambos os experimentos, tendo-se observado também decréscimo de acordo com o desenvolvimento das plantas, tendo-se atendido à demanda suficiente de nutrientes (Figura 3 – A, B, C e D).

Os valores do Sólido Total Dissolvido (TDS) em sistemas aquapônicos são de 344 mg/L a 361 mg/L. Os valores de TDS medem a quantidade de sais dissolvidos na água. Se a quantidade no meio de cultivo for elevada, esses minerais dissolvidos não são removidos pela filtragem mecânica ou biológica. Em tais casos, os sistemas radiculares das plantas podem apresentar problemas de absorção nutricional, afetando seu desenvolvimento. Os valores recomendados para sólidos dissolvidos totais devem permanecer abaixo de 500 mg/L (Conama, 2005; Queiroz et al., 2017).

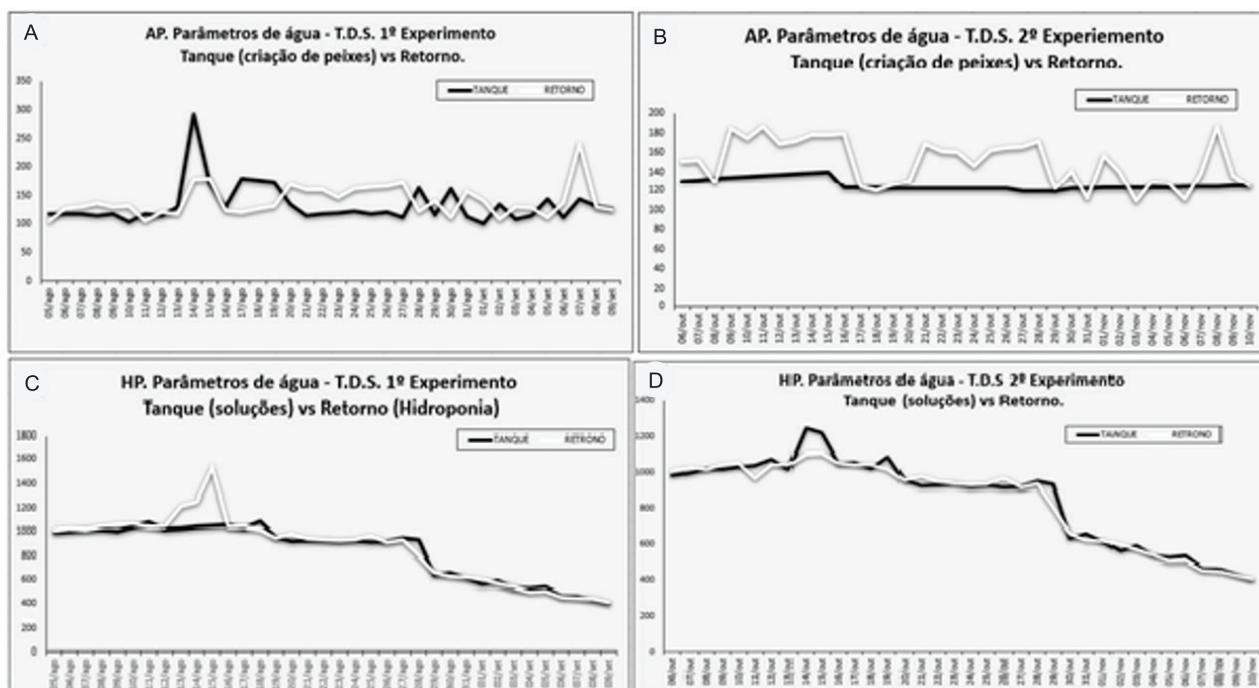


Figura 3. Análise dos parâmetros de TDS do tanque e retorno: 3A) experimento 1 do sistema AP; 3B) experimento 2 do sistema AP; 3C) experimento 1 do sistema HP; e 3D) experimento 2 do sistema HP.

Em ambos os sistemas de cultivo e nos experimentos 1 e 2, os níveis de OD atingiram de 90 mg/L a 10 mg/L (Figura 4 – A, B, C e D). Dentro dos limites normais para o crescimento das plantas, observados no vigor das raízes e crescimento satisfatório, não houve falta de oxigenação para os peixes, tendo sido propício para o seu bom desenvolvimento e saúde.

Fiorucci & Benedetti Filho (2005) relata que as funções do sistema radicular das plantas, como a absorção de nutrientes e a manutenção do metabolismo basal, consomem energia e são produzidas por meio da respiração radicular, e estão diretamente relacionadas ao O_2 dissolvido na água. A falta de oxigenação nas raízes prejudica a absorção de nutrientes. A concentração de O_2 dissolvido é considerada adequada entre 5 e 10 ppm (mg/L).

