

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO PEDRO MANZANO HUBNER

**PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE ALFACE *BABY LEAF* (*Lactuca sativa* (L.))
EM DIFERENTES FOTOPERÍODOS NO CULTIVO HIDROPÔNICO *INDOOR***

Santa Helena

2023

JOÃO PEDRO MANZANO HUBNER

**PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE ALFACE *BABY LEAF* (*Lactuca sativa* (L.))
EM DIFERENTES FOTOPERÍODOS NO CULTIVO HIDROPÔNICO *INDOOR***

**PRODUCTIVITY OF BABY LEAF LETTUCE CULTIVARS (*Lactuca sativa* (L.)) IN
DIFFERENT PHOTOPERIODS IN INDOOR HYDROPONIC CULTIVATION**

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Santa Helena, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Glauco Vieira Miranda

Santa Helena

2023



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

JOÃO PEDRO MANZANO HUBNER

**PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE ALFACE *BABY LEAF* (*Lactuca sativa* (L.))
EM DIFERENTES FOTOPERÍODOS NO CULTIVO HIDROPÔNICO *INDOOR***

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Santa Helena, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Agronomia.

Aprovada em: Santa Helena, 30 de novembro de 2023.

Prof. Dr. Glauco Vieira Miranda – Orientador
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profa. Edicléia Aparecida Bonini Silva
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profa. Cintia Maria Teixeira Fialho
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Santa Helena
2023

RESUMO

A adaptabilidade das cultivares de alface aos fatores ambientais está diretamente relacionada à produtividade e está dependente do genótipo, da fotossíntese, do fotoperíodo e do ciclo circadiano das plantas. A inovação na agricultura causada pelas tecnologias 4.0 tem permitido avanços significativos na forma de produzir, na qualidade do produto final e na sustentabilidade. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do fotoperíodo em diferentes cultivares de alface no cultivo hidropônico *indoor* com iluminação artificial para produção de *baby leaves*. Para isso, as cultivares de alfaces BSAC0055, BSAC0155 e BSAL0071 foram avaliadas em sistema hidropônico NFT, sob fotoperíodo de 14,16,18 e 20 horas com radiação fotossinteticamente ativa de $248 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e mantendo-se as demais condições ambientais constantes. Vinte e sete dias após a germinação das sementes foram realizadas avaliações de massa fresca das folhas e caule, massa fresca de raiz, massa seca total da planta, altura e diâmetro de plantas, número de folhas e número de folhas maiores que 10 centímetros. Os efeitos da interação cultivares x fotoperíodos foram significativos, sendo que as cultivares comportaram-se diferentemente para cada fotoperíodo e vice-versa. A cultivar BSAC0055 independentemente do fotoperíodo foi superior às demais e adaptada ao cultivo *indoor*. À medida em que houve aumento de horas de luz, houve também aumento das médias das variáveis até um ponto de pico e após, a medida em que se aumentou horas de luz houve um decréscimo das variáveis. Para cultivar BSAL0071, o fotoperíodo não foi significativo. Para as cultivares BSAC0055 e BSAC0155, o fotoperíodo foi significativo com efeito quadrático para o número de horas/dia demonstrando o ótimo de massa fresca de folhas e caule próximo a 16 horas e 45 minutos. Conclui-se que as cultivares possuem manejo diferenciado e é possível selecionar cultivares específicas para a produção *indoor*; as cultivares respondem diferencialmente aos fotoperíodos, sendo que as cultivares BSAC0055 e BSAC0155 são semelhantes entre si e superiores a BSAL0071; os fotoperíodos causam crescimento diferenciado das plantas de alface apresentando crescimento à medida que aumentam as horas de luz até um ponto máximo, após isto a produtividade decai à medida que as horas de luz aumentam.

Palavras-chave: Alface; *Baby leaf*; Cultivares; Cultivo *indoor*; Fotoperíodo.

ABSTRACT

The adaptability of lettuce cultivars to environmental factors is directly related to productivity and depends on the genotype, photosynthesis, photoperiod and circadian cycle of the plants. Innovation in agriculture caused by technologies 4.0 has allowed significant advances in the way of production, in the quality of the final product and in sustainability. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of photoperiod on different lettuce cultivars in indoor hydroponic cultivation with artificial lighting for the production of baby leaves. For this, the lettuce cultivars BSAC0055, BSAC0155 and BSAL0071 were evaluated in an NFT hydroponic system, under a photoperiod of 14, 16, 18 and 20 hours with photosynthetically active radiation of $248 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ and maintaining the other environmental conditions constant. Twenty-seven days after seed germination, assessments were made of fresh mass of leaves and stems, fresh mass of roots, total dry mass of the plant, plant height and diameter, number of leaves and number of leaves larger than 10 centimeters. The effects of the cultivars x photoperiods interaction were significant, with cultivars behaving differently for each photoperiod and vice versa. The BSAC0055 cultivar, regardless of the photoperiod, was superior to the others and adapted to indoor cultivation. As the hours of light increased, there was also an increase in the means of the variables up to a peak point and after that, as the hours of light increased, there was a decrease in the variables. For cultivar BSAL0071, photoperiod was not significant. For cultivars BSAC0055 and BSAC0155, the photoperiod was significant with a quadratic effect for the number of hours/day, demonstrating the optimum fresh mass of leaves and stems close to 16 hours and 45 minutes. It is concluded that cultivars have different management and it is possible to select specific cultivars for indoor production; cultivars respond differently to photoperiods, with cultivars BSAC0055 and BSAC0155 being similar to each other and superior to BSAL0071; photoperiods cause differentiated growth of lettuce plants, showing growth as the hours of light increase to a maximum point, after which productivity declines as the hours of light increase.

Keywords: Baby leaf; Cultivars; Indoor cultivation; Lettuce; Photoperiod.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 8 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 10 |
| 2.1 A CULTURA DA ALFACE..... | 10 |
| 2.2 GRUPOS DE CULTIVARES DE ALFACE..... | 10 |
| 2.3 MELHORAMENTO GENÉTICO..... | 11 |
| 2.4 BABY LEAVES..... | 15 |
| 2.5 CULTIVO INDOOR..... | 15 |
| 2.6 HIDROPONIA..... | 18 |
| 2.7 INFLUÊNCIA DA LUZ..... | 20 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 22 |
| 4 RESULTADOS..... | 25 |
| 5 DISCUSSÕES..... | 39 |
| 6 CONCLUSÃO..... | 42 |
| REFERÊNCIAS..... | 43 |
| APÊNDICE A – Análises de variância..... | 52 |

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta originária das regiões de clima temperado da Ásia, pertencente à família Asteraceae, e foi trazida para o Brasil pelos portugueses por volta do século XVI (BEZERRA NETO *et al.*, 2005; RESENDE, YURI, COSTA, 2018).

Por estar sempre disponível nos mercados, de fácil preparo e baixo valor de aquisição, a alface é uma das hortaliças mais populares entre os consumidores brasileiros, sendo a hortaliça folhosa mais consumida. Além de ser rica em vitaminas, nutrientes e de baixo valor calórico, é destaque por produtividade. (FERNANDES *et al.*, 2002; GOMES, MACHADO e MÜCKE 2011).

As hortaliças diferenciadas vem ganhando atenção dos consumidores no mercado brasileiro, as *baby leaves* ou folhas jovens são exemplos desses produtos. As quais são obtidas por meio da colheita antecipada das plantas, em relação ao tempo de colheita tradicional da espécie, quando as folhas não estão expandidas completamente (CALORI, 2013).

No geral, as hortaliças tem pequena durabilidade no período pós colheita, impossibilitando a sua armazenagem por períodos muito longos e conseqüentemente o seu transporte por longas distâncias. Além disso, possíveis danos mecânicos causados neste período, somados a elevadas temperaturas e baixa umidade aceleram seu apodrecimento, dificultando o abastecimento com qualidade dos grandes centros urbanos (MARJOTTA-MAISTRO *et al.*, 2021).

O constante crescimento dos centros urbanos vem aumentando a distância entre a área rural, que é a fonte de alimentos frescos, e os centros urbanos, piorando a logística de abastecimento de alimentos produzidos no campo, impactando a qualidade e o preço dos mesmos (GUNDIM e LIMA, 2022).

O cultivo *indoor* em fazendas verticais, vem se tornando uma ótima solução para minimizar estes problemas, visto que se trata de um sistema de produção em ambiente fechado e controlado, utilizando iluminação artificial e podendo ser aplicado em prédios localizados nos grandes centros urbanos, diminuindo a distância do local de produção e os centros de consumos (ANDRADE *et al.*, 2023; GUNDIM e LIMA, 2022).

A facilidade de cultivo e o ciclo produtivo curto da alface, torna a espécie uma das mais avaliadas e cultivadas neste sistema de cultivo *indoor* de fazendas verticais (CAVALCANTE *et al.*, 2022).

O crescimento e o desenvolvimento da alface é muito sensível às condições climáticas e facilmente afetado por fatores como fotoperíodo, intensidade luminosa, concentração de gás carbônico e temperatura (SANCHEZ, 2007; SALLES *et al.*, 2017).

Atualmente, não se tem um consenso sobre o fotoperíodo ideal para a cultura da alface, onde o aumento do fotoperíodo resultam em maior acúmulo de biomassa, porém a ausência de escuro pode também ocasionar problemas, como pendoamento precoce e perda de qualidade das plantas (SILVA, 2021).

Neste sentido este trabalho tem o objetivo de avaliar o efeito do fotoperíodo em diferentes cultivares de alface (*Lactuca sativa L.*) no cultivo hidropônico *indoor* com iluminação artificial para produção de *baby leaves*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DA ALFACE

Pertencente à família Asteraceae, a alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta de porte herbáceo e ciclo anual, seu sistema radicular é classificado como pivotante, podendo atingir até 0,6 m de comprimento, sendo muito ramificado nos primeiros 0,25 m de sistema radicular (YURI *et al.*, 2016).

A alface é uma planta delicada, de caule diminuto e folhas amplas que crescem em forma de roseta ligadas diretamente ao caule. Suas folhas variam em tonalidades de verde e roxo, podem ser lisas ou crespas, podendo ou não formar cabeça (CAMPOS, 2020)

Originária de clima temperado, desenvolve-se bem em climas amenos, principalmente no período de crescimento vegetativo, onde elevadas temperaturas e dias longos aceleram o ciclo da cultura e conseqüentemente o pendoamento. Enquanto em temperaturas amenas e dias curtos o seu período vegetativo é alongado (HENZ e SUINAGA, 2009; LUZ *et al.*, 2010).

Um fator limitante à cultura da alface é a sua grande suscetibilidade a doenças. Atualmente, são conhecidos aproximadamente 75 tipos de patógenos que infectam a cultura (FILGUEIRA, 2005). Além disso, por ser uma hortaliça de consumo *in natura*, deve-se evitar ao máximo o uso de produtos com prazo de carência para o controle fitossanitário que podem deixar resíduos ao consumidor (CAMPOS, 2020).

2.2 GRUPOS DE CULTIVARES DE ALFACE.

A definição dos grupos de alface tem sua importância, devido à grande diversidade de características morfofisiológicas entre as cultivares de alface, o que determina diferenças expressivas nos tratos culturais e na conservação pós colheita. Alguns cultivares destacam-se por suas características específicas, como resistência ao pendoamento precoce, resistente ao vírus do mosaico da alface e entre outras

características adequadas para o cultivo em hidroponia em casas de vegetação sem iluminação para o desenvolvimento das plantas ou a campo (HENZ, 2009).

Existem diversos grupos de alface no mundo, mas as principais podem ser classificadas em: crespa, mimosa, lisa, americana e romana (MATOS *et al.*, 2011).

A alface crespa é caracterizada por apresentar folhas com bordos ondulados, além de se ter uma facilidade maior de manuseio, o que dificulta os danos que podem ser ocasionados à planta.

A alface mimosa se diferencia pelas suas folhas bem recortadas. Neste grupo, além de cultivares de coloração verde, predomina-se as cultivares de coloração exótica, como roxa e vermelha.

A alface lisa apresenta folhas lisas, podendo ou não ocorrer formação de cabeça de acordo com a cultivar. Apesar de algumas cultivares apresentarem formação de cabeça, esta é pouco compacta em comparação com outros grupos como a americana.

A alface americana tem como característica principal a formação de cabeças compactas, tem seu ciclo mais longo que as demais, sua coloração tem uma maior tendência ao verde claro e suas folhas são mais espessas, o que atribuem uma certa crocância. Atualmente, a alface americana é o grupo com maior crescimento de consumo no país (MATOS *et al.*, 2011).

A alface romana caracteriza-se por seu crescimento mais ereto, as nervuras das folhas são relativamente mais grossas e é um grupo pouco consumido no País (MATOS *et al.*, 2011).

2.3 MELHORAMENTO GENÉTICO

A produtividade da planta é definida pelo genótipo ou cultivar, o ambiente e sua interação (BORÉM *et al.*, 2021). Assim, o desenvolvimento de cultivares para a produção à campo e em condições ambientais controladas são muito diferenciados.

As cultivares desenvolvidas para produção a campo possuem genética que proporciona uma estabilidade fenotípica na presença de variações ambientais. Os melhoristas obtêm cultivares que se mantêm estáveis em diferentes ambientes favoráveis ou desfavoráveis com produtividade previsível e desempenho crescente

quando as condições são favoráveis (ALLARD e BRADSHAW, 1964; MICKELBART *et al.*, 2015). A estabilidade ou previsibilidade de produtividade das cultivares é importante porque os agricultores não podem controlar ou prever o clima ou a incidência de doenças exigindo uma previsibilidade de safra após safra que se ajuste à sua capacidade de produção.

Por outro lado, as plantas desenvolvidas especificamente para um ambiente controlado oferecem a oportunidade de reclassificar as prioridades de seleção para um cenário completamente diferente da seleção para plantas com produção a campo (Tabela 1).

