



**DESENVOLVIMENTO DE HORTALIÇAS EM DIFERENTES CICLOS DE
DESCARGAS NUTRICIONAIS EM SISTEMA DE AQUAPONIA**

***DEVELOPMENT OF VEGETABLES IN DIFFERENT NUTRITIONAL DISCHARGE
CYCLES IN AN AQUAPONICS SYSTEM***

Caio César Reis Dias¹; Nelson Delu Filho²

RESUMO

No Brasil, a rúcula tem alta aceitabilidade no mercado e boa produtividade por metro quadrado, além de se adaptar a diferentes formas de cultivo. A alface é a hortaliça mais consumida entre a população brasileira, tendo uma grande demanda no mercado nacional e alta adaptabilidade a diferentes sistemas de cultivo. Porém, a cada ano, a horticultura sofre devido ao déficit hídrico e a aquaponia surge como uma ótima alternativa para a produção de hortaliças, pois reduz em até 90% o consumo de água para a produção no sistema. Sendo assim, este experimento visou avaliar o melhor intervalo entre ciclos nutricionais no sistema NFT, considerando as variáveis peso fresco, diâmetro da parte aérea e comprimento de raiz em alface e rúcula. O experimento foi realizado em Varginha-MG, utilizando mudas de alface e rúcula no sistema de aquaponia. Os tratamentos avaliados foram: T1- Alface fluxo contínuo, T2- Alface ciclo 10 min, T3- Alface ciclo 15 min, T4- Rúcula fluxo contínuo, T5- Rúcula ciclo 10 min e Rúcula ciclo 15 min. Foi utilizado o delineamento em bloco casualizado (DBC), com 6 tratamentos e 4 repetições, totalizando 24 parcelas. As avaliações foram realizadas após 40 dias das mudas no sistema, avaliando se: peso fresco, diâmetro da parte aérea e comprimento de raiz da alface e da rúcula. Os dados foram submetidos à análise de variância ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa SISVAR. Por fim, os resultados apontaram os tratamentos de fluxo contínuo (T1 e T4) como os mais satisfatórios quanto às variáveis peso fresco e diâmetro da parte aérea, sendo os mais indicados para a produção

¹ Bacharelado em Agronomia, Centro Universitário do Sul de Minas. caiocattleya2012@hotmail.com.br

² Professor Doutor, Centro Universitário do Sul de Minas. nelson.delu@unis.edu.br.

comercial. Já os tratamentos com maiores intervalos entre ciclos de descargas no sistema apresentaram maiores médias em comprimento de raiz.

Palavras-chave: déficit hídrico; fluxo contínuo; horticultura.

ABSTRACT

In Brazil, arugula is highly acceptable on the market and has good productivity per square meter. It also adapts to different forms of cultivation, as does lettuce, which is the most widely consumed vegetable among the population and is in great demand on the domestic market. However, every year horticulture suffers due to water deficit and aquaponics has emerged as a great alternative for vegetable production, as it reduces water consumption by up to 90% for production in the system. Therefore, this experiment aimed to evaluate the best interval between nutritional cycles in the NFT system, in terms of the variables fresh weight, root diameter and length in lettuce and rocket. The experiment was carried out in Varginha-MG, using lettuce and rocket seedlings in the aquaponics system. The treatments evaluated were (T1- Lettuce continuous flow, T- Lettuce cycle 10 MIN, T3- Lettuce cycle 15MIN, T4- Arugula continuous flow, T5- Arugula cycle 10MIN, Arugula cycle 15MIN). A DBC design was used, with 6 treatments and 4 replications, totaling 24 plots. Evaluations were carried out after 40 days of the seedlings being in the system: Fresh weight, diameter and length of lettuce and rocket roots. The results were subjected to analysis of variance using the Tukey test at 5% significance, using the SISVAR program. Finally, the results showed that the continuous flow treatments (T1 and t4) were the most satisfactory in terms of fresh weight and plant diameter, making them the most suitable for commercial production, while the treatments with the longest intervals between flushing cycles had the highest root length averages.

Key words: water deficit; continuous flow; horticulture.

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é amplamente cultivada no sistema de hidropo: convencional e aquaponia, demonstrando sua boa adaptabilidade a diferentes formas de cultivo e a importância de sua produção no Brasil, sendo a hortaliça folhosa mais consumida no país e de muita importância econômica para o mercado brasileiro (Carvalho et al., 2005). A rúcula (*Eruca sativa*), por sua vez, também é amplamente cultivada por todo o Brasil, apresentando uma alta produção por área, ciclos curtos e sendo uma hortaliça rica nutricionalmente, o que justifica sua alta aceitabilidade pelo mercado nacional (Reghin et al., 2004; Amorim et al., 2007).

