

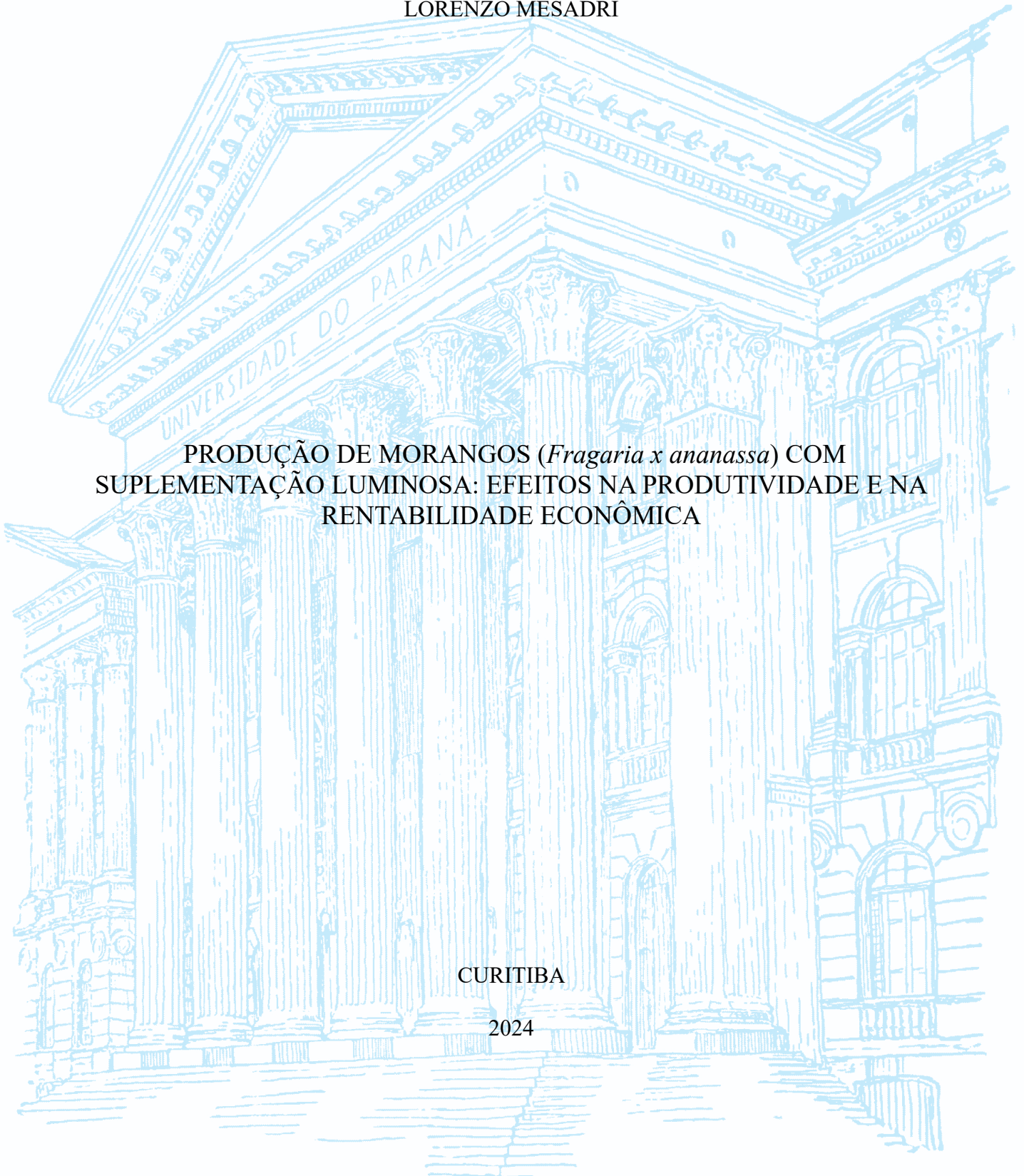
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LORENZO MESADRI

PRODUÇÃO DE MORANGOS (*Fragaria x ananassa*) COM
SUPLEMENTAÇÃO LUMINOSA: EFEITOS NA PRODUTIVIDADE E NA
RENTABILIDADE ECONÔMICA

CURITIBA

2024



LORENZO MESADRI

PRODUÇÃO DE MORANGOS (*Fragaria x ananassa*) COM
SUPLEMENTAÇÃO LUMINOSA: EFEITOS NA PRODUTIVIDADE E NA
RENTABILIDADE ECONÔMICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de graduação em Agronomia, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador(a): Prof. Dr. Gilson Martins

CURITIBA

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL E EXTENSÃO
Rua dos Funcionários, 1540, - - Bairro Juvevê, Curitiba/PR, CEP 80035-050
Telefone: 3360-5000 - <http://www.ufpr.br/>

Despacho nº 361/2024/UFPR/R/AG/DERE

Processo nº 23075.074461/2024-26

TERMO DE APROVAÇÃO

LORENZO MESADRI

PRODUÇÃO DE MORANGOS (*Fragaria x ananassa*) COM SUPLEMENTAÇÃO LUMINOSA: EFEITOS NA PRODUTIVIDADE E NA RENTABILIDADE ECONÔMICA

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro(a) Agrônomo(a) no Curso de Graduação em Agronomia, pela seguinte banca examinadora:

Orientador Professor(a) Gilson Martins
Departamento de Economia Rural e Extensão
Setor de Ciências Agrárias

Professor(a) Helayne Aparecida Maieves
Departamento de Solos e Engenharia Agrícola
Setor de Ciências Agrárias

Professor(a) Luiz Antonio Biasi

Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo
Setor de Ciências Agrárias

Professor(a) Bruno Portela Brasileiro
Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo
Setor de Ciências Agrárias

Curitiba, 19 de Dezembro de 2024



Documento assinado eletronicamente por **GILSON MARTINS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/12/2024, às 11:58, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **BRUNO PORTELA BRASILEIRO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/12/2024, às 16:54, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **LUIZ ANTONIO BIASI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/12/2024, às 17:33, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **HELAYNE APARECIDA MAIEVES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/12/2024, às 18:44, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **7387123** e o código CRC **2D5603AE**.