Para Gondim et al. (2010), valores de oxigênio dissolvido superiores a 5 mg/L são adequados à produção de peixes em sistema integrado à hidroponia, ressaltando-se que os peixes são capazes de fornecer quantidades suficientes de quase todos os nutrientes que as plantas necessitam para se desenvolverem.

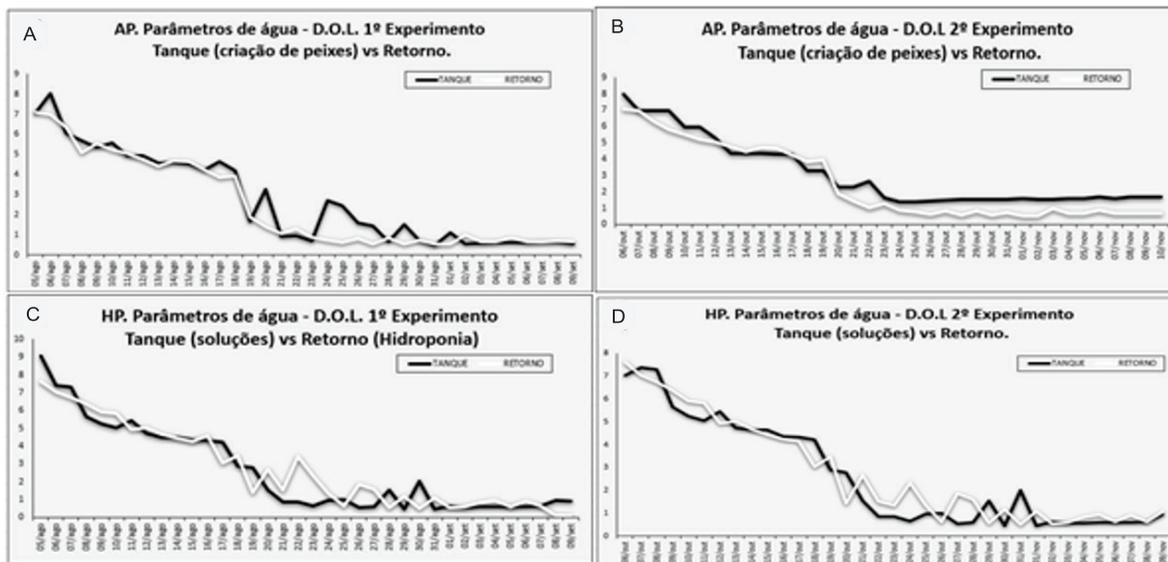


Figura 4. Análise dos parâmetros da ODL do tanque e retorno: 4A) experimento 1 do sistema AP; 4B) experimento 2 do sistema AP; 4C) experimento 1 do sistema HP; e 4D) experimento 2 do sistema HP.

Os resultados para variável de pH apresentaram diferença entre o experimento 1, em que foi observado pH de 9,8, e o experimento 2, em que o pH se manteve de 9,8 a 11,6. Para a maioria das plantas, a absorção de nutrientes é satisfatória em pH entre 6 e 7,5; porém, não foram observadas anormalidades nas folhas nem retardo no desenvolvimento das plantas, tanto para o sistema hidropônico como aquapônico (Figura 5 – A, B, C e D).

De acordo com Carmello (1996), o monitoramento dos níveis de pH da água é importante porque a maioria das plantas se desenvolvem melhor em pH de 6 a 7,5, pois todos os nutrientes ficam disponíveis de maneira ideal para as plantas absorverem. Em sistema de aquaponia, as bactérias nitrificantes degradam a matéria orgânica, acidificando o pH. Já para a produção dos peixes, espécies como a tilápia toleram pH entre 6 e 8, o que não interfere no crescimento e saúde dos peixes.

O sistema aquapônico envolve três organismos distintos – peixes, plantas e bactérias – que necessitam de diferentes níveis de pH. Recomenda-se, então, que em sistema de aquaponia, o pH deva ser mantido na faixa entre 6,5 e 8, para atender ao desenvolvimento de todos os ecossistemas (Carneiro et al., 2015).