O sistema de Aquaponia é uma alternativa de cultivo sustentável, que produz de maneira menos agressiva ao meio ambiente e necessita de até 90% menos água em relação ao cultivo convencional, além de não utilizar químicos, os quais afetariam a saúde dos peixes utilizados no sistema (Diver et al.,2006).

Trata-se de um sistema fechado, onde existe uma intensa relação simbiótica entre o resíduo do peixe e o vegetal em cada parte do sistema. A aquaponia é dividida em 3 partes:

- a) sistema de produção de peixe em fluxo contínuo;
- b) sistema de biofiltro;
- c) hidroponia.

O sistema utiliza a recirculação contínua de água, que deve ser tratada pelo biofiltro para a remoção de resíduos sólidos e excesso de amônia. Após a passagem pelos biofiltros, a água filtrada é utilizada para irrigar as plantas, retornando posteriormente ao tanque dos peixes (Crepaldi et al., 2006).

Essa forma de cultivo apresenta diversas vantagens sobre a produção convencional de hortaliças, como maior rendimento por área, por se tratar de espaços suspensos e também na vertical, maximizando a produção em uma mesma área. Há também maior facilidade da mão de obra, pois, diferentemente do que ocorre no sistema convencional, não há presença de ervas daninhas, o que elimina a necessidade de capinar o local. Além disso, há menor incidência de pragas e doenças, redução do ciclo de produção, assim produzindo mais rápido e mais vezes, e a fixação e absorção mais fácil de nutrientes pelas plantas. Outra grande vantagem da aquaponia é a redução do uso de água em comparação aos demais sistemas de cultivo, já que, ao utilizar o sistema de recirculação contínua de água, a perda de água é muito baixa, principalmente quando comparado ao cultivo convencional no solo. A perda de água ocorre de duas formas: a evaporação da água dos reservatórios (tanques onde ficam os peixes e tanques do sistema de filtragem biológica) e a evapotranspiração dos vegetais. (Diver., et al, 2006: Hundley & Navarro, 2013).

Ademais, destaca-se a produção de alimentos de alta qualidade, livres de agrotóxicos e antibióticos, além da diversificação do sistema, o que permite um aumento na renda com a redução do custo de fertilizantes para o cultivo das plantas. (Herbert, 2008; Braz Filho, 2000; Carneiro et al., 2015 *apud* taiz, Neto e Delprete, 2018).

Corso (2010) conduziu estudos que mostraram que a quantidade de água necessária para cultivar 1 kg de peixe em um sistema de aquaponia representa apenas 27,5% da água gasta por um sistema convencional de piscicultura.

A popularização da aquaponia no Brasil é muito bem vista para o futuro próximo, assim como ocorreu com a hidroponia, tanto para subsistência quanto para comercialização, como aconteceu em diversos países. No entanto, para obter sucesso com esta técnica de produção de alimentos, é necessário um bom conhecimento sobre o funcionamento e a montagem do sistema, além de conhecimentos biológicos para o controle dos animais, plantas e bactérias envolvidas no processo (Marengoni, 2006). Neste sistema, é importante atentar para cada parte, como a escolha das hortaliças e peixes mais indicados para a região, além do tempo de cada ciclo (intervalo das descargas de solução nutritiva) nas canaletas de cultivo, o que é fundamental e tem grande influência no desenvolvimento das hortaliças. Isso também afeta a oxigenação do tanque principal (onde ficam os peixes), pois a água das canaletas ajuda na oxigenação e na “renovação” da água do tanque.

No sistema convencional de cultivo de alface, é realizada uma análise do solo e feita a correção nutricional e estrutural, além da adubação foliar sempre que necessária, suprimindo todas as necessidades das plantas e possibilitando bons resultados desde o primeiro ciclo, com um produto de qualidade para o consumidor.

Já o sistema aquapônico, após a montagem, o sistema precisa passar por um processo de ciclagem, ou ciclo da amônia, que consiste na criação e multiplicação de colônias de bactérias nitrosomonas (nitrificantes), que vão transformar a amônia (tóxica para os peixes) em nitrito e, posteriormente, em nitrato, que é facilmente absorvido pelas plantas. Só depois desse processo, os peixes podem ser adicionados ao sistema, pois dependem dessa biologia da água para se desenvolverem bem. Com o tempo, esses peixes crescem, produzem mais dejetos e suprem a necessidade de nutrientes das plantas, tornando o processo produtivo totalmente sustentável e benéfico para ambos os lados, em uma relação simbiótica.

