

Fita adesiva metalizada na produção de alface em sistema aquapônico

Metallized adhesive tape in lettuce production in an aquaponic system

Cinta adhesiva metalizada en producción de lechuga en sistema acuapónico

Recebido: 23/10/2023 | Revisado: 05/11/2023 | Aceitado: 07/11/2023 | Publicado: 11/11/2023

Luan Honorato

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6884-8361>
Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil
E-mail: Luanhonorato97@gmail.com

Mateus Vitoria Medeiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1803-5821>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: mateus.medeiros@ufrpe.br

Bruna Mallmann

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6857-3233>
Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil
E-mail: Mallmannbruna7@gmail.com

Maurício Gustavo Coelho Emerenciano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1370-0316>
CSIRO Agriculture and Food, Australia
E-mail: mauricio.emerenciano@csiro.au

Resumo

A aquaponia é um sistema produtivo no qual ocorre a integração entre peixes, bactérias e plantas, sendo que o desenvolvimento vegetal está diretamente relacionado aos parâmetros como temperatura e luminosidade. O uso de materiais refletores com objetivo de aumentar a disponibilidade de luz é prática comum na produção vegetal, no entanto, sua eficiência em sistemas de aquaponia é desconhecida. Neste sentido, o presente estudo avaliou o uso de fita metalizada recobrendo as bandejas flutuantes em sistema aquapônico e seu efeito no desempenho de alface (*Lactuca sativa*, var. Marisa) integrado com juvenis de tilápias *Oreochromis niloticus*. Cada sistema possuía um tanque para o cultivo dos peixes, três caixas plásticas formando a bancada hidropônica, além de sistema de filtragem mecânica e biológica. Apesar do tratamento com a fita metalizada apresentar a maior luminância em comparação ao tratamento sem fita, este último apresentou os melhores resultados fitotécnicos para alface. O desempenho zootécnico da tilápia foi similar entre os tratamentos. Nas condições experimentais avaliadas, apesar do aumento da luminância, a fita metalizada não resultou em ganho de produtividade das plantas.

Palavras-chave: Aquaponia; *Lactuca sativa*; *Oreochromis niloticus*; Desempenho fitotécnico; Luminosidade.

Abstract

Aquaponics is a production system in which the integration between fish, bacteria and plants occurs, and the vegetal development is directly related to parameters such as temperature and luminosity. The use of metallized adhesive tape is a common practice in vegetal production, but its efficiency in aquaponics is still unknown. In this sense, the present study evaluated the use of metallized tape covering the floating trays in aquaponic systems and its effect on lettuce performance (*Lactuca sativa*, var. Marisa) integrated with *Oreochromis niloticus* tilapia juveniles. Each system had a fish tank, three plastic boxes forming the hydroponic bench, as well as a mechanical and biological filtration system. Although the treatment with metallized tape presented the highest luminance in comparison to the treatment without tape, the latter showed the best phytotechnical results for lettuce. The tilapia zootechnical performance was similar between treatments. Under the experimental conditions evaluated despite the increase on luminance, the metallized tape showed no improvement on the plant performance.

Keywords: Aquaponics; *Lactuca sativa*; *Oreochromis niloticus*; Phytotechnical performance; Luminosity.

Resumen

La acuaponía es un sistema de producción en el que se produce la integración entre peces, bacterias y plantas, estando el desarrollo de las plantas directamente relacionado con parámetros como la temperatura y la luz. El uso de materiales reflectantes para aumentar la disponibilidad de luz es una práctica común en la producción de plantas, sin embargo, se desconoce su eficiencia en sistemas de acuaponía. En este sentido, el presente estudio evaluó el uso de cinta metalizada recubriendo bandejas flotantes en un sistema acuapónico y su efecto sobre el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa*, var. Marisa) integrada con juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus*. Cada sistema contaba con un tanque para el cultivo de peces, tres cajas plásticas que conformaban el banco hidropónico, así como un sistema de filtración mecánico y biológico. Aunque el tratamiento con cinta metalizada presentó la mayor luminancia en

comparación con el tratamiento sin cinta, este último presentó los mejores resultados fitotécnicos para lechuga. El comportamiento zootécnico de la tilapia fue similar entre tratamientos. Bajo las condiciones experimentales evaluadas, a pesar del aumento de luminancia, la cinta metalizada no resultó en una ganancia en la productividad de la planta.

Palabras clave: Acuaponía; *Lactuca sativa*; *Oreochromis niloticus*; Desempeño fitotécnico; Luminosidad.

1. Introdução

A aquaponia é uma modalidade de cultivo de alimentos que envolve a integração entre a aquicultura e a hidroponia em sistemas de recirculação de água e nutrientes, de forma que haja benefícios tanto para os peixes quanto para as plantas (Rakocy, 2012; Roosta & Afsharipoor, 2012; Hundley & Navarro, 2013). Esta integração possibilita que as plantas utilizem os nutrientes provenientes da água do cultivo de peixes e, conseqüentemente, melhorem a qualidade da água. Este sistema de cultivo pode ser realizado em ambientes abertos ou dentro de estufas. Os benefícios da produção em estufa são a maior produtividade, o controle das variáveis ambientais, uso mais eficiente dos insumos, cultivo em diferentes épocas do ano, além de possibilitar a produção em áreas urbanas (Filgueira, 2003; Loose et al., 2014).

Entre os componentes do ambiente no qual as plantas estão inseridas, a luz e sua intensidade são primordiais para seu crescimento, pois além de fornecer energia para a fotossíntese também fornece sinais que regulam seu desenvolvimento (Zanella et al., 2006). Todavia, a luminosidade elevada pode prejudicar o crescimento e desenvolvimento vegetal, pois a radiação solar excessiva causa a fotoinibição nas plantas devido a menor assimilação de gás carbônico, prejudicando assim a fotossíntese e causando uma diminuição da quantidade de matéria seca acumulada (Filgueira, 2003; Guerra et al., 2017).

A tela de polipropileno (sombrite) é uma das alternativas mais utilizadas devido a sua capacidade de redução luminosa (~20-80%) e seu baixo custo (Ribeiro et al., 2007; Ricardo et al., 2014). No entanto, o uso destas telas para atenuar temperatura e irradiância pode causar uma redução de fluxo de luz a níveis inadequados. Este fato prolonga o ciclo de cultivo, estimula o estiolamento das plantas e reduz a produtividade (Taiz & Zeiger, 2004). Uma alternativa a este fato seria o uso de materiais refletores colocados dentro dos ambientes de cultivo como as fitas adesivas metalizadas.

