

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO**

**CAMPUS AVARÉ**

**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE BIODIVERSIDADE**

**VANESSA GABRIELLA BRITO**

**INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NO CRESCIMENTO E  
PRODUTIVIDADE DE MICROVERDES DE BETERRABA (*Beta vulgaris* L.)**

**AVARÉ  
2023**

**VANESSA GABRIELLA BRITO**

**INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NO CRESCIMENTO E  
PRODUTIVIDADE DE MICROVERDES DE BETERRABA (*Beta vulgaris* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - *Campus Avaré*, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

Orientador(a): Prof(a).Dr(a). Jamille Santos Vitorello.

Co-Orientador(a): Me. Luciano Delmondes de Alencar.

AVARÉ  
2023

ATA N.º 13/2023 - CTAG-AVR/DAE-AVR/DRG-AVR/IFSP

### Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE MICROVERDES DE BETERRABA (*Beta vulgaris* L.) apresentado(a) pelo(a) aluno(a) VANESSA GABRIELLA BRITO (AV3001768) do Curso SUPERIOR EM ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS, (Câmpus Avaré). Os trabalhos foram iniciados às 14:30 hs pelo(a) Professor(a) presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

Membros	IES	Presença (Sim/Não)	Aprovação/Conceito
Jamille Santos Vitorello (Presidente/Orientador)	IFSP- Câmpus Avaré	Sim	APROVADO
Maria Cristina Marques (Examinador 1)	IFSP - Câmpus Avaré	Sim	APROVADO
Luciano Delmondes de Alencar (Examinador 2)	Ministério do desenvolvimento agrário e agricultura familiar	Sim	APROVADO

#### Observações:

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da monografia, passou à arguição do(a) candidato(a). Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo(a) aluno(a), tendo sido atribuído o seguinte resultado:

Aprovado(a)

Reprovado(a)

Nota Final: 9,42

O segundo examinador é avaliador externo:

Sim     Não

Observações: (Acaso existam, se não, suprimir esse campo)

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu lavrei a presente ata que assino

juntamente com os demais membros da banca examinadora.

IFSP-Campus Avaré,  
04 de dezembro de 2023

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jamille Santos Vitorello**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/12/2023 16:36:27.
- **Luciano Delmondes de Alencar**, TECNICO EM AGROPECUARIA, em 04/12/2023 19:59:29.
- **Maria Cristina Marques**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 05/12/2023 19:46:10.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 04/12/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 658391

Código de Autenticação: bbd9545d0e



ATA N.º 13/2023 - CTAG-AVR/DAE-AVR/DRG-AVR/IFSP

Dedico a minha mãe e a pessoas  
essenciais que encontrei durante a minha trajetória.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha mãe, Miranda, que me incentivou desde o princípio e me deu todo o apoio nessa jornada acadêmica. Sem ela, nada disso seria possível.

Agradeço ao meu companheiro de vida, por ser meu alicerce durante o período acadêmico.

Agradeço a todos os professores pelo apoio e ensinamentos, em especial à professora Marcela, por me dar a oportunidade de ser sua estagiária e à minha orientadora Jamile Santos por todo o apoio.

Agradeço também a todos os servidores do Instituto que trabalham para o bom funcionamento do câmpus, em especial, ao meu co-orientador, Luciano de Alencar, sem sua paciência, ensinamentos e dedicação, esta pesquisa não seria possível.

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que fizeram e fazem parte dessa caminhada. Sou eternamente grata às minhas companheiras de casa e amigas que levarei para a vida, Milena e Laura. Agradeço pela confiança das minhas companheiras de trabalho em grupo Lígia e Jéssica, vocês tornavam estes momentos únicos.

Aos meus amigos, Gabriele e João, que estavam sempre comigo e conduziram com bom humor as nossas adversidades. Vocês são pessoas incríveis!

“Se educar é aprender a viver, é aprender a pensar... E nessa vida, não se enganem, só vive plenamente, o ser que pensa. Os outros se movem, tão somente.”

(ANTONIETA DE BARROS, 1901-1952).

## RESUMO

Os microverdes são plantas de ciclo curto. São consumidas precocemente e podem ser cultivadas em pequenos espaços, além de serem consideradas nutritivas e de alto valor agregado devido à sua ascensão na gastronomia. O emprego da iluminação artificial neste tipo de cultivo é bastante utilizado e interfere diretamente no seu desenvolvimento e produtividade. Portanto, objetivou-se através deste trabalho avaliar a influência da qualidade de luz artificial no desenvolvimento e produtividade de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.) e sua viabilidade econômica através dos custos fixos e variáveis de cada tratamento. Sementes de beterraba da marca ISLA Sementes® foram semeadas e cultivadas em vermiculita, fertirrigadas e submetidas aos tratamentos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), unifatorial (3x6), com três tipos de LEDs: LED Branco Frio, Chip LED COB Full Spectrum e Grow LED Full Spectrum. Avaliou-se a altura das plantas, o comprimento das folhas e dos cotilédones, a massa seca e a massa fresca e a produtividade (g massa fresca/m<sup>2</sup>). Foi realizada também uma análise econômica de um modelo de produção de microverdes com os três tratamentos durante seis anos. A utilização do Grow-LED Full Spectrum apresentou melhor resultado de altura das plantas em 22,6% em relação ao tratamento com LED Branco frio e 22,4% em relação ao e LED COB. A produtividade também foi maior no tratamento com Grow LED Full Spectrum em 42,8% em relação ao tratamento com LED Branco frio e 34,6% em relação ao tratamento com LED COB. Na avaliação da análise econômica, verificou-se que o tratamento Grow LeD Full Spectrum apresentou retorno do investimento aos 6 anos, enquanto os demais tratamentos não apresentaram retorno nesse tempo. Isso foi devido a maior receita com a produção de microverdes, maior vida útil do LED e baixo custo energético mensal nesse tratamento.

**Palavras-chave:** Beterraba. Análise econômica. *Indoor*.



## ABSTRACT

Microgreens are short-cycle plants. They are consumed early and can be grown in small spaces, as well as being considered nutritious and of high added value due to their rise in gastronomy. The use of artificial lighting in this type of crop is widely used and directly affects its development and productivity. The aim of this study was therefore to assess the influence of the quality of artificial light on the development and productivity of beet microgreens (*Beta vulgaris* L.) and their economic viability through the fixed and variable costs of each treatment. Beet seeds from ISLA Sementes® were sown and grown in vermiculite, fertigated and subjected to the treatments. The experimental design was entirely randomized (DIC), unifactorial (3x6), with three types of LEDs: Cool White LED, Chip LED COB Full Spectrum and Grow LED Full Spectrum. Plant height, leaf and cotyledon length, dry mass, fresh mass and yield (g fresh mass/m<sup>2</sup>) were assessed. An economic analysis of a microgreen production model was also carried out with the three treatments over six years. The use of the Grow-LED Full Spectrum showed better plant height results by 22.6% compared to the Cool White LED treatment and 22.4% compared to the COB LED. Productivity was also higher in the Grow LED Full Spectrum treatment at 42.8% compared to the Cool White LED treatment and 34.6% compared to the COB LED treatment. When evaluating the economic analysis, it was found that the Grow LED Full Spectrum treatment showed a return on investment at 6 years, while the other treatments did not show a return in that time. This was due to the higher revenue from the production of microgreens, the longer useful life of the LED and the lower monthly energy cost of this treatment.

**Key-words:** Beets, Economic analysis, Indoor.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura do sistema de subirrigação para o cultivo de microverdes.....	18
Figura 2 – Sistemas organizados em prateleira com diferentes tipos de LED.....	19
Figura 3 – Microverdes de brócolis e comparação com vegetal maduro: (A) microverdes de brócolis com 10 dias de cultivo, (B) brócolis maduros e (C) as três partes principais da microverde de brócolis.....	25
Figura 4 – Espectros eficazes para plantas e fotorreceptores vegetais.....	30
Figura 5 – <i>Boxplot</i> das análises morfológicas e produtividade de microverdes de beterraba após sete dias de cultivo em sistema de subirrigação com diferentes LEDs como fonte de iluminação artificial.....	31
Figura 6 – Microverdes de beterraba cultivados sob diferentes tratamentos, a – LED COB Full Spectrum; b – LED branco frio; c – Grow LED Full Spectrum. Barra = 2,6 cm.....	33
Figura 7 – Microverdes de beterraba com sete dias de cultivo, sob diferentes tipos de iluminação artificial, a – Led branco frio; b – Led cob fullspectrum; c – Grow LED fullspectrum.....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Nutrientes disponíveis e garantidos pelo fabricante no pacote Rúcula 1.....	19
Tabela 2 – Nutrientes disponíveis e garantidos pelo fabricante no pacote Rúcula 2.....	20
Tabela 3 – Análises morfológicas de microverdes de beterraba cultivadas sob diferentes LEDs comerciais microverdes.....	30
Tabela 4 – Investimento inicial necessário para produção de microverdes de beterraba T1.....	36
Tabela 5 – Investimento inicial necessário para produção de microverdes de beterraba T2.....	37
Tabela 6 – Investimento inicial necessário para produção de microverdes de beterraba T3.....	38
Tabela 7– Custos fixos mensais por tratamento.....	39
Tabela 8– Custos variáveis mensais por tratamento.....	40
Tabela 9– Custos totais mensais e ao ano.....	40
Tabela 10– Receita líquida mensal da produção de microverdes com diferentes tratamentos.....	41
Tabela 11– Lucro líquido da produção de microverdes de beterraba com Tratamento 1.....	41
Tabela 12– Lucro líquido da produção de microverdes de beterraba com Tratamento 2.....	42
Tabela 13– Lucro líquido da produção de microverdes de beterraba com Tratamento 3.....	43



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COB	<i>Chips on boards</i>
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
LED	Diodo Emissor de Luz
m <sup>2</sup>	Metros quadrados
nm	Nanômetros
NFT	<i>Nutrient Film Technique</i>
p.	Página
P&b	Preto e branco
PPFD	Densidade de Fluxo de Fótons Fotossintéticos
PUCPR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
SIBI	Sistema Integrado de Bibliotecas
trad.	Tradutor
Un	Unidade
UV	Ultravioleta

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1	PROBLEMATIZAÇÃO .....	15
1.2	OBJETIVOS.....	15
<b>2.1.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>17</b>
2.1	DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE CULTIVO .....	17
2.2	SEMEADURA E CULTIVO DE MICROVERDES.....	20
2.3	COLHEITA E ANÁLISES .....	21
2.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE MICROVERDES .....	22
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>24</b>
3.1	MICROVERDES .....	24
3.2	ASPECTOS TÉCNICOS DO CULTIVO DE MICROVERDES .....	27
3.3	UTILIZAÇÃO DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL E SUA INFLUÊNCIA NA FISIOLOGIA DE PLANTAS.....	29
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>31</b>
4.1	AVALIAÇÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE MICROVERDES .....	31
4.2	ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE MICROVERDES .....	35
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a busca por alimentos alternativos e saudáveis aumentou consideravelmente. Neste sentido, os microverdes ou microgreens encontram-se em ascensão, não apenas por suas propriedades nutricionais, mas por sua popularidade atrativa na gastronomia (Zanzini *et al.*, 2020). Colhidos entre sete e vinte dias após a sementeira, e com apenas as folhas cotiledonares formadas, os microverdes de hortaliças e plantas aromáticas apresentam propriedades nutricionais e concentrações elevadas de compostos fenólicos, como os antioxidantes (Crocetti *et al.*, 2017).