Para Furlani *et al.* (1999), o funcionamento de um sistema aquapônico, bem como a qualidade e produtividade do sistema, depende de diversos fatores, como nutrientes dissolvidos na água, oxigenação, pH, temperatura. Este experimento visa identificar se há diferença significativa entre diferentes ciclos de descargas no sistema NFT para o cultivo de alface (*Lactuca sativa L.*) e rúcula (*Eruca sativa*), com o objetivo de determinar o intervalo entre ciclos mais indicado para essas culturas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Hortaliças

A alface (*Lactuca sativa*), pertencente à família *Asteraceae*, e a rúcula (*Eruca vesicaria*), da família *Brassicaceae*, são hortaliças amplamente cultivadas em diversos países e sistemas de manejo, incluindo os sistemas convencional (cultivo em solo), hidropônico, orgânico e aquapônico. No Brasil, essas hortaliças são consumidas diariamente pela população de maneira in natura, principalmente a alface em saladas. Produzidas em praticamente todo o território nacional, essas culturas demandam estratégias para maximizar a produtividade a fim de atender à crescente demanda do mercado interno.

2.2 Aquaponia

Em meio a uma época, onde a demanda de produção de alimentos é crescente e a escassez hídrica é um problema cada vez maior, a demanda por alimentos saudáveis cresce a cada dia. A aquaponia surge como uma opção para resolver ambos os problemas. Esse sistema combina a produção de hortaliças em solução nutritiva (hidroponia) com a criação de peixes (piscicultura) em um sistema fechado de recirculação de água. Esse modelo permite uma economia de até 90% no consumo de água em comparação ao cultivo convencional, necessitando apenas de reposições decorrentes da evaporação.

Outra vantagem da aquaponia, se dá pela ausência do uso de agrotóxicos no sistema, pois seu uso poderia causar doenças ou mesmo a morte dos peixes. A principal diferença entre hidroponia e aquaponia está na fonte de nutrientes: enquanto a hidroponia utiliza produtos químicos diluídos em água, na aquaponia os nutrientes são provenientes dos resíduos metabólicos dos peixes. Esses resíduos, ricos em amônia, são convertidos em nitrito e posteriormente em nitrato por bactérias nitrificantes (*Nitrosomonas* e *Nitrobacter*), o que fornece os nutrientes necessários para o crescimento das plantas. Outro benefício significativo da aquaponia é a diversificação de fontes de renda, possibilitada pela criação de peixes e pela produção de hortaliças de alta qualidade, além da redução nos custos com fertilizantes. (Rakocy, 2006).

O cultivo em sistemas hidropônicos e aquapônicos requer atenção ao intervalo de descarga da solução nutritiva, já que esse fator influencia diretamente o desenvolvimento das plantas, variando de acordo com a oxigenação, temperatura da água e necessidades específicas de cada cultivar.

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) se destaca como uma ótima opção para a aquaponia. Por ser um peixe de crescimento rápido, permite uma alta rotatividade nos tanques. Além disso, é resistente à maior parte das doenças comuns em sistemas aquáticos e é facilmente encontrado em todos os estados do país. A tilápia também é bem aceita no mercado nacional, e existem diversas rações de qualidade desenvolvidas para melhor suprir suas necessidades. O cascudo (*Hypostomus affinis*) também é amplamente utilizado em sistemas de aquaponia devido à sua rusticidade, alta resistência a diferentes parâmetros da água e temperatura. Além disso, ele convive bem com as tilápias e auxilia na limpeza dos tanques, pois seus hábitos alimentares incluem o consumo de algas, restos de ração e dejetos das tilápias, que podem se acumular no fundo dos tanques (Kunita et al., 2013).

2.3 Bactérias Nitrificantes

Bactérias nitrificantes têm a capacidade de transformar substâncias tóxicas, como a amônia, em substâncias que podem ser absorvidas pelas plantas no sistema de aquaponia. Essas bactérias podem ser introduzidas no sistema para maximizar ou acelerar o processo natural, ou é possível criar condições para que elas surjam e se multipliquem naturalmente. Sua principal função é transformar a amônia presente no sistema, originada dos dejetos dos peixes e restos de ração, em nitrato, uma substância que, ao entrar em contato com as raízes das plantas no sistema NFT, garante seu bom desenvolvimento e produção, além de melhorar a qualidade da água para os peixes (Junge et al., 2017).

O ciclo de nitrificação envolve bactérias dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*. As *Nitrosomonas* oxidam o íon amônio (NH_4^+), transformando-o em nitrito (NO_2^-). Posteriormente, ocorre a oxidação do nitrito em nitrato (NO_3^-), realizada pela ação das bactérias *Nitrobacter*. A presença dessas bactérias contribui para o tratamento de componentes tóxicos, reduzindo a necessidade de medidas de controle que aumentem os custos de produção ou interfiram no desenvolvimento das plantas e dos peixes (Araújo et al., 2018).