Recentemente, diversos estudos avaliando o uso em produções vegetais de bancadas de cultivo cobertas por materiais refletores vêm sendo realizados, uma vez que esta técnica tem por objetivo reincidir parte da radiação fotossinteticamente ativa para as plantas, o que forneceria maior disponibilidade da energia luminosa e conseqüentemente melhoraria a fotossíntese e seu desenvolvimento (Santos et al., 2017; Salles et al., 2017; Costa et al., 2020a).

Santos et al. (2017), avaliando o efeito de diferentes coberturas de bancadas com materiais refletores no desenvolvimento de mudas de maracujá, concluíram que a utilização de espelhos resultam nas melhores taxas de crescimento e matéria seca, além de maior acúmulo de clorofila neste vegetal. Resultados similares foram obtidos por Costa et al. (2020b), onde demonstrou que o uso de espelhos como material refletor produziu mudas de Baru (*Dipteryx alata*) com melhor qualidade em comparação ao grupo controle (sem uso destes materiais refletores). Araújo et al. (2018), já recobriram bandejas flutuantes com fita adesiva metalizada com o objetivo de refletir a luminosidade e melhorar o desempenho de cariru (*Talinum triangulare*) em sistema de hidroponia. No entanto, o uso de materiais refletores em aquaponia ainda não foi descrito na literatura. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi comparar o desempenho fitotécnico de mudas de alface crespa (*Lactuca sativa*, var. Marisa) cultivadas em bandejas flutuantes, com e sem o recobrimento por fita adesiva metalizada em sistema de cultivo aquapônico com juvenis de tilápias.

2. Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura (LAQ), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), campus CERES, localizado no município de Laguna – SC (28° 28' 13.9" S; 48° 46' 41.9" W) com duração de 20 dias.

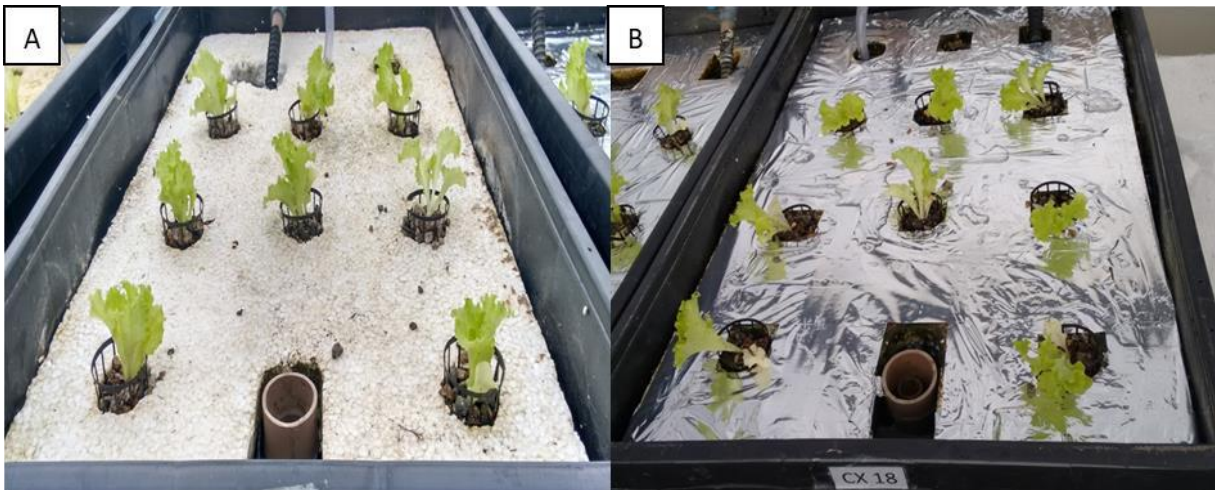
O sistema aquapônico foi construído dentro de uma estufa agrícola, com dimensões de: 6,00 m de comprimento, 3,00 m de largura e 3,00 m de altura, totalmente revestida com filme plástico (150 µm) e a parte superior recoberta com sombrite para a redução da intensidade luminosa em 50%.

O delineamento experimental foi composto por dois tratamentos, um com a utilização da fita adesiva metalizada sob as bandejas flutuantes (CF) e outro sem a utilização da fita (SF). Foram utilizados duas réplicas para cada tratamento, sendo que estas eram compostas por um sistema de recirculação de água independente. Cada sistema de recirculação possuía um tanque matriz circular para o cultivo dos peixes (500 L); e três caixas retangulares com 1,00 m de comprimento, 0,50 m de largura e 0,30 m de profundidade formando a bancada hidropônica, onde a utilização ou não da fita metalizada fora testada. Todos os sistemas possuíam, em sequência, filtros mecânicos e biológicos.

A filtração mecânica era realizada por um sedimentador com fundo cônico e com capacidade de 18 L e um recipiente cilíndrico perfurado de 4 L revestido com malha filtrante (lã acrílica) do tipo Perlon® (~100 µm). A filtração biológica era composta de uma caixa plástica circular de 70 L de volume útil com tampas de garrafas plásticas tipo “PET” (volume das tampas equivalente a 20 L) como substrato para fixação de bactérias nitrificantes.

O modelo aquapônico utilizado foi o de bandejas flutuantes com uma peça de isopor (densidade 18 kg m⁻³ e espessura de 30 mm) com dimensões de 1,00 m de comprimento e 0,50 m de largura para acomodação das plantas. O tratamento sem recobrimento, SF, apresentava apenas a bandeja de isopor (Figura 1A) e no tratamento com fita, CF, (Figura 1B) as bandejas eram cobertas com fita adesiva metalizada (Superfitas®).

Figura 1 - Bandejas flutuantes nos tratamentos testados: sem recobrimento (A) e com o recobrimento por fita adesiva metalizada (B)



Fonte: Autores (2023).