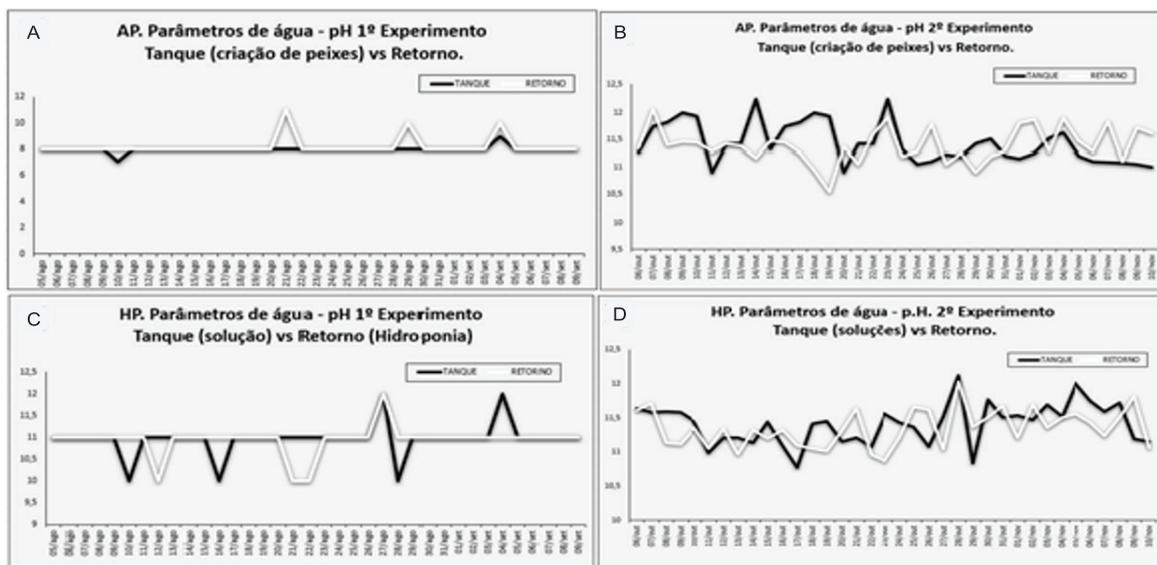


Figura 5. Análise dos parâmetros de pH do tanque e retorno: 5A) experimento 1 do sistema AP; 5B) experimento 2 do sistema AP; 5C) experimento 1 do sistema HP; e 5D) experimento 2 do sistema HP.

Avaliação das características agrônômicas das cultivares de alfaces

Número total de folhas (un.)

Para a avaliação do número de folhas, foi possível observar, no experimento 1 (Figura 6A), que os sistemas de cultivo diferiram entre si significativamente apenas para a cultivar crespa. Já no experimento 2 (Figura 6B), não houve diferença estatística entre os sistemas de cultivo. Isso indica que, para a variável número de folhas, na maioria das cultivares estudadas, não há diferença estatística entre produzir em sistema de hidroponia ou aquaponia. No entanto, entre as cultivares dentro de cada sistema, foi possível observar, no primeiro experimento, que as cultivares crespa e lisa, quando em sistema de hidroponia, apresentam uma quantidade significativa de número de folhas quando comparadas com as cultivares americana e roxa. Esse fato não aconteceu no segundo experimento, em que apenas a cultivar lisa apresentou melhor número de folhas, quando em sistema de hidroponia. Avaliando o sistema de aquaponia no experimento 1 e no experimento 2, nota-se que, neste sistema, a cultivar que apresentou maior número de folhas foi a cultivar lisa, que diferiu significativamente das demais cultivares.

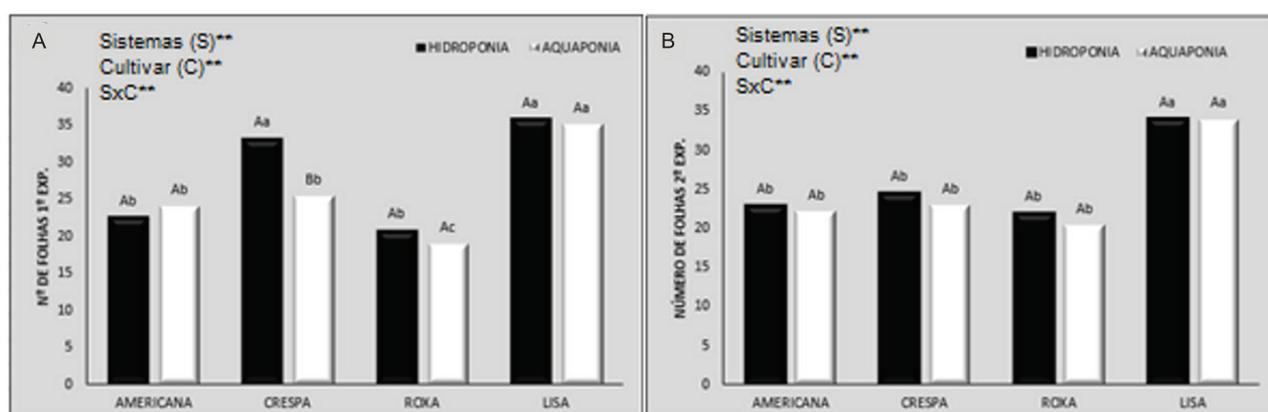


Figura 6. Número de folhas de cultivares de alface submetidas ao cultivo em sistemas de hidroponia e aquaponia: 6A) experimento 1; e 6B) experimento 2. Letras maiúsculas iguais dentro dos sistemas de cultivo e letras minúsculas iguais entre as cultivares não mostram diferença pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Por meio do número de folhas é possível fazer a observação que, independentemente do sistema escolhido, o número de folhas não difere entre os sistemas e que a melhor cultivar é a alface lisa, independentemente do sistema que for escolhido para se fazer o cultivo. Os dados corroboram Feuzer (2016), que também observou um melhor número de folhas para a cultivar lisa em comparação com outras cultivares.