2.4 Sistema NFT

O sistema NFT (*Nutrient Film Technique*) é constituído por canaletas de cultivo, que podem ser abertas ou fechadas, contendo apenas os orifícios necessários para a entrada e saída da solução nutritiva (água do sistema de aquaponia), além dos furos para alocar cada muda na canaleta de cultivo. Essa técnica consiste na recirculação da solução nutritiva entre as raízes

nuas das hortaliças, de forma que a solução hidrate e nutra as plantas. As hortaliças, por sua vez, filtram a água que passa por suas raízes, melhorando a qualidade da água do sistema e beneficiando o desenvolvimento dos peixes (Carneiro et al., 2015).

3 METODOLOGIA

O experimento foi realizado entre agosto e outubro de 2024, no município de Varginha-MG, localizado nas coordenadas geográficas 21° 34' 30" S (latitude) e 45° 26' 34" W (longitude), com altitude de 790 metros (Climate-Data.org, 2023).

O clima da região de Varginha é classificado como tropical de altitude, caracterizado por temperaturas amenas, verões quentes e chuvosos. A temperatura média anual varia entre 11°C e 29°C, com média anual máxima de 20°C e mínima anual entre 14°C e 20°C. O índice pluviométrico médio anual é de 1.336 mm (Climatempo, 2023).

3.1 Construção do sistema de aquaponia

O sistema de aquaponia utilizado no experimento foi composto de uma caixa de 500 L, utilizada como viveiro, onde foram alocados os alevinos. A saída de água do viveiro foi localizada no fundo e no centro da caixa de água em uma saída de água, com tubulação de 50 mm (cinquenta milímetros) que seguiu para um tambor de capacidade de 240 L (duzentos e quarenta litros), funcionando como decantador de sólidos. A entrada de água do tambor de decantação foi localizada a 20 cm (vinte centímetros) do fundo do tambor e a saída de água a 80 cm (oitenta centímetros) do fundo do tambor, em tubulação de 50 mm (cinquenta milímetros).

A diferença entre as alturas das tubulações de entrada e saída promoveu a decantação de sólidos no tambor com a queda de velocidade ocorrida dentro do tambor. A tubulação de 50 mm (cinquenta milímetros) seguiu para um tambor de 240L (duzentos e quarenta litros), utilizado como filtro biológico. Foi posicionada uma bomba submersa com vazão máxima de 2.400 L/h (dois mil e quatrocentos litros por hora) na horizontal. A vazão real, calculada em 1600 L/h (mil e seiscentos litros por hora), na altura de um metro e meio utilizada no experimento. A saída vertical de água da bomba foi realizada através de uma tubulação de 25 mm (vinte e cinco milímetros) com 1,5m (um metro e meio de altura). No final dessa tubulação, a água foi distribuída por um conector em "T" para dois canos horizontais de 25 mm (vinte e

cinco milímetros), com dois furos por onde foi distribuída a água para 2 camas de cultivo de 120 litros cada.



Figura 1: Sistemas de filtragem física, mecânica e biológica

Fonte: acervo do autor

Adicionalmente, foi implementada uma filtragem extra (Figura 2), composta por pedras brita, cacos de tijolos e plantas como taioba, cavalinha e alho. Em uma das extremidades do sistema, foi instalada a entrada de água, que passava pelas pedras brita e pelas raízes das plantas. Essas plantas funcionavam como filtro, oferecendo pontos de fixação para bactérias nitrificantes, responsáveis por converter a amônia em nitrito e, posteriormente, em nitrato. Esse nitrato era absorvido pelas plantas das camas de cultivo, ajudando a retirar seu excesso do sistema.



Figura 2: Vista de cima da composição do sistema de aquaponia

Fonte: acervo do autor

3.2 Sifão e sistema NFT (*Nutrient Film Technique*)

No final de cada cama de cultivo, foi instalado um “sifão bell”, responsável por liberar a água das camas de cultivo para as canaletas de cultivo. Esse mecanismo permitiu que as raízes das plantas das camas de cultivo, assim como as hortaliças do sistema NFT, pudessem respirar.

Os furos na tubulação de 25 mm (vinte e cinco milímetros) distribuíram a água em 12 canos PVC com 4m (quatro metros) de comprimento, onde foram alocadas as mudas de alface (*Lactuca sativa*) e rúcula (*Eruca vesicaria ssp. Sativa*). As plantas foram espaçadas entre si com intervalos de 25 cm (vinte e cinco centímetros) no mesmo cano e 25 cm (vinte e cinco centímetros) entre os canos. A água de retorno dos canos segue diretamente para a caixa de água de 500 L (quinhentos litros), utilizada como viveiro dos peixes, fechando o círculo contínuo de água e nutrientes.