A aeração nos biofiltros, tanque de peixes e caixas de plantas era constante e realizada com a utilização de mangueiras microperfuradas (Aerotube®), conectadas ao soprador radial central (2 cv) e alocadas ao centro e fundo das caixas. O fluxo da água era por gravidade das caixas hidropônicas para o tanque de peixes e deste para os filtros (filtro mecânico e biofiltro, sequencialmente). A água retornava até as caixas da bancada hidropônica por uma bomba submersa (80 W, 3500 L h⁻¹), com

vazão média de 8 L min⁻¹. Não houve renovação de água durante o período experimental, apenas reposição (aproximadamente 150 litros por tanque de peixe durante todo o experimento) devido a perdas por evaporação.

As mudas de alface crespa *Lactuca sativa* (variedade Marisa, com peso inicial médio das folhas de $1,73 \pm 0,36$ g e altura inicial média de $8,06 \pm 0,83$ cm) foram distribuídas nas bandejas de isopor em uma densidade de 16 plantas m⁻², correspondente a 8 plantas por caixa. As mudas foram colocadas em vasos perfurados (4,5 cm de altura e orifícios de 0,32 cm de diâmetro) preenchidas com substrato de brita (~10 mm) para fixação das raízes de modo que mantivessem contato direto com a água e dispostas nas placas de isopor.

No final do experimento todas as plantas foram secas em estufa de circulação forçada (55 °C por 72 h) para obtenção do peso seco. Os parâmetros fitotécnicos finais avaliados foram: altura das folhas e raízes (cm), peso úmido das folhas e raízes (g), peso seco das folhas e raízes (g), número de folhas por planta, altura da maior folha (cm) e produtividade (kg m⁻²).

Além disso, também foi avaliado o índice de qualidade de planta (IQP) por meio de notas atribuídas aos aspectos visuais das folhas segundo metodologia proposta por Pinho et al. (2017a). Parâmetros visuais incluíram anormalidades na superfície da folha, como cor amarelada e/ou imperfeições (rugos e queimaduras). As notas eram de A a D como se segue: A) Excelente, até 5% da superfície das folhas com anormalidades; B) Bom, até 33% de anomalias; C) Regular, com até 66% de anomalias; D) Ruim, com 100% da superfície foliar da planta com anomalias. Para evitar desvios de interpretação, apenas um avaliador treinado atribuiu as notas das plantas usando uma abordagem "cega" onde o avaliador não sabia em qual tratamento (CF ou SF) as plantas foram cultivadas.

Foram estocados nos tanques de cultivo, juvenis de tilápias (*Oreochromis niloticus*) com peso médio de 197 g, totalizando uma biomassa inicial média de 2,22 kg para cada tanque. Os peixes foram alimentados com ração comercial com 32% de proteína bruta, na proporção de 2,2% da biomassa inicial, divididos em três refeições, o que totalizou uma oferta diária de 48 g de ração, equivalente a 2 g de ração por planta por dia, se adaptando a recomendação proposta por Rakocy et al. (2012).

Ao final do experimento foram avaliados os seguintes parâmetros de desempenho zootécnico dos peixes: peso médio final (g), biomassa final (kg), conversão alimentar (consumo total de ração/ ganho de biomassa) e taxa de sobrevivência (%).

Os parâmetros de qualidade de água como o pH (EcoSense pH10A Pen Tester, YSI Incorporated, Yellow Springs-OH, USA), oxigênio dissolvido e temperatura (oxímetro polarográfico YSI Mod. DO 200A, YSI Incorporated, Yellow Springs-OH, USA) foram monitorados diariamente (8:30 e 17:00 h) em todos os tanques de peixes e em uma caixa de planta, escolhida aleatoriamente, da bancada hidropônica de cada sistema. As concentrações de amônia total (mg L⁻¹), nitrito (N-NO₂, mg L⁻¹), nitrato (N-NO₃ mg L⁻¹) dos tanques de peixes foram monitoradas semanalmente através de fotolorímetro AT 101 (Alfakit, Florianópolis, SC, Brasil). A alcalinidade total foi determinada semanalmente pelo método de titulação volumétrica (kit comercial - ALFATIK - 2058 e 2460).

Foi verificado também, diariamente, a temperatura dentro e fora da estufa (8:30 e 17:00 h) e a iluminância (Luxímetro Digital, Mod. 1339, Homis, São Paulo-SP, Brasil) no horário de maior incidência solar (13:30 h) fora da estufa (em local aberto com incidência solar direta), dentro da estufa (região central), e sob uma bandeja flutuante (escolhida aleatoriamente) de cada bancada hidropônica de cada sistema (CF e SF). Este monitoramento foi realizado com o sensor direcionado para as bandejas a uma distância de 30 cm, a fim de diferenciar a disponibilidade luminosa disponível às plantas em cada tratamento.

Os dados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade de variâncias (Sokal & Rohlf, 1995). A análise dos dados de qualidade de água no tanque de peixes e nas caixas das plantas, assim como para os valores da produtividade das plantas foi utilizado o teste de T de Student para a comparação de médias. Todos os dados foram analisados a 5% de nível de significância. Não foi realizada análise estatística para os peixes devido a limitação de réplicas (n= 2), evitando assim uma

errônea interpretação dos resultados. Neste sentido, somente a estatística descritiva para o desempenho dos peixes foi apresentada.

3. Resultados e Discussão

As temperaturas mensuradas nos diferentes ambientes (dentro e fora da estufa) diferiram entre si durante o período experimental. As temperaturas ambientais médias registradas foram de $25 \pm 1,8$ °C e $23,8 \pm 1,9$ °C dentro e fora da estufa, respectivamente, com mínimas de 21,8 °C e 21,2 °C e máximas de 28,9 °C e 28,3 °C. No período em que se desenvolveu o experimento, novembro e dezembro (primavera no hemisfério sul), as temperaturas ambientais médias registradas dentro da estufa ($25 \pm 1,8$ °C) foram consideradas favoráveis ao cultivo, pois a alface não é uma hortaliça de verão e temperaturas próximas a 23 °C não prejudicam seu desenvolvimento (Filgueira, 2003; Souza et al., 2013).

As temperaturas médias registradas no interior do ambiente protegido mantiveram-se acima das mensuradas a céu aberto durante todo o período experimental. Resultados semelhantes foram obtidos por Cunha e Escobedo (2003), que encontraram diferenças diárias de até 3,31 °C entre o ambiente protegido (também com maiores temperaturas) e céu aberto. No presente trabalho a diferença média entre os dois ambientes foi de 1,2 °C.