Os microverdes ou microgreens são popularmente confundidos com os brotos e as *baby leaf*, por serem plantas colhidas e consumidas em estado imaturo (Treadwell, *et al.*, 2020). Entretanto, podem ser diferenciadas entre si por tamanho, idade ou tipo de cultivo. Os brotos são colhidos jovens, possuem seu ciclo de 4 a 10 dias, antes do desenvolvimento completo dos cotilédones (De Lima, 2022). Além da parte aérea, suas raízes também são consumidas. Além disso, os brotos são cultivados em ambientes úmidos e com pouca ou nenhuma luz, o que favorece a proliferação de microrganismos patogênicos (Freitas, 2020). Os *baby leaf* são colhidas tardiamente com ciclo de 20 a 50 dias (De Lima, 2022), contendo 8 folhas verdadeiras no início da expansão, ainda jovens. Desta forma, os microverdes encontram-se em um estágio de desenvolvimento intermediário entre essas duas categorias, uma vez que são consumidas antes da expansão das folhas verdadeiras, suas raízes não são consumidas e seu cultivo necessita da presença de luz (Souza, 2022).

Como opção para o cultivo de microverdes, a beterraba (*Beta vulgaris* L.), da família Amaranthaceae (Crocetti *et al.*, 2017), é uma planta herbácea, rica em flavonoides e antocianinas, que lhe conferem a cor roxa avermelhada bastante atrativa para a decoração na gastronomia. Além disso, a planta possui funções biológicas importantes na prevenção de cânceres e de doenças cardiovasculares (Santos, *et al.*, 2020).

Diversos fatores podem influenciar nas características físico-químicas e de crescimento dos microverdes, como por exemplo, a forma de cultivo. Destaca-se o cultivo

hidropônico associado ao substrato comercial vermiculita que, combinados, garantem os nutrientes necessários para o bom desenvolvimento de plantas e ainda, garantem condições higiênico-sanitárias melhores quando comparadas a sistemas convencionais de produção (Souza, *et al.*, 2006).

Outro fator importante que induz alterações fisiológicas na planta é a qualidade da luz. Diferentes tipos de luz induzem a produção de diferentes tipos de compostos, que podem ser absorvidos afetando diretamente o crescimento, germinação, expansão foliar etc. (Lobiuc, *et al.*, 2017). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes iluminações artificiais do tipo LED no crescimento e produtividade de microverdes de beterraba e sua viabilidade econômica.



## 1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Com a busca cada vez mais crescente da sociedade por alimentos saudáveis e alternativos aos convencionais, as microverdes de beterraba destacam-se como uma opção nutricional rica e esteticamente atrativa para a gastronomia. Entretanto, sua produção inclui uma grande variedade de fatores, principalmente o método de cultivo e a iluminação (duração, intensidade e qualidade).

Estudos indicam que o uso de lâmpadas com diodos emissores de luz- LEDs no cultivo de microverdes podem alterar suas características nutricionais. De acordo com Freitas (2020), a utilização de LEDs apresenta impactos na fisiologia e no metabolismo de plantas através do processo fotossintético e no acúmulo de pigmentos em espécies que acumulam antocianinas, como é o caso da beterraba. Todavia, poucos trabalhos foram publicados avaliando a qualidade da luz no cultivo. Desta forma, este trabalho busca avaliar a influência de diferentes formas de iluminação artificial do tipo LED no crescimento e na produtividade de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.).

## 1.2 OBJETIVOS

### 2.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência de diferentes iluminações artificiais do tipo LED no crescimento e na produtividade de microverdes de beterraba, e a viabilidade econômica da produção nos diferentes tratamentos com LED..

### 2.1.2 Objetivos Específicos

- a) Desenvolvimento e montagem do sistema de cultivo de microverdes contendo caixas de cultivo semi hidropônico e sistema de iluminação;
- b) Avaliar as características morfológicas e de crescimento de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.) em função de três tipos de iluminação diferentes de LEDs;

- c) Realizar uma análise econômica de um modelo de negócio de produção de microverdes ao longo de seis anos do cultivo nos diferentes tratamentos.

## 2 METODOLOGIA

O experimento foi realizado nos laboratórios de Pesquisa e Inovação, Microbiologia e Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Avaré. O ambiente de cultivo das microverdes foi montado no laboratório de Pesquisa e Inovação, com a temperatura do ambiente de aproximadamente 25°C e umidade do ar de 60% e aferida com o auxílio de termômetro e higrômetro digital.

### 2.1 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE CULTIVO

Para o presente estudo foram elaborados três tratamentos com seis repetições. Para cada tratamento foi desenvolvido um sistema de subirrigação em caixa do tipo organizadora de polipropileno com 30,7 cm de largura, 42,5 cm de comprimento e 28 cm de profundidade. Dentro de cada caixa, foi disposto um suporte acrílico em formato retangular com 0,05 cm de espessura, acoplado para apoio das unidades experimentais com declividade de 5% (Araújo, *et al.*, 2018) e um dreno a partir das extremidades do acrílico para recondução de solução nutritiva (Figura 1).

Para a subirrigação, em cada tratamento foi utilizada uma bomba submersa da marca Elo Imports para aquário modelo EL-P310, com potência de 3 W, alocada no fundo da caixa. Para realizar o fluxo da solução nutritiva, foi elaborada uma mangueira tipo em “L” invertido de cano do tipo PVC marrom com 25 mm de diâmetro. Na parte superior da mangueira, foram realizados dez furos com o auxílio de máquina de solda para o escoamento da solução para as plantas.

Na Figura 1 a seguir é apresentada a estrutura do sistema montado em laboratório.

**Figura 1-** Estrutura do sistema de subirrigação para o cultivo de microverdes.



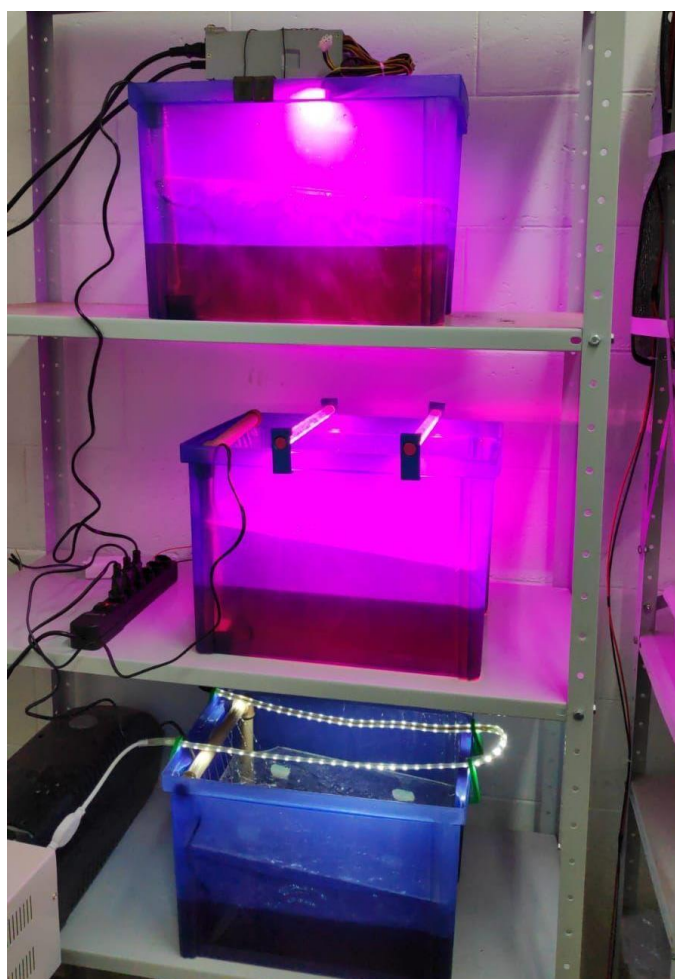
Fonte: Elaborado pelo autor, (2022)

Cada unidade experimental (repetição) foi composta por uma bandeja de alumínio descartável em formato retangular com capacidade de 220 ml com as dimensões 10 cm de comprimento de 7 cm de largura e 3,3 cm de profundidade. Cada bandeja foi perfurada em suas bases com 24 furos com o auxílio de pinça histológica de ponta fina, para o escoamento da solução nutritiva. Para cada tratamento, foram utilizadas seis bandejas.

O delineamento experimental foi Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) unifatorial (3 x 6), sendo os tratamentos identificados por T1, T2 e T3. T1: Fita LED Branco Frio, da marca LedLon, modelo 2835, com temperatura da cor 6500K com fluxo luminoso de 1200 lm, o que confere aproximadamente 27,6  $\mu\text{mol/s}$  de fluxo de fótons fotossintéticos; T2: LED COB Fullspectrum, da marca Epistar, modelo Slim COB5730, com comprimento de onda entre 380nm- 840nm, o que confere aproximadamente 354,92  $\mu\text{mol/s}$ ; e T3: Grow LED Fullspectrum da marca LEDsUp, modelo GLP-v.11.7.6-23, com fluxo de fótons fotossintéticos (PPF) de 10,6  $\mu\text{mol/s}$ , tubular com espectro na cor azul (450 nm – 40%) e vermelho (660 nm – 60%).