RESUMO

A crescente demanda por alimentos em áreas urbanas exige soluções que aumentem a produtividade agrícola e otimizem recursos. Durante o inverno, a redução das horas de luz solar e as baixas temperaturas no estado do Paraná limitam a fotossíntese, reduzindo o potencial produtivo das plantas e demandando alternativas eficazes. Este estudo avalia a viabilidade do uso de iluminação artificial suplementar no cultivo de morangos (*Fragaria x ananassa Duch. cv. Albion*) na Região Metropolitana de Curitiba, com o objetivo de aumentar a produtividade em períodos de baixa luminosidade natural. Foram utilizadas lâmpadas Dália de 15W, instaladas a cada 2 metros na calha central de cultivo, proporcionando iluminação uniforme por 12h diárias. O tratamento com luz suplementar resultou em um aumento médio de 79,99% na massa total de frutos, com uma produção anual estimada de 324 kg e receita bruta de R\$ 3.599,55. A análise econômica indicou uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 441% e um Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 11.179,70, com payback em 3 meses e 3 dias, comprovando a viabilidade financeira da suplementação luminosa.

Palavras-chave: Iluminação artificial, Segurança alimentar, Agricultura Urbana

Abstract: Strawberry Production (*Fragaria x ananassa*) with Supplemental Lighting: Effects on Productivity and Economic Profitability

The growing demand for food in urban areas requires solutions to enhance agricultural productivity and optimize resources. During winter, reduced sunlight hours and low temperatures in Paraná state limit photosynthesis, decreasing the productive potential of plants and necessitating effective alternatives. This study evaluates the feasibility of using supplemental artificial lighting in strawberry cultivation (*Fragaria x ananassa* Duch. cv. *Albion*) in the Metropolitan Region of Curitiba, aiming to increase productivity during periods of low natural light. Dália 15W lamps were installed every 2 meters along the central cultivation channel, providing uniform lighting for 12 hours daily. The supplemental light treatment resulted in an average 79.99% increase in total fruit mass, with an estimated annual production of 324 kg and a gross revenue of R\$ 3,599.55. The economic analysis indicated an Internal Rate of Return (IRR) of 441% and a Net Present Value (NPV) of R\$ 11,179.70, with a payback period of 3 months and 3 days, proving the financial viability of light supplementation.

Keywords: Artificial Lighting, Food Security, Urban Agriculture

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- ESQUEMA REPRESENTATIVO DO ENSAIO.....	12
FIGURA 2a-CURVA DE DISTRIBUIÇÃO DE LUX -120°	14
FIGURA 2b: DISTRIBUIÇÃO ESPECTRAL DA DÁLIA 15W.....	14
FIGURA 3- HORAS MÉDIAS DE SOL AO LONGO DO ANO EM SÃO JOSÉ DOS PINHAIS	15
FIGURA 4- INSOLAÇÃO (H) NO ESTADO DO PARANÁ EM JULHO.....	15
FIGURA 5- FOTOGRAFIAS DO EXPERIMENTO.....	16

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- PARÂMETROS DAS VARIÁVEIS DA MASSA DOS FRUTOS NO PONTO DE COLHEITA (MF) DO NÚMERO DE FLORES (NFL) E NÚMERO DE FRUTOS (NFR).	19
TABELA 2- CUSTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO TRATAMENTO COM ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL.....	21
TABELA 3- DESPESAS ANUAIS PARA MANUTENÇÃO DO TRATAMENTO COM ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL.....	21
TABELA 4- PRODUTIVIDADE E RECEITA BRUTA DO TRATAMENTO COM ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL.....	22
TABELA 5- FLUXO DE CAIXA E FLUXO DE CAIXA DESCONTADO.....	23
TABELA 6- ÍNDICES ECONÔMICOS	23

SUMÁRIO

RESUMO.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
2.1 MÉTODOS DA ANÁLISE ECONÔMICA.....	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
3.1 ANÁLISE PRODUTIVA.....	19
3.2. ANÁLISE ECONÔMICA.....	21
4. CONCLUSÃO.....	25
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
6. REFERÊNCIAS.....	26

1. Introdução

A produção de alimentos enfrenta desafios cada vez maiores no Brasil e ao redor do mundo. Com o aumento da demanda nas áreas urbanas, onde se concentra cerca de 70% do consumo global de alimentos, conforme aponta a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), torna-se essencial buscar soluções que otimizem o uso dos recursos naturais e ampliem a produtividade (FAO, 2023). O uso da iluminação artificial apresenta um grande potencial para a agricultura urbana e rural em fazendas inteligentes, onde o uso estratégico dessa tecnologia pode maximizar a produção em espaços limitados, reduzir os custos com logística (Avgoustaki & Xydis 2020) e promover a sustentabilidade ambiental por meio da otimização dos espaços produtivos.

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a agricultura urbana e periurbana pode ser uma aliada importante na adaptação climática, reduzindo custos de infraestrutura e colaborando no controle de inundações, além de promover a segurança alimentar em áreas densamente povoadas. Regina Cavini, representante do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), afirma que a agricultura urbana oferece um caminho viável para alimentar as cidades e mitigar a crise ambiental global, que inclui mudanças climáticas, perda de biodiversidade e poluição (IPCC, 2022).

Na região Sul do Brasil durante o inverno, a luz e a temperatura são um dos principais fatores restritivos para o desenvolvimento das plantas de morango o (*Fragaria x ananassa Duch*), uma vez que, a redução do fotoperíodo e da intensidade luminosa impacta diretamente a fotossíntese e a produção (Oda, 1997; Hydaka et al., 2012; Nestby & Trandem, 2013). Estudos mostram que a suplementação luminosa por meio de lâmpadas promove o crescimento e o desenvolvimento do morangueiro (Gottdenker et al., 2001; Folta & Childers, 2008; Palha & Oliveira, 2017) modifica a taxa de crescimento e o teor de nutrientes na cultura (Zhaeng et al., 2019; Xu & Hernandez, 2020).

O uso da iluminação artificial no cultivo ainda é pouco utilizada no Brasil. Ela pode ser adotada para otimizar a produção, permitindo aumentar a taxa de fotossíntese das plantas (Pestana et al., 2017). Isso ocorre porque a luz suplementar melhora a captação de energia luminosa pelas folhas, favorecendo a produção de fotoassimilados, que são compostos essenciais para o crescimento e desenvolvimento vegetal (Pestana et al., 2017), diferenciação de meristemas reprodutivos e, conseqüentemente, mais produção de frutos (Hidaka et al., 2015).