Para Favarato et al. (2017), o ambiente influenciou no número de folhas de alfaces cultivadas em estufa, em relação a alfaces cultivadas em campo. Como o ambiente de estufa apresentou maior temperatura durante o período do experimento, pode-se sugerir que isso motivou o aumento na produção de folhas. Para Hermes et al. (2001), a temperatura exerce efeito significativo na taxa de aparecimento de folhas em diversas espécies de plantas. Assim, o aumento de temperatura acelera o aparecimento de folhas.

Massa fresca total das cultivares de alface (g)

Avaliando a massa fresca total, foi possível observar que tanto no experimento 1 quanto no experimento 2 (Figura 7 – A e B), houve diferença significativa entre os sistemas de cultivo para todas as cultivares, em que o sistema hidropônico mostrou maior produção de massa fresca total quando comparado com o sistema de aquaponia. No experimento 2, a exceção foi a cultivar roxa cultivada, que, tanto no sistema hidropônico quanto no sistema aquapônico, não mostrou diferença significativa na produção da massa fresca total, tendo obtido menor crescimento. Ao analisar as cultivares dentro

de cada sistema de cultivo, foi possível perceber que em sistema hidropônico as cultivares americana e crespa apresentaram melhor desempenho quando comparadas com as cultivares roxa e lisa, tanto no primeiro quanto no segundo experimento.

No entanto, para o sistema de aquaponia, pôde-se observar que as cultivares que melhor se desenvolveram foram a americana, a crespa e a lisa, embora no primeiro experimento a cultivar roxa tenha obtido uma diferença significativamente igual em relação às cultivares crespa e lisa. Não foi possível observar tal comportamento no segundo experimento, em que a cultivar roxa comportou-se de modo significativamente inferior ao das demais cultivares.

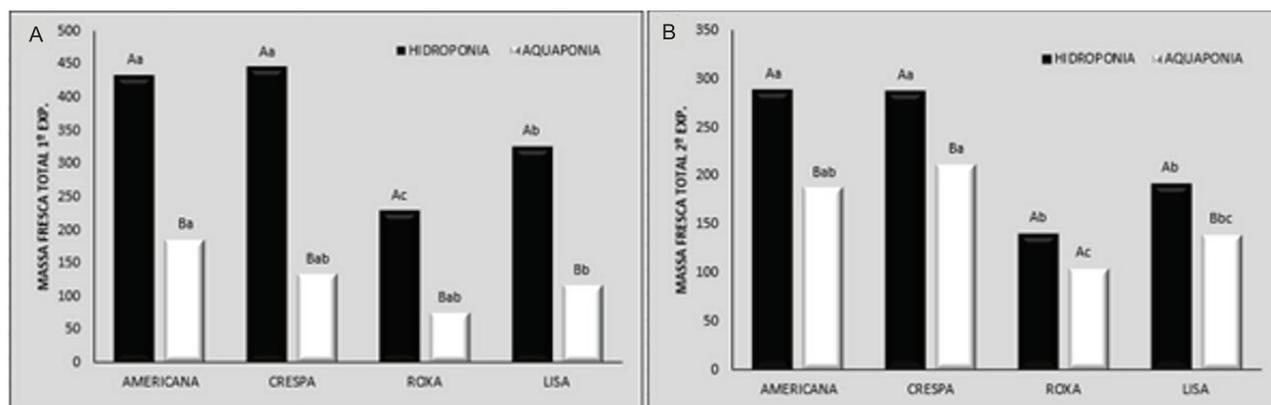


Figura 7. Massa fresca total de cultivares de alface submetidas ao cultivo em sistemas de hidroponia e aquaponia: 7A) experimento 1; e 7B) experimento 2. Letras maiúsculas iguais dentro dos sistemas de cultivo e letras minúsculas iguais entre as cultivares não mostram diferença pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Carvalho et al. (2017) testou o desempenho produtivo de alfaces em sistemas aquapônico e hidropônico e observou que o tratamento aquapônico, após colheita aos 35 dias, demonstrou-se inferior ao tratamento hidropônico em virtude da limpeza dos componentes do sistema antes de iniciar o experimento, o que contribuiu para a diminuição de nutrientes, retardando o desenvolvimento das plantas. Porém, quando colhidas após 60 dias, o sistema aquapônico demonstrou ser superior em relação ao hidropônico. O estudo de Ribeiro (2017), que avaliou a produção de alface cultivada em sistema aquapônico e hidropônico com diferentes substratos, observou que no primeiro ciclo de cultivo (35 dias), os valores de massa fresca total no sistema hidropônico foram superiores aos do sistema aquapônico. No segundo ciclo (60 dias), o resultado estatístico se demonstrou semelhante em ambos os sistemas de cultivo.