As informações sobre as características dos LEDs foram adquiridas por meio da ficha técnica, disponível nos respectivos sites dos fabricantes. Os microverdes foram expostos à luz constante dos respectivos LEDs por 24 horas (Mlinarić *et al.*, 2020). Foram desenvolvidos dois suportes feitos em impressoras 3D para o arranjo dos tubos de iluminação de LED Branco Frio e Grow-LED Fullspectrum. Para o tratamento com o LED Cob Fullspectrum, foi instalado no centro da caixa um sistema de resfriamento tipo *cooler*, a fim de dissipar o calor, conforme a recomendação do fabricante. Na Figura 2 a seguir é apresentada a estrutura dos sistemas montados e os diferentes tipos de LED utilizados em cada tratamento.

**Figura 2-** Sistemas organizados em prateleira com diferentes tipos de LED. LED COB Fullspectrum; Grow LED Fullspectrum e LED Branco Frio.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022)

## 2.2 SEMEADURA E CULTIVO DE MICROVERDES

A semeadura foi realizada manualmente, no dia 11 de agosto de 2022, utilizando-se sementes de microverdes de beterraba Shaykar 857 da marca ISLA Sementes®. Cada bandeja de alumínio recebeu uma camada de 0,5 cm de substrato inerte vermiculita, previamente hidratada na proporção de 500 ml de vermiculita expandida para 700 ml de água, sobre a qual foram depositadas 8 g de sementes por bandeja. Após a semeadura, as bandejas foram distribuídas nas caixas retangulares sob o suporte de acrílico.

A solução nutritiva utilizada para o cultivo foi Kit Rúcula de fertilizante mineral Plantpar®. O Pacote Rúcula 1 apresenta condutividade elétrica a 20 °C de 1,10 mS/cm (0,1%), enquanto o Pacote Rúcula 2 apresenta condutividade elétrica de 1,2 mS/cm (0,1%). Para o experimento, foi utilizada a dose recomendada pelo fabricante de 64 g/100 L de água. Após a dosagem em 10 L de água destilada, a condutividade elétrica encontrada foi de 1,33 mS/cm. O pH aferido foi igual a 6, dentro do recomendado pelo fabricante. A Tabela 1 apresenta os nutrientes disponíveis e garantidos pelo fabricante no pacote Rúcula 1.

**Tabela 1-** Nutrientes disponíveis e garantidos pelo fabricante no pacote Rúcula 1.

<b>Nutriente solúvel em água</b>	<b>%</b>
Nitrogênio N	8
Fósforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9
Potássio K <sub>2</sub> O	27
Enxofre S	4
Ferro Fe	0,23
Magnésio Mg	2
Boro B	0,04
Cobre Cu	0,02
Zinco Zn	0,02

Molibdênio Mo	0,01
Niquel Ni	0,002
Manganês Mn	0,1

Fonte: Adaptado de PlantPar.

A Tabela 2 apresenta os nutrientes disponíveis e garantidos pelo fabricante no pacote Rúcula 2.

**Tabela 2-** Nutrientes disponíveis e garantidos pelo fabricante no pacote Rúcula 2.

<b>Garantias totais</b>	<b>%</b>
Nitrogênio N	11
Cálcio Ca	14
Magnésio Mg	2

Fonte: Adaptado de PlantPar.

O sistema de fluxo laminar de nutrientes (NFT) (Carrizo & Makishima, 2000), foi adaptado para 15 min/hora das 7h até as 18h e 15min a cada duas horas após esse horário. As caixas continham um dreno em uma das extremidades para recondução da solução drenada ao reservatório de solução nutritiva, obtendo-se um sistema fechado, sem perda do drenado (Wieth, *et al.*, 2020).

### 2.3 COLHEITA E ANÁLISES

Após sete dias de cultivo, dez plântulas aleatórias de cada tratamento foram colhidas para avaliação de forma manual e com o auxílio de tesoura. Foram avaliadas em balança analítica a massa fresca, a massa seca (estufa de circulação forçada de ar à 60°C por 24 horas) e a produtividade total. Para o comprimento das folhas, mensurou-se a lâmina do cotilédone mais o seu pecíolo e, para mensurar o comprimento dos cotilédones mediu-se apenas a lâmina cotiledonar. Para a mensuração de ambos os comprimentos, utilizou-se um paquímetro manual. Os resultados foram analisados

quanto à normalidade, se normais comparados por teste de médias com Tukey à 5% de probabilidade de erro através do software estatístico R.

## 2.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE MICROVERDES

A metodologia utilizada para estudar a viabilidade econômica dos tratamentos foi a de Kohlman, (2021), em que foi idealizado um modelo de negócio com a produção de microverdes dentro de um ambiente de 25 m<sup>2</sup> durante 6 anos. Dentro desse espaço, é possível produzir em 12 estantes de aço de 198 x 92 x 30 cm. Cada estante de aço pode acomodar 8 caixas de cultivo, contendo cada caixa 6 bandejas de alumínio com plantas de microverdes de beterraba, totalizando 576 bandejas por ciclo de produção. Cada ciclo produtivo levou cerca de 10 dias, portanto em um mês é possível realizar três ciclos de produção. Foi realizado um levantamento dos custos para a aquisição dos equipamentos e utensílios necessários para a produção, totalizando dessa forma o investimento inicial para cada tratamento, sendo o único diferencial entre eles, o custo dos diferentes LEDs adquiridos. Foi calculado também o valor da depreciação linear anual dos equipamentos e utensílios, de acordo com o tempo de vida útil do objeto.

Para os cálculos referentes ao custo de produção, fez-se o levantamento dos custos nos três tratamentos, diferenciando custo de investimento, custos fixos e com os custos variáveis mensais (Kohlman, 2021). Foram realizados os levantamentos dos custos fixos, sendo o único diferencial entre os tratamentos o custo energético mensal, variável de acordo com a potência consumida dos LEDs, assim como foram inclusos equipamentos elétricos essenciais para o funcionamento do sistema, como refrigerador e ar-condicionado. Além disso, no tratamento T2 foi necessário o uso de um dissipador de calor, segundo o fabricante, o que diferenciou também no consumo energético mensal. O local onde realizou-se a produção foi alugado, sendo contabilizado como um custo fixo mensal.

Para os custos variáveis foram incluídos os insumos utilizados para a produção e as embalagens para a comercialização das microverdes em bandejas de isopor de 100 g cobertas com filme PVC. Para analisar o valor de mercado da bandeja de microverdes



de beterraba (100g), pesquisou-se via *internet* com a ferramenta Google, o preço de venda do produto, através de fornecedores (supermercados, *deliverys* e produtores) do Brasil. Realizou-se a média dos preços encontrados de dez empresas que comercializam microverdes de beterraba, com o intuito de estabelecer o preço de venda competitivo com o mercado.

Para a obtenção da receita mensal, projetou-se os valores de produtividade (g/mês) dos três tratamentos a partir dos resultados obtidos do experimento. Em seguida, calculou-se a receita a partir da média de preço de venda encontrada, considerando perdas aceitáveis de 5% da produção.

Os custos totais foram calculados pela soma dos custos fixos e variáveis mensais e anuais, de acordo com cada tratamento. O lucro líquido ao longo dos 6 anos foi obtido pela subtração da receita anual por impostos sobre a venda (considerou-se um percentual de 7%), pelos custos totais anuais, pela depreciação anual e pelo investimento inicial e de manutenção (compra de mais LEDs nos tratamentos 1 e 2 devido a vida útil de 3 e 2 anos, respectivamente).

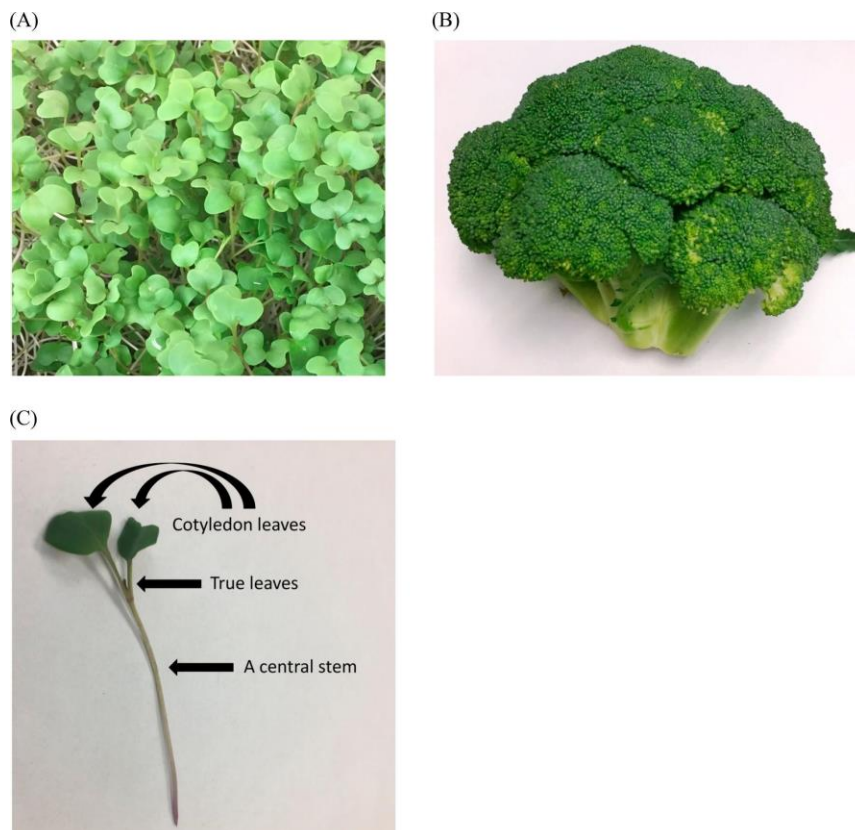
### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 MICROVERDES

Os microverdes, popularmente conhecidos como “confetes vegetais”, se desenvolvem a partir de várias espécies vegetais alimentares, como ervas, grãos e vegetais. Suas características físicas consistem em cotilédones totalmente desenvolvidos, com ou sem as primeiras folhas verdadeiras expandidas (Bhaswant *et al.*, 2023; Santos, 2021; Freitas, 2020). Os microverdes são definidos como plantas tenras e imaturas que, necessitam de luz para a fotossíntese, meio de cultivo e apresentam um ciclo de crescimento de 7 a 28 dias (Gupta *et al.*, 2023).