Dessa maneira, a introdução dessa tecnologia como ferramenta de intensificação agrícola em espaços rurais, urbanos e periurbanos pode ampliar a capacidade de produção e garantir o cultivo contínuo durante todo o ano (Silva, 2020). Esta técnica é aplicável tanto em ambientes controlados (como em cultivos *indoor*, sem luz solar direta) quanto em sistemas de cultivo aberto, nos quais a iluminação artificial atua como uma complementação à luz natural (Silva, 2020).

Além de favorecer o desenvolvimento contínuo das plantas, o uso de LEDs para iluminação artificial oferece a vantagem do controle preciso do espectro luminoso, possibilitando que comprimentos de onda específicos sejam aplicados para estimular diferentes fases do crescimento vegetal (Jamal Uddin et al., 2018). No caso do morango, estudos apontam que a combinação de LEDs de cor azul (400 a 500 nm), importante para o crescimento vegetativo, a cor vermelha (600 a 700 nm) em especial o vermelho profundo (660 nm), conhecido por estimular o florescimento e promover o alongamento dos entrenós, (Downs, 1956 ; Deitzer et al., 1979; Takeda et al., 2008; Van Delm et al., 2010) são mais eficientes para aumentar a qualidade e a produção de morango (Hidaka et al., 2013; Jamal Uddin et al., 2018).

A luz vermelha promove o florescimento e o desenvolvimento dos frutos, enquanto a luz azul é crucial para a abertura estomática e o controle do fototropismo, regulando também o ciclo circadiano das plantas (Ohtake et al., 2018). Outro espectro de luz estudado é o vermelho profundo “*deep-red*” ou “*far-red*”, com comprimento de onda em torno de 660 nm, que ajuda a reduzir a

queda de flores, e está associado a indução de florescimento o que é fundamental para aumentar a produtividade do morango (Takeda et al., 2008; Van Delm et al., 2010).

Estudos, como o de Jamal Uddin et al. (2018), investigaram a influência de diferentes combinações de LEDs, evidenciando que a iluminação artificial favorece o crescimento vegetativo, otimiza o rendimento e a qualidade dos frutos de morango. Contudo, esse experimento utilizou um regime de suplementação luminosa por apenas três horas após o anoitecer deixando lacunas sobre o uso contínuo por 12h e em um sistema de produção familiar.

Nestby e Trandem (2013) investigaram o uso de LEDs em regiões de altas latitudes, aplicando iluminação suplementar de maneira intermitente entre 19h e 7h, exclusivamente quando a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) estava abaixo de $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Embora tenham observado ganhos significativos na produção e qualidade das plantas, os resultados enfrentaram desafios associados às condições climáticas frias da Noruega. Além disso, o estudo não explorou o potencial de espectros específicos, como o vermelho profundo (660 nm), que poderia apresentar respostas distintas em climas subtropicais. Essa limitação aponta para a necessidade de estudos adicionais que avaliem o impacto de espectros de luz direcionados em diferentes condições climáticas e sistemas agrícolas.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade financeira e o impacto da suplementação luminosa no cultivo de morangos durante os meses de inverno na Região Metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil.

2. Material e Métodos

O experimento foi realizado em uma das estufas de túnel alto de 50 metros de comprimento na fazenda “Morango Suacki” localizada na Colônia Murici em São José dos Pinhais, na Região Metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. As coordenadas geográficas centrais aproximadas são 25°59’11” S de latitude, 49°13’27” O de longitude, com altitude de 906 m. O produtor, com mais de

5 anos de experiência, combina práticas tradicionais e tecnologias para atender tanto ao sistema de colhe e pague quanto à venda direta para consumidores finais e revendedores locais.

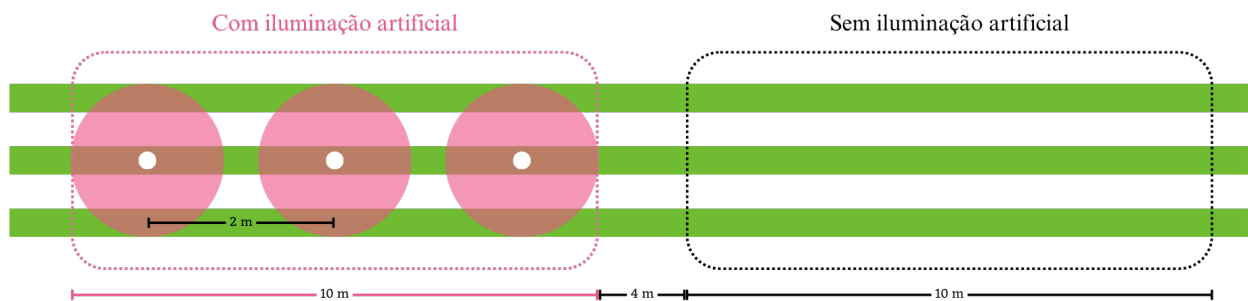
O clima, segundo Köppen, é do tipo Cfb – Temperado Úmido com Verão Temperado, caracterizado por apresentar precipitação média anual de 1400 mm, temperaturas médias nos meses frios abaixo de 18 °C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C, não possui estação seca definida e há ocorrência de geadas.

Para esta pesquisa, foram comparado dois tratamentos, com iluminação artificial e sem iluminação artificial. No tratamento com iluminação, foram instaladas 3 lâmpadas DÁLIA 15W, da empresa Latina Iluminação que combina a luz azul (450 nm) e vermelho profundo (660 nm) posicionadas a cada 2 metros na calha central de produção (Figura 1) e a uma altura de 70 cm das plantas. A área de avaliação compreendeu uma linha de 10 metros de comprimento em cada tratamento, abrangendo a calha central, que recebeu a maior intensidade de luz, e as calhas laterais, que receberam menor fluxo de fótons (medido em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Cada calha de produção continha 6 plantas por metro, totalizando 180 plantas por tratamento.