3.3 Manejo dos peixes

Para a geração de resíduos foram utilizadas 40 tilápias (*Oreochromis niloticus*) e 4 cascudos (*Hypostomus affinis*), distribuídos entre o tanque de cultivo e decantadores. Esses peixes desempenharam um papel fundamental na geração de resíduos para produção de nutrientes, além de auxiliar na limpeza e manutenção do sistema, controlando algas e larvas de insetos nos tanques. Os peixes receberam alimentação natural, com folhas de taioba e lemnas (lentilhas d’água), além da alimentação industrializada, ração isoprotéica com 3500 Kcal/Kg (Quantidade de energia digestível disponível na ração por Kg). A ração apresenta 42% de

proteína e no extrato estéril que compõem 10% da ração, temos; 3% de cálcio, 1,8% de fósforo e 600 mg de vitamina C por Kg de ração, de acordo com o fabricante.

3.4 Espécies e variedades cultivadas

Foram cultivadas alface (*Lactuca sativa L.*), da variedade crespa, e rúcula (*Eruca vesicaria ssp. sativa*). As mudas, com 10 dias após a semeadura, foram adquiridas no Mercado Municipal de Varginha, provenientes do Viveiro Ponte Alta. Após a compra, as mudas foram inseridas no sistema de aquaponia, onde permaneceram por 40 dias no sistema NFT (*Nutrient Film Technique*), sendo expostas a diferentes ciclos de descargas nutricionais até o momento da coleta.

3.5 Características do local do experimento

O experimento foi conduzido na cidade de Varginha, MG, em um local com boa ventilação e barreiras físicas contra fortes chuvas e ventos, que poderiam comprometer a integridade do sistema. A área foi coberta com uma tela de sombreamento para proteger as hortaliças da intensa incidência solar e para controlar o crescimento de algas nos tanques e filtros do sistema. O local recebia de 10 a 12 horas de sol por dia, o que favorecia o desenvolvimento das hortaliças e das plantas utilizadas na filtragem.

Parte do material utilizado no projeto já estava disponível no local, sendo devidamente limpo e reutilizado. A caixa d'água (tanque dos peixes) foi colocada sobre um pallet, com o objetivo de mantê-la nivelada e sem contato direto com o solo.

No local, também eram cultivadas mudas de taioba, tanto no solo quanto no próprio sistema de aquaponia, com o objetivo de complementar a alimentação dos peixes e adicionar mais nutrientes ao sistema, como ferro, um elemento normalmente ausente quando apenas a ração é utilizada como fonte alimentar. A taioba também contribuiu para a limpeza da água nos filtros biológicos, devido ao seu sistema radicular altamente eficiente, que se adapta muito bem ao sistema de aquaponia, desde que haja uma boa quantidade de oxigênio dissolvido na água.

3.6 Plantio e espaçamento

As mudas de alface (*Lactuca sativa*) e rúcula (*Eruca vesicaria ssp. sativa*) foram adquiridas em bandejas convencionais no mercado municipal de Varginha e adaptadas ao sistema de aquaponia. As mudas foram distribuídas nas canaletas de cultivo do sistema NFT

com espaçamento de 25 x 25 cm entre as plantas, garantindo um adequado aproveitamento do espaço e favorecendo o desenvolvimento das hortaliças. Para proteger as plantas da intensa incidência solar e controlar o surgimento de algas no interior das canaletas, foi instalada uma tela de sombreamento com 50% de proteção a 120 cm acima das hortaliças. Esse manejo contribuiu para a saúde das plantas e o equilíbrio do sistema.

3.7 Ciclos das descargas no sistema NFT

Para o controle dos ciclos de descarga da água nutritiva no sistema, foram utilizados dois temporizadores e três bombas. O primeiro temporizador foi configurado para acionar e desativar uma bomba a cada 10 minutos, enquanto o segundo temporizador foi ajustado para acionar e desativar a segunda bomba a cada 15 minutos. A terceira bomba foi mantida em funcionamento contínuo, garantindo o fluxo constante de água no sistema.

No total, foram utilizadas 48 mudas de alface e 48 de rúcula, distribuídas em 12 canaletas de cultivo, sendo alimentadas pelos três ciclos de descarga programados.

3.8 Avaliações realizadas

Foi adotado o Delineamento de Blocos Casualizados (DBC) para a verificação dos resultados, com 6 tratamentos e 4 repetições (blocos), resultando em 24 parcelas experimentais. Cada bloco foi composto por 4 plantas no sistema NFT, e os dados dos 6 tratamentos foram coletados e submetidos à análise de variância (teste F).