Tabela 1: Prioridades e oportunidades do melhoramento de plantas para ambientes controlados.

| Produção a campo | Prioridades no CEA | Oportunidades CEA |
|--------------------------------------|---|--|
| Produtividade | Crescimento rápido | Múltiplos fenótipos a partir de um genótipo |
| Resistência às doenças e aos insetos | Estatura reduzida das plantas | Novas cores e sabores das cultivares |
| Qualidade pós-colheita | Menor uso de energia | Indução floral |
| Tolerância aos estresses abióticos | Fácil colheita mecanizada | Supressão floral |
| | Alto valor agregado do produto | Fertilização específica aos estádios, cultivares e espécies Sem polinizadores |
| | Menores custos de investimento em infra-estrutura | Quase ausência de doenças Ausência de pragas |

Fonte: FOLTA, 2019

Quando a temperatura é estável, à luz do ambiente está ajustada para o ótimo, a água está disponível, os nutrientes estão em disponibilidade ótimas, ataques de pragas

e patógenos são irrelevantes, há mais oportunidade de produzir cultivares que não precisam simplesmente ser tolerantes aos estresses abióticos e bióticos exigidos pela horticultura. Em ambiente controlado em detalhes, as interações imprevisíveis de cultivares x ambientes são quase inexistentes ou até mesmo otimizadas para uma determinada espécie ou cultivar durante um período de desenvolvimento específico (FOLTA, 2019).

Atualmente é possível obter e selecionar cultivares destinados ao ambiente controlado, produzindo cultivares que ampliam a experiência sensorial para os consumidores, aumentam a lucratividade para os produtores e diminuem a necessidade de energia para a sua produção (FOLTA, 2019). O objetivo da PFAL é produzir produtos frescos de alto valor agregado e uma nova genética de plantas de potencial produtivo máximo que deve atender às demandas e oportunidades deste ambiente de produção contrastante.

Ambientes controlados oferecem o potencial para transformar radicalmente o melhoramento de plantas, pois ao invés de selecionar para produtividade ou qualidade superior em amplo número de ambientes, ou seja, com estabilidade fenotípica, é desejado, agora, a plasticidade do genótipo nestes ambientes controlados em busca de novos sabores, cores e variedades (AL-KODMANY, 2018).

As características das plantas para ambientes controlados podem ser agrupadas em duas áreas: características que restringem os custos de produção e as que aumentam o valor no varejo (AL-KODMANY, 2018).

Uma planta localizada em um espaço de ambiente controlado requer energia gasta na iluminação, bem como no controle da temperatura ambiente, normalmente significando custos tanto com o fornecimento de fótons, como também com os custos do calor associado ao fornecimento de fótons (AL-KODMANY, 2018).

As plantas são organismos modificados ambientalmente, o que significa que sua forma e funções são ditadas por fatores do ambiente. Um dos fatores mais importantes é a luz (CARVALHO e FOLTA, 2014). A influência da luz na biologia vegetal tem sido bem explorada por séculos, e a base genética do fotocontrole de processos vegetais discretos foi desvendada em *Arabidopsis thaliana* (QUAIL, 2002). As descobertas

básicas desta planta modelo podem agora ser traduzido para uma infinidade de espécies, incluindo as espécies cultivadas de alto valor em ambientes controlados.

Genótipos melhorados podem ser selecionados para crescer de forma otimizada em baixas condições de luz ($<100 \mu\text{mol. m}^{-2}. \text{s}^{-1}$) cerca de 5% da luz solar total ou duas vezes o necessário das cultivares atuais desenvolvidas para a produção à campo (PENNISI *et al.*, 2019). A planta modelo *Arabidopsis thaliana* forneceu um número de mutantes e variantes naturais exibindo fenótipos hipersensíveis à luz, onde o crescimento e o desenvolvimento são melhorados em condições de pouca luz (MALOOF *et al.*, 2001). Variantes genéticas naturais foram identificadas e exibem diferenças na eficiência fotossintética (VAN ROOIJEN *et al.*, 2015). Outros genótipos são hipersensíveis ao desenvolvimento à luz, levando a um aumento do estiolamento, expansão da folha e caule, inibição do crescimento em ambientes com pouca luz, como em apresentando mutações nos genes *Lrb* (CHRISTIANS *et al.*, 2012).

A base genética da hipersensibilidade à luz é bem compreendida, as respostas de luz são normalmente controladas por forças opostas que afetam negativa e positivamente a expressão do gene. A eliminação de reguladores genéticos negativos de respostas à luz pode permitir mudas para desenvolver mais rapidamente com entradas de luz mais baixas. A seleção de tais genótipos pode fornecer novas cultivares com a qualidade de mercado com menos fótons aplicados.

A seleção de uma cultivar em um ambiente controlado para o próprio local é o ideal, no entanto, a maioria das cultivares utilizadas em tais ambientes foram desenvolvidas para ambientes completamente diferentes. Entre os atributos hortícolas que podem ser priorizados para crescimento em ambientes controlados, está a arquitetura da planta. Com um espaço vertical limitado que precisa otimizar o crescimento vegetativo com competição entre plantas pela luz, altura da planta, posição e expansão da folha são características críticas do ideótipo ideal. O alongamento da haste da planta, pelo alongamento do hipocótilo ou a expansão do entrenó, é sensível ao controle da luz, assim como a expansão do coleótilo (GRAHAM e WHEELER, 2017).

Em alguns casos, o melhoramento de plantas para ambientes controlados pode ser facilitado pela seleção das características precoces (WATT *et al.*, 2013), e esta

seleção pode até ser automatizada usando visão de máquina (FAHLGREN *et al.*, 2015). Modelos de plantas foram idealizados para prever a interceptação da luz potencial pelas plantas projetando a arquitetura do dossel, área foliar e proximidade com outras plantas (KIM *et al.*, 2016). Novas seleções de plantas podem ser identificadas por meio dessas análises automatizadas.

2.4 *BABY LEAVES*

A demanda per capita de hortaliças no Brasil atualmente é de 132g diárias, muito abaixo do recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) que é de 400g diárias (TEIXEIRA *et al.*, 2022). A disponibilidade de produtos diferenciados, como hortaliças de tamanho reduzido, produtos orgânicos e produtos minimamente processados, podem contribuir para reverter este cenário e estimular o aumento do consumo de hortaliças entre os brasileiros (MORAES, 2013).

Os produtos *baby leaves* tem grande potencial de crescimento no mercado, devido a sua facilidade de preparo, proporcionar novo aspecto visual aos pratos, podem apresentar diferentes cores e formatos dependendo da espécie, e suas folhas são macias e saborosas (PURQUERIO *et al.*, 2010).

As hortaliças *baby leaves* são obtidas através da colheita antecipada das plantas em relação ao tempo de colheita tradicional da cultura, enquanto as folhas são jovens e não estão expandidas completamente. O tamanho de folhas e plantas produzidas como *baby leaf*, e seu tamanho exato vai depender da espécie cultivada, sua forma de utilização e a preferência do mercado consumidor (MORAES, 2013).

Alface, rúcula, beterraba, chicória e agrião são as espécies mais cultivadas de *baby leaf*, seu cultivo pode ser realizado de diversas formas, como em campo aberto, cultivo protegido, utilizando ou não substratos ou solo (DIAS *et al.*, 2019)

2.5 *CULTIVO INDOOR*

Os ambientes fechados em agricultura (“Controlled Environment Agriculture”) com monitoramento e controle automatizados e habilidade de prever o crescimento e

o desenvolvimento das plantas estão sendo utilizados na produção de plantas em incríveis fazendas verticais e gerando novos modelos de negócios (LUCENA, 2014). Também são denominados em suas variações Urban Agriculture, Vertical Farms, Plant Factory with Artificial Lighting (PFAL), Sistema fechado de produção de planta ou *Indoor Plant Production System* (KOZAI *et al.*, 2019).

O PFAL é uma forma interna, avançada e intensiva de sistema de produção hidropônica que maximiza a produção e não permite o desperdício de recursos, em que o ambiente de cultivo é controlado em tempo real e apresenta fatores de produção favoráveis como maiores quantidades de CO₂ que estimulam as plantas a produzirem mais. O PFAL é uma forma onde todos os insumos fornecidos no PFAL são absorvidos pelas plantas com emissão mínima para o ambiente externo (KOZAI *et al.*, 2019).

Se projetado e gerenciado adequadamente, o PFAL tem as seguintes vantagens potenciais sobre o sistema de produção de plantas convencional:

- a. Pode ser construído em qualquer lugar porque nem a luz solar nem o solo são necessários;
- b. O ambiente em crescimento não é afetado pelo clima externo e pela fertilidade do solo;
- c. A produção pode durar o ano todo e a produtividade é superior a 100 vezes a produção de campo;
- d. A qualidade das plantas pode ser superior devido a maiores concentrações de nutrientes que pode ser otimizada pelo controle ambiental no crescimento, especialmente a qualidade da luz;
- e. Os alimentos são livres de pesticidas e não precisam ser lavados antes de ser consumido;
- f. O produto tem um prazo de validade mais longo, porque a carga bacteriana geralmente é inferior do que os cultivados em campo;
- g. A energia/combustível para transporte pode ser reduzida através da construção de PFALs próximos de áreas urbanas e;
- h. A alta eficiência no uso de recursos (água, CO₂, fertilizantes etc.) pode ser alcançada com a emissão mínima de poluentes para o ambiente externo (KOZAI *et al.*, 2019).

As plantas adequadas às fazendas verticais para produção de hortaliças são aquelas com 30 cm ou menos de altura, como folhas verdes, mudas para transplantes, porque a distância entre as camadas verticais é tipicamente de cerca de 40 cm, a altura ideal para maximizar o uso do espaço em fazendas urbanas verticais. Além disso, as plantas adequadas devem crescer adequadamente em intensidade de luz relativamente baixa e em alta densidade de plantio (KOZAI *et al.*, 2019).

As culturas alimentares básicas consumidas principalmente por calorias como trigo, arroz e batatas não são adequadas para a produção, porque seu valor econômico por quilograma de massa seca é muito baixo e exigem mais tempo para crescer do que as folhas verdes (KOZAI *et al.*, 2019).

Além da produção comercial de folhas verdes, pequenos PFALs com uma área útil de 15 a 100 m² são amplamente utilizados para a produção comercial de mudas no Japão, porque essas mudas podem ser produzidas em pouco tempo e com alta densidade de plantio. Mudas enxertadas e não enxertadas de tomate, pepino, berinjela, mudas de espinafre e alface para cultura hidropônica e ainda, mudas e estacas de plantas ornamentais de alto valor são produzidas comercialmente nessas pequenas PFALs no Japão (KOZAI *et al.*, 2019).

No entanto, existem vários desafios com os PFALs que devem ser abordados. Entre eles, destacam-se os altos custos iniciais e de produção. Estima-se que atualmente o custo de construção da estrutura externa seja tão alto quanto o custo de instalação do interior das unidades PFAL (KOZAI *et al.*, 2019).

O investimento inicial pode ser reduzido significativamente através de um melhor design. A boa notícia é que os custos de produção estão diminuindo a cada ano à medida que a experiência operacional, novos equipamentos e de gerenciamento se acumula (KOZAI *et al.*, 2019). Mão de obra e materiais (sementes, fertilizantes, embalagem, entrega, etc.) representam proporções semelhantes dos custos de produção. A iluminação é responsável por 70-80% do custo total, com ar-condicionado, bombas e ventiladores sendo responsáveis pelo restante (KOZAI & NIU, 2020).

Existe um grande potencial para reduzir o custo da iluminação projetando um sistema de iluminação mais eficiente. Outras abordagens para reduzir os custos de produção incluem aumentar o número de camadas verticais, encurtar o período de

cultura pelo controle ambiental ideal, projetar adequadamente o cronograma de produção para garantir a produção durante todo o ano sem perda de tempo, aumentar a densidade de plantio e ainda, reduzir a perda de produção (KOZAI & NIU, 2020).

Outros desafios da PFAL incluem as informações sobre cultura e uma ótima estratégia de controle ambiental para vários tipos de culturas e cultivares, a comercialização diferenciada de produtos e preços e a criação de cultivares adequadas às PFALs (KOZAI & NIU, 2020).

Um PFAL de sucesso para produção comercial é: (1) bem projetado e construído a um custo razoável em um local adequado escolhido com base em marketing qualificado; (2) bem operado com capacidade quase total de produção com alto desempenho de custo sob uma visão e missão apropriadas e razoáveis objetivos de curto e médio prazo; (3) processos atualizáveis com modificação e manutenção mínimas e a um custo mínimo, (4) bem posicionados na cadeia de valor do produto; (5) criação de novos mercados que não competem com nenhum mercados hortícolas existentes; (6) fornecimento de programas bem organizados de desenvolvimento e treinamento de pessoal e; (7) com base em marketing direcionado e um preço razoável, para que toda a produção seja vendida (KOZAI & NIU, 2020).

2.6 HIDROPONIA.

O termo hidroponia é utilizado para referenciar-se ao cultivo de plantas em meio líquido, podendo ser ou não associado a substratos de fixação, neste meio líquido é adicionada uma solução nutritiva a fim de suprir o desenvolvimento das plantas (GUAZZELLI, 2000).

Apesar de todas as espécies vegetais poderem ser cultivadas no sistema hidropônico, as plantas de pequeno porte se adequam melhor econômica e agronomicamente. Na literatura, existem relatos de vários grupos de plantas cultivadas em sistema hidropônico em escala comercial como hortaliças, condimentos, plantas medicinais, plantas ornamentais e forragens (BEZERRA NETO e BARRETO, 2012).

Este sistema apresenta inúmeras vantagens, tanto para o consumidor, quanto para o produtor. Ao consumidor os produtos hidropônicos apresentam vantagens como:

a menor quantidade de contaminantes nas plantas devido ao não contato das plantas com o solo, o tempo de prateleira das plantas no período pós colheita é maior pois as plantas no cultivo hidropônico são comercializadas ainda com a raiz, as plantas são mais saudáveis pois as necessidades da cultura são atendidas com maior precisão. Para o produtor apresenta vantagens como: produzir quase todo o ano com menor dependência do clima, não necessitar de rotação de culturas, reduzir o uso de agrotóxicos, menor necessidade de mão-de-obra, colheita com maior precocidade e entre outras (POTRICH *et al.*, 2012).

Existem vários métodos de produção hidropônica, porém o mais utilizado é o sistema NFT ou técnica de fluxo laminar, que consiste em canais de cultivos onde circula de forma intermitente a solução nutritiva. Estes canais possuem inclinação de 1 a 5% e apenas dois terços do sistema radicular deve permanecer parcialmente submerso. O Sistema NFT é um sistema considerado fechado, onde o excesso da solução distribuída retorna ao reservatório inicial. Os canais de cultivos são geralmente constituídos por canaletas ou tubos de PVC inteiros ou cortados ao meio longitudinalmente e seu dimensionamento deve ser de acordo com a cultura utilizada (GUAZZELLI, 2000, BLISKA JÚNIOR *et al.*, 2004, BEZERRA NETO e BARRETO, 2012).