A maioria das espécies e variedades utilizadas para a produção atual de microverdes são das famílias Brassicaceae e Amaranthaceae (Xiao *et al.*, 2015). Algumas das espécies, subespécies e variedades mais populares da família Amaranthaceae incluem beterraba, acelga e amaranto e, na família Brassicaceae, são populares os microverdes de rabanete, brócolis, couve, repolho, tatsoi, pakchoi, mizuna, rúcula e mostarda. Xiao *et al.* (2012), apresenta 25 espécies de microverdes cultivadas comercialmente, entre eles repolho roxo, coentro, amaranto, granada e rabanete verde. Além disso, várias ervas medicinais e culinárias também têm sido utilizadas para a produção de microverdes, incluindo borragem (ou estrela-flor), salsa, manjeriço e fenogregó, entre outras (Gupta *et al.*, 2023). Na Figura 3, é possível verificar as diferenças físicas entre os microverdes e a planta adulta do brócolis.

**Figura 3:** Microverdes de brócolis e comparação com vegetal maduro: (A) microverdes de brócolis com 10 dias de cultivo, (B) brócolis maduros e (C) as três partes principais da microverdes de brócolis.



Fonte: Choe, *et al.* (2018)

Os microverdes são considerados alimentos funcionais, pois contém propriedades benéficas à saúde e capazes de prevenir doenças, assim são altamente valorizados pela rica fonte de componentes bioativos (Xiao *et al.*, 2015). Recentemente, microgreens de vegetais e outras plantas comestíveis ganham atenção especial devido à sua densa fonte de nutrição e ao breve período do ciclo de produção (Yadav *et al.* 2018).

As pesquisas, estão direcionadas em analisar antioxidantes que neutralizam os radicais livres e ajudam a prevenir os danos causados pelo estresse oxidativo, como a vitamina C, fitoquímicos, como carotenóides e fenólicos e certos minerais (Zhang *et al.* 2021). O estudo de Pinto *et al.*, (2015) que compara o perfil mineral e o teor de nitrato de microgreens e alfaces maduras mostrou que as microgreens possuem maior teor da maioria dos minerais (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se e Mo) que as alfaces maduras. Existem ainda, pesquisas direcionadas para o cultivo espacial de microverdes, a fim de enriquecer a dieta de astronautas, fornecendo fonte de vitaminas, minerais e antioxidantes, fundamentais para manter um estado saudável dos tripulantes e neutralizar os efeitos negativos devido ao voo espacial (Izzo *et al.* 2023; Amitrano *et al.*, 2023).

Não obstante, a indústria de cosméticos é um nicho que movimenta o novo crescimento dentro desse segmento. Estes microverdes são utilizados na produção de óleos e componentes que compõem produtos de consumo, como xampus e itens de cuidados com a pele. Como são ricos em vitaminas A e B, além de uma variedade de micronutrientes, são altamente atrativos para empresas que fabricam produtos de cuidados pessoais. Como resultado, é previsto que a demanda por microverdes aumente significativamente a longo prazo (Mordor Intelligence, 2023).

Os microverdes têm importância econômica. Segundo o relatório da Mordor Intelligence (2023), o mercado global de microverdes rendeu US\$ 230.99 bilhões em 2023 e deverá crescer anualmente, atingindo em 2028 US\$ 315 bilhões. Ainda, de acordo com o relatório, o mercado de microgreens é estimulado por chefs, utilizados como realçadores de sabor e como guarnições coloridas em seus pratos.

Segundo a revista Agroplanning (2022), a venda de microverdes no Brasil, triplicou entre 2019 e 2022 e essa crescente pode estar associada ao número de produtores no país, que aumentou durante este período, de 50 para 500.

No ano de 2020, a América do Norte liderou em termos de participação no mercado global de microverdes, ao passo que a região da Ásia-Pacífico se destacou pelo crescimento mais rápido nesse setor de pequenos vegetais (Ebert, 2022). Apesar da recente ascensão, o conceito de microverdes surgiu no final da década de 1980 em São Francisco, nos Estados Unidos, como ingrediente de alto valor para restaurantes sofisticados e, desde então, vem ganhando popularidade mundial (Viana, 2023).

### 3.2 ASPECTOS TÉCNICOS DO CULTIVO DE MICROVERDES

A produção de microverdes é um fenômeno cada vez mais popular devido à sua cor viva, ao sabor intenso e sua textura crocante (Bhaswant *et al.*, 2023). Primeiramente, as sementes de microverdes devem receber tratamentos sanitários preventivos para eliminação de bactérias patogênicas, visto que muitas espécies germinam facilmente, enquanto outras são lentas e podem exigir tratamentos pré-semeadura para melhorar, padronizar e encurtar o ciclo de produção. Existem diferentes tratamentos que são utilizados para acelerar os estágios iniciais da germinação, desde a simples imersão em água até tratamentos fisiológicos, como osmocondicionamento, condicionamento de matriz e pré-germinação de sementes (Kyriacou *et al.*, 2016).

Os microverdes podem ser produzidos facilmente, devido ao seu curto período de crescimento em diferentes ambientes como fazendas verticais, campos abertos, casa de vegetação, estufa agrícola e em sistemas *indoors*. No cultivo em fazendas verticais, o controle de todas as condições ambientais, tais como umidade relativa, temperatura do ar, intensidade luminosa, qualidade da luz e pressão de CO<sub>2</sub> do ar, é capaz de produzir cerca de 70 vezes mais que em campo aberto e 4 vezes mais que em casa de vegetação (Freitas, 2020). Os microverdes, podem ainda ser cultivados em solo padrão, estéril e solto, e muitas misturas têm sido usadas com sucesso com turfa, vermiculita, perlita e casca de arroz (Mir *et al.*, 2016).

Segundo Costa (2023), existem poucas pesquisas realizadas no Brasil sobre microverdes, principalmente os estudos sobre os meios de cultivo. Nas pesquisas de Santos *et al.* (2020), e Santos (2021), o substrato húmus de minhoca, beneficiaram os microverdes de beterraba, apresentando melhores resultados para comprimento, diâmetro, massa fresca e seca. Substratos alternativos também são empregados no cultivo de microverdes, como exemplo, o tecido de juta, utilizado na pesquisa de Dias, 2022, que apesar de não promover crescimento dos microverdes de beterraba e repolho roxo, propicia maior conteúdo de compostos fenólicos totais dos mesmos.

O desenvolvimento de meios de crescimento específicos para as diferentes espécies, contribuem para produção durante o ano todo, além de melhorar componentes antioxidantes valiosos e de grande importância para a indústria de microverdes (Moraru *et al.*, 2022). A maioria das culturas requer pouco ou nenhum fertilizante, porque a semente fornece a nutrição adequada para a cultura jovem. Algumas culturas microverdes de crescimento mais longo, como a cenoura e aipo, podem beneficiar de uma fertilização aplicada no fundo de bandejas, por fertirrigação (Treadwell *et al.*, 2020).

Os microverdes de crescimento mais rápido, como o agrião de mostarda e a acelga, também podem beneficiar de uma fertilização curta, pois possuem rápida germinação e esgotam rapidamente a sua fonte de nutrientes autônoma (Treadwell *et al.*, 2020). O uso de soluções preparadas somente com um fertilizante, com um ou dois elementos nutrientes, em contrapartida ao uso de uma solução nutritiva completa, é uma alternativa de redução tanto de custos de mão de obra como de produção para produção na agricultura familiar (Dias, 2022). Ainda, a aplicação de substrato juntamente com solução nutritiva é benéfica para o cultivo de microverdes, como mostra a pesquisa de Wieth *et al.* (2020), que utilizou o substrato comercial Carolina Soil® e solução nutritiva, aumentando a produtividade de microverdes de rúcula.

### 3.3 UTILIZAÇÃO DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL E SUA INFLUÊNCIA NA FISIOLOGIA DE PLANTAS

A iluminação baseada no uso de diodos emissores de luz (LEDs) é potencialmente um dos maiores avanços na iluminação em décadas. Os LEDs são a primeira fonte de luz capazes de controlar a composição espectral, combinando os comprimentos de onda com os fotorreceptores das plantas para fornecer uma produção mais ideal e influenciar a morfologia e a composição das plantas (Morrow, 2008).

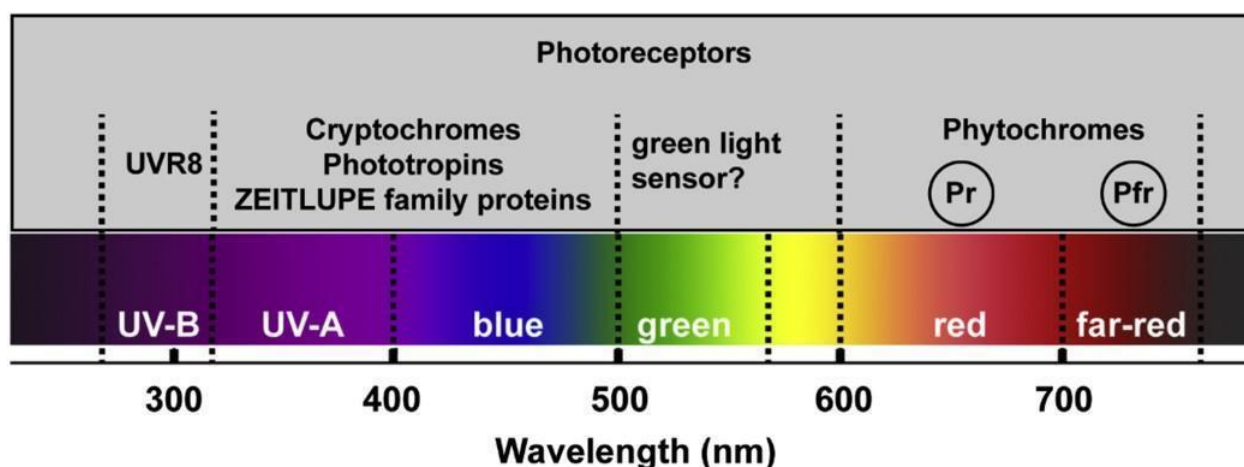
A luz de LED é formada por um diodo semicondutor e sua energia é liberada em forma de fóton e sua aplicação começou a ser estudada há muitos anos, principalmente em culturas onde era necessário o controle da floração, o tamanho e aparência das folhas (Freitas, 2020). De acordo com Viana (2023), a determinação da qualidade da luz é definida pelo comprimento de onda que incide nas plantas. Em um espectro eletromagnético, a característica de uma onda está relacionada pela distância entre picos de ondas sucessivas cujos valores são representados em nanômetros (nm).

A fotossíntese é iniciada nas plantas a partir da clorofila, que captura a energia luminosa e converte-a em energia química, para auxiliar a transformação da água e de dióxido de carbono em nutrientes primários para os seres vivos. Os comprimentos de onda azuis e vermelhos são absorvidos com mais eficiência, enquanto os comprimentos de onda verde e amarelo são refletidos ou transmitidos e, conseqüentemente, não são fundamentais no processo fotossintético. Ou seja, é possível estabelecer a quantidade de cor disponibilizada às plantas e ainda permitir seu crescimento tão efetivo quanto a luz branca (Yeh *et al.*, 2009).