As médias dos dados de luminância observados foram de 31119 e 56346 lx com mínimas de 1258 e 1653 lx e máximas de 49600 e 89200 lx, dentro e fora da estufa respectivamente. Esta redução na luminância dentro da estufa demonstra a eficiência da tela de polipropileno na atenuação da radiação direta, que segundo Neto et al. (2010), reduziria uma parte dos seus efeitos nocivos aos vegetais. No entanto, as médias de luminância dentro da estufa diferiram significativamente ($p < 0,05$) e foram de 15944 e 10635 com mínimas de 973 e 646 e máximas de 35600 e 24300 lx, para os tratamentos com e sem a utilização da fita metalizada, respectivamente (Tabela 1). O resultado demonstrou a capacidade da fita metálica em refletir a luz solar e aumentar a luminância na região das plantas (bancadas).

Tais valores de luminosidade obtidos neste experimento foram muito superiores aos atingidos por Lenz et al. (2018), que obteve médias de 17890 e 8808 lx, fora e dentro da estufa, respectivamente, em trabalho com aquaponia realizado na estação de outono (hemisfério sul) no mesmo local. Sendo assim, pode-se inferir que houve uma maior disponibilidade luminosa em virtude da estação do ano.

Tabela 1 - Parâmetros monitorados nos tanques dos peixes e nas caixas das plantas cobertas com bandejas com e sem fita adesiva metalizada durante o período experimental (20 dias).

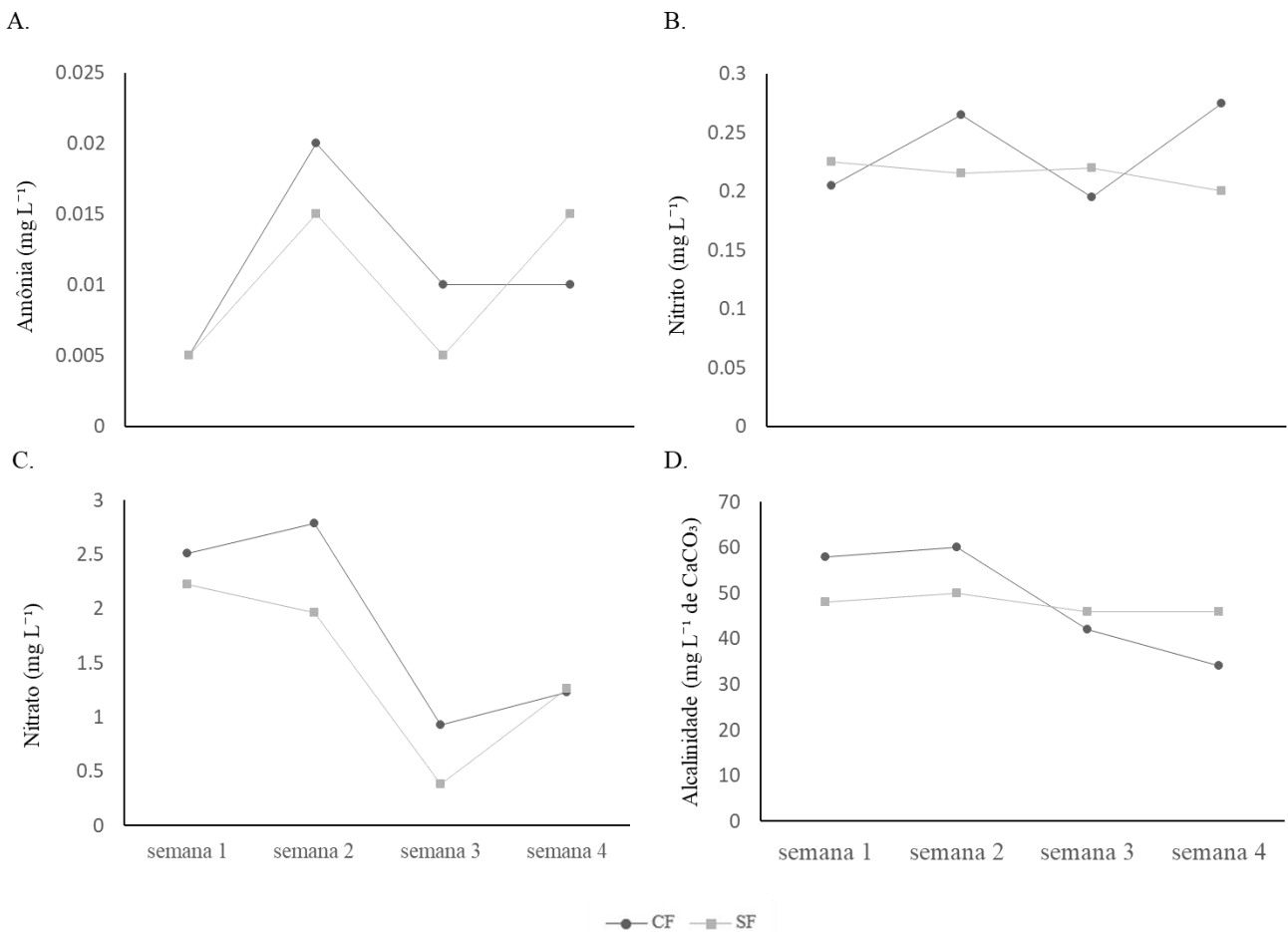
	CF				SF				Valor de P	
	Média	DP	Min	Max	Média	DP	Min	Max		
Tanque peixes	O.D. (mg L ⁻¹)	7,03	0,26	6,67	7,67	6,96	0,28	6,51	7,75	0,084
	pH	7,70	0,22	6,98	7,98	7,71	0,21	7,33	8,02	0,601
	Temperatura (°C)	27,0	2,00	22,1	29,8	27,0	2,1	20,7	30,5	0,929
	Amônia (mg L ⁻¹)	0,01	0,01	0	0,04	0,01	0,01	0	0,03	0,840
	Nitrito (mg L ⁻¹)	0,23	0,06	0,15	0,33	0,21	0,03	0,17	0,27	0,447
	Nitrato (mg L ⁻¹)	1,86	0,92	0,3	2,93	1,45	0,87	0,13	2,86	0,383
	Alcalinidade (mg L ⁻¹ de CaCO ₃)	48,0	12	34	60	47,0	6	46	50	0,921
Plantas	O.D. (mg L ⁻¹)	7,12a	0,26	6,73	7,66	6,99b	0,26	6,51	7,68	0,001
	pH	7,71	0,19	6,79	7,96	7,77	0,17	6,51	8,02	0,053
	Temperatura (°C)	27,0	2,00	22,3	29,7	26,9	2,2	20,8	30,3	0,751
	Luminosidade (lx)	15944a	6927	973	35600	10635b	5136	646	24300	0,001

