



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
ERI IGOR APARECIDO DOS SANTOS

**REDUÇÃO NO TEMPO DO CULTIVO DE ALFACE (*lactuca sativa*), USANDO
FOTOESPECTROS ARTIFICIAIS E ESTIMATIVA DOS CUSTOS ADICIONAIS
PARA A REGIÃO DE TUBARÃO- SANTA CATARINA.**

Tubarão – Santa Catarina

2022

**REDUÇÃO NO TEMPO DO CULTIVO DE ALFACE (*lactuca sativa*), USANDO
FOTOESPECTROS ARTIFICIAIS E ESTIMATIVA DOS CUSTOS ADICIONAIS
PARA A REGIÃO DE TUBARÃO- SANTA CATARINA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Agronomia da Universidade do Sul
de Santa Catarina como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Tubarão – Santa Catarina, 12 de junho de 2022

Prof. Julio César de Oliveira Nunes.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dr. Jasper Zanco (Avaliador)
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dr. Daniel Bitencourt (Avaliador)
Universidade do Sul de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família por sempre ter me ajudado e me proporcionado mais essa conquista de várias em minha vida, assim pude lutar pela realização deste sonho em também me tornar engenheiro agrônomo seguindo os passos de minha irmã mais velha Adriana.

Agradeço em especial a minha mãe Casturina e meu pai José que estiveram sempre ao meu lado a cada momento, me ajudando da maneira que podia. Minhas irmãs Adriana e Juliana que também nunca me deixaram desamparado nos momentos mais difíceis da vida.

Gostaria de agradecer aos professores do curso de agronomia que de alguma forma me orientaram com seu conhecimento ou mesmo me direcionando a este.

Gostaria de Agradecer principalmente o professor Júlio César de Oliveira Nunes que não foi só um professor orientador, mas foi também um grande amigo durante esta caminhada, me ensinando coisas que levarei para o resto da vida em cada momento que partilhamos, principalmente nas idas até a serra catarinense onde acompanhava seu dia a dia cuidando dos imensos pomares de maçã.

Aos meus amigos do curso Alessandher Vargas, Luiz Henrique em especial ao Cristian Nunes, Joao Pedro e Romulo Pizzo que me ajudaram nos projetos de montagem do sistema. Todos vocês foram muito importantes na minha caminhada e me ensinaram bastante sobre a vida e convivência durante esse período que tive a oportunidade de conhecê-los e morar em Tubarão-SC.

Aos amigos de longa data Anderson Oliveira, Carlos Momo, Carlos Rayan, Guilherme Marinho, Hércules Nascimento, Joelma Rodrigues, Oneas Eduardo, que mesmo distantes sempre fortaleceram me incentivando e contribuindo de alguma forma.

Gratidão eterna a vocês!

“SEM MENÇÃO HONROSA, SEM MASSAGEM
A VIDA É LOKA, NEGO E NELA EU TÔ DE PASSAGEM”.

MANO BROWN (2002)

RESUMO

O estudo de alternativas na produção de alimentos hoje é quase que uma obrigação devido a necessidade mundial, quando chegamos à próximo aos 9 bilhões de habitantes no planeta. Produzir em escala e nos perímetros urbanos, representa um dos maiores desafios destes novos tempos. O conhecimento da fisiologia das plantas e suas necessidades em cada fase, fazem com que modelos artificiais e melhorados como: a Hidroponia sejam cada vez mais usados para a produção de alimentos. O objetivo avaliar a produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.) comparando o sistema convencional de plantio no solo, com o hidropônico, mas ainda usando dois tipos de lâmpadas fotossinteticamente ativas, visando a redução no tempo de cultivo e calcular o custo financeiro e energético do uso dessas lâmpadas artificiais. O Delineamento experimental foi montado com quatro tratamentos, sendo: T1 Convencional, T2 Hidroponia, T3 Hidroponia com Lâmpada LED e T4 Hidroponia com lâmpada de vapor metálico. Após 30 dias de cultivo a produção de alface foi melhor no tratamento 3 com média de 498,9 gramas, diferindo estatisticamente após análise estatística ANOVA e teste-F, usando o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O uso desse tipo de lâmpada mostrou que se pode reduzir em até 20% o tempo de cultivo, resultando em mais 2,5 cultivos em um ano de produção. Mesmo com o gasto energético em cima do consumo, o uso desse sistema se mostrou viável economicamente, podendo ser recomendado. Como conclusão, novos estudos devem ser realizados, associados a novas tecnologias, visando incrementar resultados e minimizar custos e o antecipar o tempo de produção.

Palavras-chave: Cultivo protegido, alface, hidroponia, LED, energia.

ABSTRACT

The study of alternatives in food production today is almost an obligation due to global need when we reach the next 9 billion inhabitants on the planet. Producing in scale and in urban areas represents one of the biggest challenges of these new times. The knowledge of the physiology of plants and their needs in each phase, make artificial and improved models such as: Hydroponics increasingly used for food production. The objective was to evaluate the productivity of lettuce (*Lactuca sativa* L.) comparing the conventional system of planting in the soil, with the hydroponic one, but still using two types of photosynthetically active lamps, aiming at reducing the cultivation time and calculating the financial and energy from the use of these artificial light bulbs. The experimental design was set up with four treatments, being: T1 Conventional, T2 Hydroponics, T3 Hydroponics with LED Lamp and T4 Hydroponics with metallic vapor lamp. After 30 days of cultivation, lettuce production was better in treatment 3, reaching an average of, with an average of 498.9 grams, differing statistically after ANOVA statistical analysis and F-test, using Tukey's test at the level of 5% of probability. The use of this type of lamp has shown that cultivation time can be reduced by up to 20%, resulting in 2.5 more crops in a year of production. Even with the energy expenditure on top of consumption, the use of this system proved to be economically viable and can be recommended. In conclusion, new studies must be carried out, associated with new technologies, aiming to increase results and minimize costs and to anticipate production time.

Keywords: Protected cultivation, lettuce, hydroponics, LED, energy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – . Espectro de Luz mostrando as faixas entre 400 e 700 nm, onde ocorre a melhor captação e excitação no sistema da clorofila, melhorando a capacidade fotossintética (Taiz e Zeiger, 2006). Fonte autor.....16
- Figura 2 – Gráfico demonstrando as curvas de espectro em nanômetros e absorção das clorofilas a e b, citado em <https://pt.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-and-photosynthetic-pigments>.....17
- Figura 3 . Sistema esquemático de captação dos fótons através da pigmentação verde na clorofila, iniciando a transformação de energia luminosa em energia química (fotossíntese) Taiz e Zeiger (2006).....18
- Figura 4 – Foto aérea da Estuda Hidropônica da Unisul, com georrefenciamento, retirado do Google Earth, 2021. Fonte Nunes, 2021.....19
- Figura 5. Perfil Cromatográfico da lâmpada *full spectrum* citado em (<https://futureeden.co.uk/products/10w-full-spectrum-par-led-bridgelux-380-840nm?variant=43586217356>).....20
- Figura 6 - Aspecto visual de produção convencional de alface, no solo corrigido e com adição de matéria orgânica, referente ao tratamento 1, Unisul, Tubarão-SC, 2022. Fonte autor.....23
- Figura 7. Aspectos da produção de alface em sistema de hidropônico, usando luz natural e artificial (LED e Vapor metálico) para redução no tempo de produção. Unisul, Tubarão, 2022. Fonte: autor.....26