O manejo nutricional em sistema hidropônico de cultivo é feito por meio da solução nutritiva e nela devem conter todos os macros e micronutrientes minerais essenciais, dissolvidos em água em quantidade e proporção balanceada para atender às necessidades da cultivar, apresentando também pH adequado à cultivar (BEZERRA NETO e BARRETO, 2012).

Mesmo absorvendo poucas quantidades de nutrientes comparadas a outras culturas, a alface pode ser considerada uma hortaliça bastante exigente em nutrientes, sendo o seu período de maior consumo na fase final de produção que está relacionado principalmente com a produção de matéria seca que se intensifica no terço final do seu ciclo (SANCHEZ, 2007).

A concentração dos nutrientes em uma solução nutritiva determina a condutividade elétrica (CE) da mesma e o valor adequado de condutividade elétrica leva em conta as necessidades da cultivar e as condições que ela se encontra. A planta

absorve mais água do que nutrientes, portanto em um sistema hidropônico fechado onde não há a reposição do volume de água absorvido, a concentração da solução e a condutividade elétrica conseqüentemente aumentam, o que torna a condutividade elétrica um parâmetro que pode ser utilizado para monitorar os níveis nutricionais da solução nutritiva (IANCKIEVICZ *et al.*, 2013; MACEDO, 2021).

Elevados níveis de condutividade elétrica indicam também elevados níveis de concentração de sais na solução o que reduz o potencial osmótico da mesma, dificultando a absorção dos nutrientes pelas raízes. Por outro lado, níveis baixos de condutividade elétrica indicam baixos níveis de concentração de sais e conseqüentemente de teor nutritivo da solução (MACEDO, 2021). Os níveis de condutividade elétrica recomendados para a cultura da alface variam de 1,5 a 2,5 mS/cm (FURLANI *et al.*, 1998)

O pH ou potencial de hidrogênio também afeta a disponibilidade de alguns nutrientes para as plantas, se tornando importante para manter todos os nutrientes essenciais disponíveis em uma solução nutritiva. Ele mede a atividade dos íons hidrogênio da solução, seus valores variam de 0 a 14 sendo 7 o valor para pH neutro, abaixo de 7 ácido e acima de 7 básico. Para a alface o valor recomendado para a solução nutritiva deve ser mantido entre 5,5 e 6,5 (GUAZZELLI, 2000).

2.7 INFLUÊNCIA DA LUZ

Um dos fatores ambientais mais importantes no desenvolvimento das plantas é a luz, a qualidade da luz fornecida interfere por exemplo na produção dos compostos que afetam a cor, o sabor e o aroma dos alimentos. Seu fornecimento adequado é um fator chave a fim de garantir maior produtividade e qualidade nutricional dos vegetais (OLIVEIRA, 2021; SILVA, 2021).

Para ambientes controlados os Diodos emissores de luz conhecidos popularmente como LED's tem sido recomendado como fonte luminosa, pois apresentam inúmeras vantagens como maior durabilidade em relação às demais, maior eficiência energética, pouca emissão de calor, não necessitam de reator ou refletores, apresentam tamanho reduzido além de poderem ser personalizados para produzir o

comprimento de onda de luz desejado no PFAL (LAZZARINI *et al.*, 2017; SANTOS JUNIOR, 2019).

O custo de implantação oneroso e a escassez de informações sobre qual tipo de luz usar para cada cultura torna a utilização de luz artificial para a produção de hortaliças pouco frequente apesar dos muitos benefícios que ela traz (CAVALCANTE *et al.*, 2022).

A alface produzida para o consumo deve ser colhida ainda em fase vegetativa, pois a planta em estágio reprodutivo produz látex que confere sabor amargo às folhas (SANTOS *et al.*, 1996, DA LUZ *et al.*, 2009). Ela também é caracterizada por ser uma planta de dias longos ou seja, tende a entrar em estágio reprodutivo quando o fotoperíodo for maior que um mínimo crítico (BERGAMACHI, 2014).

Apesar disso, os valores críticos de fotoperíodo variam amplamente entre as cultivares de alface e atualmente tem se cultivares resistentes a esse pendoamento precoce disponíveis no Brasil (SANCHEZ, 2007).

O fotoperíodo juntamente com a intensidade de luz formam a LDI ou luz diária integral que se refere a quantidade de fótons fotossinteticamente ativos recebidos pela planta em um dia. O aumento da LDI resulta em maior acúmulo de biomassa, o que pode resultar em aumento de produtividade da alface, e uma das formas de aumentar a LDI é com o aumento do fotoperíodo (SILVA, 2021).

3 MATERIAL E MÉTODOS

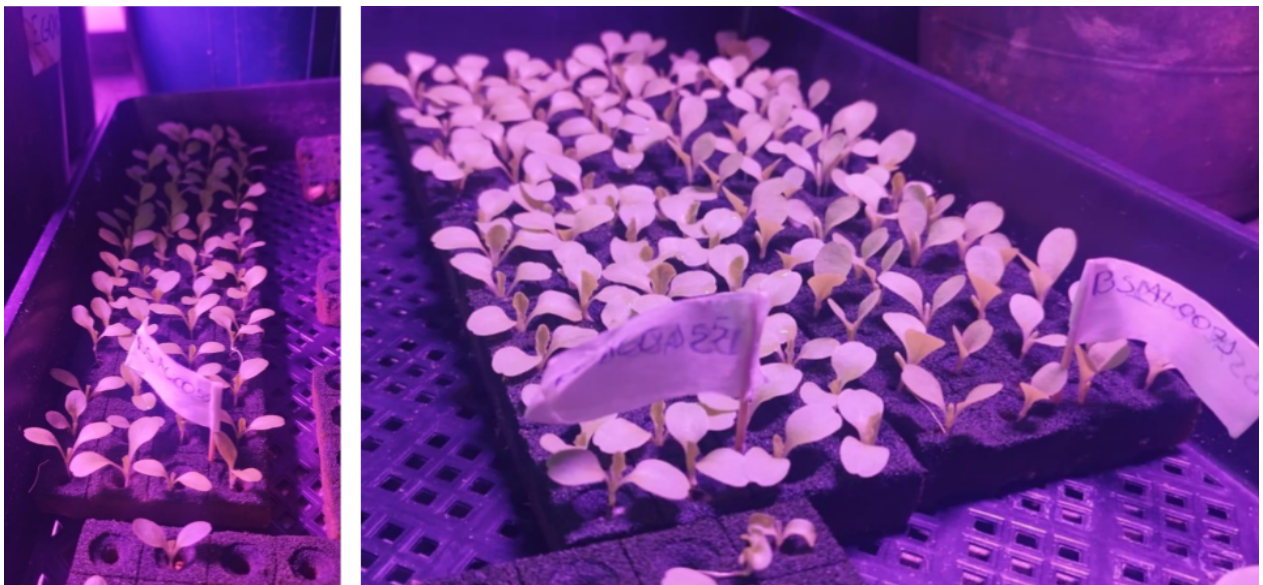
O experimento foi conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Santa Helena em ambiente *indoor* iluminado artificialmente constituído por um container nas dimensões de 12 m x 2,4 m x 2,9 m isolado termicamente com ventilador e exaustor. A temperatura (23°C) do container foi ajustada com uma unidade condensadora de 30 mil BTU's.

Um experimento em delineamento blocos casualizados com quatro repetições em esquema fatorial foi instalado com as cultivares da empresa Bluseeds BCAC0055, BSAC0151 e BSAL00071 em quatro fotoperíodos 14, 16, 18 e 20 horas.

O desenvolvimento das mudas da alface foi realizado em células de espuma fenólica 2 x 2 x 2 cm, com estande inicial de 60 células por cultivar e as sementes utilizadas eram do tipo peletizada.

As placas de espuma fenólica foram colocadas em torre de germinação, mantidas em sistema de irrigação 15 minutos ligados a cada 8 horas e iluminadas com fotoperíodo de 18 horas até 10 dias após a germinação (Figura 1).

Figura 1: Placas de espuma fenólica contendo as plantas de alface aos oito dias após a germinação com iluminação artificial rosa da combinação de luzes vermelho: azul (3:1).



Aos 10 dias após a germinação (DAG), as mudas foram transplantadas para uma bancada com perfis de irrigação no sistema de hidroponia NFT, composto por seis perfis de polipropileno de 4,8 m e 2% de declividade, espaçados entre si em 15 cm e com espaçamento entre plantas de 12,5 cm. Na frente da bancada foi colocado uma lona branca para evitar a entrada da iluminação do container.

Os perfis foram isolados em quatro partes iguais sendo cada uma destas aplicado um fotoperíodo. Cada parte de 1,20 m foi separada por placas de papelão modeladas a fim de evitar a entrada de luz da outra parte. As luminárias foram programadas para acender às 7:00 horas e desligar de acordo com seus respectivos fotoperíodos; 14 (21:00), 16 (23:00), 18 (01:00) e 20 (03:00) horas.

A iluminação foi fornecida por quatro luminárias de LED modelo CB32 da marca SELIWORKS com consumo energético de 320W, eficiência de 2,6 $\mu\text{mol}/\text{j}$ PPFd em espectro completo, com dimensões de 1193 mm x 536 mm posicionadas a 50 centímetros da bancada e acopladas a timer's analógicos ajustados para seus respectivos fotoperíodos.

O espectro de distribuição dos fótons foi medido com espectrômetro modelo OHSP350P da marca Hopocolor technology, apresentou densidade de fótons fotossinteticamente ativos (PPFD) de $248 \pm 10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e era composto basicamente de 12,8% de azul, 40,9% de verde e 46,3% de vermelho.

O regime de irrigação foi regulado por relé temporizador com razão de 1 minuto ligado para 23 minutos desligados com a vazão de 1 litro/min por perfil. A solução nutritiva foi armazenada em caixa d'água com capacidade para 150 litros e sua concentração está apresentada na tabela 2.

O valor de condutividade elétrica foi de 1,6 mS e pH de 6,0 na solução e verificados diariamente e ajustados sempre que necessário. Os valores de condutividade elétrica foram controlados utilizando água pura para diminuir a condutividade elétrica e solução nutritiva original concentrada para aumentar a condutividade elétrica. O pH foi ajustado utilizando ácido sulfúrico (H_2SO_4) para pH elevado ou hidróxido de potássio (KOH) para pH baixo.

Tabela 2: Quantidade de sais para o preparo da solução nutritiva para o experimento.

| Composto | Quantidade utilizada (g/150L) |
|---------------------|-------------------------------|
| Nitrato de Cálcio | 128 |
| Nitrato de Potássio | 62 |
| Fosfato monoamônio | 26 |
| Sulfato de Magnésio | 65 |
| MICROS | 100 |
| Ferro quelado | 6 |
| Ácido bórico | 0,9 |
| Sulfato de cobre | 0,3 |
| Sulfato de manganês | 0,2 |
| Sulfato de zinco | 0,15 |
| Cobre | 0,5 |

Fonte: Furlani, 1998

Aos 27 dias após a germinação (DAG) foram colhidas e selecionadas aleatoriamente para avaliação 4 plantas dentre cada tratamento, totalizando 48 plantas. Logo após a colheita foram avaliadas a altura das plantas, efetuada da base do caule ao topo da planta e o diâmetro das plantas, efetuada de uma margem a outra da planta com auxílio de régua graduada. Também foram contados o número de folhas e o número de folhas maiores que 10 centímetros.

Realizou-se então um corte separando as raízes das folhas e caules, que foram pesadas separadamente com auxílio de uma balança de precisão de 0,01g obtendo a massa fresca das mesmas.

Prosseguiu-se então com a dissecação das folhas e caules a fim de se contabilizar o número de folhas e o número de folhas maiores que 10 centímetros.

Após as avaliações, as plantas foram colocadas em sacos de papel identificados e levados para estufa a 50 °C por aproximadamente 72 horas e pesadas novamente com o auxílio da balança de precisão de 0,01 g obtendo-se então a massa seca total das plantas.

Para as análises estatísticas, inicialmente foi verificado a normalidade dos dados das variáveis pelo teste de Shapiro Wilks. Posteriormente, foram realizadas a análise de variância, os testes de F e seus desdobramentos quando a interação foi significativa e a comparação de médias utilizando o pacote ExpDes.pt do software R (R CORE TEAM, 2021).

As análises de variância foram desdobradas de acordo com a significância da interação cultivares x fotoperíodos. Por ser uma característica quantitativa, para os fotoperíodos foi realizada a análise de variância da regressão e o ajuste para equação linear e quadrática. Todas estimativas dos parâmetros das equações de regressão foram avaliados pelo teste de t. A equação linear aceita foi aquela em que o quadrado médio da anova foi significativo e o quadrado médio dos desvios da regressão não significativo, os parâmetros de primeiro e segundo graus significativos pelo teste de T e o mais alto R^2 .

4 RESULTADOS

As análises estatísticas foram realizadas após o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância demonstrar que os resíduos podem ser considerados normais para todas as variáveis.

Na análise de variância, o coeficiente de variação foi de 22,6% para a massa fresca das folhas e caule das plantas. As cultivares, os fotoperíodos e a interação cultivares x fotoperíodos foram significativas a 1 % de probabilidade pelo teste de F (Apêndice A; Tabela I). Isto demonstra que as cultivares foram diferentes entre si independente dos fotoperíodos e estes também diferentes entre si independentemente das cultivares. Ainda, a interação entre os fatores simples significativa demonstra que os comportamentos das cultivares foram diferentes em cada fotoperíodo e vice-versa.

De acordo com a análise de variância com desdobramento de cultivares para fotoperíodo na produção de massa fresca das folhas e caule, as cultivares para os fotoperíodos de 14, 16 e 18 horas foram estatisticamente significativas para teste F de 1% (Apêndice A; Tabela II).