O.D. - oxigênio dissolvido; DP - desvio padrão; Min. - valores mínimos; Max. - valores máximos; CF - tratamento com fita metalizada; SF - tratamento sem fita metalizada. Letras indicam diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Os seguintes parâmetros: pH, temperatura e oxigênio dissolvido mensurados nos tanques de peixes foram semelhantes entre os dois tratamentos. Contudo, os valores de oxigênio dissolvido medidos nas bancadas hidropônicas apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, com média de 7,12 e 6,99 para os tratamentos CF e SF, respectivamente.

As oscilações das concentrações de amônia, nitrito, nitrato e alcalinidade ao longo do tempo de cultivo são apresentadas na Figura 2. A variação temporal da concentração de amônia foi considerada mínima para ambos os tratamentos, com aumento na segunda e quarta semana e redução na terceira semana apresentando máximas de 0,020 e 0,015 para os tratamentos CF e SF, respectivamente. A concentração de nitrito do tratamento CF oscilou ao longo do experimento e apresentou um aumento na última semana atingindo máxima de 0,33 mg L⁻¹, enquanto no tratamento SF, o nitrito manteve-se mais estável e finalizou com médias inferiores (0,2 mg L⁻¹). Já o nitrato apresentou redução e posterior crescimento durante o período experimental com máximas de 2,78 e 2,22 mg L⁻¹ registrados nas primeiras semanas para os tratamentos CF e SF, respectivamente.

Figura 2 - Concentração dos compostos nitrogenados nos tanques de peixes dos tratamentos com (CF) e sem a fita metalizada (SF) durante o período experimental de 20 dias: Amônia (A), Nitrito (B), Nitrato (C) e Alcalinidade (D).



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Os valores de alcalinidade apresentaram variação entre os tratamentos. Para o SF a alcalinidade se manteve constante, apresentando máxima de 50 e mínima de 46 mg L⁻¹ de CaCO₃ (Tabela 1). Temporalmente, no tratamento CF ocorreu uma pequena redução na alcalinidade ao longo do período experimental, atingindo máximas de 60 mg L⁻¹ de CaCO₃ nas primeiras duas semanas e mínima de 34 mg L⁻¹ de CaCO₃ nos últimos dias do ciclo aquapônico (Figura 2).

Os parâmetros de qualidade de água, de maneira geral, mantiveram-se dentro das faixas ideais para cultivo de tilápias (El-Sayed, 2006) e os nitrogenados foram similares a outros trabalhos de aquaponia utilizando tilápias e alfaces (Lenz et al., 2018; Pinho et al., 2017a, 2017b). Já a alcalinidade, fundamental para as bactérias nitrificantes no processo de nitrificação e também na decomposição de matéria orgânica realizado pelas bactérias heterotróficas (Emerenciano et al., 2017), se manteve similar entre os tratamentos CF e SF. A variação na alcalinidade obtida no presente estudo foi inferior à observada por Blum (2018), onde em experimento testando a complementação mineral em sistemas de cultivo aquapônico com tilápias e alface registrou valores mínimos de 12 mg.L⁻¹ de CaCO₃ no tratamento com a adição mineral e máximo de 60 mg.L⁻¹ de CaCO₃ no tratamento sem o complemento.

Os dados fitotécnicos e do desempenho produtivo da alface cultivada em ambos os tratamentos estão apresentados na Tabela 2. Foram observados melhores resultados no tratamento sem a fita metalizada (SF) para os seguintes fatores: comprimento da planta, comprimento da raiz, peso úmido das folhas, número de folhas, comprimento da maior folha e produtividade ($p < 0,05$) em comparação ao tratamento com a fita metalizada (CF).

Tabela 2 - Médias do desempenho fitotécnico da alface crespa cultivada em bandejas flutuantes com (CF) e sem (SF) a utilização de fita metalizada para aumento da luminosidade. Letras indicam diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

Parâmetro	CF		SF		Valor de p
	Média	DP	Média	DP	
Comp. Planta (cm)	22,25 ^B	3,46	24,73 ^A	1,48	0,000
Comp. Raiz (cm)	32,28 ^B	8,43	37,24 ^A	7,45	0,002
Peso úmido Folha (g)	79,32 ^B	39,91	105,06 ^A	20,68	0,000
Peso úmido Raiz (g)	11,82	5,20	12,67	2,95	0,329
Peso Seco Folha (g)	3,69	1,62	4,23	0,97	0,051
Peso Seco Raiz (g)	1,02	0,78	1,01	0,62	0,978
Nº Folhas	17,13 ^B	2,76	18,63 ^A	1,73	0,002
Maior Folha (cm)	20,21 ^B	3,27	22,29 ^A	1,38	0,000
Produtividade (kg/m ²)	1,26 ^B	0,43	1,68 ^A	0,04	0,038

DP – desvio padrão; CF – Tratamento com fita metalizada; SF – tratamento sem fita metalizada. Letras indicam diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O ambiente de luz em que a planta cresce é de fundamental relevância, pois a adaptação das plantas a este ambiente depende do ajuste de seu sistema fotossintético. As respostas destas adaptações serão refletidas no crescimento da planta, de modo que é desejado que a luminosidade ambiental fosse utilizada de maneira eficiente (Engel & Poggiani, 1991). Neste sentido, o desempenho de alfaces também varia de acordo com a incidência luminosa. O estudo de Fu et al. (2012) demonstrou uma melhora gradativa na produtividade de alfaces com o aumento da incidência luminosa (100, 200, 400 e 600 $\mu\text{mol}^{-2} \text{s}^{-1}$). Os autores identificaram os tratamentos com 400 e 600 $\mu\text{mol}^{-2} \text{s}^{-1}$ como o adequado para a produção desta hortaliça. No entanto, no presente estudo as médias foram de 15944 lx (correspondendo a $\sim 300 \mu\text{mol}^{-2} \text{s}^{-1}$) para o tratamento com fita metalizada e 10635 lx ($\sim 200 \mu\text{mol}^{-2} \text{s}^{-1}$) para o tratamento sem fita.