Foram selecionadas 40 plantas aleatoriamente por tratamento, distribuídas entre as três calhas de produção (central e laterais), marcadas para avaliação em duas colheitas distintas. Foram analisadas três variáveis por planta: número de flores (NFL), número de frutos (NFR) e massa dos frutos no ponto de colheita (MF). O experimento utilizou a cultivar de morango '*Albion*', desenvolvida pela Universidade da Califórnia, amplamente reconhecida por sua alta produtividade e qualidade superior dos frutos. A '*Albion*' apresenta arquitetura de planta aberta, frutos grandes com formato cônico longo e níveis moderados de acidez, além de resistência a doenças como antracnose, verticiliose e podridão-da-coroa, sendo ideal para sistemas hidropônicos e túneis altos (Gonçalves, 2015). Por ser uma planta de dia neutro, sua fase reprodutiva não depende de estímulos de temperatura e fotoperíodo, o que prolonga seu ciclo produtivo (Strassburger et al., 2010).

Foram realizadas duas coletas no mês de julho, nas datas 02/07/2024 e 16/07/2024, visando avaliar o impacto da suplementação luminosa ao longo do ciclo produtivo. De acordo com o produtor, o manejo nutricional adotado consiste em uma semana de aplicação de calda vegetativa, seguida por três semanas de calda de produção, com o pico de produção geralmente ocorrendo na segunda semana. As coletas foram estrategicamente realizadas na primeira e na última semana do ciclo produtivo, evitando o período de pico e permitindo a avaliação em um ciclo produtivo.

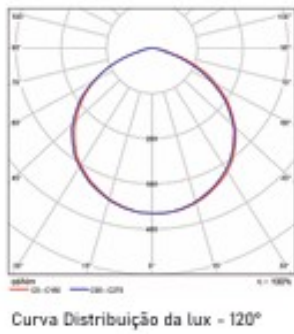
Figura 1: Esquema representativo do ensaio.



Fonte: Autor

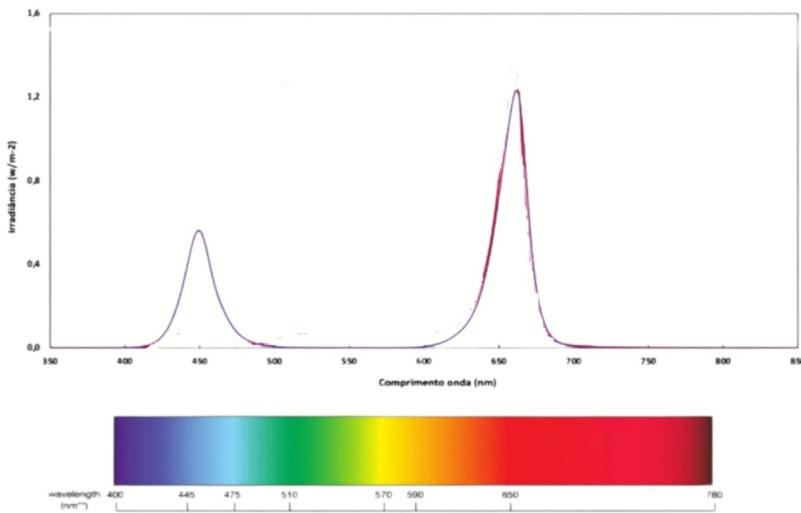
As Figuras 2 a e b, detalham as características técnicas da lâmpada Dália 15W utilizada no experimento. A Figura 2 mostra a Curva de Distribuição de Lux-120°, que ilustra a ampla cobertura luminosa proporcionada pelo ângulo de distribuição da lâmpada e a figura 2 b apresenta a Distribuição Espectral do produto, destacando os picos de emissão nos comprimentos de onda azul (450 nm) e vermelho profundo (660 nm).

Figura 2 a: Curva de Distribuição de Lux -120°



Fonte: Latina Iluminação

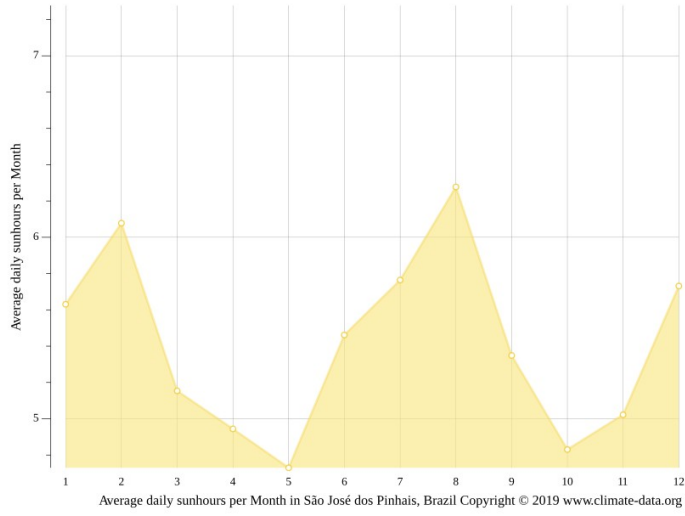
Figura 2 b: Distribuição Espectral da Dália 15W