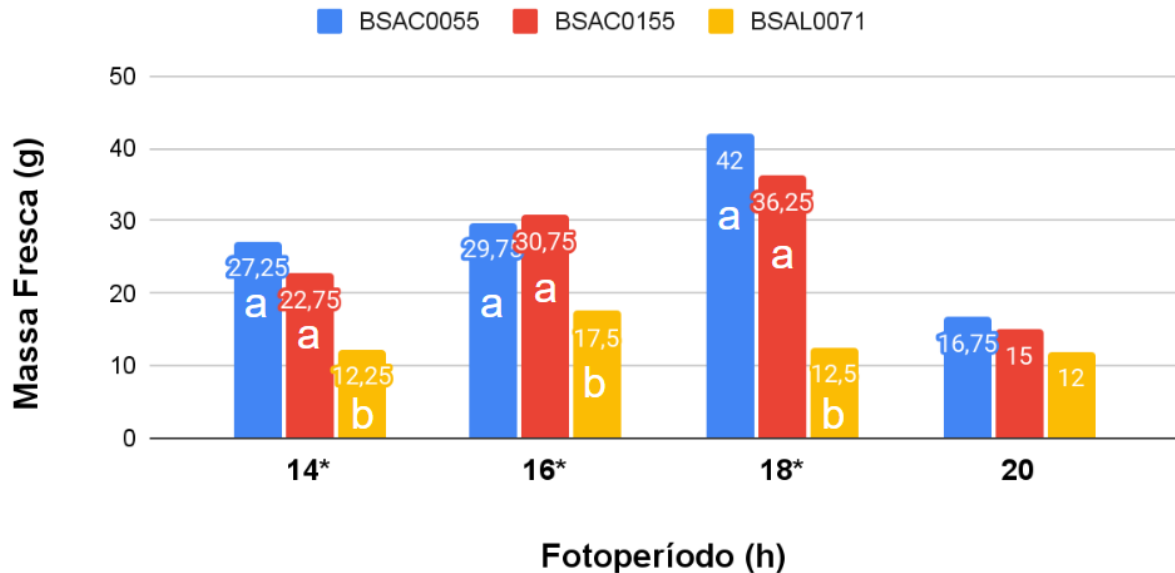
As cultivares foram semelhantes para massa fresca das folhas e caule semelhantes no fotoperíodo de 20 horas. As cultivares BSAC0055 e BSAC0155 apresentaram massa fresca das folhas e caule semelhantes entre si e superiores à BSAL0071 para fotoperíodos 14, 16 e 18 horas (Figura 3).

No desdobramento da interação dos fotoperíodos para as cultivares, a análise de variância da massa fresca das folhas e caule mostrou que foram significativas os fotoperíodos a 1% para as cultivares BSAC0055 e BSAC0155, e não significativa para a cultivar BSAL0071 (Apêndice A; Tabela III).

Devido às interações significativas para o teste F a 1% na análise de variância e os tratamentos serem quantitativos, foram realizadas análises de regressão entre os fotoperíodos em cada cultivar separadamente.

Para produção de massa fresca das folhas e caule da cultivar BSAC0055, a análise de regressão quadrática dos fotoperíodos foi significativa de 1% de probabilidade pelo teste F e o grau de representatividade da equação de regressão de 65,4% (Apêndice A; Tabela IV).

Figura 3: Média de massa fresca das folhas e caule das cultivares em quatro fotoperíodos.



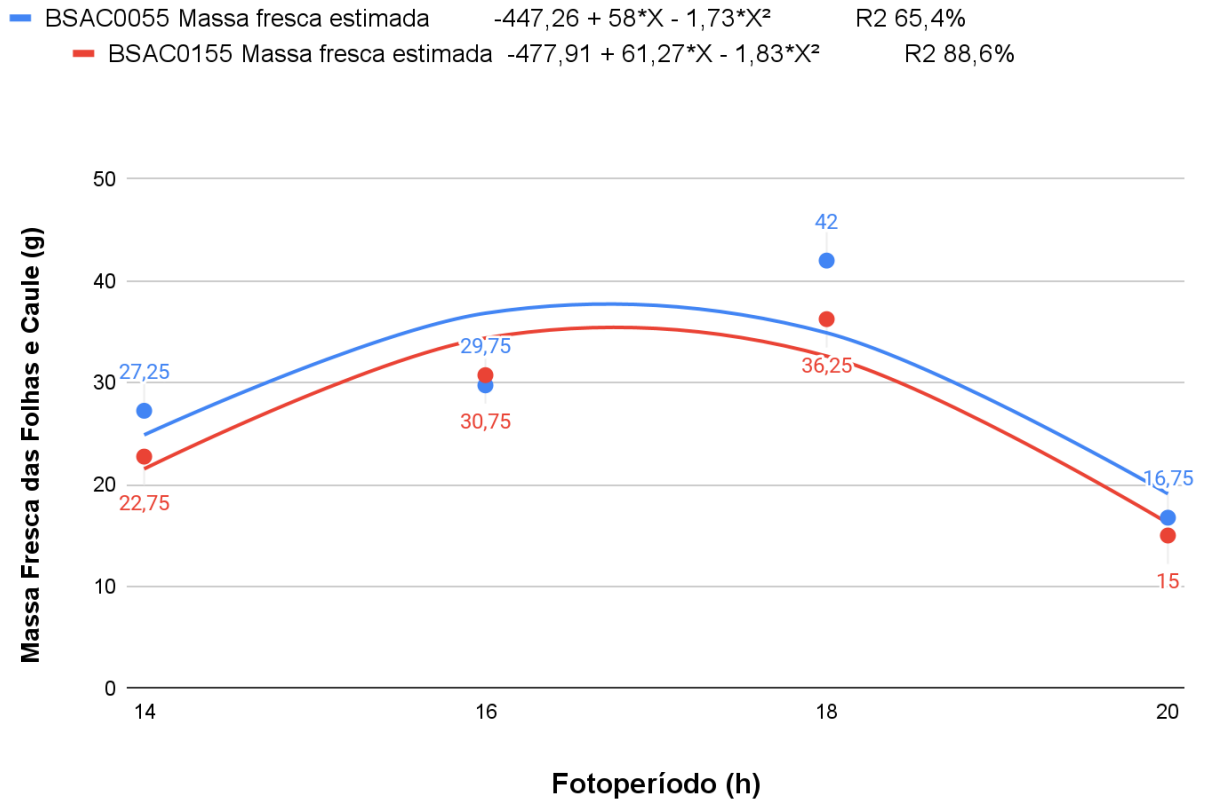
* Na sessão, médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente semelhantes a 1% pelo teste de Tukey. Fonte: do autor, 2023

A equação de regressão apresentou que a produção de massa fresca das folhas e caule para a cultivar BSAC0055 tem seu ponto máximo no fotoperíodo de 16 horas e 43 minutos (Figura 4).

Para produção de massa fresca das folhas e caule da cultivar BSAC0155 a análise de regressão quadrática dos fotoperíodos foi significativa a 1% de probabilidade pelo teste F e o grau de representatividade da equação de regressão de 88,6% (Apêndice A; Tabela V).

A equação de regressão apresentou que a produção de massa fresca das folhas e caule para a cultivar BSAC0155 tem seu ponto máximo no fotoperíodo de 16 horas e 45 minutos (Figura 4).

Figura 4: Massa fresca das folhas e caule (g) em função dos fotoperíodos das cultivares BSAC0055 e BSAC0155 em hidroponia NFT na produção *indoor*



Fonte: do autor, 2023

Para a massa fresca de raiz, a análise de variância apresentou um coeficiente de variação de 12,15%. As cultivares e os fotoperíodos foram significativos a 1% de probabilidade pelo teste F, porém a interação entre eles não foi significativa estatisticamente (Apêndice A; Tabela VI).

As cultivares BSAC0055 e BSAC0155 apresentaram massa fresca de raiz semelhante entre si e superiores a cultivar BSAL0071 (Tabela 3). As médias das cultivares superiores foram de 8,85 g de massa fresca de raiz e a da cultivar BSAL0071 foi de 7,5 g de massa fresca de raiz.

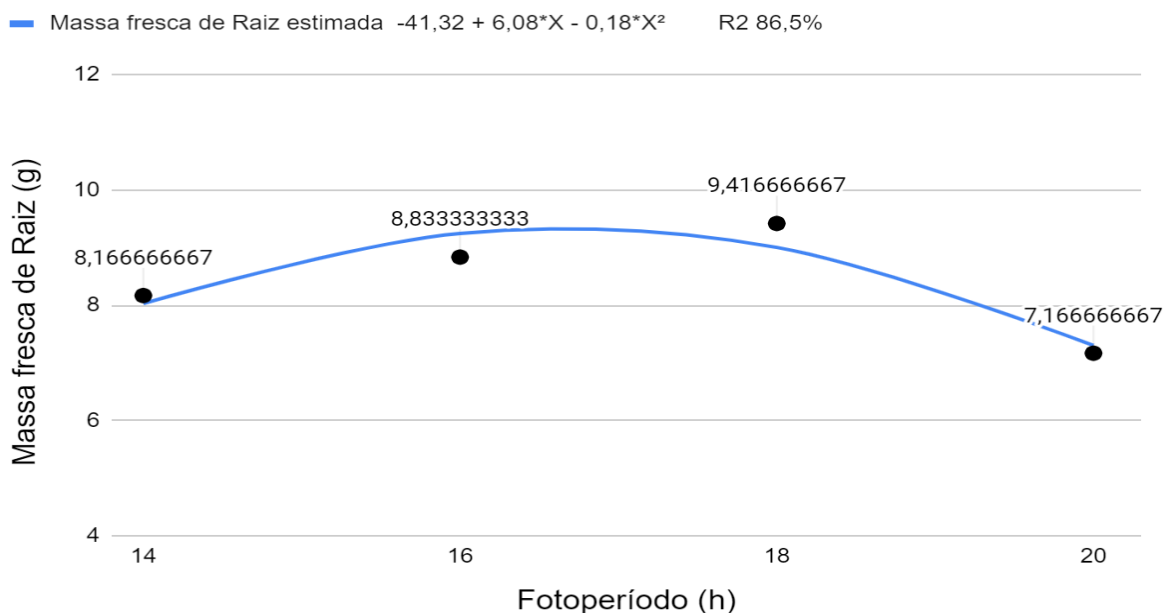
Tabela 3: Média de massa fresca de raiz das cultivares.

| Cultivar | Massa fresca de Raiz (g) |
|----------|--------------------------|
| BSAC0055 | 9,0 a* |
| BSAC0155 | 8,7 a* |
| BSAL0071 | 7,5 b* |

* As médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente semelhantes a 1% pelo teste de Tukey. Fonte: do autor, 2023

Devido a massa fresca de raiz apresentar diferença significativa nos fotoperíodos para o teste F a 1% na análise de variância e os tratamentos serem quantitativos, foi realizada a análise de regressão. Dentre os fotoperíodos a análise de regressão quadrática apresentou significatividade pelo teste F à 1% de probabilidade e o grau de representatividade da equação foi de 86,5% (Apêndice A; Tabela VII).

Para a produção de massa fresca de raiz a equação de regressão quadrática apresentou que o fotoperíodo onde há maior produção de 16 horas e 40 minutos (Figura 5).

Figura 5: Massa fresca de raiz (g) das cultivares em função dos fotoperíodos.

Fonte: do autor, 2023

Para a altura de plantas, a análise de variância apresentou coeficiente de variação de 11,31%. A diferença de altura de plantas das cultivares foi significativa a 1% de probabilidade pelo teste F, os fotoperíodos foram significativos a 5% de probabilidade pelo teste F. A interação cultivares x fotoperíodos não foi significativa (Apêndice A; Tabela VIII).

As cultivares BSAC0055 e BSAC0155 apresentaram altura de plantas semelhantes entre si e superiores a BSAL0071 de acordo com teste tukey a 1% de probabilidade (Tabela 4). As cultivares superiores apresentaram média de altura de plantas de 19,08 cm, enquanto a cultivar BSAL0071 apresentou média de altura de plantas de 15,87 cm.

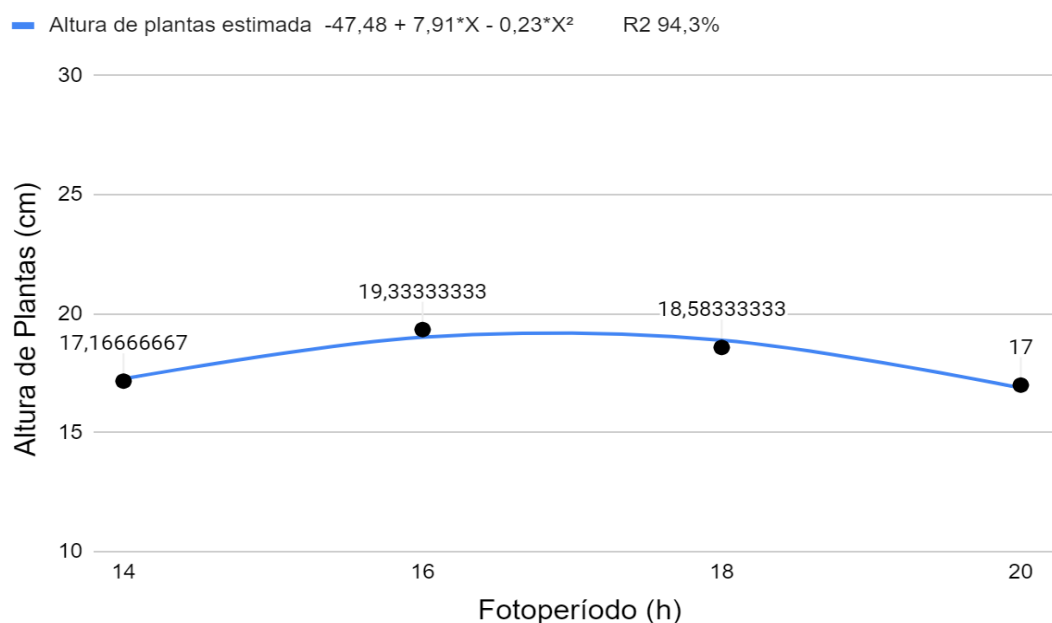
Tabela 4: Média de altura de plantas das cultivares.

| Cultivar | Altura de Plantas (cm) |
|-----------------|-------------------------------|
| BSAC0055 | 19,25 a* |
| BSAC0155 | 18,94 a* |
| BSAL0071 | 15,87 b* |

* médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente semelhantes a 1% pelo teste de Tukey. Fonte: do autor, 2023

Devido altura de plantas apresentarem diferença significativa nos fotoperíodos para o teste F a 5% na análise de variância e os tratamentos serem quantitativos, foi realizada análise de regressão. Dentre os fotoperíodos a análise de regressão quadrática apresentou significatividade pelo teste F à 1% de probabilidade e o grau de representatividade da equação foi de 94,3% (Apêndice A; Tabela IX).

Para a altura de plantas a equação de regressão quadrática apresentou que o fotoperíodo onde há maior crescimento é de 16 horas e 51 minutos (Figura 6).

Figura 6: Altura de plantas (cm) das cultivares em função dos fotoperíodos.

Fonte: do autor, 2023

Na análise de variância, o coeficiente de variação do diâmetro das plantas foi de 13,8%. As cultivares apresentaram diferença significativa ao teste F a 1% de probabilidade. Os fotoperíodos e a interação cultivares x fotoperíodos foram considerados estatisticamente iguais (Apêndice A; Tabela X).