A coleta e as avaliações foram realizadas 40 dias após o plantio das mudas, conforme a recomendação de Araújo (1999). As características avaliadas nas mudas foram:

- Peso fresco da parte aérea da alface (g) (PF) – mensurado em balança de precisão.
- Diâmetro da parte aérea da alface (cm) (DPA) – utilizando fita métrica.
- Comprimento da raiz da alface (CRA) (cm) – medido da base da raiz até a ponta, utilizando fita métrica.
- Peso fresco da parte aérea da rúcula (g) (PFR) – mensurado em balança de precisão.
- Diâmetro da parte aérea da rúcula (cm) (DPR) – utilizando fita métrica.
- Comprimento da raiz da rúcula (CRR) (cm) – medido da base da raiz até a ponta, utilizando fita métrica.

A comparação das médias foi realizada com o programa SISVAR, utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise dos dados pela ANOVA, foi possível observar que houve significância para todas as características avaliadas no experimento (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da ANOVA para peso fresco (PF), diâmetro da parte aérea (DPA), comprimento da raiz (CR) das plantas de alface e rúcula submetidas a diferentes intervalos entre ciclos nutritivos no n=sistema NFT. Varginha/MG, 2024.

F.V.	G.L.	Pr>Fc (PF)	Pr>Fc (DPA)	Pr>Fc (CR)
Tratamentos	5	0.0000*	0.0000*	0.0000*
Repetições	3	0.2970ns	0.5756ns	0.2656ns
Erro	15			
Total	25			
C.V. (%) =		4,10	3,52	3,94

*Significativo a 5% de probabilidade e NS = Não Significativo.

Fonte: próprio autor.

Os dados coletados mostraram que, para as hortaliças alface e rúcula no sistema NFT, os melhores resultados para peso fresco foram obtidos nos tratamentos com menor tempo entre as descargas de água do sistema. Segundo Resh (1997), para inibir o déficit hídrico nas plantas, o período entre regas deve ser curto o suficiente para atender suas necessidades. Dantas (1997) afirma que a rúcula e a alface, sendo plantas exigentes em relação à água, tanto em qualidade quanto em quantidade, dependem de ciclos mais curtos de regas para manter uma boa produtividade. Suinaga et al. (2013), destacam que a massa fresca comercial (Massa Fresca da Planta) da alface e da rúcula é uma característica importante para a comercialização, uma vez que é a principal variável que influencia a escolha dessas hortaliças pelo consumidor.

O peso fresco da alface variou entre 218,5 g e 271,73 g, e o da rúcula ficou entre 41,7 g e 53,46 g, ambos dentro do esperado e conforme descrito na literatura. Sedyama et al. (2009) mencionaram que o peso fresco pode variar devido ao fotoperíodo, cultivar e temperatura.

A testemunha T1 (alface com fluxo contínuo) apresentou a maior média de peso fresco por planta, seguida do T2 (alface com ciclos de 10 min) e do T3 (alface com ciclos de 15 min) (Tabela 2). Os dados obtidos para a variável peso fresco da rúcula também seguiram o mesmo

padrão observado para a alface (Tabela 2), com o T4 (rúcula com fluxo contínuo) apresentando o melhor resultado, seguido do T5 (rúcula com ciclos de 10 min) e do T6 (rúcula com ciclos de 15 min por planta).

Tabela 2. Análises estatísticas e médias da variável peso em plantas de alface e rúcula no sistema NFT de aquaponia em diferentes ciclos de descargas nutricionais no sistema. Obtidas em teste de TUKEY. Varginha (MG), 2024.

Tratamentos	Peso Fresco (cm)
T1- ALFACE FC	271,73 a
T2- ALFACE 10MIN	253,5 b
T3-ALFACE 15MIN	218,5 c
T4- RÚCULA FC	53,46 d
T5-RÚCULA 10MIN	46,49 d
T6- RÚCULA 15MIN	41,7 d
CV (%) =	4,10

Médias seguidas com letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: próprio autor.

Para Queiroz, Cruvinel e Figueiredo (2017), o diâmetro da parte aérea da alface e da rúcula é um fator visual importante para os clientes, o que acaba influenciando diretamente no valor e na compra dessas hortaliças. Magalhães et al. (2015) observaram efeito quadrático das lâminas de irrigação em relação ao diâmetro da parte aérea das cultivares de alface. Segundo Yuri et al. (2002), a alface é uma hortaliça de inverno, podendo resistir a baixas temperaturas e até a geadas de menor intensidade. No entanto, quando cultivada a temperaturas mais altas ou com oscilações drásticas, ocorre uma redução na variável diâmetro da parte aérea devido à diminuição no ciclo da planta.

No diâmetro da parte aérea por planta de alface (Tabela 3), a testemunha T1 apresentou os melhores resultados, seguida pelos tratamentos T2 e T3. Os resultados obtidos são próximos aos reportados por Sousa et al. (2018), que para alface crespa sob irrigação convencional e aos 39 dias após o replantio, apresentou um diâmetro médio da parte aérea de 23,2 cm. Para a

variável diâmetro da parte aérea da rúcula (Tabela 3), o T4 apresentou a maior média, seguido pelos tratamentos T5 e T6.