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Comparativo dos sistemas de produção de alface (<i>Lactuca sativa</i> L), convencional, cultivo protegido com hidroponia, lâmpadas <i>full spectrum</i> e lâmpadas de vapor metálico, avaliando peso de parte aérea, peso de raiz, comprimento de raiz, número de folhas, peso fresco (gramas) e o Biomassa Seca BS (gramas). Unisul, Tubarão-SC, 2022.....	24
TABELA 2 - Planilha de custo de aquisição de dezesseis equipamentos (Kit) de lâmpadas <i>full spectrum</i> (LED) azul e vermelho para produção de 800 plantas de alface por ciclo de 30 dias de cultivo em hidroponia. Unisul, Tubarão, 2022.....	27
TABELA 3 - Planilha de custo de aquisição de dezesseis equipamentos (Kit) de lâmpadas <i>full spectrum</i> (LED) azul e vermelho para produção de 800 plantas de alface por ciclo de 42 dias de cultivo em hidroponia. Unisul, Tubarão, 2022.....	28

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1 - Curva de Crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada por 30 dias e seu peso em gramas, comparando os sistemas de hidroponia sem uso de lâmpadas e com utilização de luz artificial de *Full Spectrum* (LED) e vapor metálico. Tubarão, 2021. Fonte Autor.....26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2.	OBJETIVO GERAL	12
2.1	OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
3.	ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA ALFACE.....	12
4.0	CULTIVO HIDROPONICO	13
5.0	USO DE LAMPADAS ARTIFICIAIS PARA A MELHORIA DA ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA.....	14
6.0	PIGMENTOS ABSORVEM A LUZ USADA NA FOTOSSÍNTESE	16
7.0	MATERIAS E METODOS	19
8.0	RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
9.0	CÁLCULO DO GASTO ENERGÉTICO E VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE LAMPADAS ARTIFICIAIS.....	26
10	PERCURSOR PARA NOVOS ESTUDOS	29
11	CONCLUSÕES	30
12	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

Com a população mundial crescendo, a demanda por alimentos também é crescente, devemos considerar qualidade e sustentabilidade associados a esse crescimento. Esse processo exigiu que os produtores busquem tecnologias capazes de suprir as necessidades, reduzindo o tempo de produção e produzindo alimentos cada vez com maior eficiência e menor custo e tempo.

O cultivo de hortaliças se dá principalmente por ser uma forma de renda praticada pelo pequeno produtor, áreas menores podem ter uma alta rentabilidade aliada a um baixo investimento.

Os fatores climáticos como temperatura e luminosidade podem interferir no desenvolvimento da planta, sendo assim, controlar esses fatores é de suma importância e o uso do ambiente protegido vem somar a essa busca por melhores resultados.

Conforme Grande, *et al*, (2003) o cultivo em ambiente protegido no Brasil é uma atividade nem tão recente, pois há registros de trabalhos desde o fim da década de 60.

O cultivo protegido se caracteriza pela construção de uma estrutura, para proteger as plantas contra os agentes meteorológicos e que permita a passagem da luz, já que essa é essencial a realização da fotossíntese. Este é um sistema de produção agrícola especializado, que possibilita certo controle das condições edafoclimáticas como: temperatura, umidade do ar, radiação, solo, vento e composição atmosférica. Além do controle parcial das condições edafoclimáticas, o ambiente protegido permite a realização de cultivos em épocas que normalmente não seriam escolhidas para a produção a céu aberto. (PURQUÉRIO E TIVELLI, 2006 apud NUNES, 2021, p. 12).

Sabe-se que os dias no verão são mais longos e no inverno são mais curtos, conforme foi descrito por Grande *et. al*. (2003), sobre fotoperíodo. Em ambientes com restrição ou controle parcial ou integral como estufas, câmaras de crescimento etc. É possível o manejo de fatores ambientais como o fotoperíodo, de modo a alterar as condições naturais daquele local. Com a intenção de controlar a luminosidade disponível para as plantas e aumento de fotoperíodo, o objetivo desse trabalho foi de comparar três tratamentos: luz solar, luz solar com adição de espectro luminoso de LED (*full spectrum*) e luz solar com adição de lâmpada de vapor metálico, com o intuito de diminuir seu ciclo de colheita.

Conforme Andriolo (1999) descreveu em seus trabalhos de cultivo protegido, o efeito estufa resultante da plasticultura de cobertura, aumenta a temperatura interna da estufa, acelerando todos os processos biológicos das plantas, em especial, fotossíntese e transpiração na fase clara e os gastos energéticos com respiração durante o período noturno, resultando em incremento morfológico das plantas e um gasto mais considerável de água no sistema.

2 OBJETIVO GERAL

Estimar o tempo de redução na produção de produção de alface (*Lactuca sativa*) em sistema hidropônico utilizando Luz artificial.

2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estimar o tempo de produção de alface em sistema hidropônico;
- Realizar curva de crescimento da alface (*Lactuca sativa*) comparando com utilização de lâmpada *Full Spectrum* e Vapor Metálico;
- Apresentar vantagens e desvantagens dos sistemas estudados;
- Avaliar os custos financeiros dos diferentes sistemas;

3 ASPECTOS GERAIS DO CULTIVO DE ALFACE

A alface (*Lactuca sativa*) da família Asteraceae, é pertencente ao grupo das lactucas, caracterizada por ser uma planta herbácea, com um caule diminuto ao qual se prendem as folhas. Estas são a parte comestível da planta e podem ser lisas ou crespas,

fechando-se ou não na forma de uma "cabeça". Segundo Araujo (2010), a coloração das plantas pode variar do verde-amarelado até o verde escuro podendo também ser roxa, dependendo da cultivar.

A alface é uma planta anual, adaptada ao clima temperado, cultivada e consumida em todo território brasileiro. O manejo da cultura tem como um dos fatores que dificultam seu cultivo o uso da água, pois o seu descontrole mesmo que por curtos períodos podem afetar seu desenvolvimento, prolongando o ciclo e alterando a qualidade comercial do produto. (HENZ; SUINAGA, 2009)

Num geral, quase todas as cultivares de alface tem um bom desenvolvimento em climas de menor temperatura, principalmente no período de 'vega' (crescimento vegetativo). A ocorrência de temperaturas mais elevadas acelera o ciclo cultural, dependendo do seu genótipo, antecipando o período reprodutivo e o aleitamento, depreciando comercialmente o produto (Moya, 2021).

Os processos de melhoramento vegetal resultante das pesquisas públicas e privadas lançaram cultivares adaptadas a diferentes climas e regiões, alterando a época de plantio e dando destaque comercial as cultivares lisa, crespa e americana.

4 CULTIVO HIDROPONICO

Os primeiros cultivos hidropônicos são datados de 3000 a.c., porém os estudos realizados para fins comerciais têm registro na década de 30 onde o professor W. F. Gericke da Universidade da Califórnia desenvolveu os primeiros métodos, no período da segunda guerra mundial foram feitos os primeiros cultivos em grande escala podendo chegar a 22 hectares na época mesmo que não era considerado um cultivo viável. Somente na década de 80 que os estudos foram melhorados a ponto de tornar o cultivo viável. Na década de 90 a hidroponia entrou em expansão no Brasil, hoje é uma tecnologia bem difundida principalmente em torno de grandes centros urbanos descrito no trabalho de Moya (2021).

A hidroponia utiliza um sistema de cultivo sem solo onde são dissolvidos sais contendo os nutrientes essenciais para as plantas, podem ser cultivados diversos tipos de plantas, necessitando adequar qual melhor substrato, nutrição compatível com cada cultura, intervalo de rega, controle de pH e a Condutividade Elétrica (EC) <https://www.afe.com.br/artigos/conheca-um-pouco-da-historia-do-cultivo-hidroponico>.