Fonte: Latina Iluminação

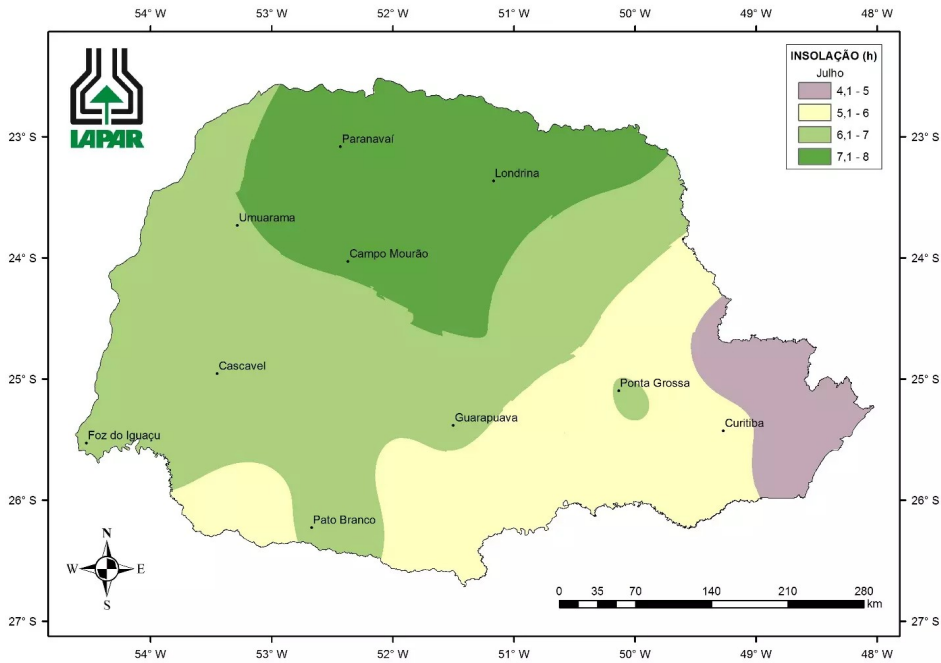
Durante o mês de Julho no município de São José dos Pinhais (PR), a média de horas de Sol é de 5,8 h, (Figura 3) (CLIMATE-DATA-ORG, 2024). Tal informação também é fornecida por Atlas Climático do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR- PR) nos dados de Insolação (Figura 3) que é definida como sendo o número de horas (h) de brilho solar ocorrido durante um dia sobre a superfície terrestre (CAVIGLIONE et al., 2000; WREGGE et al., 2011).

Figura 3- Horas médias de Sol ao longo do ano em São José dos Pinhais



Fonte: Climate-data.org

Figura 4- Insolação (h) no estado do Paraná em Julho



Fonte: Atlas Climático IDR 2019

Para complementar essas horas e garantir um fotoperíodo ideal, as plantas foram expostas a iluminação artificial por 12 horas diárias, das 06h00 às 18h00, adicionando cerca de 6,2 h de luz suplementar por dia.

As condições experimentais são ilustradas nas fotografias que mostram a estufa durante o experimento (Figura 4). Na primeira imagem é possível observar o funcionamento das lâmpadas à noite, evidenciando a distribuição luminosa na calha central.

Figura 5: Fotografias do experimento



Fonte: Autor

O sistema de produção utilizado no experimento foi o semi-hidropônico, nesse sistema, as plantas foram cultivadas em substrato inerte, onde as raízes ficam em contato com uma solução nutritiva a base de uma mistura de fertilizantes solúveis e água fornecida de forma controlada. Durante todo o período de avaliação, a solução nutritiva fornecida às plantas foi rigorosamente monitorada para garantir a uniformidade entre os dois tratamentos: com luz artificial e sem luz artificial. Os níveis de nutrientes, incluindo macro e micronutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e outros, foram mantidos constantes em ambos os grupos.

O manejo da nutrição do morango seguiu a proporção de semanas definida pelo produtor, na qual na primeira semana ele mantinha as plantas com solução nutritiva para fase vegetativa e nas três semanas seguintes com calda nutritiva de produção para estimular o florescimento.

Para a análise dos dados, foram estimados os seguintes parâmetros: média, desvio padrão e intervalo de confiança (IC) a 95% de probabilidade. Além disso, foi aplicado o Teste t de Student para comparar os tratamentos com e sem iluminação suplementar.

Equação 1- Teste t de Student

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{S^2 \frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}}}$$

Em que:

t: Estatística do teste t, utilizada para comparar duas amostras. \bar{x} : Média da amostra do tratamento 1.

\bar{y} : Média da amostra do tratamento 2. S^2 : Variância n_x : Tamanho da amostra do tratamento 1. n_y :

Tamanho da amostra do tratamento 2.

Equação 2- Variância

$$S^2 = \frac{SQD_x + SQD_y}{(n_x - 1) + (n_y - 1)}$$

Em que:

S^2 : Variância; SQD_x : Soma dos quadrados das diferenças para o tratamento 1; SQD_y : Soma dos quadrados das diferenças para o tratamento 2; n_x : Número de observações na amostra do tratamento 1; n_y : Número de observações na amostra do tratamento 2.

2.1 Métodos da Análise Econômica

A análise econômica foi realizada considerando uma escala de produção familiar, com foco em sistemas semi-hidropônicos de cultivo de morango em túneis altos e foram aplicados os indicadores econômicos Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback*. O VPL foi utilizado para avaliar a lucratividade do investimento ao considerar o valor atual dos fluxos de caixa futuros, enquanto a TIR permitiu identificar a taxa de retorno, proporcionando uma análise do potencial financeiro do projeto.

O *payback* é o terceiro critério de decisão comum para estimar o tempo necessário para recuperar o capital investido, devido à sua aplicação simples. Neste trabalho utilizamos o *payback* descontado que inclui uma taxa de atratividade (TMA), refletindo o valor temporal do dinheiro e

proporcionando uma visão financeira mais realista sobre o período de retorno (Motta & Calôba, 2002; Marquezan & Brondani, 2006).

Esses indicadores são fundamentais para determinar a atratividade econômica da aplicação de luz artificial no cultivo de morangos, auxiliando na tomada de decisão sobre o uso da tecnologia em sistemas semi-hidropônicos. A expressão geral de cada indicador de análise de investimento são dadas pelas equações a seguir:

Equação 3- Valor Presente Líquido (VPL)

$$VPL = \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Em que:

VPL - valor presente líquido, R\$; FCt - fluxo de caixa por período, R\$; i- taxa mínima de atratividade(TMA), decimal; n - tempo ou período, anos.

Equação 4- Taxa Interna de Retorno (TIR).

$$0 = VPL = \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1+TIR)^n} \quad (2)$$

Em que,

TIR - taxa interna de retorno, decimal; FCn - fluxo de caixa por período, R\$; n - prazo da análise do projeto ou vida útil, anos.

A Equação 5- Payback (PBE)

$$PBE = \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1+i)^n} \quad (3)$$

Em que,

PBE - Payback econômico, anos/meses; FCn - Fluxo de caixa atualizado, R\$; i - Taxa Mínima de Atratividade, decimal; n- Tempo ou período, anos.