Tabela 3. Análises estatísticas e médias da variável diâmetro da parte aérea em plantas de alface e rúcula no sistema NFT de aquaponia. Varginha (MG), 2024.

Tratamentos	DIÂMETRO DA PARTE AÉREA (cm)
T1- ALFACE FC	27,49 a
T2- ALFACE 10MIN	24,57 b
T3-ALFACE 15MIN	21,66 c
T4- RÚCULA FC	16,68 d
T5-RÚCULA 10MIN	14,74 f
T6- RÚCULA 15MIN	12,99 g
CV (%) =	3,52

Médias seguidas com letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: próprio autor.

O sistema radicular é um órgão vegetal cuja morfologia pode ser alterada pelas condições ambientais (Taiz e Zaiger, 2016). Dessa forma, pode-se concluir que, nos tratamentos com maiores intervalos entre ciclos nutricionais, as raízes tiveram que se expandir em busca de maior absorção de água e nutrientes nas canaletas de cultivo do sistema NFT, devido à leve inclinação que direciona o fluxo da água. Assim, constatou-se menor desenvolvimento radicular na alface (Tabela 4) nos tratamentos em que o tempo de contato das raízes com a solução nutritiva foi maior. As maiores médias de comprimento radicular na alface foram obtidas, respectivamente, nos tratamentos T3, T2 e T1. Já a rúcula apresentou as maiores médias de comprimento radicular, respectivamente, nos tratamentos T6, T5 e T4, demonstrando que o comprimento das raízes foi diretamente proporcional ao aumento do intervalo entre os ciclos de descarga da água no sistema.

Os resultados obtidos para os parâmetros comprimento de raiz, peso fresco e diâmetro da parte aérea das plantas reforçam que o sistema NFT em aquaponia é capaz de proporcionar resultados satisfatórios na produção de alface e rúcula, permitindo que essas hortaliças alcancem seus potenciais genéticos e produtivos, conforme descrito por *Carneiro et al. (2015)*. Para isso, é essencial que o sistema seja conduzido com ração de qualidade (18% de proteína), peixes saudáveis, mudas de boa qualidade e o respeito às necessidades específicas do sistema.

Tabela 4. Análises estatísticas e médias da variável comprimento de raiz em plantas de alface e rúcula no sistema NFT de aquaponia. Varginha (MG), 2024.

Tratamentos	COMPRIMENTO DE RAIZ (cm)
T1- ALFACE FC	13,26 d
T2- ALFACE 10MIN	14,5 cd
T3-ALFACE 15MIN	16,19 ab
T4- RÚCULA FC	13,19 d
T5-RÚCULA 10MIN	14,89 bc
T6- RÚCULA 15MIN	16,38 a
CV (%) =	3,94

Médias seguidas com letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: próprio autor.

5 CONCLUSÃO

Para as variáveis analisadas, os tratamentos de fluxo contínuo no sistema NFT (T1 e T4) apresentaram, para ambas as hortaliças (alface e rúcula), os melhores resultados em relação ao peso fresco e ao diâmetro da parte aérea, mostrando-se os mais adequados para essa forma de cultivo em termos de produtividade.

No que diz respeito à variável comprimento de raiz, os tratamentos de fluxo contínuo não obtiveram os mesmos resultados, apresentando as menores médias. Por outro lado, os tratamentos com ciclos de 15 minutos (T3 e T6) apresentaram as maiores médias para o comprimento de raiz. Isso evidencia que, em tratamentos com menores intervalos entre os ciclos de água no sistema NFT, as hortaliças analisadas direcionaram seu desenvolvimento

preferencialmente para a parte aérea, enquanto tratamentos com maiores intervalos entre os ciclos resultaram em maior investimento no sistema radicular, especialmente na variável comprimento de raiz.

REFERÊNCIAS

AMORIM HC; HENZ GP; MATTOS LM. 2007. **Identificação dos tipos de rúcula comercializados no varejo do Distrito Federal**. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Hortaliças* 34: 1-13.

Carneiro, P. C. F., Morais, C. A. R. S., Nunes, M. U. C., Maria, A. N., & Fujimoto, R. Y. (2015a). **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 27p.

CARVALHO JE, ZANELLA F, MOTA JH, LIMA ALS. Cobertura morta do solo no cultivo de alface cv. Regina 2000 em Ji Paraná-RO. *Ciência e Agrotecnologia*, 29:935-939. 2005.