Massa fresca das cultivares fracionadas em folhas, caule e raiz

Ao analisarmos a massa fresca das partes separadas das alfaces (Figura 8), houve uma diferença significativamente maior para as cultivares que foram produzidas em sistema de hidroponia em relação às cultivares que foram produzidas em aquaponia para as partes fracionadas das folhas e caule. Porém, ao analisar o sistema radicular de cada cultivar e comparar entre os sistemas, foi possível observar que só houve diferença estatística no 1º experimento (Figura 8E) para as cultivares crespa e roxa, pois as cultivares americana e lisa não mostraram diferença significativa entre os sistemas. Contudo, no 2º experimento (Figura 8F), não houve diferença significativa em nenhuma cultivar, independentemente de o cultivo ser hidropônico ou aquapônico.

Para Carini et al. (2012), o comprimento de caule nas alfaces apresenta-se indesejável, pois há uma tendência ao pendoamento do genótipo, o que confere uma característica indesejável do ponto de vista mercadológico, pois o pendoamento oferece maior teor de látex, que dá um gosto amargo à alface e ocasiona folhas mais duras.

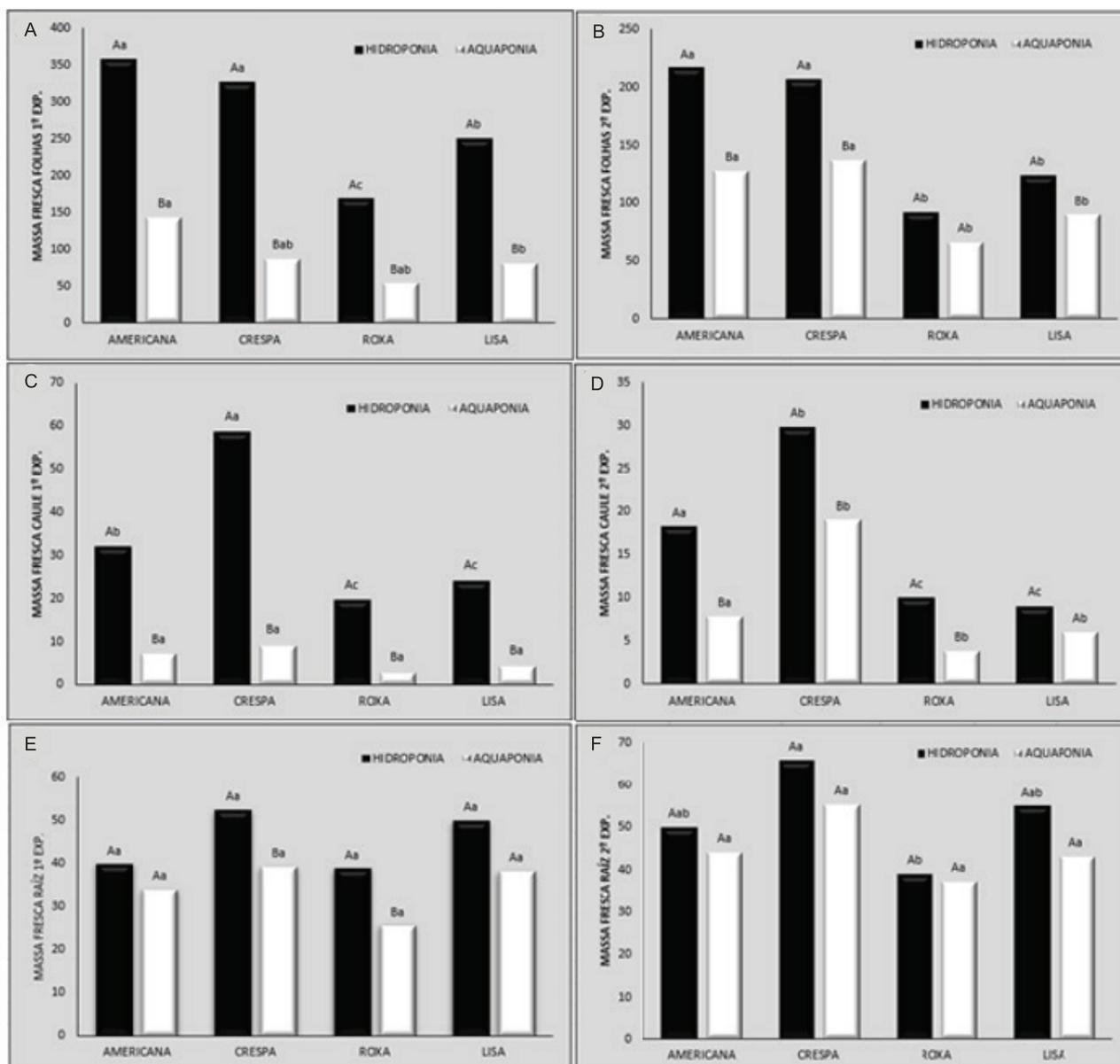


Figura. 8A) e 8B) massa fresca das folhas; 8C e 8D) massa fresca do caule; e 8E) e 8F) massa fresca da raiz de cultivares de alface submetidas ao cultivo de hidroponia e aquaponia; 8A), 8C) e 8E) experimento 1; 8B), 8D) e 8F) experimento 2. Letras maiúsculas iguais dentro dos sistemas de cultivo e letras minúsculas iguais entre as cultivares não mostram diferença pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Massa seca das folhas das cultivares

Para a avaliação da massa seca das folhas (Figura 9 – A e B), nota-se, em ambos os experimentos, que o sistema de hidroponia apresentou uma maior massa seca quando comparado com o sistema de aquaponia. Porém, na análise das cultivares em cada sistema, é possível observar que a americana e a crespa apresentam maior massa seca tanto quando são produzidas em sistema de hidroponia quanto em aquaponia. Portanto, quando se avaliam as cultivares em cada sistema, podem-se produzir as cultivares americana e crespa tanto em sistema hidropônico quanto em sistema aquapônico, pois ambas apresentam um bom desenvolvimento de massa seca quando comparadas às demais cultivares estudadas.

A alface é a cultura que mais exige nutrientes para o seu crescimento quando comparada às outras culturas, pois é considerada hortaliça de ciclo curto. A intensificação de absorção dos nutrientes

está relacionada com a produção de matéria seca; além disso, a alface apresenta grandes teores de nitrogênio, e em sistemas de aquaponia, o ciclo do nitrogênio está presente constantemente, o que pode sugerir melhor desenvolvimento do vegetal (Sanchez, 2007).

Corrêa (2018) analisou o crescimento animal e vegetal em sistema aquapônico de escala comercial, e seu estudo demonstrou que esse tipo de produção gera menos impacto ao ambiente, pois utiliza-se o reúso de água, evitando-se o descarte de poluentes no ambiente, demonstrando-se sustentável. Já a produtividade, com o uso da técnica da aquaponia, apresentou resultados que corroboram a interligação da aquaponia com aspectos da soberania e segurança alimentar e nutricional.

Ribeiro (2017), ao analisar produção aquapônica e hidropônica em cultivares de alfaces, observou que as plantas não apresentaram deficiência de nutrientes em análise visual, sugerindo que o sistema aquapônico proporciona condições favoráveis para o cultivo de alface.