Paik *et al.*, 2019, identificou cinco classes de fotorreceptores, responsáveis pela resposta às plantas a um amplo espectro de luz, que varia desde ultravioleta B (UV-B) até comprimentos de onda do vermelho extremo (Figura 4). Os receptores responsáveis pela captação da luz vermelha e vermelha distante (600– 750 nm), são os fitocromos e, estão relacionados ao crescimento e desenvolvimento das plantas, além de promoverem a germinação de sementes e robustez das plântulas. A captação da luz azul (400– 500 nm) e radiações UV-A (315– 400 nm) é realizada por fotorreceptores chamados de

criptocromos e fototropinas, e estão envolvidos respectivamente, na resposta de desestiolamento, floração e fototropismo, movimento do cloroplasto e abertura dos estômatos. Os fotorreceptores da classe zeitlupe são associados à floração fotoperiódica e na regulação do relógio circadiano. Ainda, existem os fotorreceptores específicos da radiação UV-B (280–315 nm), conhecidos como locus de resistência UV 8 (UVR8), essa classe está associada às respostas fotomorfogênicas em plantas que modificam a composição bioquímica e a competência fotossintética (Appolloni, 2022; Jenkins, 2014; Paulilo *et al.*, 2015).

**Figura 4:** Espectros eficazes para plantas e fotorreceptores vegetais.



Fonte: <https://doi.org/10.1016/j.cro.2020.01.001>; Xiaoyan, *et al.*, 2020.

Os LEDs também apresentam melhor custo-benefício quando comparado a outros tipos de emissores de luz. Enquanto a vida útil da luz incandescente é de 1.000 horas e da luz fluorescente é 8000 horas, os LEDs têm uma vida significativamente mais longa de 100.000 horas (Yeh *et al.*, 2009). Quando comparada com fontes de luz convencionais, a luz LED oferece fontes de luz com custo reduzido, e atualmente, um considerável número de estudos têm demonstrado as vantagens dos efeitos da luz LED no desenvolvimento das plantas e na qualidade das culturas, destacando o acúmulo de fitonutrientes em brotos e microverdes (Zhang *et al.*, 2020).



## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 AVALIAÇÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE MICROVERDES

A altura de plantas, comprimento de cotilédones, comprimento da folha, massa fresca, massa seca e produtividade constam na tabela 4. O tratamento submetido ao Grow LED Full Spectrum apresentou maior altura de plantas, comprimento da folha, massa fresca e massa seca e produtividade (Figura 5). Os tratamentos com LED Branco frio e LED COB Full Spectrum não diferiram entre si para esses parâmetros.

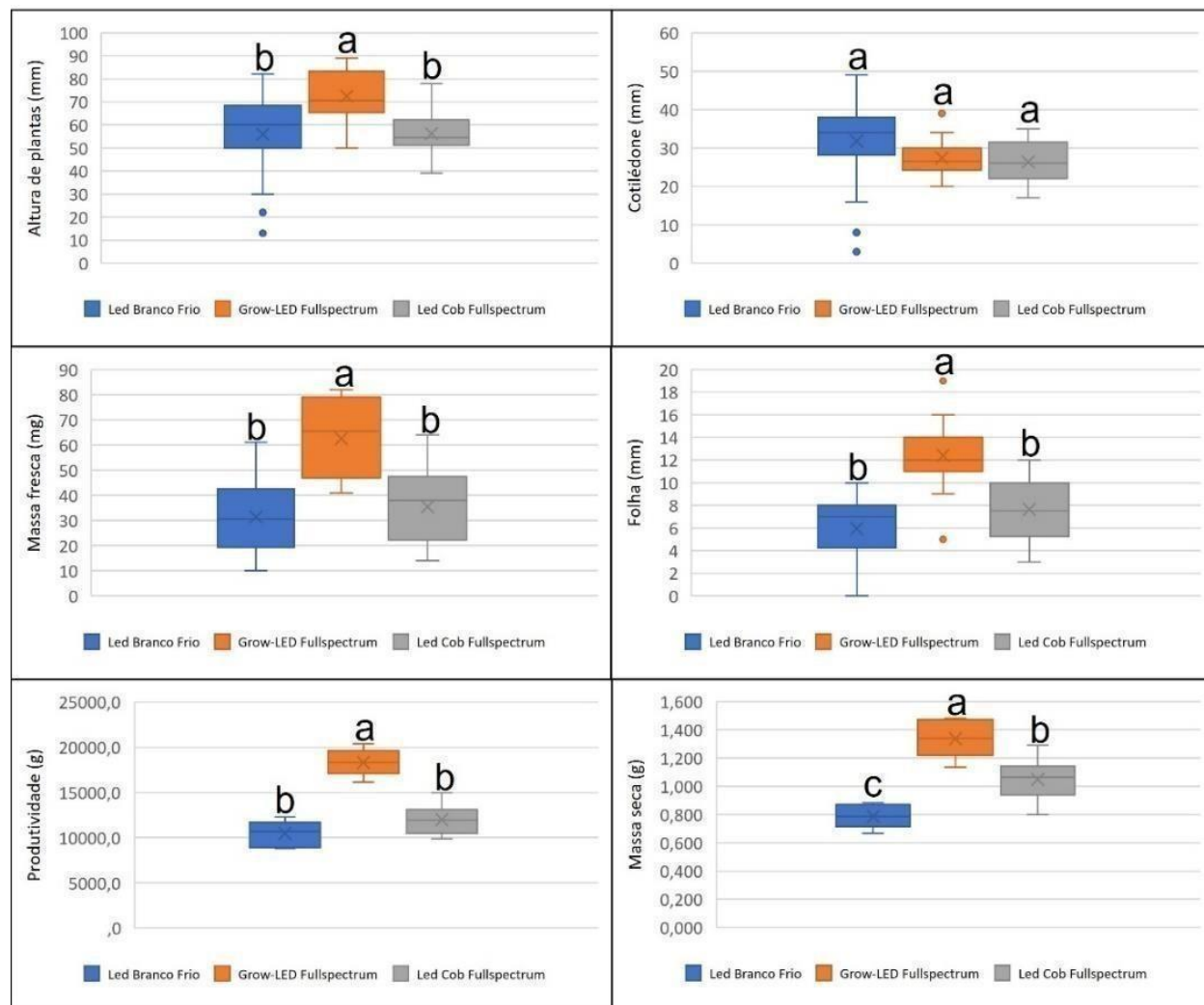
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Gráficos com letras iguais não houve diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

**TABELA 3-** Análises morfológicas de microverdes de beterraba cultivadas sob diferentes LEDs comerciais.

Tratamentos	Altura de plantas (mm)	Cotilédones (mm)	Massa fresca (mg/la)	Comprimento folha (mm)	Produtividade de (g/m <sup>2</sup> )	Produtividade massa seca (g/m <sup>2</sup> )
LED branco frio	56,05 b	31,75a	31,35 b	5,95 b	2122,9 b	161,42 c
Grow LED Full Spectrum	72,45 a	24,45a	62,5 a	12,4 a	3716,14 a	272,85 a
Led COB Full Spectrum	56,25 b	26,35a	35,5 b	7,65 b	2429,62 b	214,29 b
CV (%)	22,16	27,62	33,06	32,36	11,66	12,11
Valor F	9,51**	2,62 ns	28,15**	28,42 **	41,39**	27,6**

\*\*Valores significativos para o nível de significância de 1% pelo teste de Tukey; ns: não significativo; CV – Coeficiente de Variação.

**Figura 5:** *Boxplot* das análises morfológicas e de produtividade de microverdes de beterraba após sete dias de cultivo em sistema de fertirrigação com diferentes LEDs como fonte de iluminação artificial.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022)

Os maiores valores de comprimento das folhas e a massa fresca submetidos ao tratamento Grow LED Full Spectrum, podem estar relacionados à qualidade da luz, como mostra a pesquisa de Wu *et al.*, 2007, que relatou efeitos positivos na área foliar de microverdes de ervilha submetidos à luz vermelha, enquanto a luz azul proporcionou maior comprimento do caule e o peso das plântulas. O comprimento inferior das folhas do tratamento LED COB Full Spectrum pode ser associado ao seu alto valor de

intensidade luminosa (aproximadamente 354,92  $\mu\text{mol/s}$ ) que é capaz de diminuir a área foliar de microverdes (Gerovac *et al.*, 2016; Adasme *et al.*, 2023).

A produtividade mensurada apresentou diferença estatística entre todos os tratamentos, tendo o Grow LED Full Spectrum apresentou maiores médias com 3738,57  $\text{g/m}^2$ , seguido pelo LED COB Full Spectrum com 2444,29  $\text{g/m}^2$  e as menores médias foram obtidas no tratamento com o LED branco frio com 2135,71  $\text{g/m}^2$  (Figura 5 e 7 e Tabela 4).

**Figura 6:** Microverdes de beterraba cultivados sob diferentes tratamentos, a – LED COB Full Spectrum; b – LED branco frio; c – Grow LED Full Spectrum. Barra = 2,6 cm.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022)

**Figura 7:** Microverdes de beterraba com sete dias de cultivo, sob diferentes tipos de iluminação artificial, a – Led branco frio; b – Led cob fullspectrum; c – Grow LED fullspectrum.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022)

As luzes vermelha e azul são absorvidas de forma mais eficiente por pigmentos fotossintéticos quando comparados às outras regiões do espectro de luz, isso garante melhor crescimento das plantas (Loubic *et al.*, 2017). Desta forma, é significativo que os LED Grow e LED COB apresentaram melhores resultados, em relação ao tratamento com LED Branco frio, mas principalmente, o LED Grow Full Spectrum.

As plantas submetidas ao tratamento Grow LED Full Spectrum apresentaram maior número de plântulas desenvolvidas, que ocasionou maior produtividade, enquanto o tratamento com Led Branco Frio apresentou menor desenvolvimento e o tratamento com LED COB Full Spectrum apresentou estiolamento (Figura 7). O aumento da produtividade no tratamento com Grow LED Full Spectrum pode estar relacionado a presença de luz azul e vermelha que, com intensidade de luz razoável, controla a abertura estomática e aumento da fotossíntese. Enquanto altos níveis de intensidade luminosa do LED COB, mesmo que no espectro vermelho e azul, podem diminuir o alongamento comprimento de plântulas. O LED Branco apresentou resultados semelhantes à literatura, em virtude de sua baixa intensidade luminosa (Wu *et al.*, 2007). Neste caso, a morfologia e o crescimento dos microverdes, foram controlados pela qualidade da luz da radiação, sendo os fatores intensidade e qualidade (espectro da luz) importantes para uma maior produtividade das microverdes.