O cultivo de folhosas na hidroponia pode ser feito em diferentes sistemas, o mais utilizado para esta finalidade é o sistema NFT, Segundo Carvalho et. al., 2017, esse sistema usa a técnica de cultivo em água, no qual as plantas crescem tendo o seu sistema radicular dentro de um canal ou canaleta (paredes impermeáveis) através do qual circula uma solução nutritiva (água + nutrientes).

5 USO DE LAMPADAS ARTIFICIAIS PARA MELHORIA DA ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA.

As plantas utilizam a luz como fonte de energia no processo de fotossíntese e respondem a essa energia luminosa de acordo com a sua intensidade, comprimento de onda e direção em que estão sendo emitidas. Plantas percebem a luz através de fotorreceptores, como os fitocromos e criptocromos, e respondem a esses receptores gerando uma série de respostas fisiológicas específicas (MUNEER et al., 2014). Diodos de emissão de luz (LED) têm sido propostos como fonte luminosa para ambientes controlados em instalações agrícolas ou em câmaras de crescimento de plantas. Eles apresentam características desejáveis, como a capacidade de controlar a composição espectral, longa durabilidade, capacidade de emitir comprimentos de onda específicos, superfícies de emissão relativamente frias, além de apresentarem um tamanho reduzido, o que facilita manejo e instalação (LI et al., 2010; MUNEER et al., 2014).

A luz é uma forma de radiação eletromagnética, um tipo de energia que viaja em ondas. Outros tipos de radiação eletromagnética que encontramos no nosso dia a dia incluem ondas de rádio, micro-ondas e raios-X. Juntos, todos os tipos de radiação eletromagnética formam o **espectro eletromagnético**. Cada onda eletromagnética tem um **comprimento de onda** específico, ou a distância de uma crista até a outra, e diferentes tipos de radiação têm diferentes faixas características de comprimentos de onda (como mostrado no diagrama abaixo). As radiações que têm comprimento de onda longo, como as ondas de rádio, carregam menos energia do que as radiações com um comprimento de onda curto, como os raios-X (<https://pt.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-and-photosynthetic-pigments>).

De acordo com outro trecho do texto encontrado em: (<https://pt.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-and-photosynthetic-pigments>).

O **espectro visível** é a única parte do espectro eletromagnético que pode ser vista pelo olho humano. Isso inclui a radiação eletromagnética cujo comprimento de onda está entre 400 nm e 700 nm. A luz visível do sol aparenta ser branca, mas na verdade é composta por múltiplos comprimentos de onda (cores) de luz. Você pode ver essas diferentes cores quando uma luz branca atravessa um prisma: devido aos diferentes comprimentos de onda da luz se desviarem em ângulos distintos à medida que passam pelo prisma, eles se espalham e formam o que nós conhecemos como arco-íris. A luz vermelha tem o comprimento de onda mais longo e é o mais energético.

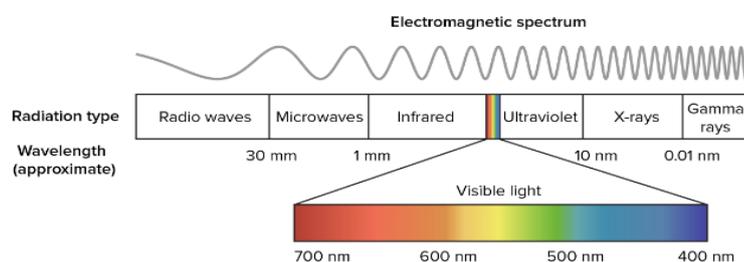


Imagem modificada de "Electromagnetic spectrum," por Inductiveload (CC BY-SA 3.0), e "EM spectrum," por Philip Ronan (CC BY-SA 3.0). A imagem modificada está sob a licença CC BY-SA 3.0

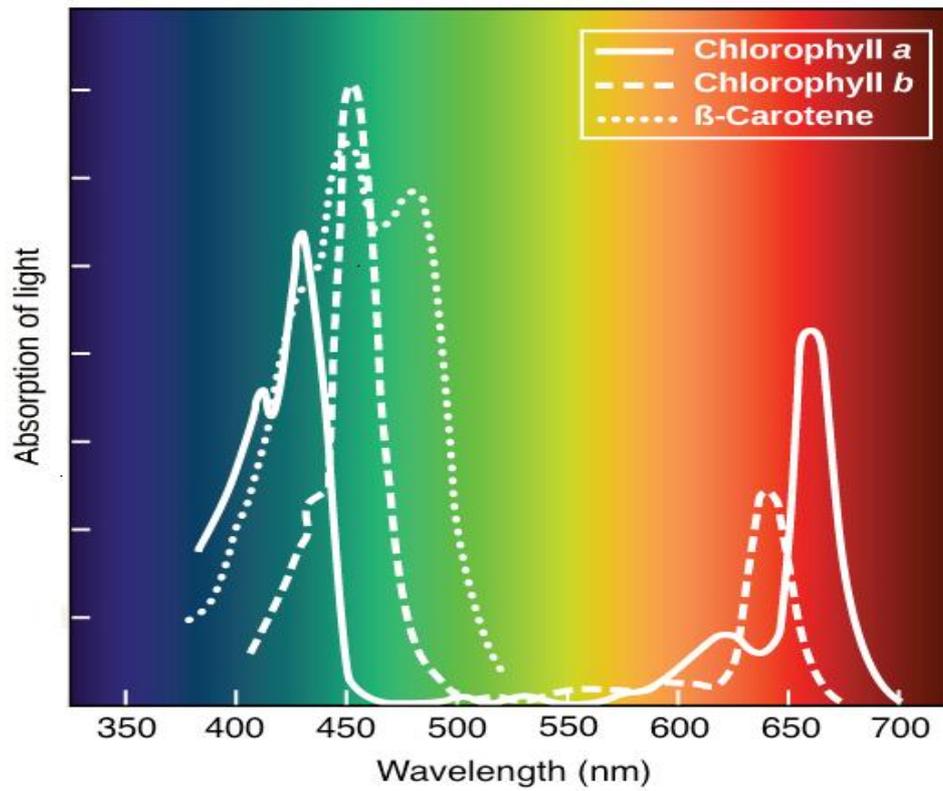
Figura 1. Espectro de Luz mostrando as faixas entre 400 e 700 nm, onde ocorre a melhor captação e excitação no sistema da clorofila, melhorando a capacidade fotossintética (Taiz e Zeiger, 2006).

6 PIGMENTOS ABSORVEM A LUZ USADA NA FOTOSSÍNTESE.

Em outro trecho de: (<https://pt.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-and-photosynthetic-pigments>) explica a conversão da energia luminosa em química.

Na fotossíntese, a energia do sol é convertida em energia química por organismos fotossintéticos. Contudo, os vários comprimentos de onda da luz do sol não são usados igualmente na fotossíntese. Ao invés disto, os organismos fotossintéticos contêm moléculas que absorvem luz chamadas de **pigmentos**, que absorvem apenas comprimentos de onda específicos de luz visível, enquanto refletem os demais comprimentos de onda.