A cultivar BSAC0055 foi superior às cultivares BSAC0155 e BSAL0071 que foram semelhantes entre si. A cultivar BSAC0055 apresentou média de diâmetro de plantas de 23,87 cm enquanto as cultivares inferiores apresentaram diâmetro médio de 20,84 cm (Tabela 5).

Tabela 5: Média de diâmetro (cm) de plantas das cultivares.

| Cultivar | Diâmetro de Plantas (cm) |
|----------|--------------------------|
| BSAC0055 | 23,87 a* |
| BSAC0155 | 20,94 b* |
| BSAL0071 | 20,75 b* |

* médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente semelhantes a 1% pelo teste de Tukey.

Fonte: do autor, 2023

O número de folhas apresentou na análise de variância um coeficiente de variação de 15,8%. As cultivares avaliadas em seu efeito isolado foram estatisticamente iguais, enquanto os fotoperíodos foram considerados estatisticamente diferentes para teste F a 5% de probabilidade. As interações cultivares x fotoperíodos foram consideradas estatisticamente diferentes para teste F a 1% de probabilidade (Apêndice A; Tabela XI).

Como a interação entre cultivares e fotoperíodos em número de folhas foi estatisticamente significativa, fez-se necessário o desdobramento das cultivares para os fotoperíodos. O número de folhas das cultivares nos fotoperíodos de 16 e 20 horas foram estatisticamente iguais, estatisticamente diferentes a 5% de probabilidade no fotoperíodo de 14 horas e a 1% de probabilidade no fotoperíodo de 18 horas (Apêndice A; Tabela XII).

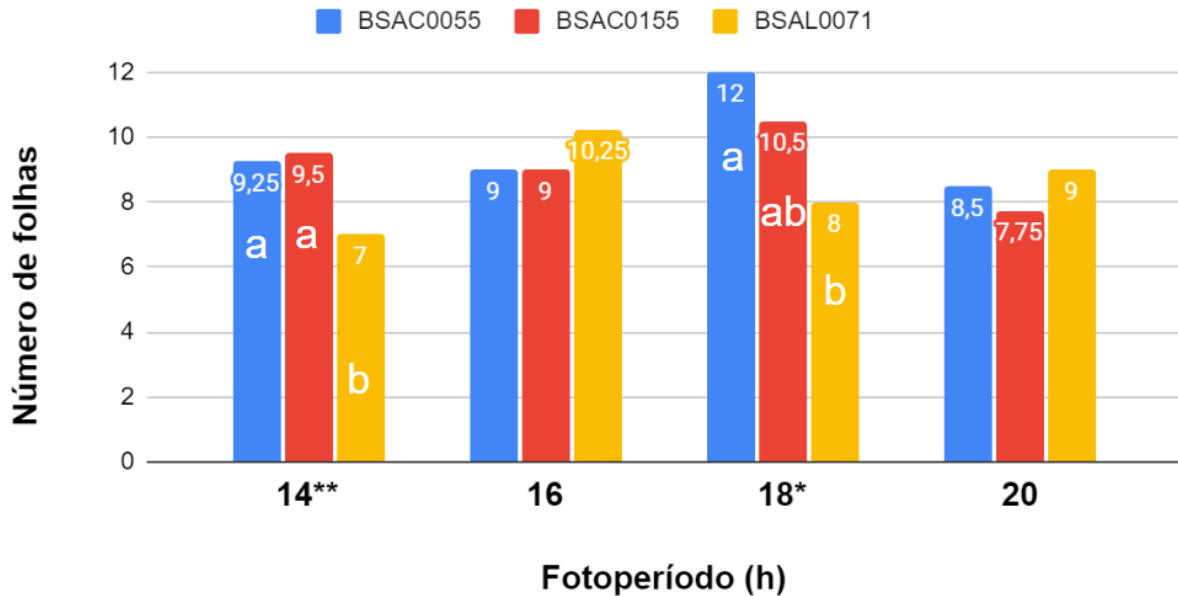
Para o fotoperíodo de 14 horas, as cultivares BSAC0055 e BSAC0155 apresentaram média de 9,42 folhas por planta e foram superiores a cultivar BSAL0071 que apresentou média de 7 folhas por planta. Para o fotoperíodo de 18 horas, a cultivar BSAC0055 apresentou média de 12 folhas por planta e foi superior a cultivar BSAL0071 que apresentou média de 8 folhas por planta e a cultivar BSAC0155 apresentou média de 10,5 folhas por planta e não diferiu das demais (Figura 7).

No desdobramento de fotoperíodos para as cultivares, o número de folhas da cultivar BSAC0055 foi estatisticamente diferente entre os fotoperíodos para o teste F de 1% de probabilidade e a 5% de probabilidade para cultivar BSAL0071. Para a cultivar BSAC0155 o número de folhas foi considerado estatisticamente igual para todos os fotoperíodos (Apêndice A; Tabela XIII).

Devido às interações significativas para o teste F a 1% e 5% na análise de variância e os tratamentos serem quantitativos, foram realizadas análises de regressão entre os fotoperíodos em cada cultivar separadamente.

Para o número de folhas da cultivar BSAC0055 a análise de regressão quadrática dos fotoperíodos apresentou significância de 5% de probabilidade pelo teste F e o grau de representatividade da equação de regressão de 35,9% (Apêndice A; Tabela XIV).

Figura 7: Média de número de folhas das cultivares em quatro fotoperíodos.



* na sessão, médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente semelhantes a 1% e ** a 5% pelo teste de Tukey. Fonte: do autor

A equação de regressão quadrática apresentou que o fotoperíodo onde há maior produção de número de folhas da cultivar BSAC0055 é de 17 horas e 06 minutos (Figura 8).

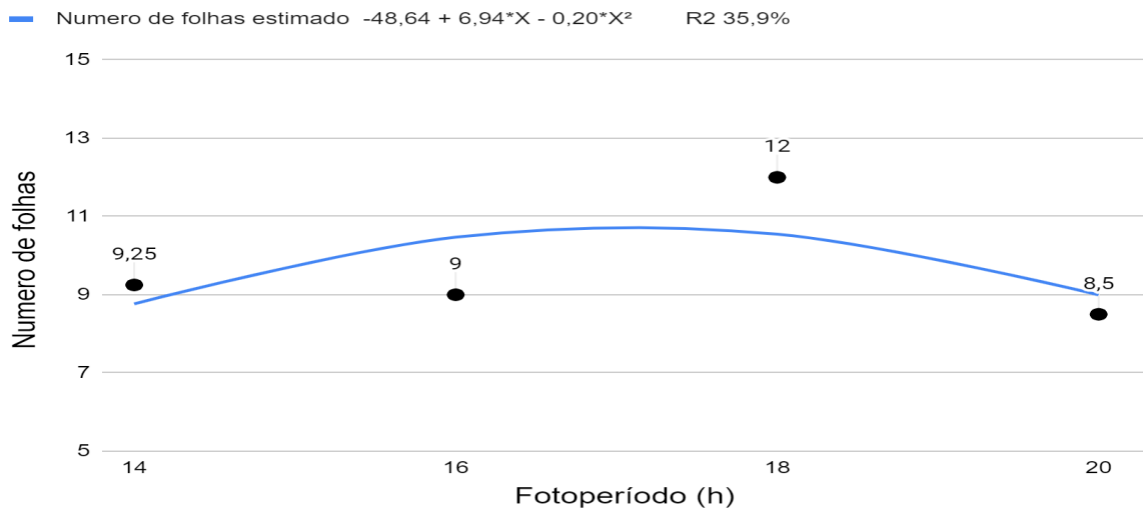
Para a cultivar BSAL0071 o grau de representatividade da análise de regressão foi baixo, e também não apresentou significatividade para os efeitos lineares e quadráticos (Apêndice A; Tabela XV).

Para número de folhas maiores que 10 centímetros, a análise de variância apresentou o coeficiente de variação de 22,8%. As cultivares e a interação Cultivares x Fotoperíodos foram significativas para o teste F de 1% de probabilidade, enquanto os fotoperíodos não exerceram influência significativa para este fator (Apêndice A; Tabela XVI).

Sendo significativa estatisticamente a interação entre cultivares e fotoperíodos, fez se necessário o desdobramento das cultivares para os fotoperíodos. No fotoperíodo de 18 horas o número de folhas maiores que 10 centímetros foi estatisticamente

diferente, enquanto para os demais fotoperíodos as cultivares não apresentaram diferença significativa (Apêndice A; Tabela XVII).

Figura 8: Número de folhas das plantas de alface em função dos fotoperíodos para cultivar BSAC0055.



Fonte: do autor, 2023

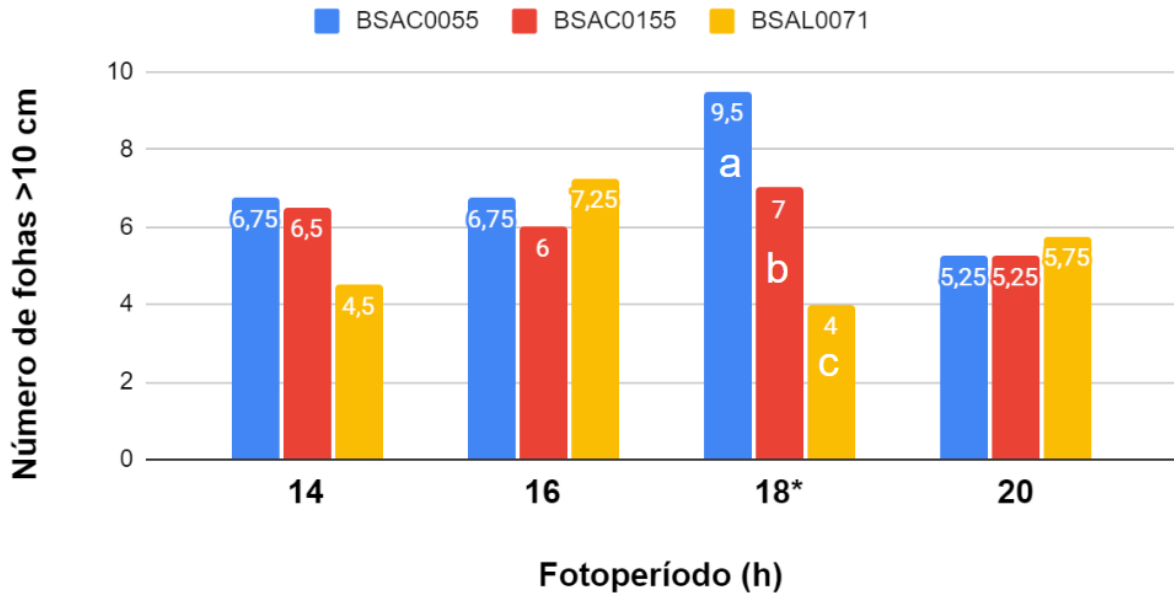
No fotoperíodo de 18 horas, a cultivar BSAC0055 obteve um número de folhas maiores que 10 centímetros superior às demais, apresentando uma média de 9,5. A cultivar BSAC0155 apresentou média de 7 folhas maiores que 10 centímetros e foi superior a cultivar BSAL0071 que obteve média de 4 folhas maiores que 10 centímetros. Nos demais fotoperíodos as cultivares não apresentaram diferença significativa entre si (Figura 9).

Desdobrando fotoperíodos para as cultivares, observou-se que o número de folhas maiores que 10 centímetros foi estatisticamente diferente entre os fotoperíodos para cultivar BSAC0055 a teste F de 1% e a 5% para cultivar BSAL0071. Porém, para cultivar BSAC0155 os fotoperíodos não apresentaram diferença significativa de número de folhas maiores que 10 centímetros (Apêndice A; Tabela XVIII).

A análise de regressão para os dados de número de folhas maiores que 10 centímetros da cultivar BSAC0055 nos fotoperíodos apresentou grau de

representatividade de 49,5% e significância de 1% pelo teste F de probabilidade para o efeito quadrático (Apêndice A; Tabela XIX).

Figura 9: Média de número de folhas maiores que 10 cm das cultivares em quatro fotoperíodos.



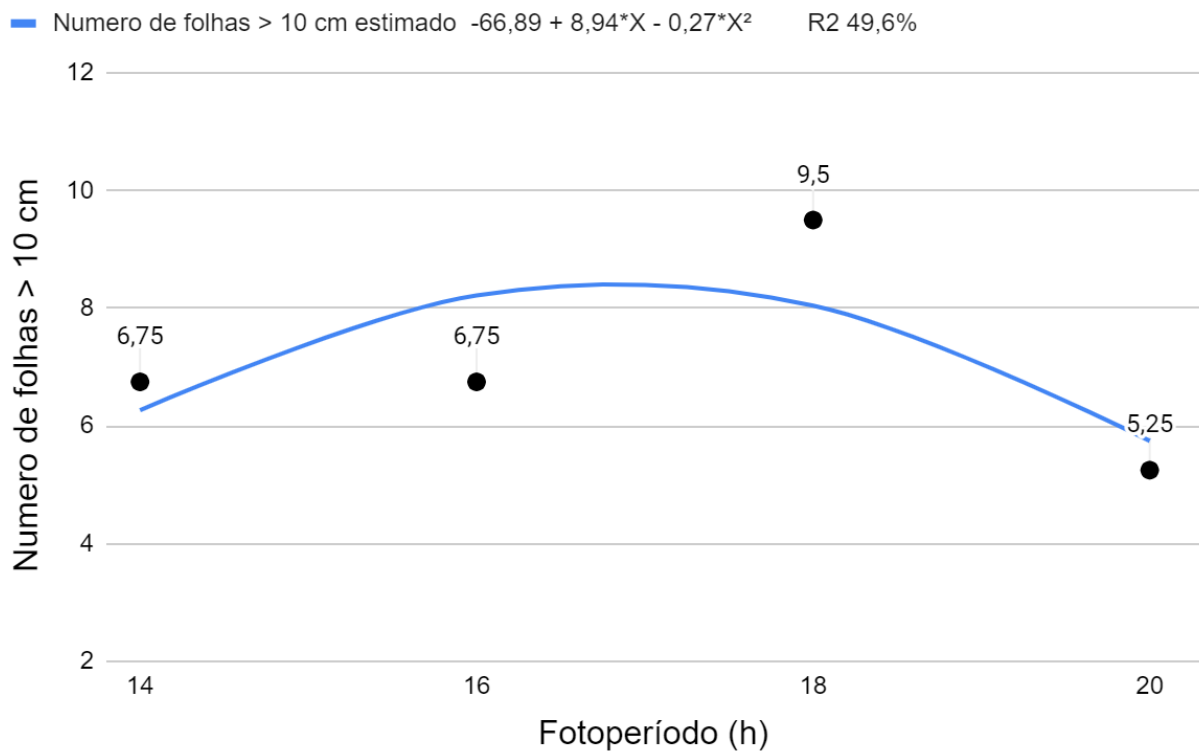
* na sessão, médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente semelhantes a 1% pelo teste de Tukey. Fonte: do autor, 2023

Para cultivar BSAC0055 a equação de regressão quadrática apresentou que o fotoperíodo onde há maior produção de folhas maiores que 10 centímetros é de 16 horas e 50 minutos (Figura 10).