A utilização da fita metalizada no recobrimento das bandejas flutuantes comprovou aumentar significativamente a incidência luminosa acima de sua superfície (40%); área na qual as alfaces foram inseridas. Contudo, este aumento de luminosidade observado no tratamento CF não favoreceu o desempenho da planta, tendo em vista os menores valores registrados para o comprimento de planta, comprimento da raiz, peso úmido das folhas, número de folhas, comprimento da

maior folha e, conseqüentemente, produtividade. Este resultado contraria ao de Fu et al. (2012) e sugere que nas condições experimentais do presente estudo o aumento da luminosidade afetou negativamente o desempenho das plantas. Possivelmente fatores concomitantes como disponibilidade de nutrientes e temperatura exterior podem afetar o desempenho das alfaces.

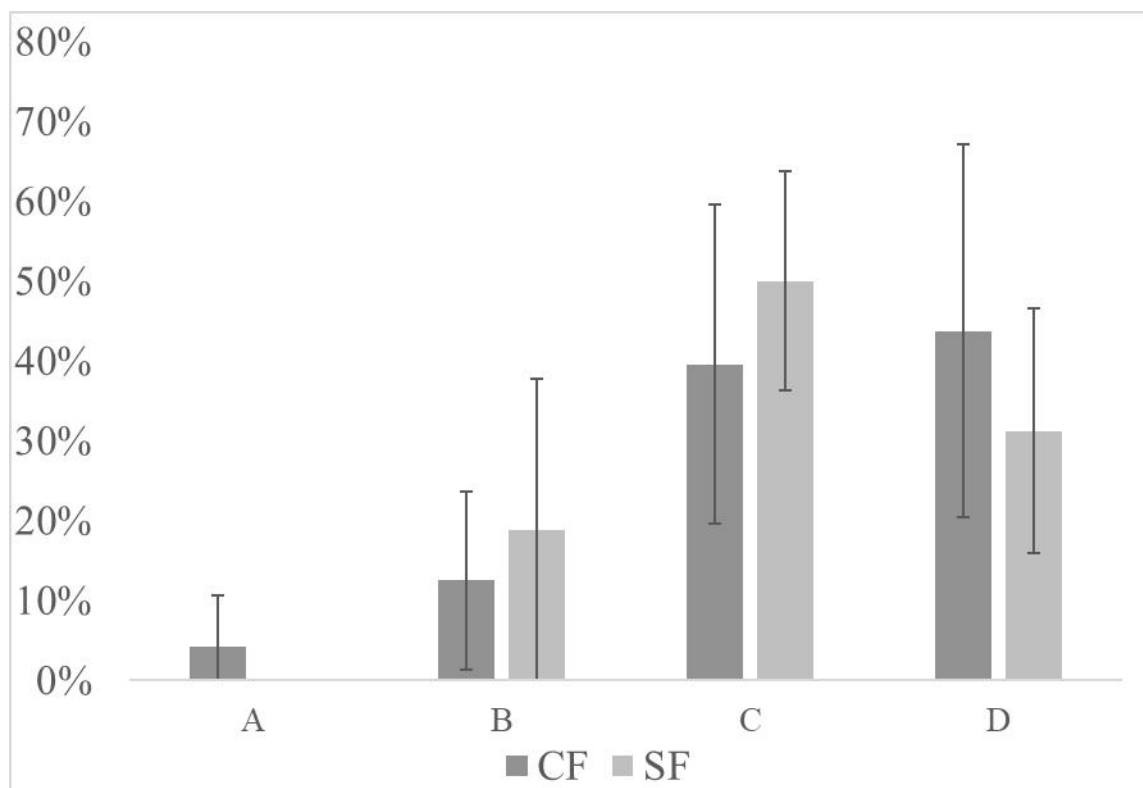
Segundo Taiz e Zeiger (2004), o excesso de luz pode inibir a fotossíntese através de dois processos: foto-inibição e foto-oxidação. A foto-inibição envolve danos aos centros de reação quando estes são superexcitados ocorrendo a perda da proteína envolvida na transferência de elétrons entre o centro de reação do fotossistema II e o plastoquinona (molécula pertencente à cadeia de oxirredução que liga o fotossistema I e II). A foto-oxidação envolve diretamente os pigmentos receptores de luz, os quais, ao absorverem muita luz, ficam muito tempo excitado e interagem com o oxigênio atmosférico produzindo radicais livres, como superóxido (O₂⁻), podendo destruir os pigmentos.

Outros efeitos negativos ocorrem com plantas que crescem em condições de baixa luminosidade, como as plantas serem mais altas e com maior área em relação ao peso seco, pois os cloroplastos em forma de disco em muitas espécies orientam-se com sua área maior em direção a luz nestas condições adversas (Kendrick & Frankland, 1981). A espécie *Cryptocaria aschersoniana* submetida a diferentes níveis de radiação solar, obtiveram maiores valores do teor de clorofila foliar total no tratamento com 70% de sombreamento em comparação com 50% de sombreamento e a pleno sol (Almeida et al., 2004). Este comportamento pode ter ocorrido no presente trabalho onde uma quantidade adequada de luz pode ter acarretado em alfaces maiores, com maior número de folhas e mais pesadas (tratamento SF).

Quanto a produtividade das plantas, Lenz et al. (2018), comparando o crescimento de variedades de alface em água doce e salobra em aquaponia, conseguiu uma produtividade para a alface crespa em salinidade zero de 1,29 kg/m², valor inferior aos obtidos no presente trabalho no tratamento SF (1,68 kg/m²) e similar ao tratamento CF (1,26 kg/m²). Adicionalmente, Barbosa (2017), em trabalho comparando a eficácia da utilização de sistemas de filtragem em sistemas aquapônicos com efluente de sistema de bioflocos, relatou produtividades para a alface crespa de 0,275 e 0,280 kg/m² para os tratamentos com e sem os dispositivos de filtragem, respectivamente; valores muito inferiores aos alcançados neste trabalho.