Apesar de não ter sido realizada análises qualitativas dos microverdes nos tratamentos, é possível visualizar na Figura 7, que os microverdes submetidos ao LED Grow Full Spectrum apresentam melhor aspecto visual quanto aos microverdes dos outros tratamentos. O melhor vigor das plantas é essencial para a gastronomia que utilizam os microverdes como ornamentos em pratos a fim de elevar sua sofisticação.

#### 4.2 ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE MICROVERDES

As Tabelas 4, 5 e 6 apresentam os custos de investimento inicial necessários para produção de acordo com cada tratamento, onde o T3 apresentou maior valor de investimento inicial.

**Tabela 4-** Investimento inicial necessário para produção de microverdes de beterraba T1

<b>Investimento inicial T1 (LED Branco frio)</b>					
Qtd		Equipamentos	Preço (R\$)	Vida útil (anos)	Depreciação/ano (R\$)
12	un	Estantes de aço	2014,8	20	100,74
96,00	un	Caixa tipo organizadora azul	6614,40	10	661,44
12,48	m <sup>2</sup>	Suporte acrílico transparente	1643,52	10	164,352
96,00	un.	Bomba Aquário Bivolt	2304,00	5	460,8
48,00	m	Cano PVC 25 mm	207,36	60	3,456
96,00	un.	"Joelho" PVC 25 mm	57,60	60	0,96
1,00	un	Termômetro e higrômetro digital	17,29	20	0,8645
36,48	m	Luz Fita de LED Branco	458,88	3	183,552
1,00	un	Ar condicionado 18.000 btus	2299,9	15	153,327
1,00	un	Reservatório de água	321,9	30	10,73
1,00	un	Condutímetro portátil	104,54	5	20,908
1,00	um	pHmetro portatil	100,27	5	20,054
1,00	un	Geladeira	1859,00	10	185,9
1,00	un	Balança	24,90	8	3,1125
1,00	un	Filtro de água	78,90	10	7,89
1,00	un	Mesa de trabalho inox	680,00	30	22,67
1,00	un	Cuba inox	105,73	30	3,52
		<b>Total</b>	<b>18892,99</b>		<b>2004,28</b>
Qtd		Utensílios	Preço (R\$)	Vida útil (anos)	Depreciação/ano (R\$)
2,00	un	Tesoura	15,02	6	2,50
4,00	un	Bacia	22,90	10	2,29
1,00	un	Faca	19,05	10	1,91
3,00	un	Lixeiras	62,70	10	6,27
2,00	cxs	Luvras	38,22	5	7,64
1,00	un	Vassoura	14,21	5	2,842
1,00	un	Rodo	8,99	5	1,80
5,00	un	Pano de chão	9,80	1	9,8
2,00	un	Cadeiras	248,40	5	49,68
1,00	un	Escada	87,20	5	17,44
		<b>Total</b>	<b>526,49</b>		<b>102,17</b>
<b>Investimento inicial total (R\$)</b>			<b>19419,48</b>	<b>Depreciação total/ano (R\$)</b>	<b>2106,45</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, (2023).

**Tabela 5-** Investimento inicial necessário para produção de microverdes de beterraba T2

<b>Investimento inicial T2 (LED COB)</b>					
Qtd		Equipamentos	Preço (R\$)	Vida útil (anos)	Depreciação/ano (R\$)
12	un	Estantes de aço	2014,8	20	100,74
96,00	un	Caixa tipo organizadora azul	6614,40	10	661,44
12,48	m <sup>2</sup>	Suporte acrílico transparente	1643,52	10	164,352
96,00	un.	Bomba Aquário Bivolt	2304,00	5	460,8
48,00	m	Cano PVC 25 mm	207,36	60	3,456
96,00	un.	"Joelho" PVC 25 mm	57,60	60	0,96
1,00	un	Termômetro e higrômetro digital	17,29	20	0,8645
96,00	un	Chip LED COB Full Spectrum	2581,44	2	1122,365
96,00	un.	Dissipador De Calor 12v	5472,00	5	1094,4
1,00	un	Ar condicionado 18.000 btus	2299,9	15	153,327
1,00	un	Reservatório de água	321,9	30	10,73
1,00	un	Condutímetro portátil	104,54	5	20,908
1,00	um	pHmetro portatil	100,27	5	20,054
1,00	un	Geladeira	1859,00	10	185,9
1,00	un	Balança	24,90	8	3,1125
1,00	un	Filtro de água	78,90	10	7,89
1,00	un	Mesa de trabalho inox	680,00	30	22,67
1,00	un	Cuba inox	105,73	30	3,52
		<b>Total</b>	<b>26487,55</b>		<b>4037,49</b>
Qtd		Utensílios	Preço (R\$)	Vida útil (anos)	Depreciação/ano (R\$)
2,00	un	Tesoura	15,02	6	2,50
4,00	un	Bacia	22,90	10	2,29
1,00	un	Faca	19,05	10	1,91
3,00	un	Lixeiras	62,70	10	6,27
2,00	cxs	Luvas	38,22	5	7,64
1,00	un	Vassoura	14,21	5	2,842
1,00	un	Rodo	8,99	5	1,80
5,00	un	Pano de chão	9,80	1	9,8
2,00	un	Cadeiras	248,40	5	49,68
1,00	un	Escada	87,20	5	17,44
		<b>Total</b>	<b>526,49</b>		<b>102,17</b>
<b>Investimento inicial total (R\$)</b>			<b>27014,04</b>	Depreciação total/ano (R\$)	<b>4139,66</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, (2023).

**Tabela 6-** Investimento inicial necessário para produção de microverdes de beterraba T3

<b>Investimento inicial T3 (Grow LED Full Spectrum)</b>					
Qtd		Equipamentos	Preço (R\$)	Vida útil (anos)	Depreciação/ano (R\$)
12	un	Estantes de aço	2014,8	20	100,74
96,00	un	Caixa tipo organizadora azul	6614,40	10	661,44
12,48	m <sup>2</sup>	Suporte acrílico transparente	1643,52	10	164,352
96,00	un.	Bomba Aquário Bivolt	2304,00	5	460,8
48,00	m	Cano PVC 25 mm	207,36	60	3,456
96,00	un.	"Joelho" PVC 25 mm	57,60	60	0,96
1,00	un	Termômetro e higrômetro digital	17,29	20	0,8645
96,00	un	Grow LED Full Spectrum tubular	120768	12	10064,000
1,00	un	Ar condicionado 18.000 btus	2299,9	15	153,327
1,00	un	Reservatório de água	321,9	30	10,73
1,00	un	Condutímetro portátil	104,54	5	20,908
1,00	um	pHmetro portatil	100,27	5	20,054
1,00	un	Geladeira	1859,00	10	185,9
1,00	un	Balança	24,90	8	3,1125
1,00	un	Filtro de água	78,90	10	7,89
1,00	un	Mesa de trabalho inox	680,00	30	22,67
1,00	un	Cuba inox	105,73	30	3,52
		<b>Total</b>	<b>139202,11</b>		<b>11884,72</b>
Qtd		Utensílios	Preço (R\$)	Vida útil (anos)	Depreciação/ano (R\$)
2,00	un	Tesoura	15,02	6	2,50
4,00	un	Bacia	22,90	10	2,29
1,00	un	Faca	19,05	10	1,91
3,00	un	Lixeiras	62,70	10	6,27
2,00	cx	Luvas	38,22	5	7,64
1,00	un	Vassoura	14,21	5	2,842
1,00	un	Rodo	8,99	5	1,80
5,00	un	Pano de chão	9,80	1	9,8
2,00	un	Cadeiras	248,40	5	49,68
1,00	un	Escada	87,20	5	17,44
		<b>Total</b>	<b>526,49</b>		<b>102,17</b>
<b>Investimento inicial total (R\$)</b>			<b>139728,6</b>	Depreciação total/ano (R\$)	<b>11986,90</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, (2023).



Destaca-se que o custo de aquisição dos LED's Grow Full Spectrum representa 86% do custo total do investimento, entretanto a sua vida útil é consideravelmente maior quando comparada aos outros tratamentos.

A Tabela 7 apresenta os custos fixos de acordo com cada tratamento, onde o T1 demonstrou menor despesa fixa mensal, enquanto o T2 apresentou a maior despesa comparado aos outros tratamentos. O maior consumo de energia elétrica do LED COB e do cooler dissipador de calor foram responsáveis pela maior parte do custo de energia elétrica e conseqüentemente, elevaram o valor de custo fixo total.

**Tabela 7-** Custos fixos mensais por tratamento

<b>Custos fixos mensais por tratamento</b>		
<b>Custo</b>		<b>Preço (R\$)</b>
Aluguel		400
Água		35,92
Contador		400
<b>Total</b>		<b>835,92</b>
		<b>Total Custos fixos (R\$)</b>
*Energia Elétrica T1	1559,7312	<b>2395,6512</b>
*Energia Elétrica T2	5491,2192	<b>6327,1392</b>
*Energia Elétrica T3	1982,4192	<b>3542,1504</b>

\*consumo de energia elétrica= ar+ refrigerador+ consumo LED

Fonte: Elaborado pelo autor, (2023).

Os insumos expressos nos custos variáveis foram comuns entre os tratamentos, diferenciando apenas a quantidade de bandejas utilizadas para armazenagem dos microverdes, dessa forma os tratamentos obtiveram custos variáveis com valores próximos (Tabela 8).

**Tabela 8-** Custos variáveis mensais por tratamento

<b>Custos variáveis mensal</b>			
Quantidade	Un. Medida	Insumos	Preço (R\$)
2880,00	L	Adubo sol. Nutritiva	4,71
100,00	L	Substrato vermiculita	85,22
288,00	g	Semente de microverdes de beterraba	3758,4
600,00	un.	Bandeja retangular alumínio 220 ml	197,58
<b>Total</b>			<b>4045,91</b>
<b>T1- Branco frio</b>			
Quantidade	Unidade de medida	Insumos	Preço (R\$)
270,00	un.	Bandeja isopor	32,751
270,00	un.	plástico pvc	2,754
<b>Total</b>			<b>4081,42</b>
<b>T2- LED COB Full Spectrum</b>			
Quantidade	Unidade de medida	Insumos	Preço (R\$)
300,00	un.	Bandeja isopor	36,39
300,00	un.	plástico pvc	3,06
<b>Total</b>			<b>4085,36</b>
<b>T3- Grow LED Full Spectrum</b>			
Quantidade	Unidade de medida	Insumos	Preço (R\$)
500,00	un.	Bandeja isopor	60,65
500,00	un.	plástico pvc	5,10
<b>Total</b>			<b>4111,66</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, (2023).