Para a cultivar BSAL0071 o grau de representatividade da análise de regressão foi baixo, e também não apresentou significatividade para os efeitos lineares e quadráticos (Apêndice A; Tabela XX).

A análise de variância de massa seca total apresentou coeficiente de variação de 26,7%. As cultivares, os fotoperíodos e a interação cultivares x fotoperíodos foram significativas a 1 % de probabilidade pelo teste de F (Apêndice A; Tabela XXI).

Figura 10: Número de folhas maiores que 10 cm em função dos fotoperíodos cultivar BSAC0055.



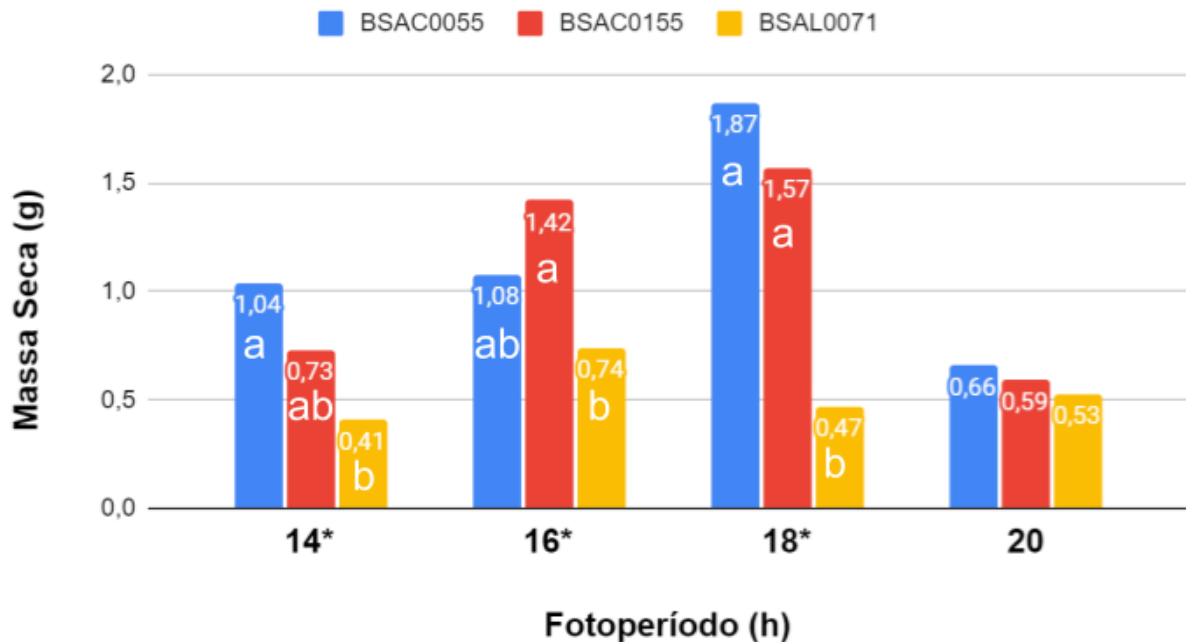
Fonte: do autor, 2023

De acordo com a análise de variância com desdobramento de cultivares para fotoperíodo na produção de massa seca total, as cultivares para os fotoperíodos de 14, 16 e 18 horas foram estatisticamente significativas para teste F de 1% (Apêndice A; Tabela XXII). Porém, as cultivares foram semelhantes para o fotoperíodo de 20 horas.

Neste desdobramento, a cultivar BSAC0055 foi superior a cultivar BSAL0071 no fotoperíodo de 14 horas, não apresentou diferença em relação às demais no fotoperíodo de 16 horas, semelhante a cultivar BSAC0155 e superior a BSAL0071 no fotoperíodo de 18 horas. A cultivar BSAC0155 não diferiu das demais no fotoperíodo de 14 horas, superior a cultivar BSAL0071 no fotoperíodo de 16 horas, semelhante a cultivar BSAC0055 e superior a BSAL0071 no fotoperíodo de 18 horas. A cultivar

BSAL0071 foi inferior às demais nos fotoperíodos de 14, 16 e 18 horas. Para o fotoperíodo de 20 horas as cultivares apresentaram massa seca total estatisticamente igual (Figura 11).

Figura 11: Média de massa seca total das cultivares em quatro fotoperíodos.



* na sessão, médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente semelhantes a 1% pelo teste de Tukey. Fonte: do autor, 2023

Desdobrando os fotoperíodos para as cultivares, a análise de variância apresentou que os fotoperíodos foram significativos para as cultivares BSAC0055 e BSAC0155 e não significativos para a cultivar BSAL0071 (Apêndice A; Tabela XXIII).

A análise de regressão dos fotoperíodos para a cultivar BSAC0055 apresentou grau de representatividade de 51,9% e significatividade a 1% pelo teste F de probabilidade para o efeito quadrático (Apêndice A; Tabela XXIV).

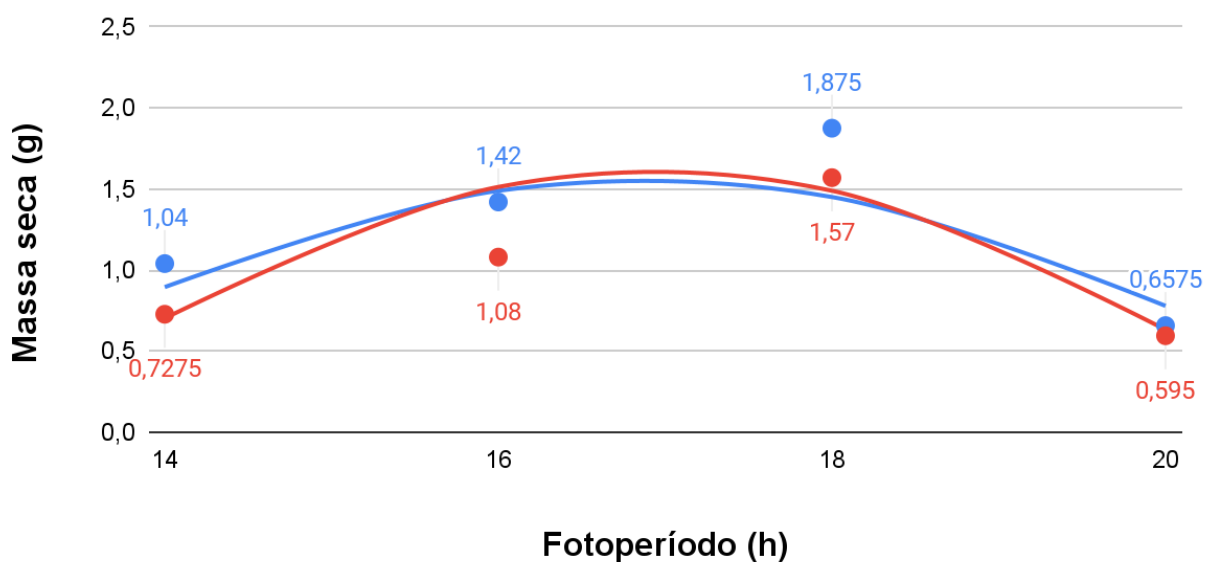
Para cultivar BSAC0055 a equação de regressão quadrática apresentou que o fotoperíodo onde há maior produção de massa seca total é de 16 horas e 54 minutos (Figura 12).

A análise de regressão dos fotoperíodos para a cultivar BSAC0155 apresentou grau de representatividade de 97,6% e significatividade a 1% pelo teste F de probabilidade para o efeito quadrático (Apêndice A; Tabela XXV).

Para cultivar BSAC0155 a equação de regressão quadrática apresentou que o fotoperíodo onde há maior produção de massa seca total é de 16 horas e 57 minutos (Figura 12).

Figura 12: Massa seca total em função dos fotoperíodos cultivares BSAC0055 e BSAC0155.

- BSAC0055 Massa seca estimado $-20,98 + 2,67*X - 0,08*X^2$ R^2 51,9%
- BSAC0155 Massa seca estimado $-28,31 + 3,53*X - 0,10*X^2$ R^2 97,6%



Fonte: do autor, 2023

5 DISCUSSÕES

As análises de variância da massa fresca de folhas e caule, massa fresca de raiz, massa seca total, altura e diâmetro de plantas e números de folhas maiores que 10 centímetros apresentaram um comportamento diferente entre as cultivares, enquanto o número de folhas totais não apresentou diferença entre elas. Estes resultados desconsideraram o fotoperíodo. Assim, as próprias cultivares são diferentes entre si para a condição de produção *indoor*, demonstrando que existe uma cultivar mais adaptada do que outra. Este resultado é semelhante ao que se tem encontrado na literatura para o cultivo hidropônico e em campo em que pelo menos uma cultivar é superior às demais (MAGALHÃES et al, 2010; KANO et al., 2012; SUTANI et al., 2021).

Para as variáveis massa fresca de folhas e caule, massa fresca de raiz, altura de plantas e massa seca total, as cultivares BSAC0055 e BSAC0155 foram semelhantes entre si e superiores a BSAL0071. O diâmetro de plantas da cultivar BSAC0055 foi superior às demais, que foram semelhantes entre si. O número de folhas maiores que 10 centímetros, da cultivar BSAC0055 foi superior às demais, a cultivar BSAC0155 teve número de folhas maiores que 10 centímetros intermediário e a cultivar BSAL0071 foi inferior às demais neste fator. Assim, independentemente do fotoperíodo, a cultivar BSAC0055 foi superior às demais e adaptada ao cultivo *indoor* mesmo não tendo sido selecionada para tal. No entanto, não se pode afirmar que esta cultivar otimiza o ambiente ótimo que foi proporcionado durante o cultivo pois ela não foi selecionada para este ambiente.

A resposta diferente entre as cultivares, pode ser explicada pela interação genótipo x ambiente que para Cruz e Regazzi (1997) e Borém et al. (2021), está associada a diferença entre os genótipos e a interação entre o genótipo x ambientes que reduz a correlação entre fenótipo e genótipo. Portanto, por mais que as cultivares tenham alto desempenho produtivo, apresentam resultados diferentes em determinados ambientes de cultivo. Este raciocínio é adequado para a condição do campo, porém a

interação genótipo x ambiente somente pode ser aproveitada quando o ambiente é repetido como somente ocorre na produção *indoor*.

Em estudo comparando cultivares de alface de diferentes grupos em sistemas hidropônicos e aquaponicos, encontrou resultados semelhantes em que as cultivares do grupo lisa tiveram menor acúmulo de massa seca e fresca em relação às cultivares do grupo crespa em cultivo hidropônico (SUTANI *et al.*, 2021).

As análises de massa fresca de folhas e caule, massa fresca de raiz, altura de plantas, número de folhas e massa seca total apresentam comportamento diferente entre os fotoperíodos, enquanto diâmetro de plantas e número de folhas maiores que 10 centímetros não foram influenciados pelo mesmo. Desta maneira, pode-se afirmar que as variáveis da produtividade são dependentes do ambiente e por isso, com menor herdabilidade do que diâmetro da planta associada ao seu crescimento e número de folhas possuem menor efeito ambiental e conseqüentemente maior herdabilidade.

Este fato vai de acordo com o estudo realizado por Oliveira *et al.*, (2021) que avaliou as dinâmicas de herdabilidade dos fatores diâmetro de plantas, número de folhas e teor de clorofila em 5 gerações utilizando 5 genótipos distintos como parentais, e obteve como resultados que as variáveis diâmetro de plantas e número de folhas apresentam elevada herdabilidade para a maioria dos cruzamentos.

Para as demais variáveis, à medida em que houve aumento de horas de luz, houve também aumento das médias das variáveis até um ponto de pico, após isto, a medida em que se aumentou horas de luz houve um decréscimo dos fatores.

Este aumento das médias devido ao aumento das horas de luz pode ser explicado pelo aumento da taxa fotossintética, tornando a incidência de luz um fator limitante no processo de fotossíntese das plantas para os fotoperíodos de 14 a 18 horas (Vieira *et al.*, 2010). O ponto de pico e o decréscimo de produção podem ser explicados por se atingir o ponto de saturação luminosa das plantas, o que vai de acordo com resultados encontrados por Gavhane *et al.* (2023) em estudo que determina a dose de luz diária integral ideal em função do fotoperíodo para a cultura da alface em cultivo *indoor*.

Em estudo avaliando fatores de produtividade da alface comparando sete fotoperíodos (12, 14, 16, 18, 20, 22 e 24h de luz diária) para uma cultivar em ambiente

indoor, foi constatado que massa fresca e seca, o número de folhas e a área foliar aumentaram com a elevação do fotoperíodo até 18 horas, a partir desse ponto os parâmetros estabilizaram ou foram reduzidos (SILVA, 2021). Estes resultados são semelhantes ao encontrado neste trabalho.

Apesar das significâncias dos efeitos simples cultivares e fotoperíodos, houve efeito da interação cultivares x fotoperíodos, assim, as cultivares comportaram-se diferentemente para cada fotoperíodo e os fotoperíodos influenciaram diferentemente cada cultivar para massa fresca de folhas e caule, massa fresca de raiz, altura de plantas, número de folhas e massa seca total.

Sendo a massa fresca de folhas e caule, a variável de maior importância econômica para a alface, o entendimento da interação cultivares x fotoperíodo é o mais relevante em relação às outras variáveis. Para as cultivares BSAC0055 e BSAC0155 os fotoperíodos foram significativos para Massa fresca das folhas e caule, o que não ocorreu para a cultivar BSAL0071. Em ambas cultivares com fotoperíodo significativo, o efeito do número de horas/dia foi quadrático demonstrando que existe um fotoperíodo ótimo no intervalo estudado. Para a cultivar BSAC0055 este ótimo foi com 16 horas e 43 minutos e para a BSAC0155 16 horas e 45 minutos, levando-se em consideração a produção de massa fresca de folhas e caule. A não diferença entre os fotoperíodos para a cultivar BSAL0071 indica que qualquer fotoperíodo causa uma produtividade similar, no entanto, em termos econômicos é mais adequado utilizar o menor fotoperíodo pois o maior custo na produção *indoor* é a iluminação (KOZAI *et al.*, 2019).