O índice de qualidade de planta (IQP) mostra que em ambos os tratamentos (com e sem a utilização da fita metalizada) as plantas não obtiveram bom aspecto visual, com a maioria das notas classificadas em B, C e D (Figura 3). No tratamento SF, 50% das plantas foram classificadas com índice C enquanto 18,75% obtiveram índice B. Já no tratamento CF, 39,58% obtiveram classificação C, e 12,5% receberam nota B. Para o índice D, na qual 100% da superfície foliar apresenta anomalias, 31,25 e 43,75% das plantas dos tratamentos SF e CF obtiveram tal índice, respectivamente. Apenas o tratamento com a utilização da fita metalizada obteve plantas classificadas com índice A, correspondendo a 4,16% do total avaliado.

Figura 3 - Índice de qualidade de planta (IQP em %) das plantas dos tratamentos com (CF) e sem (SF) a utilização da fita metalizada ao final de 20 dias de cultivo. A letras indicam a qualidade das plantas: A) Excelente, até 5% de anomalias na superfície das folhas; B) Bom, até 33% de anomalias; C) Regular, até 66% de anomalias; D) Ruim, com 100% de anomalias.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Embora o tratamento CF tenha obtido maior número de notas D que o tratamento SF, a maioria das plantas de ambos os tratamentos apresentaram imperfeições sob sua superfície foliar, sendo a mais comum as folhas apresentarem coloração amarelada, causada possivelmente pela deficiência de alguns nutrientes fundamentais ao desenvolvimento das plantas como o nitrogênio e ferro (Rakocy, 2012; Petrazzini et al., 2014). O ferro age como catalisador na formação de clorofila e como carregador de oxigênio, sua deficiência pode acarretar em folhas com coloração verde-pálido ou, em casos extremos, completamente amarelo-esbranquiçadas (Malavolta, 1996). Outro tipo de imperfeição observada nas alfaces, predominantemente do tratamento CF, foram áreas queimadas e mortas, provavelmente devido ao excesso de luminosidade e calor a qual foram expostas em maior quantidade devido à utilização da fita metalizada. Lenz et al. (2018) e Pinho et al. (2017a), também obtiveram resultados de IQP similares ao presente estudo causados por deficiência nutricional. Uma possível solução para tal problema seria a utilização da aplicação artificial de nutrientes diretamente na água de cultivo (Blum, 2018).

Na Tabela 3 está apresentada a estatística descritiva dos dados zootécnicos dos peixes. Em ambos os tratamentos não houve mortalidade (sobrevivência de 100%). O ganho de biomassa foi de 263,9 e 247,3 g e a conversão alimentar média 3,81 e 4,07 para os tratamentos CF e SF, respectivamente.

Tabela 3 - Estatística descritiva (média e desvio padrão) dos parâmetros zootécnicos das tilápias cultivadas em sistema aquapônico com (CF) e sem (SF) a utilização de fita metalizada nas bandejas flutuantes.

Parâmetro	CF		SF	
	Média	DP	Média	DP
Biomassa inicial (g)	2217,1	4,6	2224,6	11,0
Biomassa final (g)	2481,0	61,1	2471,9	33,9
Ganho de biomassa (g)	263,9	65,7	247,3	22,9
Sobrevivência (%)	100%	-	100%	-
Conversão alimentar média	3,81	0,98	4,07	0,37

DP – desvio padrão; CF – Tratamento com fita metalizada; SF – tratamento sem fita metalizada. Hífen indica que o desvio padrão foi igual a zero. Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A utilização da fita metalizada não teve influência sob o desempenho zootécnico dos peixes. Vale salientar que um dos principais parâmetros que mede o desempenho dos peixes e a eficiência dos cultivos é a conversão alimentar (CA). A CA foi alta (~3.9) para ambos os tratamentos quando comparado a outros trabalhos com aquaponia com tilápia. Os valores encontrados nestes estudos foram: CA de 2,0 (Pinho et al., 2017b); CA de 2,2 e 2,0 em água doce e salobra 3ppt, respectivamente (Lenz et al., 2018; CA de 2,0 em tratamento com bioflocos (Pinho et al., 2017a). No entanto, Pinho et al. (2017a) obteve CA de 4,0 no tratamento com água clara, resultado semelhante ao do presente estudo.

É importante frisar que durante a biometria final foi observado em todos os tanques de peixes alguns indivíduos realizando a incubação de ovos concomitante com a presença de algumas larvas recém-eclodidas. Sendo assim, pode-se afirmar que: (i) os altos valores de CA podem ter sido influenciados pelo fato dos peixes utilizarem grande parte da energia fornecida via ração para a reprodução ao invés do desenvolvimento muscular (crescimento); (ii) a presença das plantas no sistema de aquaponia não impediu ou inibiu a reprodução dos animais. Esta informação torna-se relevante uma vez que diversos laboratórios comerciais de tilápias mantém seu plantel de reprodutores em sistemas indoor e com trocas de água nula (recirculação) ou limitada. Neste sentido, o efluente destes poderiam ser utilizados para a produção de plantas em aquaponia.

4. Conclusão

Nas condições experimentais avaliadas as alfaces obtiveram melhor desempenho produtivo no tratamento sem o recobrimento das bandejas flutuantes pela fita adesiva metalizada. Além disso, o aumento da incidência luminosa sobre as plantas não favoreceu o desempenho fitotécnico e os aspectos visuais das plantas. Estudos futuros recomendados devem abordar cultivos aquapônicos, em estufas, com a fita metalizada em diferentes épocas do ano, como no inverno onde a incidência solar é menor, além de se avaliar o desempenho de diferentes espécies vegetais cultivadas. Desta forma, pode-se obter melhores resultados produtivos com a utilização deste material (fita metalizada) barato e de fácil aplicação.

Referências

- Almeida, L. P. D., Alvarenga, A. A. D., Castro, E. M. D., Zanela, S. M., & Vieira, C. V. (2004). Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. *Ciência Rural*, 34, 83-88.
- Araújo, F. S., Silva Filho, D. F. D., & Souza, L. A. G. D. (2018). Cultivo do cariru (*Talinum triangulare* (Jack. Willd.), em sistema de produção hidropônico flutuante. *Ciência e Tecnologia aplicada aos Agroecossistemas da Amazônia Central*, 45-58.
- Barbosa, M. P. (2017). Tecnologia de bioflocos: Elementos filtrantes afetam a produção aquapônica de alfaces integrado com tilápias? Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado de Santa Catarina. 56p.
- Blum, M. N. (2018). Efeito de diferentes níveis de arraçamento e complementação mineral em sistemas de cultivo aquapônico de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e alface (*Lactuca sativa*). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 83p.