De acordo com os custos fixos e variáveis encontrou-se o custo total dos diferentes tratamentos, onde o T2 apresentou maiores custos totais ao mês e ao ano (Tabela 9).

**Tabela 9-** Custos totais mensais e ao ano

<b>Custos totais/mês e ano</b>		
Tratamentos	Custos totais mês	Custos totais/ ano
T1	6477,07	77724,7944
T2	10412,50	124949,9904
T3	7653,81	91845,7248

\*Custos totais= Custo fixo+ custo variável

Fonte: Elaborado pelo autor, (2023).

Para o cálculo da receita mensal já descontadas as perdas inerentes a produção, o valor médio e competitivo com o mercado encontrado foi de R\$ 27,00 para a venda de bandeja com 100 g de microverdes de beterraba. A Tabela 10 apresenta a receita líquida da produção de microverdes de beterraba com os três tratamentos.

**Tabela 10-** Receita líquida mensal da produção de microverdes com diferentes tratamentos.

	Área de prod.(3 ciclos/mês) m <sup>2</sup>	Produção/ciclo (g/m <sup>2</sup> )	Produção 3 ciclos (g)/mês	Número de bandejas	Número de bandejas-perdas (5%)	Receita
T1	<b>12,096</b>	2122	25667,712	256,67712	243,8365	<b>6583,5855</b>
T2	<b>12,096</b>	2429	29381,184	293,81184	279,0195	<b>7533,5265</b>
T3	<b>12,096</b>	3716	44948,736	449,48736	427,012992	<b>11529,3508</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, (2023).

A Tabela 11 demonstra o lucro líquido da produção ao longo de 6 anos referente ao tratamento 1, onde destaca-se que em seis anos não foi possível obter lucro em nenhum ano, sendo observado o aumento do prejuízo ao longo dos anos, considerando assim um negócio não rentável.

**Tabela 11-** Lucro líquido da produção de microverdes de beterraba no Tratamento 1.

	Lucro líquido da produção em T1- LED Branco						Receitas - custos (total)
	1 ano	2 ano	3 ano	4 ano	5 ano	6 ano	
Receita	<b>79003,02</b>	<b>79003,02</b>	<b>79003,02</b>	<b>79003,02</b>	<b>79003,02</b>	<b>79003,02</b>	<b>474018,15</b>
Imposto sobre venda (7%)	5530,21	5530,21	5530,21	5530,21	5530,21	5530,21	
Custos totais anual	<b>77724,79</b>	<b>77724,79</b>	<b>77724,79</b>	<b>77724,79</b>	<b>77724,79</b>	<b>77724,79</b>	
Depreciação anual	2106,45	2106,45	2106,45	2106,45	2106,45	2106,45	
Investimento	19419,48		458,88		458,88		
Lucro líquido (R\$)	<b>-25777,91</b>	<b>-6358,43</b>	<b>-6817,31</b>	<b>-6358,43</b>	<b>-6817,310</b>	<b>-6358,430</b>	<b>-58487,82</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, (2023).

A Tabela 12 apresenta o lucro líquido da produção ao longo de 6 anos referente ao tratamento 2, onde destaca-se que em seis anos não foi possível obter lucro em nenhum ano, sendo observado o aumento do déficit financeiro ao longo dos anos, considerando também um negócio não rentável.

**Tabela 12-** Lucro líquido da produção de microverdes de beterraba no Tratamento 2.

<b>Lucro líquido da produção em T2- LED COB</b>							<b>Receitas - despesas (total)</b>
<b>1 ano</b>	<b>2 ano</b>	<b>3 ano</b>	<b>4 ano</b>	<b>5 ano</b>	<b>6 ano</b>		
Receita	<b>90402,31</b>	<b>90402,31</b>	<b>90402,31</b>	<b>90402,31</b>	<b>90402,31</b>	<b>90402,31</b>	<b>452011,59</b>
Imposto sobre venda (7%)	6328,16	6328,16	6328,16	6328,16	6328,16	6328,16	
Custos totais anuais	<b>124949,99</b>	<b>124949,99</b>	<b>124949,99</b>	<b>124949,99</b>	<b>124949,99</b>	<b>124949,99</b>	
Depreciação anual	3028,98	3028,98	3028,98	3028,98	3028,98	3028,98	
Investimento	27014,04		2581,44		2581,44		
Lucro líquido (R\$)	-70918,86	-43904,82	-46486,26	-43904,82	-46486,26	-43904,82	<b>-295605,84</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, (2023).

A Tabela 13 apresenta o lucro líquido para a produção submetida ao tratamento 3, onde destaca-se que em seis anos o valor de investimento inicial paga-se. Isso se dá, principalmente, pela produtividade mais elevada em função do Grow LED Full Spectrum, o seu consumo reduzido de energia elétrica que não encarece os custos fixos e, também devido à sua vida útil maior, comparado aos outros LEDs. Como o tempo de vida útil desse LED é de doze anos, se o cálculo fosse ao longo desse tempo o lucro seria ainda maior.

**Tabela 13-** Lucro líquido da produção de microverdes de beterraba no Tratamento 3.

<b>Lucro líquido da produção em T3- Grow LED</b>							
	<b>1 ano</b>	<b>2 ano</b>	<b>3 ano</b>	<b>4 ano</b>	<b>5 ano</b>	<b>6 ano</b>	<b>Receitas - despesas (total)</b>
Receita	<b>138352,2</b>	<b>138352,2</b>	<b>138352,2</b>	<b>138352,2</b>	<b>138352,2</b>	<b>138352,2</b>	<b>830113,25</b>
Imposto sobre venda (7%)	9684,654	9684,654	9684,654	9684,654	9684,654	9684,654	
Custos totais anuais	<b>91845,72</b>	<b>91845,72</b>	<b>91845,72</b>	<b>91845,72</b>	<b>91845,72</b>	<b>91845,72</b>	
Depreciação anual	11986,89	11986,89	11986,89	11986,89	11986,89	11986,89	
Investimento	139728,6						
Lucro líquido (R\$)	-114893,67	24834,93	24834,93	24834,93	24834,93	24834,93	<b>9281,01</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, (2023).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta pesquisa destacam a eficácia do tratamento submetido à iluminação com Grow LED Full Spectrum na otimização do cultivo de microverdes de beterraba. Este tratamento destacou-se nos aspectos avaliados, incluindo altura das plantas, massa fresca e seca, comprimento da folha e produtividade total, quando comparado aos outros dois tipos de LEDs investigados. Para uma avaliação mais abrangente e resultados morfológicos ainda mais expressivos, recomenda-se a mensuração do fluxo de fótons fotossintéticos (PPFD), aferição da intensidade luminosa (lux) e a análise dos comprimentos de onda específicos emitidos pelos LEDs. Essas medidas adicionais proporcionarão uma compreensão mais detalhada dos fatores que contribuem para o desempenho superior do Grow LED Full Spectrum, fornecendo uma base sólida para otimizar ainda mais as condições de cultivo.

O Grow LED Full Spectrum não apenas respondeu de maneira positiva aos parâmetros de desenvolvimento das plantas, mas também se revelou como a opção mais vantajosa do ponto de vista econômico. O seu melhor custo-benefício não só proporciona um ganho expressivo na produtividade, mas também aponta para um aumento significativo na lucratividade líquida, tendo o retorno de investimento dentro dos primeiros seis anos de produção.

Os resultados do presente trabalho não se limitam apenas no contexto agrônomo, mas se estendem para diversas aplicações práticas. Agricultores e produtores de microverdes podem adotar esta abordagem como uma estratégia eficaz para melhorar a qualidade e o rendimento de suas colheitas, ao mesmo tempo em que otimizam seus recursos financeiros.

Além disso, o uso do Grow LED Full Spectrum pode ser estendido a outros cultivos de ciclo curto, ampliando seu potencial de aplicação e impactando positivamente a produção de alimentos em pequena escala. A pesquisa contribui, assim, para o avanço não apenas na eficiência agrônoma, mas também na viabilidade econômica de práticas sustentáveis e inovadoras na agricultura moderna.

Desta forma, os resultados desta pesquisa têm implicações práticas e promissoras, fornecendo uma base sólida para a implementação efetiva do Grow LED Full Spectrum como uma ferramenta valiosa na produção de microverdes de beterraba. Este avanço representa não apenas um ganho para a comunidade científica, mas também uma contribuição tangível para a agricultura sustentável e para o fornecimento de alimentos nutritivos em um cenário de crescente demanda.

## REFERÊNCIAS

- ADASME, C. H.; DIAS, R. P.; ESCALONA, V. H. The Effect of Light Intensity and Photoperiod on the Yield and Antioxidant Activity of Beet Microgreens **Produced in an Indoor System. Horticulturae**, v. 9, n. 4, p. 493, 1 abr. 2023.
- AMITRANO, C.; PAGLIALUNGA, G.; BASTTISTELLI, A.; DE MICCO, V.; DEL BIANCO, M.; LIUZZI, G.; MOSCATELLO, S.; PARADISO, R.; PROIETTI, S.; ROUPHAEL, Y.; DE PASCALE, S. Defining growth requirements of microgreens in space cultivation via biomass production, morpho-anatomical and nutritional traits analysis. **Frontiers in Plants Science**, vol. 14, jul. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1190945>>. Acesso em 23 out 2023.
- APPOLLONI, E.; PENNISI, G.; ZAULI, I.; CAROTTI, L.; PAUCEK, I.; QUAINI, S.; ORSINI, F.; GIANQUINTO, G. Beyond vegetables: effects of indoor LED light on specialized metabolite biosynthesis in medicinal and aromatic plants, edible flowers, and microgreens. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 102, n. 2, p. 472–487, 2022.
- ARAÚJO, O. M.; SANTANA, J.; MOTA, M. C.; LIMA, A. F.; MOREIRA, J. M; SILVA, A. P. Efeito da declividade de bancada sobre a produção de alface. **PubVet**, v. 12, n. 7, p. 1–4, 2018.
- BERGQUIST, S.; ULLA, G.; MARIE, O. Influence of growth stage and postharvest storage on ascorbic acid and carotenoid content and visual quality of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, pp.346-355, 2006.
- BHASWANT, M.; SHANMUGAM D. K.; MIYAZAWA, T.; ABE, C.; MIYAZAWA, T. Microgreens—A Comprehensive Review of Bioactive Molecules and Health Benefits. **Molecules**, v. 28, n. 2, p. 867, jan. 2023.
- CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N. Princípios de hidroponia. **Circular técnica**. In: Embrapa. Brasília/DF, nov. 2000.
- CHOE, U.; YU, L. L.; WANG, T. T. The Science behind Microgreens as an Exciting New Food for the 21st Century. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, vol. 66, n. 44, 20, p. 11519–11530, out. 2018. Disponível em:<<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b03096>>. Acesso em: 28 out. 2023.
- CROCETTI, A. C. H.; GOMES, G.; SARE, I.; CAMPOS, F. R.; BALBI, M. E. Determinação da composição centesimal a partir de dois métodos de secagem para a produção da farinha de beterraba (*Beta vulgaris*, L.- Família Amaranthaceae). **Visão acadêmica**, v. 17, n. 4, mar. 2017. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/academica/article/view/51359> >. Acesso em: 02 set. 2022.