O conjunto de comprimentos de onda absorvido por um pigmento é seu **espectro de absorção**. No diagrama abaixo, você pode ver os espectros de absorção de três pigmentos-chaves na fotossíntese: clorofila *a*, clorofila *b*, e β -caroteno. O conjunto de comprimentos de onda que um pigmento não absorve é refletido, e a luz refletida é o que nós vemos como cores. Por exemplo, as plantas parecem verdes para nós porque elas contêm muitas moléculas de clorofila *a* e *b*, que refletem a luz verde.



A absorção ótima da luz ocorre em diferentes comprimentos de onda para diferentes pigmentos. Imagem modificada de "The light-dependent reactions of photosynthesis: Figure 4," de OpenStax College, Biology (CC BY 3.0)

Figura 2. Gráfico demonstrando as curvas de espectro em nanômetros e absorção das clorofilas a e b, citado em <https://pt.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-and-photosynthetic-pigments>.

Quando um pigmento absorve um fóton de luz, ele se torna **excitado**, ou seja, ele possui energia extra e não está mais no seu estado normal, ou **padrão**. Em um nível subatômico, a excitação é quando um elétron é levado a um orbital de maior energia que se encontra mais distante do núcleo. Apenas um fóton com a quantidade exata de energia para levar um elétron para outro orbital pode excitar um pigmento. Na verdade, é por esse motivo que diferentes pigmentos absorvem diferentes comprimentos de onda da luz: as "lacunas de energia" entre os orbitais são diferentes para cada pigmento, o que significa que fótons de diferentes comprimentos de onda são necessários em cada caso para fornecer a energia que corresponda à lacuna de energia (<https://pt.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-and-photosynthetic-pigments>).

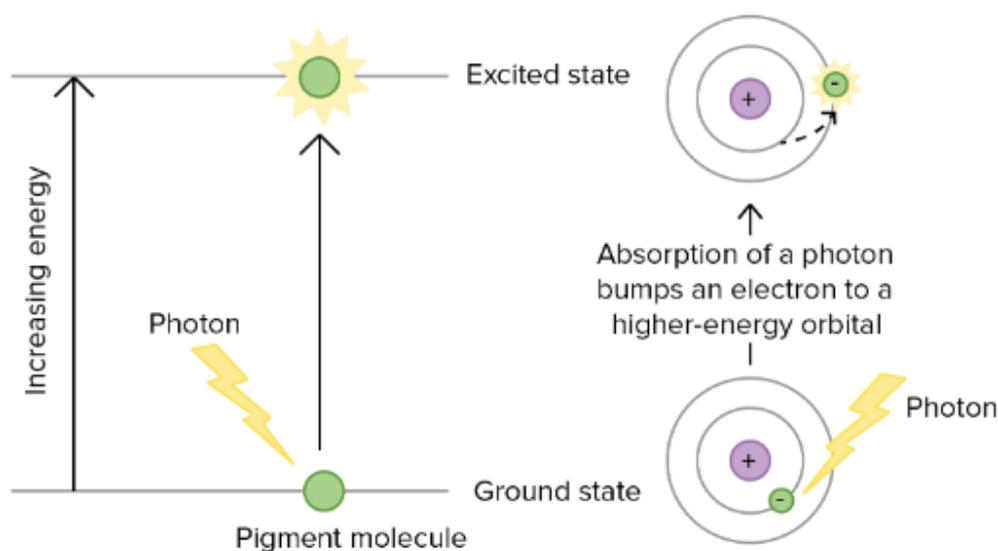


Imagem modificada de "Bis2A 06.3 Photophosphorylation: the light reactions of photosynthesis: Figures 7 and 8," by Mitch Singer (CC BY 4.0).

Figura 3. Sistema esquemático de captação dos fótons através da pigmentação verde na clorofila, iniciando a transformação de energia luminosa em energia química (fotossíntese). Taiz e Zeiger (2006).

7 MATERIAIS E METODOS

O experimento foi instalado na estufa hidropônica da Universidade do sul de Santa Catarina – Unisul, Tubarão, Santa Catarina., essa estrutura é coberta de filme plástico transparente, medindo 7 m por 21, georreferenciada, apresentado na figura 1, possibilitou realizar o cultivo da alface no sistema hidropônico, associado a um sistema de cultivo protegido e uso de lâmpadas artificiais.



Figura 4. Foto aérea da Estuda Hidropônica da Unisul, com georrefenciamento, retirado do Google Earth, 2021. Fonte Nunes, 2021.

As dimensões de 7 x 21 m e altura de 3,0 m e orientação no sentido leste – oeste. A estrutura de metal foi revestida com filme de policloreto de vinil (PVC) transparente de baixa densidade (150 μ de espessura), aditivado anti-UV. Com o sistema hidropônico NFT ("Nutrient Film Technique"), nas laterais da estufa o revestimento foi de telas anti-insetos, para impedir, totalmente, a entrada e o conseqüente ataque de insetos nas plantas, assim isentando-as de danos por pragas e, também, favorecendo a redução de doenças (Nunes, 2021).

Moya (2021) descreve as bancadas hidropônicas para cultivo da alface formadas por sete perfis hidropônicos (tubos de polipropileno) de 6m de comprimento, com 10cm de profundidade e espaçamento entre canais de 40cm.

As soluções nutritivas são alocadas no reservatório com capacidade para 2000 litros, acoplados a moto-bombas 0,5 HP, fornecendo uma vazão de 2,0 litros por minuto, tendo sido monitorados diariamente através das verificações de condutividade elétrica

(CE) e pH. A reposição de nutrientes foi realizada através da adição de 50% das soluções quando o valor da CE sofreu diminuição de 50%, ou reposição de 100% quando o valor de CE aproximava de 1,2. O pH da solução foi mantido entre 5,8 e 6,2, através da adição de ácido clorídrico (HCl 1N) ou hidróxido de sódio (NaOH 1N). Toda vez que a CE atingir 50% do valor inicial se fará a reposição dos nutrientes, adicionando-se metade da concentração inicial dos sais (Martinez e Silva Filho, 2006). O controle da circulação da solução nutritiva foi feito por temporizador (timer) que acionava o conjunto durante 15 min. com intervalos de 15 min. no período das 6:00 às 18:00 h, e no período noturno, a cada quatro horas, permanecendo ligado durante 15 min.

O Experimento contou com quatro tratamentos, sendo:

Tratamento 1 (testemunha) – Cultivo convencional no solo;

Tratamento 2 – Cultivo Hidropônico e cultivo protegido;

Tratamento 3 – Cultivo Hidropônico, protegido e uso de luz *full spectrum* (LED) com fotoperíodo de 16 horas Luz e 8 horas de fase escura;

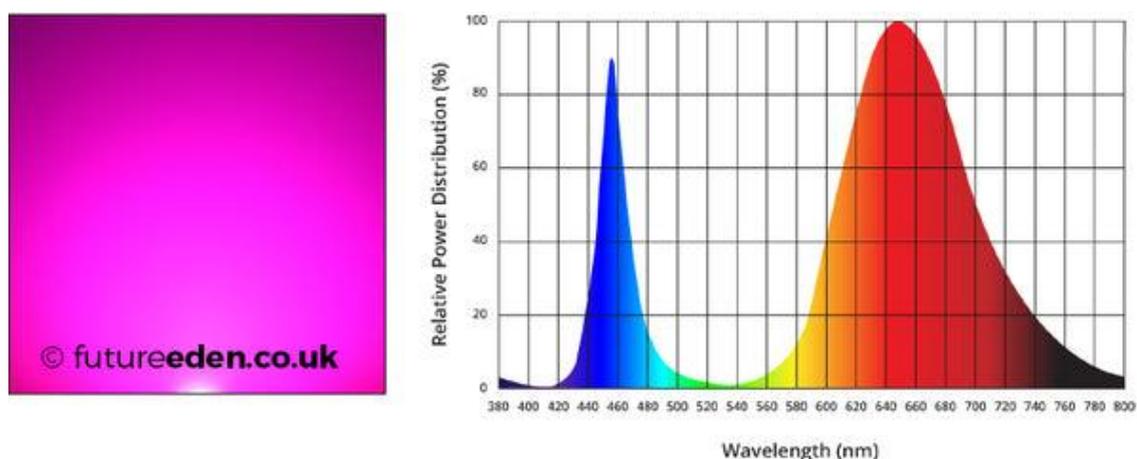


Figura 5. Perfil Cromatográfico da lâmpada *full spectrum* citado em (<https://futureeden.co.uk/products/10w-full-spectrum-par-led-bridgelux-380-840nm?variant=43586217356>)