- Cunha, A. D., & Escobedo, J. F. (2003). Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura de pimentão. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 11(1), 15-26.
- Costa, G. G. S., Costa, E., da Silva, E. M., Borges, R. S., da Silva Binotti, F. F., Vieira, G. H. C., & de Souza, A. F. G. O. (2020a). Shading level, reflective material, and seeding depth on the growth of baru seedlings. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 22(4), 83-92.
- Costa, E., Lopes, T. C., da Silva, A. G., Zoz, T., Salles, J. S., de Lima, A. H. F., ... & da Costa Vieira, G. H. (2020b). Reflective material in the formation of *Dipteryx alata* seedlings. *Research, Society and Development*, 9(8), e430985428-e430985428.
- El-Sayed, A. F. M. (2006). *Tilapia culture* (p. 274). Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI publishing, CABI International.
- Emerenciano, M. G. C., Martínez-Córdova, L. R., Martínez-Porchas, M., & Miranda-Baeza, A. (2017). Biofloc technology (BFT): a tool for water quality management in aquaculture. *Water quality*, 5, 92-109.
- Engel, V. L., & Poggiani, F. (1991). Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 3(1), 39-45.
- Filgueira, F. (2003). Brassicáceas: couves e plantas relacionadas In: Filgueira, FAR *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa, MG: UFV, 275-294.
- Filgueira, F.A.R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças* (2a ed.), UFV, 2003. 412p.
- Fu, W., Li, P. e Wu, Y. (2012). Efeitos de diferentes intensidades de luz nas características de fluorescência da clorofila e na produção de alface. *Scientia Horticulturae*, 135, 45-51.
- Guerra, A. M. N. M., Costa, A. C. M., & Tavares, P. D. F. (2017). Atividade fotossintética e produtividade de alface cultivada sob sombreamento. *Revista Agropecuária Técnica*, 38(3), 125-132.
- Hundley, G. C., & Navarro, R. D. (2013). Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 3(2), 52-61.
- Kendrick, R. E., & Frankland, B. (1981). *Fitocromo e crescimento vegetal*. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária Ltda. 1981. 76p.
- Lenz, G. L., Durigon, E. G., Lapa, K. R., & Emerenciano, M. G. C. (2017). Lettuce (*Lactuca sativa*) production with effluent from a tilapia culture maintained in BFT and low salinity. *Boletim do Instituto de Pesca*, 43(4), 614-630.
- Loose, L. H., Maldaner, I. C., Heldwein, A. B., Lucas, D. D., & Righi, E. Z. (2014). Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultivo de berinjela cultivada em estufa plástica/Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura da berinjela cultivada em estufa plástica. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, 18 (3), 250-258.
- Malavolta, E. (1996). Informação agrônômica sobre nutrientes para as culturas. *Arquivo do Agrônomo*, 10, 1-24. 1996.
- Neto, O. N. S., da Silva Dias, N., Atarassi, R. T., Rebouças, J. R. L., & de Oliveira, A. M. (2010). Produção de alface hidropônica e microclima de ambiente protegido sob malhas termo-refletoras. *Revista Caatinga*, 23(4), 84-90.
- Petrzini, L. L., Souza, G. A., Rodas, C. L., Emrich, E. B., Carvalho, J. G., & Souza, R. J. (2014). Nutritional deficiency in crisphead lettuce grown in hydroponics. *Horticultura Brasileira*, 32, 310-313.
- Pinho, S. M., de Mello, G. L., Fitzsimmons, K. M., & Emerenciano, M. G. C., (2017a). Produção integrada de peixes (pacu *Piaractus mesopotamicus* e tilápia vermelha *Oreochromis* sp.) com duas variedades de guarnição (cebolinha e salsa) em sistema aquapônico. *Aquicultura internacional*, 26, 99-112.
- Pinho, S. M., Molinari, D., de Mello, G. L., Fitzsimmons, K. M., & Emerenciano, M. G. C., (2017b). Efluente de cultivo de tilápia com tecnologia de bioflocos (BFT) na produção aquapônica de diferentes variedades de alface. *Engenharia Ecológica*, 103, 146-153.
- Rakocy, J. E. (2012). Aquaponics-Integrating Fish and Plant Culture. in Tidwell, J. (eds.), *Aquaculture Production Systems*, 2012. 343-386.
- Ribeiro, M. C. C., Benedito, C. P., de Lima, M. D. S., de Freitas, R. D. S., & Moura, M. D. C. F. (2007). Influência do sombrite no desenvolvimento da alface em cultivo hidropônico. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 2(2), 69-72.
- Ricardo, A. D. S., Vargas, P. F., Ferrari, S., & Pavarini, G. M. P. (2014). Telas de sombreamento no desempenho de cultivares de alface. *Nucleus*, 11(2), 433-441.
- Roosta, H. R., Afshariipoor, S. (2012). Effects of different cultivation media on vegetative growth, ecophysiological traits and nutrients concentration in strawberry under hydroponic and aquaponic cultivation systems. *Advances in Environmental Biology*, 6(2), 543-555.
- Salles, J. S., de Lima, A. H. F., & Costa, E. (2017). Mudas de jambolão sob níveis de sombreamento, bancadas refletoras e profundidade de semeadura. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(5), 110-118.
- Santos, T. V., Lopes, T. C., Silva, A. G., de Paula, R. D. C. M., Costa, E., & da Silva Binotti, F. F. (2017). Produção de mudas de maracujá amarelo com diferentes materiais refletoras sobre bancada. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(4), 26-32.
- Sokal, R.; Rohlf, J. *Biometry, the principles and practice of statistics in biological research*. W H Freeman, 1995.
- Souza, A. L., Júnior, S. S., Diamante, M. S., de Souza, L. H. C., & Nunes, M. C. M. (2013). Comportamento de cultivares de alface americana sob clima tropical. *Revista Caatinga*, 26(4), 123-129.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2004). *Fisiologia Vegetal*. (3a ed.) Artmed. 719p
- Zanella, F., Soncela, R., & Lima, A. L. D. S. (2006). Formação de mudas de maracujazeiro " amarelo" sob níveis de sombreamento em Ji-Paraná/RO. *Ciência e Agrotecnologia*, 30, 880-884.