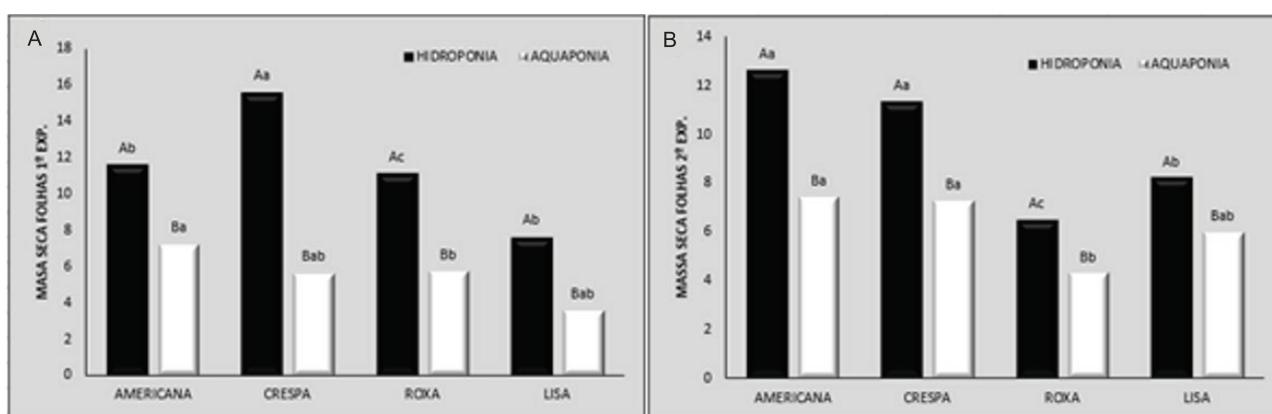


Figura 9. Massa seca de folhas de alface submetidas ao cultivo em sistemas de hidroponia e aquaponia: 9A), 9C) e 9E) experimento 1; e 9B), 9D) e 9F) experimento 2 Letras maiúsculas iguais dentro dos sistemas de cultivo e letras minúsculas iguais entre as cultivares não mostram diferença pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os níveis de nutrientes dissolvidos em água no sistema aquapônico são influenciados pela condutividade elétrica baixa; porém, todas as cultivares apresentaram ótimo desenvolvimento e crescimento. É importante salientar que o ótimo crescimento e desenvolvimento dos cultivares de alfaces se deu em virtude da biomassa de peixe, que possibilitou a quantidade ideal de nutrientes dissolvidos. Foi observado crescimento maior das cultivares no segundo experimento, assemelhando-se ao desenvolvimento do cultivo em hidroponia. Isso indica que quanto maior for o tempo em que nutrientes circulam dentro do sistema aquapônico, melhor será o crescimento e produção vegetal, dando margem para pesquisas futuras com investigações que avaliem a quantidade de nutrientes existentes no sistema de aquaponia.

Ainda não está claro em que grau o efluente da aquicultura gera impacto no desempenho do crescimento das plantas, pois se faz necessário avaliar a presença e a quantidade de nutrientes disponíveis na água residual. O conteúdo de nutrientes na folha pode fornecer informações sobre a saúde das plantas; no entanto, isso ainda não foi investigado em aquaponia.

O bom desempenho das cultivares em sistema de aquaponia, por meio das variáveis das massas fresca e seca, é um fator rentável para que o pequeno produtor possa produzir as cultivares mais consumidas e com características ecológicas, agregando valor ao produto final oferecido e, conseqüentemente, proporcionando melhorias econômicas e sociais dentro da área de produção e comercialização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as cultivares apresentaram ótimo desenvolvimento e crescimento. Não foram observadas quaisquer anormalidades nos aspectos das folhas ou da coloração que apontassem deficiência nutricional. Esse tipo de sistema de produção aquapônica poderá apresentar maior viabilidade financeira para o produtor por obterem-se dois produtos desenvolvidos simultaneamente e em simbiose.

Os resultados observados em relação ao desempenho produtivo entre as cultivares, em ambos os sistemas estudados, foram melhores para as cultivares americana e crespa, podendo ser mais exploradas para que o produtor obtenha maior renda financeira. A alface-roxa foi a cultivar que obteve menor desempenho em todas as análises estudadas, portanto, com menor produção.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J.C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat**: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. versão 1.1.0.694. Jaboticabal: FCAV, UNESP, 2011.