Tratamento 4 - Cultivo Hidropônico, protegido e uso de luz Vapor Metálico com fotoperíodo de 16 horas Luz e 8 horas de fase escura;

O Delineamento experimental utilizado para avaliação dos resultados foi em Blocos Completos Casualizados (BCC), usando o teste F e realizado teste de separação de médias de Tukey com 5% de probabilidade. O Experimento foi instalado com quatro Tratamentos como descrito anteriormente, sendo instado com 7 repetições e 7 plantas por repetição, totalizando 49 plantas por tratamento. As avaliações foram realizadas no primeiro dia e após com 10, 20 e 30 dias, sendo a data final e retirada do sistema. Foram avaliados o número de folhas,

comprimento das raízes (centímetros), peso fresco (gramas) e na última o peso de parte aérea e peso seco das plantas, para estabelecimento das curvas de crescimento e comparativos de tempo de redução na produção das alfaces quando comparados os sistemas. A secagem das plantas foi realizada com circulação de ar forçado a 60°C por 72 horas até se obter peso constante de biomassa seca (BS) em gramas por planta, conforme metodologia descrita por Chaves et.al., 2010.

Os parâmetros de comprimento foram mensurados através de um escalímetro da marca Compactor, graduados em milímetros e 40 centímetros, já as pesagens foram realizadas com o uso de uma balança analítica da marca Cubis @XP de 1000 gramas e a estufa de secagem para medição de matéria seca foi da marca Pfizer de 180°C.

O uso de lâmpadas de espectro artificial trazem um aumento no custo de produção, assim, através do uso diário das lâmpadas por 16 horas multiplicando pelo seu consumo por hora, estimamos o custo energético e financeiro, para concluirmos se é viável economicamente o uso de lâmpadas artificiais.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A redução no tempo de produção de um produto, culmina com a entrega desse produto ao mercado consumidor e tem sua importância no quesito financeiro, trazendo maior qualidade no produto final e ainda a garantia de entrega do produto ao varejista. Quando se relaciona agricultura e clima, são inúmeras as variáveis e as intempéries que prejudicam o produtor e o mercado consumidor, não sendo diferente no cultivo da alface, trazendo danos e prejuízos, sem deixar de mencionar o escalonamento de produção que fica comprometido. Desta forma, Scivittaro et al., 1999 descreveram as vantagens no cultivo protegido e no controle de algumas variáveis, na produção de pimentão, resultando em antecipação, aumento de produtividade e qualidade, quando comparado aos sistemas convencionais. Conforme esse e outros autores que realizaram estudos em diferentes culturas, com uso de controles ambientais, é unânime os resultados e efeitos positivos na fisiologia das culturas, quando e quanto mais manipulamos o ambiente de produção das espécies de interesse.

A instalação em um bloco único casualizado para os tratamentos 1 (convencional), com as plântulas de alface em sistema convencional, ou seja, no solo deixaram muito claramente o tratamento sob condições climáticas adversas, como déficit hídrico, altas temperaturas ($\geq 30^{\circ}\text{C}$), temperaturas baixas ($\leq 7^{\circ}\text{C}$), resultando em estresse e baixo desenvolvimento das plantas conforme descreveu Campos et.al, 2021. Esse baixo desenvolvimento pode ser verificado através dos dados mostrados na Tabela 1, aonde pelo teste de Tukey utilizando 95% de significância, os resultados foram muito aquém dos resultados obtidos nos demais sistemas, onde existem alguns controles ambientais, como nutrientes equilibrados para cada fase da cultura, efeito estufa e lâmpadas que auxiliam na melhoria do sistema fotossintético das plantas (Campos et.al., 2021; Taiz e Zeiger, 2006).



Figura 6. Aspecto visual de produção convencional de alface, no solo corrigido e com adição de matéria orgânica, referente ao tratamento 1, Unisul, Tubarão-SC, 2022.

O amarelecimento ocorrido nas plantas do sistema convencional, é descrito por Malavolta (1992) como típico sintoma de deficiência nutricional, nesse caso atribuído de forma mais direto a deficiência de nitrogênio. Embora alguns autores atribuam o amarelecimento das folhas de alface a deficiência de nitrogênio (N), segundo registro da revista do agrônomo, (1996) o ferro (Fe) pode contribuir significativamente também, pois ele age como um catalizador na formação da clorofila e como carregador de oxigênio. Possui função na respiração da planta, na fotossíntese e na transparência de energia. Conseqüentemente os sinais aparecem primeiro nas folhas mais novas, na parte superior da planta apresentando a coloração verde-pálido (clorose), com acentuada distinção entre as nervuras verdes da folha e o tecido internerval. “A deficiência severa pode tornar a planta inteira amarelo-esbranquiçado” (Carvalho et.al, 2017). Assim os resultados obtidos e apresentados na Tabela 1 são justificados para esse tratamento descrito como convencional e certamente foi o responsável direto pelo baixo desenvolvimento das plantas.

Ferri (1994) e Taiz e Zaiger (2006), após realizarem estudos com diminuição de nitrogênio, concluíram e avaliaram que ocorreu uma diminuição nos índices de biomassa fresca e seca, além de descreverem a falta de coloração verde e também a diminuição da área foliar, o que resultou numa queda acentuada do metabolismo, em especial a fotossíntese.

Tabela 1. Comparativo dos sistemas de produção de alface (*Lactuca sativa* L), convencional, cultivo protegido com hidroponia, lâmpadas *full spectrum* e lâmpadas de vapor metálico, avaliando peso de parte aérea, peso de raiz, comprimento de raiz, número de folhas, peso fresco (gramas) e o Biomassa Seca BS (gramas). Unisul, Tubarão-SC, 2022.