Ao comparar o comportamento da produtividade de massa fresca das folhas e caule das duas cultivares em que o fotoperíodo foi significativo, pode-se afirmar que o aumento da horas/dia para BSAC0155 apresenta uma resposta mais rápida ou maior do que para BSAC0055 pois o valor do componente linear da equação é maior 61,27 em relação à 58 sendo então mais rápida a resposta ao fotoperíodo para a primeira cultivar. Por outro lado, após o pico da produtividade, o aumento do fotoperíodo é mais prejudicial para BSAC0155 do que para BSAC0055, pois o componente quadrático é de -1,83 e -1,73, respectivamente, afetando mais a produtividade da primeira cultivar em relação à segunda. Também vale ressaltar que a maior produtividade estimada é de esperar para a BSAC0055 do que para BSAC0155. Todos estes resultados da

produtividade para os fotoperíodos indicaram a necessidade de um manejo diferenciado para as cultivares e que ainda podem existir a cultivar que não respondeu ao fotoperíodo e portanto, que a seleção de plantas ou cultivares pode ser possível para ambientes específicos na produção *indoor* reduzindo o custo de produção por planta.

6 CONCLUSÃO

As cultivares possuem manejo de iluminação diferenciados e que é possível obter cultivares específicas para a produção *indoor*;

As cultivares respondem diferencialmente aos fotoperíodos, sendo que as cultivares BSAC0055 e BSAC0155 são semelhantes entre si e superiores a BSAL0071.

Os fotoperíodos, induzem crescimento diferenciado para a produtividade, apresentando crescimento à medida que se aumentam as horas de luz até um ponto máximo, após isto a produtividade decai à medida que as horas de luz aumentam.

Para as cultivares BSAC0055 e BSAC0155 o fotoperíodo ideal se apresentou entre 16 horas e 40 minutos e 17 horas. Para a cultivar BSAL0071 os fotoperíodos estudados não tiveram interferência em sua produtividade, podendo ser recomendada para todos eles.

REFERÊNCIAS

AL-KODMANY, Kheir. The vertical farm: A review of developments and implications for the vertical city. **Buildings**, v. 8, n. 2, p. 24, 2018.

ALLARD, Robert W.; BRADSHAW, Anda D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding 1. **Crop science**, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.

ANDRADE, Lara Ribeiro *et al.* **Fazendas verticais indoor: uma abordagem das publicações no período de 2014 a 2023**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônoma) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023.

BERGAMASCHI, Homero. **Fotoperiodismo**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2014. *E-book*. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/agrometeorologia/files/2014/08/fotoperiodismo.pdf>. Acesso em: 20 out. 2023.

BEZERRA NETO, Francisco *et al.* Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 189-192, 2005.

BEZERRA NETO, Egídio; BARRETO, Levy Paes. As técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma**, v. 8, p. 107-137, 2011.

BLISKA JUNIOR, Antonio. *et al.* **Montagem da estrutura hidropônica** – 2. ed. Brasília : SENAR, 2004. 132 p.

BORÉM, Aluizio; MIRANDA, Glauco Vieira; FRITSCHÉ-NETO, Roberto. **Melhoramento de Plantas**. Porto Alegre, RS. Ed. Oficina dos Livros: 8. Ed. 2021. 384 p.

CABRERA-BOSQUET, Llorenç *et al.* High-throughput phenotyping and genomic selection: The frontiers of crop breeding converge F. **Journal of integrative plant biology**, v. 54, n. 5, p. 312-320, 2012.

CALORI, Alex Humberto. **Cultivo de baby leaf em sistema hidropônico NFT em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e do espaçamento entre plantas**. 2013. Dissertação (Mestrado em tecnologia da produção agrícola). Instituto Agrônomo de Campinas±IAC, Campinas, 2013.

CAMPELL, Bruce R.; BONNER, Bruce A. Evidence for phytochrome regulation of gibberellin A20 3β-hydroxylation in shoots of dwarf (lele) *Pisum sativum* L. **Plant physiology**, v. 82, n. 4, p. 909-915, 1986.

CAMPOS, João Pedro Pedrolli. **Aspectos gerais na cultura da alface**, 2020. Trabalho de conclusão de curso (Curso Técnico em agropecuária) - ETEC Orlando Quagliato – Santa Cruz do Rio Pardo – SP, 2020

CARVALHO, Sofia D.; FOLTA, Kevin M. Sequential light programs shape kale (*Brassica napus*) sprout appearance and alter metabolic and nutrient content. **Horticulture research**, v. 1, 2014.

CAVALCANTE, Rosyane Costa *et al.* **Efeito de diferentes luminárias led na fotossíntese de alface cultivada em ambiente controlado**. 2022. Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, Morrinhos, 2022.

CHANDLER, Peter M.; ROBERTSON, Masumi. Gibberellin dose-response curves and the characterization of dwarf mutants of barley. **Plant Physiology**, v. 120, n. 2, p. 623-632, 1999.

CHRISTIANS, Matthew J. *et al.* The light-response BTB1 and BTB2 proteins assemble nuclear ubiquitin ligases that modify phytochrome B and D signaling in Arabidopsis. **Plant physiology**, v. 160, n. 1, p. 118-134, 2012.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390p.

DA LUZ, Andrieli Oliveira *et al.* Resistência ao pendoamento de genótipos de alface em ambientes de cultivo. **Agrarian**, v. 2, n. 6, p. 71-82, 2009.

DIAS, Aline Michelle *et al.* **Produção de baby leaf de alface**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, Ceres, 2019.

FAHLGREN, Noah; GEHAN, Malia A.; BAXTER, Ivan. Lights, camera, action: high-throughput plant phenotyping is ready for a close-up. **Current opinion in plant biology**, v. 24, p. 93-99, 2015.

FERNANDES, Adriano Alves *et al.* Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura brasileira**, v. 20, p. 195-200, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de a olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa. MG: Ed. UFV, 2005. 412 p.

FOLTA, K.M. Breeding new varieties for controlled environments. **Plant Biology 21 (Suppl. 1). 2019.**

FURLANI, Pedro Roberto. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia-NFT. **Boletim Técnico IAC, v 168, p.30 1998.**

FURLANI, Pedro Roberto et al. **Cultivo hidropônico de plantas.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. *E-book.*

GAVHANE, Kishor P. et al. Determination of optimal daily light integral (DLI) for indoor cultivation of iceberg lettuce in an indigenous vertical hydroponic system. **Scientific Reports, v. 13, n. 1, p. 10923, 2023.**

GOMES, Carolina Urbano Savelli; MACHADO, Everton José; MÜCKE, Naieli. **Avaliação das metodologias de higienização de hortaliças in natura empregadas pela população de Medianeira-Pr, utilizando alfaces (*Lactuca sativa*) de diferentes fontes de adubação.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GRAHAM, Thomas; WHEELER, Raymond. Mechanical stimulation modifies canopy architecture and improves volume utilization efficiency in bell pepper: implications for bioregenerative life-support and vertical farming. **Open agriculture, v. 2, n. 1, p. 42-51, 2017.**

GUAZZELLI, Eleonora Silva. **Cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico NFT.** 2000. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

GUNDIM, Lady LS; LIMA, Renata P. Edifícios agroprodutivos: a fazenda vertical como modelo sustentável de agricultura urbana. **ENSUS 2022 - X Encontro de Sustentabilidade em Projeto, v 1, 2022.**

HENZ, Gilmar Paulo; SUINAGA, F. A. Tipos de alface cultivados no Brasil. **COMUNICADO TÉCNICO 75.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 1975-2023. 2001-2023. ISSN 1414-9850. 2009.

IANCKIEVICZ, Alessandra *et al.* Produção e desenvolvimento da cultura de *Physalis L.* submetida a diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva. **Ciência Rural, v. 43, p. 438-444, 2013.**

KIM, Jee Hoon *et al.* Sweet pepper (*Capsicum annuum L.*) canopy photosynthesis modeling using 3D plant architecture and light ray-tracing. **Frontiers in Plant science, v. 7, p. 1321, 2016.**

KANO C; CHAVES FCM; BERNI RF; GONÇALVES NR; SUINAGA FA. 2012. Avaliação de cultivares de alface crespa sob cultivo protegido no município de Iranduba/AM. **Horticultura Brasileira 30: S390-S394.**

KOZAI, Toyoki; NIU, Genhua; TAKAGAKI, Michiko (Ed.). **Plant factory: an indoor vertical farming system for efficient quality food production.** Academic press, 2019.

KOZAI, Toyoki; NIU, Genhua. **Role of the plant factory with artificial lighting (PFAL) in urban areas. In: Plant factory.** Academic Press, 2020. p. 7-34.

LAZZARINI, Luiz Eduardo Santos *et al.* Uso de diodos emissores de luz (led) na fisiologia de plantas cultivadas—revisão. **Scientia Agraria Paranaensis, v. 16, n. 2, p. 137-144, 2017.**

LUCENA, Leandro Pessoa de. **Modelo urbano de produção rural verticalizado como alternativa de segurança alimentar às grandes cidades: um estudo da viabilidade econômica e organizacional do modelo vertical canadense e do modelo horizontal brasileiro.** 2014. Tese (Doutorado em *Agribusiness*) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul., Porto Alegre, 2014.

LUZ, José Magno Q. *et al.* Aplicação foliar de fertilizantes organominerais em cultura de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 373-377, 2010.

MACEDO, Priscila Helena da Silva. **Ciclagem de macronutrientes no cultivo de alface hidropônica.** 2021. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente.) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021.

MAGALHÃES AG; MENEZES D; RESENDE LV; BEZERRA NETO E. 2010. Desempenho de cultivares de alface em cultivo hidropônico sob dois níveis de condutividade elétrica. **Horticultura Brasileira 28: 316-320.**

MALLOOF, Julin N. *et al.* Natural variation in light sensitivity of Arabidopsis. **Nature genetics**, v. 29, n. 4, p. 441-446, 2001.

MARJOTTA-MAISTRO, Marta Cristina *et al.* Fluxo de abastecimento de alface e suas variedades: principais regiões de origem e destino. **59º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural–SOBER, Brasília-DF, 2021.**

MATOS, Francisco Antonio Cancio de *et al.* **Agricultura Familiar Coleção Passo a Passo: ALFACE.** SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Brasília-DF, 2011. 29 p.

MICKELBART, Michael V.; HASEGAWA, Paul M.; BAILEY-SERRES, Julia. Genetic mechanisms of abiotic stress tolerance that translate to crop yield stability. *Nature Reviews Genetics*, v. 16, n. 4, p. 237-251, 2015.

MORAES, Livia Aguiar Sumam. **Produção de *baby leaf* de alface em bandejas com reaproveitamento de substrato**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical.) –Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Campinas, 2013

OLIVEIRA, Alisson Henrique Gama de *et al.* Dinâmica da herdabilidade em diferentes caracteres de alface. *Revista Caatinga*, v. 34, p. 514-526, 2021.

OLIVEIRA, Cristian Rodrigues de. **Produção de microgreens *indoor* para consumo in natura em Porto Alegre-RS**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2021.

PENNISI, Giuseppina *et al.* Resource use efficiency of indoor lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivation as affected by red: blue ratio provided by LED lighting. *Scientific reports*, v. 9, n. 1, p. 14127, 2019.

POTRICH, Ani Caroline; PINHEIRO, Renes; SCHMIDT, Denise. Alface hidropônica como alternativa de produção de alimentos de forma sustentável. *Enciclopédia Biosfera*, v. 8, n. 15, 2012.

PURQUERIO, Luis Felipe V. *et al.* Produção de *baby leaf* de rúcula em diferentes volumes de células no outono. *Hortic. Bras*, v. 27, p. S2258-S2263, 2010.

QUAIL, Peter H. Phytochrome photosensory signalling networks. *Nature reviews Molecular cell biology*, v. 3, n. 2, p. 85-93, 2002.

R Core Team **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; COSTA, N. D. Cultivo de alface-crespa no Submédio do Vale do São Francisco. **COMUNICADO TÉCNICO 135**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 1975-2023. 2001-2023. ISSN 1809-0001. 2018.

SALLES, Rodrigo Amaro *et al.* Influência da alteração do fotoperíodo no desempenho de alface hidropônica. **Anais da Semana Acadêmica do Curso de Agronomia do CCAE/UFES-SEAGRO, 2017**.

SANCHEZ, Sergio Veraguas. **Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007

SANTOS, Aparecida Célia Paula dos. **Contribuições à genética e melhoramento de alfaves mediante cruzamentos e cultura de tecidos**. 1996. Tese (Doutorado em Genética e Bioquímica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

SANTOS JUNIOR, Sidney Heleno dos. **Triade: luminária para cultivo *indoor***. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Desenho Industrial-Projeto de Produto)-Escola de Belas Artes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

SILVA, Luciano De Melo. **Manejo da iluminação em cultivo *indoor* de alface (*Lactuca sativa L.*)**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Campinas, 2021.

SUTANI, Jussara *et al.* Avaliação do desempenho produtivo de cultivares de alface em sistemas aquapônico e hidropônico. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v 38, n. 3, c 26909, 2021.

TEIXEIRA, Flávia Maria Vieira *et al.* **Cultivos, Tomate: Consumo**. Brasília: Portal Embrapa. 2022. E-book.

VAN ROOIJEN, Roxanne; AARTS, Mark GM; HARBINSON, Jeremy. Natural genetic variation for acclimation of photosynthetic light use efficiency to growth irradiance in *Arabidopsis*. **Plant physiology**, v. 167, n. 4, p. 1412-1429, 2015.

VIEIRA, Elvis Lima *et al.* **Manual de fisiologia vegetal**. São Luiz: Edufma, 2010. 230p.

WATT, M. *et al.* A rapid, controlled-environment seedling root screen for wheat correlates well with rooting depths at vegetative, but not reproductive, stages at two field sites. **Annals of Botany**, v. 112, n. 2, p. 447-455, 2013.

WHITE, Jeffrey W. *et al.* Field-based phenomics for plant genetics research. **Field Crops Research**, v. 133, p. 101-112, 2012.

YURI, Jony Eishi *et al.* **Nutrição e adubação da cultura da alface**. Jaboticabal: UNESP. 2016, 600p.