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise Produtiva

A distribuição das lâmpadas não garantiu uma distribuição uniforme da luz sobre as plantas, porém permitiu avaliar os efeitos da suplementação luminosa, com baixo investimento financeiro e seu efeito no desenvolvimento e produtividade em um sistema real de produção familiar. Os resultados experimentais demonstraram incrementos substanciais no número de flores, quantidade de frutos e peso dos morangos em função da iluminação artificial, evidenciados em ambas as coletas como mostra a tabela 1 a seguir.

TABELA 1 – Parâmetros das variáveis da massa dos frutos no ponto de colheita (MF) do número de flores (NFL) e número de frutos (NFR).

	02/07/2024		16/07/2024	
	Sem Luz	Com Luz	Sem Luz	Com Luz
MF	505	939	547	952
Média	12,62	23,47	13,70	23,80
Erro Padrão	3,68	4,67	3,42	4,66
Desvio Padrão	16,80	21,33	15,59	21,27
p-valor	0,01		0,01	
NFL	90	174	175	275
Média	2,25	4,35	4,30	6,80
Erro Padrão	0,33	0,54	0,55	0,96
Desvio Padrão	1,51	2,48	2,52	4,38
p-valor	0,00		0,00	
NFR	41	66	50	72
Média	1,03	1,65	1,25	1,80
Erro Padrão	0,28	0,28	0,32	0,32
Desvio Padrão	1,27	1,29	1,46	1,47
p-valor	0,02		0,05	

Fonte: Autor (Levantamento de Campo)

Em relação à primeira coleta, realizada dia 02/07/2024, as médias de flores, submetidas à luz foram de 4,35 flores por planta em relação a 2,25 flores por planta do grupo sem iluminação, correspondendo a um incremento de 93,33% na produção de flores. O número de frutos coletados nessa data foram em média de 1,65 fruto por planta para o tratamento com luz e 1,025 para o

tratamento sem luz, representando um ganho de 60,98%. Do mesmo modo, a média de massa dos frutos sob efeitos da luz artificial foi de 23,47 g, contra 12,62 g das plantas sem luz, representando um aumento total de 85,94% na massa dos frutos colhidos. Os testes estatísticos (t-test) comprovaram que estas diferenças são estatisticamente significativas com $p \leq 0,05$ para flores ($p=0,00$), frutos e massa ($p = 0,02$ e $0,01$), indicando que a luz artificial influenciou diretamente nos resultados obtidos.

Na fase dois da coleta realizada em 16/07/2024, os indicadores novamente acompanharam a tendência positiva, embora com aumentos percentuais mais discretos, conforme previsto pelo manejo nutricional praticado pelo produtor, que reduziu a nutrição após a primeira coleta. Mesmo assim, as plantas sob iluminação apresentaram médias de 6,8 flores por planta contra 4,3 no tratamento sem luz, resultando em 57,14% no número de flores. Para o número de frutos por planta, as médias foram de 1,8 frutos para o tratamento iluminado e 1,25 frutos para o grupo sem luz, representando incremento de 44% no número de frutos. A média da massa dos frutos também seguiu a tendência da coleta anterior com 23,8 g no grupo que recebeu luz, em relação a 13,7 g no grupo sem luz, representando um aumento de 74,04%. De acordo com o teste t, houve diferença significativa para flores a 5% de probabilidade ($p\text{-valor} < 0,05$) para flores e frutos ($p = 0,00$ e $0,05$) e também em relação à massa ($p = 0,01$), demonstrando a eficácia da luz artificial mesmo com a variação no manejo nutricional.

O uso da iluminação artificial tem mostrado benefícios significativos para o crescimento e desenvolvimento das plantas, promovendo tanto o aumento da biomassa vegetativa quanto o estímulo reprodutivo, o que resulta em frutos de maior qualidade (Blaauw & Blaauw-Jansen, 1970; Schwartz & Zeiger, 1984). Estudos demonstraram que essa combinação espectral desempenha um papel essencial na expansão da área foliar e no aumento da biomassa vegetal (Stutte et al., 2009; Johkan et al., 2010), além de influenciar diretamente o tamanho dos frutos (Díaz-Galián et al., 2021). Em experimentos específicos, o uso conjunto de luz azul e vermelha mostrou-se eficaz no

aumento significativo da produção de frutos, destacando-se como uma abordagem promissora para maximizar a produtividade em sistemas agrícolas protegidos (Choi et al., 2015).

3.2. Análise Econômica

A análise econômica deste projeto foi realizada considerando um horizonte de cinco anos, período aproximado de vida útil da iluminação artificial utilizada no experimento. Esse intervalo possibilita avaliar a viabilidade econômica do investimento em suplementação luminosa para o cultivo de morangos, sobretudo durante as estações de menor luminosidade natural, como o outono e inverno.

O custo de implementação do projeto apresentado na tabela 2 é relativamente baixo, devido ao uso de uma solução de iluminação artificial compacta e econômica, mostra-se acessível, considerando o potencial de aumento na produção de morangos.

TABELA 2- Custos de Implementação do tratamento com iluminação artificial

Investimento	Quantidade	Valor	Valor Total
Dália 15W	3	199,00	597,00
Mão de obra	1	100,00	100,00
Cabo de energia	10	2,50	25,00
Bocais de Luz	3	2,50	7,50
Temporizador	1	39,90	39,90
Adaptador de tomada	1	2,50	2,50
Total			R\$ 771,90

Fonte: Autor (Levantamento de Campo) Obs: Valores em reais (R\$)

Além dos custos iniciais, as despesas anuais de manutenção foram calculadas em R\$ 198,22 (Tabela 3), englobando consumo de energia elétrica (R\$ 62,52), mão de obra (R\$ 78,00), substrato (R\$ 30,00), irrigação (R\$ 11,20), e adubação para fertirrigação (R\$ 16,50). Esses custos refletem o baixo consumo energético das lâmpadas Dália, que, com potência de 15W, conseguem prover o espectro luminoso necessário sem elevação expressiva nos custos de energia.