	Parte aérea (gramas)	Peso raiz (gramas)	Comp. Raiz (cm)	Número de folhas	Peso Fresco (gramas)	Biomassa Seca (gramas)
Convencional	114,5c	4,3b	7,7c	11,8c	118,8c	4,8c
Hidroponia	315,4b	73,7 ^a	22,9b	21,6ab	389,1b	16,6b
Hidroponia e LED	427,7a	71,2 ^a	31,9a	24,1a	498,9a	24,9a
Hidroponia e Vapor Metálico	317,7b	74,4 ^a	21,1b	21,7ab	392,1b	17,4b

Médias seguidas de mesma letra não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Com a hidroponia o aporte nutricional possibilitou que não houvesse sinais de falta de nitrogênio, resultando em crescimento uniforme durante todo o tempo de avaliação em especial comparado com o sistema convencional. Assim os resultados apresentados na Tabela 1 indicam que o uso de um sistema de cultivo protegido associado a adição de soluções nutritivas balanceadas e equilibradas resultam em diferenças estatísticas superiores quando comparados a sistemas de cultivos convencionais e associado com lâmpadas de fluxo de fótons como LED azul e vermelho com fotoperíodo de 16 horas, aumentam a capacidade fotossintética (Rocha et. al, 2010; Nhut et.al, 2003). Durante o período de avaliação, como mostrado gráfico 1 e na Tabela 1, os resultados obtidos são semelhantes aos descritos por Bezerra (2003); Junior (2009), validando o sistema hidropônico e concluindo com o ganho de biomassa através do controle de fótons ($75\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) atribuídos pelas ondas azul e vermelho emitidos pelas lâmpadas de LED, determinando um peso médio final superior ao final das avaliações, com média de 498,9 gramas para as alfaces comerciais, sendo superior estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de separação de médias de Tukey, quando comparado aos 392,1 gramas obtidos com o uso das lâmpadas de vapor metálico.

Quanto ao desenvolvimento das raízes, não tivemos diferenças estatísticas detectadas como apresentado na Tabela 1, em relação a biomassa visual, os sistemas radiculares das plantas eram parecidos, com raízes claras e volumosas. Para Biomassa seca, resultados apresentados na Tabela 1, como superiores já para a biomassa fresca ou peso fresco, só indicam maior crescimento (Gráfico 1) e armazenamento de reservas (Taiz

e Zeiger, 2006), se diferenciando dos demais tratamentos pelo aumento do metabolismo, dos processos fotossintéticos pelo controle de fótons artificiais por 16 horas de luz.

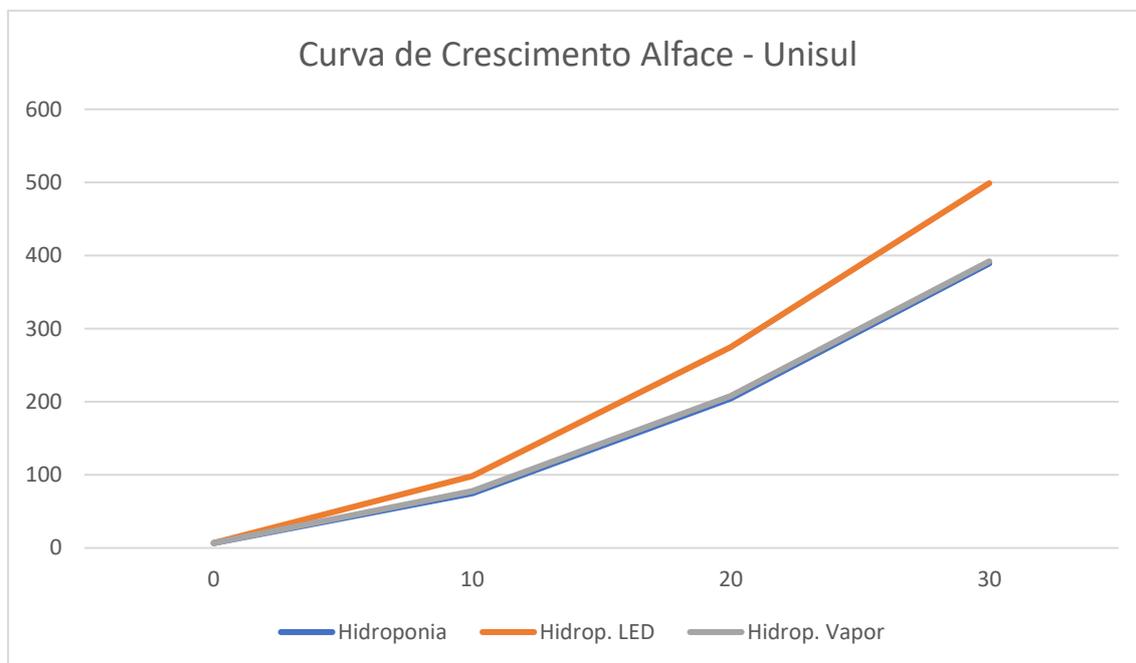


Gráfico 1. Curva de Crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada por 30 dias e seu peso em gramas, comparando os sistemas de hidroponia sem uso de lâmpadas e com utilização de luz artificial de *Full Spectrum* (LED) e vapor metálico. Tubarão, 2021. Fonte Autor.

O crescimento segundo Taiz e Zaiger (2006), é resultante de uma interação sistema nutricional, ambiental e fisiológico, a adição do ferro EDTA, auxiliou no equilíbrio nutricional do sistema, ainda os autores descrevem que o ferro é o carreador responsável pela fotossíntese e Satiro *et al.*, (2018), mostraram que o ferro é o micronutriente mais escasso quando avaliados separadamente entre macros e micronutrientes.

A Tabela 1 ainda apresenta parâmetros morfológicos resultantes do desenvolvimento das plantas nos diferentes tratamentos, como comprimento e peso do sistema radicular, aonde, Rocha *et. al.* (2016) explica que a raiz no sistema hidropônico se desenvolve de forma livre e no sentido do fluxo da solução, aumentando sua área de forma a ter o maior contato com a água, absorvendo conforme sua necessidade. Para o aspecto visual e comercial, a coloração e a apresentação do produto final são fundamentais, assim, o número de folhas é essencial para o sucesso de todo o processo, onde Taiz e Zeiger (2006) e Martinez (2006) concluem que o ambiente equilibrado, que

demanda as necessidades básicas em cada fase do sistema de desenvolvimento, vai ser determinante para a redução no tempo de produção e a melhoria do aspecto do produto vegetal produzido, conforme é apresentado na Figura 6.