APÊNDICE A – Análises de variância

Tabela I: Análise de variância da massa fresca das folhas e caule das cultivares de alface nos fotoperíodos em hidroponia NFT na produção indoor.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|---------------------------|----|-------|------|--------|
| Bloco | 3 | 33 | 11 | 0,41 |
| Cultivares | 2 | 2151 | 1076 | 40,24* |
| Fotoperíodos | 3 | 1649 | 550 | 20,57* |
| Cultivares x Fotoperíodos | 6 | 761 | 127 | 4,74* |
| Resíduo | 33 | 882 | 27 | |
| Total | 47 | 54765 | 1165 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela II: Análise de variância com o desdobramento de cultivares de alface para fotoperíodos da massa fresca das folhas e caule em hidroponia NFT na produção indoor.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|------------------------|----|-------|------|---------|
| Bloco | 3 | 33 | 11 | 0,41 |
| Fotoperíodo (F) | 3 | 1649 | 550 | 20,57* |
| Cultivares/ F 14 horas | 2 | 474 | 237 | 8,87* |
| Cultivares/ F 16 horas | 2 | 435 | 218 | 8,15* |
| Cultivares/ F 18 horas | 2 | 1956 | 978 | 36,6* |
| Cultivares/ F 20 horas | 2 | 46 | 23 | 0,86 ns |
| Resíduo | 33 | 882 | 27 | |
| Total | 47 | 54765 | 1165 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela III: Análise de variância com o desdobramento de fotoperíodos para as cultivares de alface da massa fresca das folhas e caule em hidroponia NFT na produção indoor.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|------------------------|-----------|--------------|-------------|-----------|
| Bloco | 3 | 33 | 11 | 0,41 |
| Cultivares (C) | 2 | 2151 | 1076 | 40,24* |
| Fotoperíodos/ BSAC0055 | 3 | 1290 | 430 | 16,10* |
| Fotoperíodos/ BSAC0155 | 3 | 1036 | 345 | 12,92* |
| Fotoperíodos/ BSAL0071 | 3 | 83 | 28 | 1,04 ns |
| Resíduo | 33 | 882 | 27 | |
| Total | 47 | 54765 | 1165 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela IV: Análise de variância do modelo quadrático da massa fresca das folhas e caule das plantas de alface da cultivar BSAC0055 em hidroponia NFT na produção indoor.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Efeito linear | 1 | 74 | 74,1 | 2,77 ns |
| Efeito quadrático | 1 | 770 | 770,1 | 28,81* |
| Desvios de Regressão | 1 | 447 | 446,5 | 16,71* |
| Resíduos | 33 | 882 | 26,7 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela V: Análise de variância do modelo quadrático da massa fresca das folhas e caule das plantas de alface da cultivar BSAC0155 em hidroponia NFT na produção indoor.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Efeito linear | 1 | 63 | 63 | 2,36 ns |
| Efeito quadrático | 1 | 856 | 856 | 32,01* |
| Desvios de Regressão | 1 | 118 | 118 | 4,4** |
| Resíduos | 33 | 882 | 27 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela VI: Análise de variância da massa fresca de raiz das cultivares de alface e dos fotoperíodos avaliadas em hidroponia NFT em produção indoor.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Bloco | 3 | 2 | 0,63 | 0,61 |
| Cultivares | 2 | 20 | 10,02 | 9,63* |
| Fotoperíodos | 3 | 34 | 11,19 | 10,75* |
| Cultivares X Fotoperíodos | 6 | 12 | 1,94 | 1,86 ns |
| Resíduo | 33 | 34 | 1,04 | |
| Total | 47 | 101 | 2,16 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela VII: Análise de variância do modelo quadrático dos fotoperíodos para variável massa fresca de raiz.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Efeito linear | 1 | 4 | 4 | 3,37 ns |
| Efeito quadrático | 1 | 26 | 26 | 24,51* |
| Desvios de Regressão | 1 | 5 | 5 | 4,36** |
| Resíduos | 33 | 34 | 1 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela VIII: Análise de variância da altura de plantas das cultivares de alface nos fotoperíodos avaliadas em hidroponia NFT em produção indoor.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Bloco | 3 | 1 | 0,41 | 0,10 |
| Cultivares | 2 | 111 | 55,65 | 13,40* |
| Fotoperíodos | 3 | 46 | 15,24 | 3,67** |
| Cultivares X Fotoperíodos | 6 | 40 | 6,62 | 1,59 ns |
| Resíduo | 33 | 137 | 4,15 | |
| Total | 47 | 335 | 7,13 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela IX: Análise de variância do modelo quadrático dos fotoperíodos para variável altura de plantas.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Efeito linear | 1 | 0,94 | 0,94 | 0,23 ns |
| Efeito quadrático | 1 | 42,19 | 42,19 | 10,16* |
| Desvios de Regressão | 1 | 2,60 | 2,60 | 0,63 ns |
| Resíduos | 33 | 137,02 | 4,15 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela X: Análise de variância do diâmetro de plantas das cultivares de alface nos fotoperíodos em hidroponia NFT na produção indoor.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|--------------------------|----|-----|-------|-----------|
| Bloco | 3 | 49 | 16,19 | 1,7707 |
| Cultivares | 2 | 98 | 49,15 | 5,3758* |
| Fotoperíodo | 3 | 23 | 7,69 | 0,8409 ns |
| Cultivares X Fotoperíodo | 6 | 94 | 15,73 | 1,7205 ns |
| Resíduo | 33 | 302 | 9,14 | |
| Total | 47 | 566 | 12,04 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela XI: Análise de variância do número de folhas das cultivares de alface nos fotoperíodos avaliadas em hidroponia NFT em produção indoor.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|---------------------------|----|--------|------|-----------|
| Bloco | 3 | 0,23 | 0,08 | 0,0365 |
| Cultivares | 2 | 10,17 | 5,08 | 2,4304 ns |
| Fotoperíodos | 3 | 23,56 | 7,85 | 3,7552** |
| Cultivares X Fotoperíodos | 6 | 45,00 | 7,50 | 3,5859* |
| Resíduo | 33 | 69,02 | 2,09 | |
| Total | 47 | 147,98 | 3,15 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela XII: Análise de variância com o desdobramento de cultivares de alface para fotoperíodos da variável número de folhas.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Bloco | 3 | 0,23 | 0,08 | 0,0365 |
| Fotoperíodo (F) | 3 | 23,56 | 7,85 | 3,7552** |
| Cultivares/ F 14 horas | 2 | 15,17 | 7,58 | 3,6257** |
| Cultivares/ F 16 horas | 2 | 4,17 | 2,08 | 0,9961 ns |
| Cultivares/ F 18 horas | 2 | 32,67 | 16,33 | 7,8092* |
| Cultivares/ F 20 horas | 2 | 3,17 | 1,58 | 0,757 ns |
| Resíduo | 33 | 69,02 | 2,09 | |
| Total | 47 | 147,98 | 3,15 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela XIII: Análise de variância com o desdobramento de fotoperíodos para as cultivares da variável número de folhas.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Bloco | 3 | 0,23 | 0,08 | 0,03 |
| Cultivares (C) | 2 | 10,17 | 5,08 | 2,43 ns |
| Fotoperíodos/ BSAC0055 | 3 | 29,69 | 9,90 | 4,73* |
| Fotoperíodos/ BSAC0155 | 3 | 15,69 | 5,23 | 2,50ns |
| Fotoperíodos/ BSAL0071 | 3 | 23,19 | 7,73 | 3,69** |
| Resíduo | 33 | 69,02 | 2,09 | |
| Total | 47 | 147,98 | 3,15 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela XIV: Análise de variância do modelo quadrático dos fotoperíodos para cultivar BSAC0055 da variável número de folhas.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Efeito linear | 1 | 0,1 | 0,1 | 0,05 ns |
| Efeito quadrático | 1 | 10,6 | 10,6 | 5,05** |
| Desvios de Regressão | 1 | 19,0 | 19,0 | 9,09* |
| Resíduos | 33 | 69,0 | 2,1 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela XV: Análise de variância do modelo quadrático dos fotoperíodos para cultivar BSAL0071 da variável número de folhas.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Efeito linear | 1 | 2,8 | 2,8 | 1,34 ns |
| Efeito quadrático | 1 | 5,1 | 5,1 | 2,42 ns |
| Desvios de Regressão | 1 | 15,3 | 15,3 | 7,32** |
| Resíduos | 33 | 69,0 | 2,1 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela XVI: Análise de variância do número de folhas maiores que 10 cm das cultivares de alface e dos fotoperíodos avaliadas em hidroponia NFT em produção indoor.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Bloco | 3 | 1,4 | 0,47 | 0,2358 |
| Cultivares | 2 | 22,8 | 11,40 | 5,6907* |
| Fotoperíodos | 3 | 15,8 | 5,25 | 2,6217 ns |
| Cultivares X Fotoperíodos | 6 | 53,9 | 8,98 | 4,4839* |
| Resíduo | 33 | 66,1 | 2,00 | |
| Total | 47 | 159,9 | 3,40 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela XVII: Análise de variância com o desdobramento de cultivares para fotoperíodos da variável número de folhas maiores que 10 centímetros.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Bloco | 3 | 1,42 | 0,47 | 0,2358 |
| Fotoperíodo (F) | 3 | 15,75 | 5,25 | 2,6217 |
| Cultivares/ F 14 horas | 2 | 12,17 | 6,08 | 3,0378 ns |
| Cultivares/ F 16 horas | 2 | 3,17 | 1,58 | 0,7907 ns |
| Cultivares/ F 18 horas | 2 | 60,67 | 30,33 | 15,1475* |
| Cultivares/ F 20 horas | 2 | 0,67 | 0,33 | 0,1665 ns |
| Resíduo | 33 | 66,08 | 2,00 | |
| Total | 47 | 160 | 3,40 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela XVIII: Análise de variância com o desdobramento de fotoperíodos para as cultivares da variável número de folhas maiores que 10 centímetros.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Bloco | 3 | 1,4 | 0,47 | 0,2358 |
| Cultivares (C) | 2 | 22,8 | 11,40 | 5,6907* |
| Fotoperíodos/ BSAC0055 | 3 | 37,7 | 12,56 | 6,2733* |
| Fotoperíodos/ BSAC0155 | 3 | 6,7 | 2,23 | 1,1132 ns |
| Fotoperíodos/ BSAL0071 | 3 | 25,3 | 8,42 | 4,203** |
| Resíduo | 33 | 66,1 | 2,00 | |
| Total | 47 | 159,9 | 3,40 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela XIX: Análise de variância do modelo quadrático dos fotoperíodos para cultivar BSAC0055 da variável número de folhas maiores que 10 centímetros.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Efeito linear | 1 | 0,61 | 0,61 | 0,31 ns |
| Efeito quadrático | 1 | 18,06 | 18,06 | 9,02* |
| Desvios de Regressão | 1 | 19,01 | 19,01 | 9,49* |
| Resíduos | 33 | 66,08 | 2,00 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela XX: Análise de variância do modelo quadrático dos fotoperíodos para cultivar BSAL0071 da variável número de folhas maiores que 10 centímetros.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Efeito linear | 1 | 0,1 | 0,1 | 0,02 ns |
| Efeito quadrático | 1 | 1,0 | 1,0 | 0,5 ns |
| Desvios de Regressão | 1 | 24,2 | 24,2 | 12,08* |
| Resíduos | 33 | 66,1 | 2,0 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela XXI: Análise de variância da massa seca total das cultivares de alface nos fotoperíodos em hidroponia NFT na produção indoor.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Bloco | 3 | 0,1 | 0,04 | 0,6161 |
| Cultivares | 2 | 3,7 | 1,85 | 30,286* |
| Fotoperíodos | 3 | 3,8 | 1,28 | 20,8515* |
| Cultivares X Fotoperíodos | 6 | 2,4 | 0,40 | 6,5643* |
| Resíduo | 33 | 2,0 | 0,06 | |
| Total | 47 | 12,1 | 0,26 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela XXII: Análise de variância com o desdobramento de cultivares para fotoperíodos da variável massa seca total.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Bloco | 3 | 0,11 | 0,04 | 0,6161 |
| Fotoperíodo (F) | 3 | 3,83 | 1,28 | 20,8515* |
| Cultivares/ F 14 horas | 2 | 0,80 | 0,40 | 6,5374* |
| Cultivares/ F 16 horas | 2 | 0,93 | 0,47 | 7,6131* |
| Cultivares/ F 18 horas | 2 | 4,35 | 2,18 | 35,5626* |
| Cultivares/ F 20 horas | 2 | 0,03 | 0,02 | 0,2657 ns |
| Resíduo | 33 | 2,02 | 0,06 | |
| Total | 47 | 12 | 0,26 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela XXIII: Análise de variância com o desdobramento de fotoperíodos para as cultivares de alface da variável massa seca total.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Bloco | 3 | 0,11 | 0,04 | 0,6161 |
| Cultivares (C) | 2 | 3,71 | 1,85 | 30,286* |
| Fotoperíodos/ BSAC0055 | 3 | 3,13 | 1,04 | 17,0657* |
| Fotoperíodos/ BSAC0155 | 3 | 2,86 | 0,95 | 15,5815* |
| Fotoperíodos/ BSAL0071 | 3 | 0,24 | 0,08 | 1,3329 ns |
| Resíduo | 33 | 2,02 | 0,06 | |
| Total | 47 | 12,08 | 0,26 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela XXIV: Análise de variância do modelo quadrático dos fotoperíodos para cultivar BSAC0055 da variável massa seca total.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Efeito linear | 1 | 0,03 | 0,03 | 0,42 ns |
| Efeito quadrático | 1 | 1,60 | 1,60 | 26,15* |
| Desvios de Regressão | 1 | 1,51 | 1,51 | 24,63* |
| Resíduos | 33 | 2,02 | 0,06 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023

Tabela XXV: Análise de variância do modelo quadrático dos fotoperíodos para cultivar BSAC0155 da variável massa seca total.

| | GL | SQ | QM | Fc |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Efeito linear | 1 | 0,012 | 0,012 | 0,2 ns |
| Efeito quadrático | 1 | 2,781 | 2,781 | 45,44* |
| Desvios de Regressão | 1 | 0,068 | 0,068 | 1,11 ns |
| Resíduos | 33 | 2,020 | 0,061 | |

* : Significativo pelo teste de F à 1%

ns: Não significativo pelo teste de F à 5%.

** : Significativo pelo teste de F à 5% de probabilidade

Fonte: do autor, 2023