TABELA 3- Despesas anuais para manutenção do tratamento com iluminação artificial

Despesas	Quantidade	Valor	Valor Total
Consumo elétrico (anual)	12	5,21	62,52
Mão de Obra (h)	12	6,50	78,00
Substrato (custo/m ²)	10	3,00	30,00
Irrigação para estufa (custo/m ²)	10	1,12	11,20
Adubo para fertirrigação (custo/m ²)	10	1,65	16,50
Total			R\$ 198,22

Fonte: Autor (Levantamento de Campo) Obs: Valores em reais (R\$)

Em termos de produtividade e receita, foi considerado um incremento de 79,99% na produção que é a média de aumentos obtidos nas duas coletas. Com a suplementação luminosa esse incremento resulta em 324 kg de morangos por ciclo, em comparação com a produção esperada de 180 kg/ano sem iluminação adicional são 144 kg por ciclo a mais com o uso da iluminação. Considerando o valor de mercado de R\$ 25,00 por 1,2 kg, dados coletados do Ceasa (01/07/2024) a receita bruta projetada para o tratamento com luz suplementar alcançou R\$ 3.599,55 por ciclo (Tabela 4). Esse aumento considerável na produção demonstra a eficácia da iluminação artificial para intensificar o rendimento no cultivo de morangos, sobretudo em períodos com menor incidência de luz solar.

TABELA 4-Produtividade e receita bruta do tratamento com iluminação artificial

Descrição	Dados
Produção esperada sem iluminação artificial	180 kg/ciclo
Produção estimada por ciclo com iluminação artificial	324 kg/ciclo
Diferença da produção esperada x produção estimada com iluminação artificial	144 kg/ciclo
Valor pago pelo produto (1,2kg) no CEASA-PR	R\$ 25,00
Receita da produção com iluminação artificial	R\$ 3.599,55

Fonte: Autor

O fluxo de caixa anual e o fluxo de caixa descontado (Tabela 5) foram calculados utilizando uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 13,04%, correspondente à taxa CDI (Certificado de Depósito Interbancário) acumulado do ano de 2023 disponibilizada pela Cetip. No primeiro ano, o

fluxo líquido de caixa foi positivo, em R\$ 3.401,33, resultando em um fluxo de caixa descontado de R\$ 3.008,96, o que gerou um saldo acumulado positivo de R\$ 2.237,06. Nos anos subsequentes, esse saldo acumulado aumentou gradativamente, chegando a um Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 11.179,70 ao final de cinco anos (Tabela 6). Esse VPL indica uma projeção de lucro econômico, enquanto a Taxa Interna de Retorno (TIR) de 441% evidencia uma taxa de retorno expressiva, muito superior à TMA de 13,04%, o que reforça a viabilidade econômica do projeto (Tabela 6).

TABELA 5-Fluxo de caixa e fluxo de caixa descontado

Ano	Receita	Custo	Fluxo de caixa líquido	Fluxo de Caixa Descontado	Saldo
0	0	0	-771,90	-771,90	-771,90
1	3.599,55	198,22	3.401,33	3.008,96	2.237,06
2	3.599,55	198,22	3.401,33	2.661,86	4.898,92
3	3.599,55	198,22	3.401,33	2.354,79	7.253,71
4	3.599,55	198,22	3.401,33	2.083,15	9.336,86
5	3.599,55	198,22	3.401,33	1.842,84	11.179,70

Fonte: Autor Obs: Valores em reais (R\$)

TABELA 6-Índices econômicos

VPL	TIR	Retorno
R\$ 11.179,70	441%	0,26
		3 Meses 3 dias

Fonte: Autor Obs.: VPL (valor presente líquido). TIR (taxa interno de retorno). *payback

O tempo de retorno (*Payback*) foi calculado em 3 meses e 3 dias, demonstrando que o investimento inicial seria recuperado ainda no primeiro ano de cultivo. Esse rápido retorno de capital ilustra o potencial da suplementação luminosa como uma estratégia econômica para aumentar a produção de morangos em ambientes com luz solar limitada, especialmente em sistemas de cultivo controlado. Em suma, os dados financeiros sugerem que a implementação de iluminação artificial não só contribui para a elevação da produtividade e qualidade dos frutos, mas também proporciona retorno financeiro em curto prazo, justificando o investimento para produtores que buscam maximizar o rendimento de sua produção de morangos.

Os resultados estão em conformidade com os achados de Takeda et al., 2008; Van Delm et al., 2010) e Hidaka et al., (2013) que descobriram que a iluminação suplementar LED promoveu aumentos significativos no peso médio dos frutos, número de frutos e rendimento comercial. Outro estudo que apresentou aumentos expressivos com o uso da iluminação artificial foi o de Díaz-Galian et al., (2020) que obteve 300% de aumento no número de flores em condições controladas.

4. Conclusão

A suplementação de luz artificial no cultivo de morangos em períodos de menor luminosidade, como no mês de julho, demonstrou um impacto positivo significativo na produtividade e na rentabilidade, sendo uma estratégia eficaz para compensar a falta de luz natural e estender o fotoperíodo das plantas. Essa tecnologia apresentou ganhos expressivos para o pequeno produtor, permitindo o aumento da massa total de frutos colhidos. Além disso, a iluminação suplementar proporciona estabilidade produtiva, reduzindo os riscos associados à sazonalidade e garantindo maior previsibilidade de retorno financeiro. Esses benefícios tornam a suplementação luminosa uma ferramenta valiosa para pequenos agricultores, especialmente em sistemas de agricultura urbana, onde a otimização do uso de recursos e o aproveitamento contínuo da área são fundamentais para atender à crescente demanda por alimentos.

5. Considerações Finais

Há de se considerar as limitações da pesquisa incluindo fatores como as condições climáticas específicas da região e do período em que o experimento foi realizado, o que pode influenciar os resultados e restringir sua aplicabilidade a outras épocas do ano. Além disso, a falta de repetição do experimento em diferentes ciclos produtivos e estações limita a análise de variabilidade sazonal e sua influência no desempenho da suplementação luminosa. O manejo nutricional do produtor também foi um fator determinante, condicionando o experimento a um

único ciclo produtivo, o que restringe a generalização dos resultados para outras realidades de cultivo ou escalas de produção

Os resultados deste estudo também indicam a importância de aprofundar as pesquisas sobre o uso da iluminação suplementar em outras épocas do ano e ciclos produtivos, para avaliar se o aumento das horas de Sol em períodos de maior insolação solar pode complementar ou intensificar ainda mais a produção. Estudos futuros podem explorar a interação entre a suplementação de luz e o manejo nutricional, visando não apenas aumentar a produtividade, mas também melhorar o perfil nutricional e o conteúdo de compostos bioativos dos frutos.