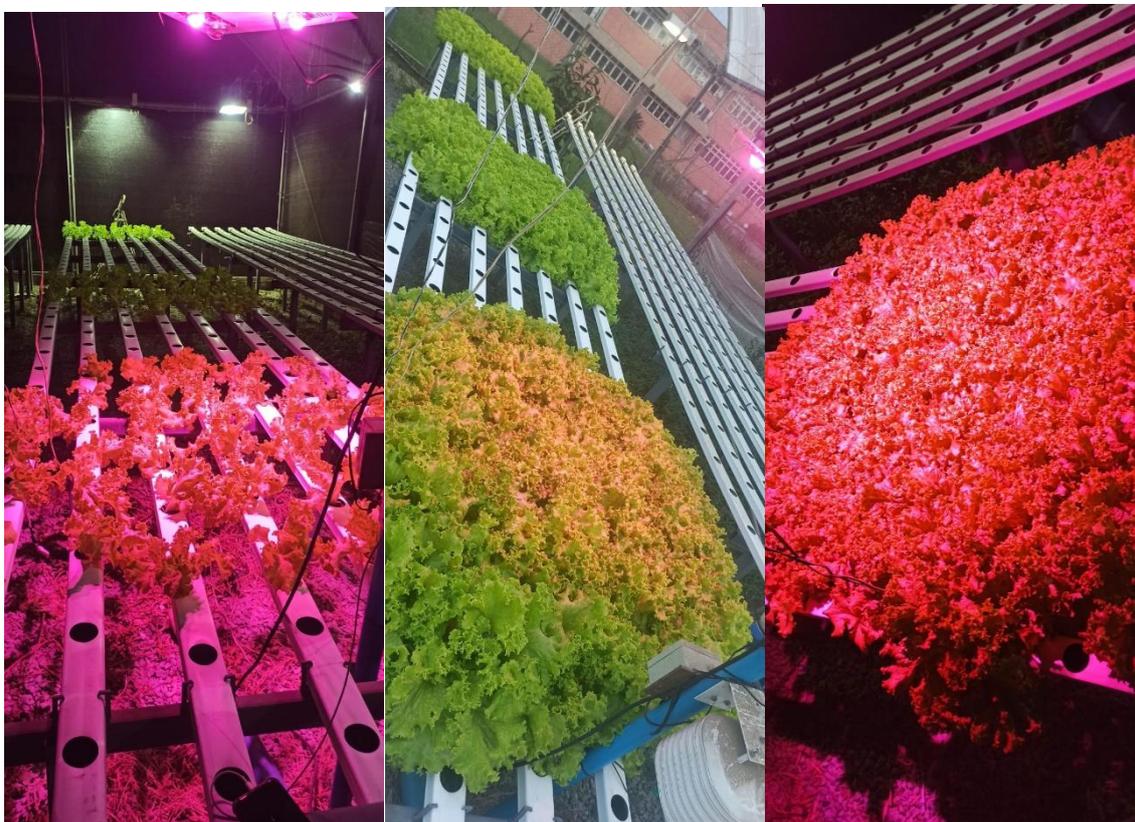


Figura 7. Aspectos da produção de alface em sistema de hidropônico, usando luz natural e artificial (LED e Vapor metálico) para redução no tempo de produção. Unisul, Tubarão, 2022. Fonte: autor.

9 CÁLCULO DO GASTO ENERGÉTICO E VIABILIDADE ECONOMICA DO USO DE LAMPADAS ARTIFICIAIS.

Segundo os dados dos fabricantes, o consumo de uma lâmpada *full spectrum* (LED) chega à redução de 75% quando comparados com lâmpadas incandescentes, aonde a consciência ambiental e social está em alta no nosso planeta. Os custos de produção no setor primário cresceram significativamente nos últimos anos, mas com os resultados obtidos na descrição do trabalho, culminaram com a antecipação no tempo de produção das alfaces e o melhor resultado foi com o uso das lâmpadas de LED espectro azul e vermelho, como mostra a figura 7. O estudo também mostrou a ineficiência do uso de lâmpadas de vapor metálico, visando melhoria do sistema e antecipação do tempo de produção.

A pergunta nesse momento, passa a ser quanto o uso de lâmpadas artificiais afetam o custo de produção dessa foliosa em estudo e culminam na viabilidade econômica e no custo de produção. Vários autores como Rocha et. al. (2016); Taiz e Zeiger (2006); Zheludev (2007) concluíram em seus estudos a eficiência do uso desse tipo de luz e fótons sendo eficientes no desenvolvimento e redução no tempo de produção.

Se considerarmos o valor do kit chip LED cob 50W a média de três orçamentos resultou num custo de R\$ 250,00. O gasto de energia é de R\$ 0,53 kw/Hora, portanto, se considerarmos o uso de 16 horas por 30 dias conforme o estudo, nosso custo total energético passa a ser de R\$ 12,72 em cima do custo normal do sistema hidropônico e com o valor de aquisição passa a ser de R\$ 262,75.

Tabela 2. Planilha de custo de aquisição de dezesseis equipamentos (Kit) de lâmpadas *full spectrum* (LED) azul e vermelho para produção de 800 plantas de alface por ciclo de 30 dias de cultivo em hidroponia. Unisul, Tubarão, 2022.

Hidroponia	Custo equip. R\$ 16 kits	Custo Energético R\$	Número de plantas por cultivo	Valor de venda e faturamento R\$
Lâmpada LED	4.000,00	203,52	1	1,80
Cultivo 1	4.000,00	203,52	800	-2.763,52
Cultivo 2	0,00	203,52	800	-1.527,04
Cultivo 3	0,00	203,52	800	-290,56
Cultivo 4	0,00	203,52	800	945,92
Cultivo 5	0,00	203,52	800	1.236,48
Cultivo 6	0,00	203,52	800	1.236,48
Cultivo 7	0,00	203,52	800	1.236,48
Cultivo 8	0,00	203,52	800	1.236,48
Cultivo 9	0,00	203,52	800	1.236,48
Cultivo 10	0,00	203,52	800	1.236,48
Cultivo 11	0,00	203,52	800	1.236,48
Cultivo 12 (ano)	0,00	203,52	8000	1.236,48
Total Bruto	4.000,00	2.442,24	9.600	17.280,00
Total Líquido	-4.000,00	-2.442,24	9.600	10.837,76

Fonte: autor.

Tabela 3. Planilha de custo de aquisição de dezesseis equipamentos (Kit) de lâmpadas *full spectrum* (LED) azul e vermelho para produção de 800 plantas de alface por ciclo de 42 dias de cultivo em hidroponia. Unisul, Tubarão, 2022.

Hidroponia	Custo equip. R\$ 16 kits	Custo Energético R\$	Número de plantas por cultivo	Valor de venda e faturamento R\$
Lâmpada LED	4.000,00	284,93	1	1,80
Cultivo 1	4.000,00	284,93	800	-2.844,93
Cultivo 2	0,00	284,93	800	-1.689,86
Cultivo 3	0,00	284,93	800	-534,79
Cultivo 4	0,00	284,93	800	620,28
Cultivo 5	0,00	284,93	800	1.155,07
Cultivo 6	0,00	284,93	800	1.155,07
Cultivo 7	0,00	284,93	800	1.155,07
Cultivo 8	0,00	284,93	800	1.155,07
Cultivo 9 (1 ano) 8,7	0,00	213,70	560	794,30
Total Bruto	4.000,00	2.493,14	6.960	12.528,00
Total Líquido	-4.000,00	-2.493,14	6.960	6.034,86

Fonte: autor.

Considerando a diferença entre os valores totais de faturamento da tabela 2 e 3, existe uma sobra de R\$ 4.752,00. O custo de aquisição e gasto médio energético num período de 12 meses (1 ano) é de R\$ 2.467,69, sendo assim, o retorno econômico ou equilíbrio do investimento ocorrerá a partir do quarto cultivo (4 meses ou 5,6 meses respectivamente), variando conforme a quantidade de dias de ciclo total do cultivo com o uso de lâmpadas LED, podendo ser recomendado a instalação e uso de lâmpadas LED para produção de alfaces em sistema hidropônicos, com viabilidade econômica.

10 PERCURSOR PARA NOVOS ESTUDOS

O uso de tecnologias quando comparado a sistemas tradicionais e convencionais, se mostram bastante eficientes quanto a produção, antecipação e qualidade no produto final. Estudos como esse, podem servir de embasamento a novos testes e também na reestruturação de estufas hidropônicas no setor produtivo.

Como considerações finais podemos escrever que novos testes deverão ser realizados com outros tipos de luzes artificiais e ainda, testando em outras espécies e culturas.

A preocupação com gastos financeiros e energéticos é uma realidade, mas com a instalação de placas fotovoltaicas, podemos eliminar esse custo, antecipar a produção e ainda produzir alimentos saudáveis e com sustentabilidade.

Para encerrar, o investimento em novas tecnologias para melhoria dos sistemas, como sensores, uso de lâmpadas com espectro favoráveis a fotossíntese e controladores ambientais poderão melhorar a eficiência dos sistemas, aumentando produção e reduzindo o tempo do ciclo de espécies vegetais de interesse, devendo-se cada vez mais aprimorar e estruturar os novos projetos comerciais, com o objetivo de viabilizar cada vez mais esses investimentos.