CORSO, M, N. **Uso de sistemas com recirculação em aquicultura**. Porto Alegre: [S.n.], 2010. 36 p

CREPALDI et al. Caracterização genética de seis plantéis comerciais de tilápia (*Oreochromis niloticus*) utilizando marcadores microsatélites. DC Melo, DAA Oliveira, LP Ribeiro, CS Teixeira, AB Sousa, EGA Coelho, DV Crepaldi, EA Teixeira. *Zootecnia e Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal*. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 58 (1) Fev 2006.

DIVER, S. **Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture**. National Sustainable Agriculture Information Service, 2006. 28p.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo Hidropônico de Plantas: Parte 3 - Produção de mudas para hidroponia**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/hidroponiap3/index.htm>. Acesso em: 15/9/2024

HUNDLEY, Guilherme Crispim. **Aquaponia: uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjerição (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes**. Monografia de conclusão do curso de graduação da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - Universidade de Brasília, 2013.

HUNDLEY, Guilherme Crispim. NAVARRO, Rodrigo Diana. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*. Vol 2, n. 2, dez, 2013.

KUNITA, N.M. et al. Avaliação genética de características morfométricas em tilápias do Nilo cultivadas. *Arch. zootec.*, Córdoba, v. 62, n. 240, p. 555-566, dic. 2013. Disponível em: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922013000400008&lng=es&nrm=iso>. Acesso em 23 nov 024.

JUNGE, R., KÖNIG, B., VILLARROEL, M., KOMIVES, T. e JIJAKLI, M. H. (2017). **Strategic points in aquaponics. Water**, 1821-9.

MAGALHÃES, Fernando Fagner. Produção de cultivares de alface tipo crespa sob diferentes lâminas de irrigação. **Water Resources and Irrigation Management**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. v. 4, n. 1-3, p.41 – 50, Jan. - Dec. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Epitacio-Souza/publication/307776814_Producao_de_Cultivares_de_Alface_Tipo_Crespa_sob_Diferentes_Laminas_de_Irigacao/links/57ec955308ae92a5dbd07777/Producao-de-Cultivares-de-Alface-Tipo-Crespa-sob-Diferentes-Laminas-de-Irigacao.pdf. Acesso em 20 out 2024.

MARENGONI, N. G. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitralada), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. **Archivos de Zootecnia**. Vol 55, n. 210, p. 127-138, junho 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/495/49521001.pdf> Acesso em; 22 nov 2024.

OLIVEIRA, J. C. V. de; FERNANDES, B. J. L.; COSTA, E. da S.; SILVA, M. de O.; COSTA, K. D. da S. Produção de mudas de alface em diferentes substratos e níveis de solução nutritiva. **Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 21, n. 12, p. e10293, 2024. DOI: 10.54033/cadpedv21n12-047. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/10293>. Acesso em: 10 out. 2024.

QUEIROZ, A.; CRUVINEL, V.; FIGUEIREDO, K. M. Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, [S. l.], v. 14, n. 25, 2017. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/912>. Acesso em: 13 out. 2024.

RACKOY, J.; MASSER, M.; LOSORDO, T. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. **SRAC Publication**, v.454, p.1-16, 2006.

RESH, H. M. **Cultivos hidroponicos: nuevas técnicas de producción**. 4. ed. Madrid: Mundi, 1997. 509 p.

SÁTIRO, Thaise Mota. NETO, Kélvia Xavier Costa Ramos. DELPRETE, Sâmila Esteves. Aquaponia: sistema que integra produção de peixes com produção de vegetais de forma sustentável. **Rev. Bras. Eng. Pesca** 11(1): 38-54, 2018. Disponível em: <https://ppg.revistas.uema.br/index.php/REPESCA/article/view/1513/1253>. Acesso em 20 nov 2024.

SEDIYAMA, M. A. N.; WOODS PEDROSA, M.; SALGADO, L. T.; PEREIRA, P. C. Desempenho de cultivares de alface para cultivo hidropônico no verão e no inverno. **Científica**, Dracena, SP, v. 37, n. 2, p. 98–106, 2009. Disponível em: <http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/286>. Acesso em 23 nov 2024.

SUINAGA, F. A.; et al. Desempenho produtivo de alface crespa. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Hortaliças**. Brasília, DF, Embrapa, 2013.

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. v. 4, n. 1-3, p.41 – 50, Jan.- Dec. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Epitacio-Souza/publication/307776814_Producao_de_Cultivares_de_Alface_Tipo_Crespa_sob_Diferentes_Laminas_de_Irrigacao/links/57ec955308ae92a5dbd07777/Producao-de-Cultivares-de-Alface-Tipo-Crespa-sob-Diferentes-Laminas-de-Irrigacao.pdf. Acesso em 20 out 2024.

YURI, Jony E. Comportamento de cultivares de alface tipo americana em Boa Esperança. **Hortic. Bras.** 20 (2) • Jun 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/kvnTXgbBtWbwJkzdLQpKF8R/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 20 out 2024.