6. Referências

Antunes, L.E.C.; Reisser Junior, C.; Bonow, S. Morango. Produção aumenta ano a ano. **Revista Campo e Negócios, Anuário HF**, 2021, p. 87-90.

Antunes, L.E.C.; Reisser Junior, C.; Bonow, S. Produção de morango. **Revista Campo e Negócios, Anuário HF**, 2022, p. 86-88.

Avgoustaki, D.D.; Xydis, G. Indoor vertical farming in the urban nexus context: Business growth and resource savings. *Sustainability*, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12051965>.

Blaauw, O.H.; Blaauw-Jansen, G. The phototropic responses of *Avena* coleoptiles. **Acta Botanica Neerlandica**, v.19, n.5, p.755-763, 1970.

Chiomento, J.L.T.; Júnior, E.P.L.; D'Agostini, M.; De Nardi, F.S.; Trentin, T.S.; Dornelles, A.G.; Huzar-Novakowiski, J.; Calvete, E.O. Horticultural potential of nine strawberry cultivars by greenhouse production in Brazil: a view through multivariate analysis. **Scientia Horticulturae**, v.279, art.109738, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109738>.

Choi, H.G.; Moon, B.Y.; Kang, N.J. Effects of LED light on the production of strawberry during cultivation in a plastic greenhouse and in a growth chamber. **Scientia Horticulturae**, v.189, p.22-31, 2015.

- Díaz-Galián, M.V.; Torres, Magdalena; Sacher-Pagán, J.D.; J.Navarro, Pedro; Weiss, J.; Egea-Cortines, M. Enhancement of strawberry production and fruit quality by blue and red LED lights in research and commercial greenhouses. **South African Journal of Botany**, v.140, p.269-275, 2021.
- Fernandes, I.; Leça, J.M.; Aguiar, R.; Fernandes, T.; Marques, J.C.; Cordeiro, N. Influence of crop system on fruit quality, carotenoids, fatty acids, and phenolic compounds in cherry tomatoes. **Agric. Res.** 2021, 10, 56–65
- Furlaneto, F.P.B.; Esperancini, M.S.T. Estudo da viabilidade econômica de projetos de implantação de piscicultura em viveiros escavados. *Informações Econômicas*, v.2, n.39, p.5-11, 2009.
- Fussy, A.; Papenbrock, J. An overview of soil and soilless cultivation techniques – chances, challenges and the neglected question of sustainability. *Plants*, v.11, art.1153, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11091153>.
- Gonçalvez, M.A.; Cocco, C.; Antunes, L.E.C. Informações técnicas de cultivares de morangueiro para região de Pelotas – RS. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2025. Folder.
- Hidaka, K.; Dan, K.; Imamura, H.; Takayama, T.; Sameshima, K.; Okimura, M. Variety comparison of effect of supplement lighting with LED on growth and yield in forcing culture of strawberry. **Environ. Control Biol.** 2015, 53, 135–143
- A. F. M. Jamal Uddin, M. Y. Hoq, S. N. Rini, F. B. R. Urme and H. Ahmad. Influence of supplement LED spectrum on growth and yield of Strawberry. **Journal of Bioscience and Agriculture Research**, v.16, n.2, p.1348-1355, 2018.
- Johkan, M., et al., Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. **HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science**, 2010. 45(12): pp. 414-415
- Lapponi, J.L. Avaliação de projetos e investimentos: modelos em Excel. São Paulo, 1996. 264 p.
- Motta, R.R.; Calôba, G.M. Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais. São Paulo: **Atlas**, 2002.

Oda, Y. Effects of light intensity, CO₂ concentration and leaf temperature on gas exchange of strawberry plants – feasibility studies in CO₂ enrichment in Japanese conditions. **Acta Horticulturae**, v.439, p.563-573, 1997.

Palha, M.G.; Oliveira, P.B. Melhoria da produtividade do morangueiro no período outono-inverno com recurso à temperatura e luz suplementar. **Actas de Horticultura do VI Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas**, 2017.

Pestana, F., Semedo, J.N., Scotti, P., Oliveira, C., Palha, M.G. 2017. Influência da iluminação LED no desempenho fotossintético e na produtividade de *Fragaria x ananassa* em substrato. **Actas Portuguesas de Horticultura**, no 29, p. 272-279

Schwartz, A.; Zeiger, E. Metabolic energy for stomatal opening. Roles of photophosphorylation and oxidative phosphorylation. *Planta*, v.161, n.2, p.129-136, 1984.

Silva, M.L.; Fontes, A.A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET). **Revista Árvore**, v.29, n.6, p.931-936, 2005.

Stutte, G. W., Edney, S., and Skerritt, T. (2009). Photoregulation of bioprotectant content of red leaf lettuce with light-emitting diodes. **HortScience** 44, 79–82

D.S.; SILVA, J.B. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de “dia neutro” em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 623-630, 2010

Takeda, F.; Glenn, D.M.; Stutte, G.W. Red light affects flowering under long days in a short-day strawberry cultivar. **HortScience**, v.43, n.7, p.2245-2247, 2008.

Valmórbida, J.R.; Wamser, A.F.; Santos, J.P. Produção de morango em função do arranjo de plantas e da distribuição da fertirrigação em substratos. **Irriga**, 2022. <https://doi.org/10.15809/irriga.2022v27n3p465-476>.

T. Van Delm, P. Melis, K. Stoffels , W. Baets. Breaking dormancy by cyclic lighting in strawberry glasshouse cultivation: Sustainable alternatives for incandescent lamps. **Acta Horticulturae**, v.926, p.251-258, 2010.

Xu, X.N.; Hernandez, R. The effect of light intensity on vegetative propagation efficacy, growth, and morphology of “Albion” strawberry plants in a precision indoor propagation system. **Applied Sciences**, v.10, art.1044, 2020.

Zheng, J.F.; He, D.X.; Ji, F. Effects of light intensity and photoperiod on runner plant propagation of hydroponic strawberry transplants under LED lighting. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v.12, p.26-31, 2019.