11 CONCLUSÕES

* Os sistemas convencionais quando comparados como modelos que controlam variantes ambientais, não possuem desenvolvimento similar, levando mais tempo para terminar um ciclo, além da baixa qualidade do produto final;

* Os sistemas hidropônicos são eficientes para o desenvolvimento de espécies foliosas como a alface;

* Com o uso de lâmpadas *Full spectrum* (LED) podemos reduzir o tempo de produção da alface em até 20% dentro de um sistema tradicional hidropônico;

* As lâmpadas de vapor metálico não mostraram capacidade de alterar o metabolismo e a fotossíntese das plantas, não sendo recomendado seu uso para produção de alfaces e redução no ciclo;

* Existe viabilidade econômica para o uso de lâmpadas artificiais como *full spectrum*, podendo ser recomendado para estruturas de produção hidropônicas de alfaces.

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIOLO, J.L., **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria, Editora UFSM, 1999. 141p.
- ARAUJO, B.F.O. **Fitomassa da cultura da Alface (*Lactuca sativa* L.) sob a aplicação de fertilizantes minerais e substâncias húmicas**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Alagoas, 2010.
- BEZERRA, F.C. **Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003.
- CAMPOS, A.J.M.; SANTOS, S.M.; NACARATH, I.R.F.F. **Estresse Hídrico em Plantas: Uma Revisão**. Research, Society and Development, v. 10, n. 15, 2021.
- CARVALHO, A.R.; BRUM, O.B.; CHIMÓIA, E.A.G. **Avaliação da produtividade da aquaponia comparada com a hidroponia convencional. Vivencias**. Revista Eletronica de Extensão URI. Vol. 13, N.24: p.79-91, 2017.
- CAVERO, B. A. S., FILHO, M. P., BORDINHON, A. M., FONSECA, F. A. L. DA., ITUASSÚ, D. R., ROUBACH, R. & ONO, E. A. **Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado**. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 39(5): 513-516.
- CHAVES, A.M., GUISTEM, J.M., FIGUEIREDO, R.T., JUNIOR, R.A.A., SILVA, A.G.P., PAIVA, J.B.P., SANTOS, F.N. **Avaliação de algumas características de crescimento em rúcula**. *Horticultura Brasileira* 28: S898-S904, 2010.
- COMETI, N.N.; ZANOTELLI, M.F; PEREIRA, E.W.L.; NOVO, A.A.C. **Nova solução nutritiva para cultivo hidropônico de alface em ambiente tropical da região baixa do Espírito Santo**. IN: XXXIX Reunião Brasileiro de Fertilidade do solo e Nutrição de Plantas, Anais, Guarapari, 2010.
- CONTI, J.H. **Caracterização de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) adaptadas aos cultivos de inverno e verão**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de Piracicaba, 1994.
- FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.
- GRANDE, L.; LUZ, J.M.Q.; MELO, B.; LANA, R.M.Q.; CARVALHO, J.O.M. **O cultivo protegido de hortaliças em Uberlândia-MG**. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 2, p. 241-244, 2003.
- HENZ, G. P.; SUINAGA, F.. **Tipos de Alface Cultivados no Brasil**. Brasília - Df: Embrapa, 2009. 7 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/783588/1/cot75.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2022.

JUNIOR, R.C. et. al., **Mudanças ambientais em casa de vegetação devido ao uso de sombreamento e nebulização intermitente**. Pelotas, Embrapa Pelotas, 2009.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas. Amostragem, interpretação e sugestões de adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992.

MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 3ª. Ed. Viçosa: UFV, 2006. 111p.

MARTINEZ, H.E.P. **Manual Prático de Hidroponia**. Viçosa: Aprenda fácil, 2006.

MOYA, R.M.S.P. **Produtividade da aquaponia comparado com hidroponia no cultivo da alface (*Lactuca sativa*), uma alternativa para a região de Tubarão – Santa Catarina**. Trabalho de Conclusão de Curso, Unisul, Tubarão, 2021.

NHUT, D.T.; TAKAMURA, T.; WATANABE, H; TANAKA, M. **Efficiency of a novel culture system by using light-emitting diode (LED) on in vitro and subsequent growth of micropropagated banana plantlets**. Acta Horticulturae, v. 616, p. 121-127, 2003.

NUNES, C.S. **Efeito da luz espectral na produção de biomassa de rúcula em cultivos protegidos**. Trabalho de Conclusão de Curso, Unisul, Tubarão, 2021.

PURQUERIO, L.F.V.; GOTO, R. **Doses de nitrogênio em cobertura via fertirrigação e espaçamento entre plantas sobre a cultura da rúcula, em campo e ambiente protegido**. In: Anais do Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas, 5. Congresso Iberoamericano de Ciências Hortícolas, 4. Porto: Actas Portuguesas de Horticultura, n.5, v.1, maio, 2006.

ROCHA, P.S.G.; COFFY, T.F.S.; MOSELE, S.H.; MERLO, E.C.; GOMES, G.B. **Cultivo hidropônico de alface sob diodos emissões de luz (LEDs)**. XI Encontro Brasileiro de Hidroponia. Florianópolis, 2016.

SCIVITTARO, W.B.; ARLETE, M.T.; AVARES, M.; TAVARES, M.; FILHO, J.A.A.; CARVALHO, C.R.L.; RAMOS, M.T.B. **Caracterização de híbridos de pimentão em cultivo protegido**. Horticultura Brasileira, v. 17, p. 147-150, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Terceira Edição, editora Artmed, Porto Alegre, 2006.

TIVELLI, S.W. **Manejo do ambiente em cultivo protegido**. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. Produção de hortaliças em ambiente protegido: Condições subtropicais. São Paulo, Fundação Editora da UNESP, 1998. P. 15 a 30

Referências consultadas:

<https://respostas.sebrae.com.br/informacoes-tecnicas-para-manter-um-viveiro-de-tilapia/file:///C:/Users/Monofoko/Downloads/HydroponicsvsAquaponicseBook.pdf>

<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/hidropo.htm>

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142630/1/Doc-189.pdf>

<https://greenpower.net.br/blog/ph-e-condutividade-eletrica-saiba-por-que-medir/>

<https://www.aquaponica.com.br/blank-cvc0d>

https://sistemas.furg.br/sistemas/sab/arquivos/conteudo_digital/df28a0348b5714b18e39a8b767f74298.pdf

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130818/1/folder-aquaponia-ONLINE.pdf>

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142630/1/Doc-189.pdf>

<https://www.cpt.com.br/artigos/hidroponia-uma-tecnica-de-cultivo-vantajosa-e-promissora>

<https://tudohidroponia.net/historia-da-hidroponia/>

<https://www.embrapa.br/hortalia-nao-e-so-salada/hortalicas-hidroponicas>

http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/3740/2/Camila_Santos_2018.pdf

https://sistemas.furg.br/sistemas/sab/arquivos/conteudo_digital/df28a0348b5714b18e39a8b767f74298.pdf

<https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/temperatura-da-agua/>

<https://www.scielo.br/j/brag/a/GqBxQM5MthjfDd5YknsZgJy/?lang=pt&format=pdf>

https://sistemas.furg.br/sistemas/sab/arquivos/conteudo_digital/df28a0348b5714b18e39a8b767f74298.pdf

<http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/r0231-1.pdf>

<http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/r0231-1.pdf>

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142630/1/Doc-189.pdf>

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178041/1/2018DC01.pdf>

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178041/1/2018DC01.pdf>

<https://pt.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-and-photosynthetic-pigments>