- BARBOSA, W.W. de P. **Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para produção de manjerona (*Origanum majorana*) e manjeriço (*Ocimum basilicum*) em sistemas de aquaponia**. 2011. 55p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Brasília, Brasília.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 5, de 23 de fevereiro de 2007**. [Aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes minerais, destinados à agricultura]. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229260>>. Acesso em: 12 jul. 2020.
- BREMENKAMP, D.M.; GALON, K.; HELL, L.R.; PASSOS, G.; CAZAROTI, E.P.F.; COMETTI, N.N. Efeito da temperatura da solução nutritiva no crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.S596-S604, 2012. Suplemento.
- CARINI, F.; PERIN, L.; MARQUES, G.N.; COSTA, R.L.; FERREIRA, L.V.; PEIL, R.M.N. Produção e partição de biomassa e características produtivas de cultivares de alface crespa em cultivo de verão e sistema hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.S480-S487, 2012. Suplemento.
- CARMELLO, Q.A.C. Cuidados com a solução nutritiva. **Hidroponia & CIA**, v.1, p.6, 1996.
- CARNEIRO, P.C.F.; MARIA, A.N.; NUNES, M.U.C.; FUJIMOTO, R.Y. Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais. In: TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W. dos S. (Org.). **Aquicultura no Brasil**: novas perspectivas. São Carlos: Pedro & João, 2015. Cap.32, p.683-706.
- CARVALHO, A.R.; BRUM, O.B.; CHIMÓIA, E.P.; FIGUEIRÓ, E.A.G. Avaliação da produtividade da aquaponia comparada com a hidroponia convencional. **Vivências**, v.13, p.79-91, 2017.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 18 mar. 2005. Seção 1, p.58-63. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=18/03/2005&jornal=1&pagina=58&totalArquivos=192>>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- CORRÊA, B.R.S. **Aquaponia rural**. 2018. 70p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.
- CORRÊA, B.R.S.; CRUZ JÚNIOR, C.A. da; CORRÊA, V.R.S. A aquaponia como tecnologia social para agricultura familiar. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CIÊNCIA E MEIO AMBIENTE, 7., 2016, Anápolis. **Anais**. Anápolis: Universidade Evangélica, 2016. p.4-11.
- COSTA, E. de A. **Avaliação microbiológica e parasitológica nos processos de higienização de alfaces (*Lactuca sativa* L.) de diferentes cultivos**. 2011. 115p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- COSTA, P.C.; DIDONE, E.B.; SESSO, T.M. CAÑIZARES, K.A.L.; GOTO, R. Condutividade elétrica da solução nutritiva e produção de alface em hidroponia. **Scientia Agrícola**, v.58, p.595-597, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000300023>.
- FARIA, R.H.S. de; MORAIS, M.; SORANNA, M.R.G. de S.; SALLUM, W.B. **Manual de criação de peixes em viveiros**. Brasília: Codevasf, 2013. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/24462531-Manual-de-criacao-de-peixes-em-viveiros.html>>. Acesso em: 19 ago. 2021.
- FAVARATO, L.F.; GUARÇONI, R.C.; SIQUEIRA, A.P. de O.; SOUZA, J.L. de. Influência de diferentes sistemas de cultivo de alface de outono/inverno sobre variação térmica e temperatura do solo e planta. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 21.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 17.; ENCONTRO NACIONAL

- DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 7., 2017, São José dos Campos. **Ciência que aproxima, ciência que liberta**: [anais]. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2017.
- FEUZER, C. **Desempenho de três variedades de alface (*Lactuca sativa*), em sistemas de aquaponia**. 2016. 24p. Monografia (Bacharelado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense, Rio do Sul.
- FIORUCCI, A.R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova na Escola**, n.22, p.10-16, 2005.
- FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**: parte 2: solução nutritiva. 2009. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/hidroponiap2/index.htm>. Acesso em: 15 ago. 2020.
- GODDEK, S.; JOYCE, A.; KOTZEN, B.; BURNELL, G.M. (Ed.). **Aquaponics food production systems**: combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future. Cham: Springer, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6>.
- GODDEK, S.; KÖRNER, O. A fully integrated simulation model of multi-loop aquaponics: a case study for system sizing in different environments. **Agricultural Systems**, v.171, p.143-154, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.01.010>.
- GONDIM, A.R. de O.; FLORES, M.E.P.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alfaces em sistemas de cultivo hidropônico NFT. **Bioscience Journal**, v.26, p.894-904, 2010.
- HERMES, C.C.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A.; CARON, B.; POMMER, S.F.; BIANCHI, C. Emissão de folhas de alface em função da soma térmica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.269-275, 2001.
- HUNDLEY, G.C.; NAVARRO, R.D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, p.52-61, 2013.
- KUBITZA, F.; KUBITZA, L.M.M. Tilápias: qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade - parte 1. **Panorama da Aquicultura**, ed.59, p.44-53, 2000.
- LISBÔA, S.M.F. **Aquaponia superintensiva**: tratamento e reuso de água. 2019. 122p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- LOPES, C.A.; SILVA, J.B.C. da; GUEDES, I.M.R. **Doenças em cultivos hidropônicos e medidas de controle**. Brasília: Embrapa, 2015. (Embrapa Hortaliças. Comunicado técnico, 107).
- QUEIROZ, J.F. de; FREATO, T.A.; LUIZ, A.J.B.; ISHIKAWA, M.M.; FRIGHETTO, R.T.S. **Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2017. 29p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 113).
- RIBEIRO, E.F. **Desempenho de diferentes substratos em cultivo de alface aquapônico e hidropônico**. 2017. 50p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.
- SAATH, K.C. de O.; FACHINELLO, A.L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.56, p.195-212, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201>.
- SANCHEZ, S.V. **Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP)**. 2007. 63p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Piscicultura**: alimentação. Brasília: Senar, 2019. 48p. (Coleção Senar, 263).
- SOMERVILLE, C.; COHEN, M.; PANTANELLA, E.; STANKUS, A.; LOVATELLI, A. **Small-scale aquaponic food production**: integrated fish and plant farming. Rome: FAO, 2014. 262p. (FAO. Fisheries and aquaculture technical paper, 589).
- VAN WOENSEL, L.; ARCHER, G.; PANADES-ESTRUCII, L.; VRSCAJ, D. **Ten technologies which could change our lives**: potential impacts and policy implications. Brussels: European Commission, 2015.
- YANG, T.; KIM, H.-J. Characterizing nutrient composition and concentration in tomato, basil, and lettuce-based aquaponic and hydroponic systems. **Water**, v.12, 1259, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12051259>.
-