DE LIMA, F. M. **Densidades de fluxo de fótons fotossintéticos e de sementeira para produção indoor de microverdes**. Tese (Doutorado em Tecnologia da Produção Agrícola)- Instituto agrônomo, Campinas, 2022.

DIAS, L. O. F. **Efeito de substratos e da biofortificação com zinco sobre aspectos agrônômicos e conteúdo de fitoquímicos de microverdes**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

EBERT, A. W. Sprouts and microgreens—novel food sources for healthy diets. **Plants**, v. 11, n. 4, p. 571, 2022.

FREITAS, I. S. **Suplementação luminosa com lâmpadas LED no cultivo de microverdes em ambiente protegido**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.11606/D.11.2020.tde-12082020-173606>>. Acesso em: 28 out. 2023.

GEROVAC, J. R.; CRAVER, J. K.; BOLDT, J. K.; LOPEZ, R. G. Light Intensity and Quality from Sole-source Light-emitting Diodes Impact Growth, Morphology, and Nutrient Content of Brassica Microgreens. **HortScience**, v. 51, n. 5, p. 497–503, mai. 2016.

GUPTA, A.; SHARMA, T.; SINGH, S. P.; BHARDWAJ, A.; SRIVASTAVA, D.; KUMAR, R. Prospects of microgreens as budding living functional food: Breeding and biofortification through OMICS and other approaches for nutritional security. **Frontiers in genetics**, v. 14, 2023.

IZZO, L. G.; EL NAKHEL, C.; ROUPHAEL, Y.; PROIETTI, S.; PAGLIALUNGA, G.; MOSCATELLO, S.; BASTIELLI, A.; IOVANE, M.; ROMANO, L. E.; PASCALE, S.; ARÃO, ARONNE, G. Applying Productivity and Phytonutrient Profile Criteria in Modelling Species Selection of Microgreens as Space Crops for Astronaut Consumption. **Frontiers in Plant Science**, vol. 14, ago. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1210566>>. Acesso em: 28 out. 2023.

JENKINS, G. I. The UV-B photoreceptor UVR8: From structure to physiology. **The plant cell**, v. 26, n. 1, p. 21–37, jan. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1105.tpc.113.119446>>. Acesso em: 28 out. 2023.

KYRIACOU, M. C.; ROUPHAEL, Y.; GIOIA, F.; KYRATZIS, A.; SERIO, F.; RENNA, M.; PASCALE, S.; SANTAMARIA, P. Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. **Trends in Food Science & Technology**, v. 57, p. 103–115, nov. 2016.

KOHLMANN, F. M. **Plano de negócios para fazenda urbana de microverdes no município de Porto Alegre-RS**. (Monografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2021.

LOBIUC, A.; VASILACHE, V.; PINTILIE, O.; STOLERU, T.; BURDUCEA, M.; OROIAN, M.; ZAMFIRACHE, M. M. Blue and red LED illumination improves growth and bioactive compounds contents in acyanic and cyanic *Ocimum basilicum* L. microgreens.

**Molecules**, v. 22, n. 12, p. 2111, 2017.

MIR, S. A.; SHAH, M. A.; MIR, M. M. Microgreens: Production, shelf life, and bioactive components. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 12, p. 2730–2736, 8 fev. 2016.

MIR, S. A.; SHAH, M. A.; MIR, M. M. Microgreens: Production, shelf life, and bioactive components. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 12, p. 2730–2736, 2017.

MLINARIĆ, S.; et al. The effect of light on antioxidant properties and metabolic profile of chia microgreens. **Applied Sciences**, v. 10, n. 17, p. 5731, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/app10175731>>. Acesso em: 23 out 2023.

MORARU, P. I.; RUSU, T.; MINTAS, O. S. Trial Protocol for Evaluating Platforms for Growing Microgreens in Hydroponic Conditions. **Foods**, v. 11, n. 9, p. 1327, mai. 2022.

MORDOR INTELLIGENCE. **Tamanho do mercado microgreens & análise de participação- Tendências de crescimento e previsões. (2023 - 2028)**. Disponível em: <<https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/microgreens-market>>. Acesso em: 28 out. 2023.

PAIK, I.; HUQ, E. Plant photoreceptors: Multi-functional sensory proteins and their signaling networks. **Seminars in cell & developmental biology**, v. 92, p. 114–121, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2019.03.007>>. Acesso em: 28 out. 2023.

PAULILO, M. T. S.; VIANA, A. M.; RANDI, Á. M. **Fisiologia Vegetal**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2015, p. 138-183. Disponível em: <<https://antigo.uab.ufsc.br/biologia//files/2020/08/Fisiologia-Vegetal.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2023.

PINTO, E.; ALMEIDA, A. A.; FERREIRA, I. M. Comparison between the Mineral Profile and Nitrate Content of Microgreens and Mature Lettuces. **Journal of Food Composition and Analysis**, vol. 37, p. 38-43, fev. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.06.018>>. Acesso em: 28 out. 2023.

SANTOS, F. L.; COSTA, E. S.; LIMA, C. S. M. Diferentes substratos no desenvolvimento de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.). **Repositório Digital UFFS Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v.21, n. 2, 2020. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81365122008>>. Acesso em: 2 out. 2023.

SANTOS, F. L. D. **Diferentes substratos no desenvolvimento de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.)**. (Monografia). Centro Universitário Internacional-UNINTER, Laranjeiras do Sul, 2021.

SANTOS, N. **Em dois anos, mercado de microverdes triplicou no Brasil**. Disponível em: <<https://www.agroplanning.com.br/2022/08/09/em-dois-anos-mercado-de-microverdes-triplicou-no-brasil/>>. Acesso em: 15 nov. 2023.

SOUZA, M. L. D.; BEZERRA, D. C. F.; FURTADO, C. D. M. Avaliação higiênico-sanitária de alfaces (*Lactuca sativa* L) cultivadas pelos processos convencional e hidropônico e comercializadas em Rio Branco, AC. **Higiene alimentar**, p.92- 99, out. 2006.

SOUZA, E. A. J. **Desenvolvimento de microverdes de coentro em função da força iônica da solução nutritiva e cobertura das sementes**. (Monografia- Curso de Agronomia). Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza 2022.

TREADWELL, D.; HOUCHEMUTH, R.; LANDRUM, L.; LAUGHLIN, W. Microgreens: a new specialty crop: HS1164, rev. 9/2020. **Edis**, v. 2020, n. 5, 2020.

VIANA, C. S. **Microverdes de coentro com iluminação artificial: rendimento, eficiência energética, concentração mineral e atributos sensoriais**. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

WIETH, A. R.; PINHEIRO, W. D.; DUARTE, T. S. Purple cabbage microgreens grown in different substrates and nutritive solution concentrations. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 976-985, 2020.

WU, M. C.; HOU, C. Y.; JIANG, C. M.; WANG, Y. T.; WANG, C. Y.; CHEN H. H.; CHANG, H. M. A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings, **Food Chemistry**, v. 101, n. 4, p. 1753-1758, 2007.

XIAO, Z.; LESTER, G. E.; LUO, Y.; WANG, Q. Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, vol. 60, n. 31, 30, p. 7644–7651, jul. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/jf300459b>>. Acesso em: 28 out. 2023.

XIAO, Z.; LESTER, G. E.; PARK, E.; SAFTNER, R. A.; LUO, Y.; WANG, Q. Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: **Microgreens**. **Postharvest Biology and Technology**, vol. 110, p. 140– 148, dez. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.021>>. Acesso em: 28 out. 2023.

XIAOYAN, Z.; ZHONGHUA, B.; XINGXING, Y.; XIN, C.; CHUNGUI, L. A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens, *Trends in Food Science & Technology*, v. 99, p. 203- 216, 2020.

YADAV, L. P.; KOLEY, T.K.; TRIPATHI, A.; SINGH, S. Antioxidant Potentiality and Mineral Content of Summer Season Leafy Greens: Comparison at Mature and Microgreen Stages Using Chemometric. **Agricultural Research**, v. 8, n. 2, p. 165–175, 6 set. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s40003-018-0378-7>>. Acesso em: 28 out. 2023.

YEH, N.; CHUNG, J.-P. High-brightness LEDs—Energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 8, p. 2175–2180, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.01.027>>. Acesso em: 2 out. 2023.

ZANZINI A.P.; Oliveira, J.A.C; Carvalho, E.E.N. Evaluation of the acceptability of vegetables in the microgreen stage by remaining ingestion in lapinha Spa, municipality of Lapa, state of Paraná Brazil. **Research, Society and Development**, 9 (7):1-12, 2020.

ZHANG Y.; XIAO, Z.; AGER, E.; KONG, L.; TAN, L. Nutritional Quality and Health Benefits of Microgreens, a Crop of Modern Agriculture. **Journal of Future Foods**, vol. 1, n 1, set. 2021, p. 58- 66. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.07.001>>. Acesso em: 2 out. 2023.

ZHANG, X.; BIAN, Z.; YUAN, X.; CHEN, X.; LU, C. A Review on the Effects of Light-Emitting Diode (LED) Light on the Nutrients of Sprouts and Microgreens. **Trends in Food Science & Technology**, vol. 99, mai. 2020, p. 203–216. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.031>>. Acesso em: 2 out. 2023.